Fachverband für Strahlenschutz e.V.

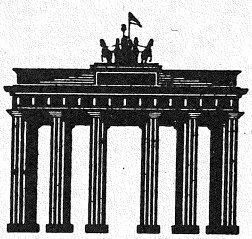
Mitgliedsgesellschaft der International Radiation Protection Association (IRPA) für die Bundesrepublik Deutschland und die Schweiz

Publikationsreihe
Fortschritte im Strahlenschutz
Publication Series
PROGRESS IN RADIATION PROTECTION

FS-90-53-T ISSN 1013-4506

Gemeinsam für den Strahlenschutz

Together for Radiation Protection



Seminar am 19. und 20. Oktober 1990 in Berlin
Tagungsbericht

Proceedings of the Seminar
at the 19th and 20th October 1990 in Berlin

Vereinigung für Strahlenforschung und Strahlenschutz
Fachverband für Strahlenschutz e.V.

Fachverband für Strahlenschutz e.V.

Mitgliedsgesellschaft der International Radiation Protection Association (IRPA) für die Bundesrepublik Deutschland und die Schweiz

Publikationsreihe
Fortschritte im Strahlenschutz
Publication Series
PROGRESS IN RADIATION PROTECTION

FS-90-53-T

ISSN 1013-4506

Gemeinsam für den Strahlenschutz

Together for Radiation Protection

Seminar am 19. und 20. Oktober 1990 in Berlin
Tagungsbericht

Proceedings of the Seminar
at the 19th and 20th October 1990 in Berlin

Vereinigung für Strahlenforschung und Strahlenschutz
Fachverband für Strahlenschutz e.V.

Redaktion: J. Narrog

dagegen über einige Spezifika bei der Lösung von Strahlenschutzproblemen im östlichen Teil Deutschlands informiert - so unter anderem über den territorialen Strahlenschutz und die Altlasten in Thüringen und Sachsen, aber auch über spezielle Forschungs- und Ausbildungsaufgaben. Weiterhin wurde über Besonderheiten des Strahlenschutzes in der Schweiz berichtet; abgerundet wurde das Programm noch durch einen Vortrag über die Perspektiven des Strahlenschutzes in der EG.

Den Abschluß des Seminars bildete eine Panel-Diskussion, in deren Mittelpunkt die künftigen Aufgaben und Strukturen des Strahlenschutzes insbesondere in den ostdeutschen Ländern standen.

Berlin im Oktober 1990

Prof. Dr. Dörschel
(Präsidentin der Vereinigung für Strahlenforschung und Strahlenschutz)

Min.Rat Dipl.Phys. Narrog
(Präsident des Fachverbandes für Strahlenschutz)

Inhaltsverzeichnis

		Seite
1.	Der Strahlenschutz in der öffentlichen Diskussion **J. Narrog**	5
2.	Strahlenschutzrecht, Zuständigkeiten und Organisationsstrukturen in der Bundesrepublik Deutschland **N. Peinsipp**	10
3.	Besonderheiten des Atom- und Strahlenschutzrechts in den neuen Ländern der Bundesrepublik Deutschland **W. Krüger, H. Arndt**	36
4.	Strahlenschutz in der Schweiz - Konzepte und Besonderheiten in Gesetzgebung und Vollzug **H. Brunner**	42
5.	Die Emissionsüberwachung kerntechnischer Anlagen **H. Edelhäuser, I. Gans, H. Rühle, I. Winkelmann**	56
6.	Die Immissionsüberwachung kerntechnischer Anlagen **M. Winter**	78
7.	Die allgemeine Umweltradioaktivitätsüberwachung durch IMIS **W. Weiss**	95
8.	Territorialer Strahlenschutz in den Südregionen der ehemaligen DDR (Thüringen und Sachsen)	103
	1. Allgemeine Fragen **W. Röhnsch**	
	2. Haldenmaterialien **E. Ettenhuber**	
	3. Strahlenschutz im Bergbau und bei ähnlichen Tätigkeiten **W. Ullmann**	
9.	Radioökologische Berechnungen nach der Allgemeinen Verwaltungsvorschrift zu § 45 StrlSchV **H. Bonka**	132
10.	Strahlenschutz in der Schweiz - Konzepte und Besonderheiten bei Überwachung von Personen, Betrieben, Bevölkerung und Umwelt **H. R. Völkle**	150
11.	Externe Dosimetrie zur physikalischen Strahlenschutzkontrolle in der Bundesrepublik Deutschland **E. Piesch**	166

12. Organisation und Methoden der personendosimetrischen Überwachung in der DDR auf externe Strahlenexpositionen 174
W. Will, H. Klucke, A. Rimpler, W. Kraus

13. Inkorporationsüberwachung in der Bundesrepublik Deutschland 194
H. Schieferdecker

14. Inkorporationsüberwachung in der ehemaligen DDR 211
P. Sahre, R. Scheler

15. Radiologischer Arbeitsschutz in Kernkraftwerken 235
D. Sommer

16. Strahlenschutz und Entsorgung 248
H.-J. Reinecke

17. Beförderung radioaktiver Stoffe und Beseitigung radioaktiver Abfälle in der ehemaligen DDR 257
D. Zappe

18. Forschungsarbeiten auf dem Gebiet der Strahlenbiologie in der ehemaligen DDR 259
H. Abel, J. Conradi, D. Laußmann

19. Forschungsarbeiten auf dem Gebiet der Strahlenschutzphysik in der ehemaligen DDR 279
B. Dörschel

20. Ausbildung auf dem Gebiet des Strahlenschutzes in der Bundesrepublik Deutschland 292
M. Urban

21. Strahlenschutzausbildung auf dem Gebiet der ehemaligen DDR 298
B. Edelmann

22. Ausbildung von Strahlenschutzphysikern an der Technischen Universität Dresden 302
B. Dörschel

23. Perspektiven des Strahlenschutzes in der EG 305
H. Eriskat

24. Panel-Diskussion 318
B. Dörschel, H. Eriskat, W. Hohlefelder, A. Kaul, W. Kraus, J. Narrog

25. Teilnehmerverzeichnis 328

Der Strahlenschutz in der öffentlichen Diskussion

Jürgen Narrog
Umweltministerium Baden-Württemberg, Stuttgart

Der Strahlenschutz spielt in Westdeutschland und einigen anderen westeuropäischen Ländern insoweit eine bedeutende Rolle in der öffentlichen Diskussion, als er mit der Kernenergie zusammenhängt. Ausgeprägte Strahlenangst gibt es in diesen Ländern nur in Verbindung mit der Kernenergie. Immer wieder wird z.B. die Öffentlichkeit geschreckt durch Meldungen über merkwürdige angeblich strahlenverursachte Erscheinungen in der Umgebung von Kernkraftwerken, angefangen von den weißen Spatzen von Ohu, über Leukämiefälle, Totgeburten und Mißbildungen bei Neugeborenen, bis hin zu verkrüppelten Insekten, die unlängst eine schweizer Naturzeichnerin in der Umgebung von Kernkraftwerken zeichnete. Die Behauptungen werden ohne zureichende statistische Basis oder ganz ohne Statistik wie im Fall der weißen Spatzen und der verkrüppelten Insekten aufgestellt, finden aber dennoch als Sensationsmeldung meistens beachtliche Verbreitung. Obwohl derartige Behauptungen von vornherein als unsinnig erkennbar sind, da die geringen Abgaben radioaktiver Stoffe aus den hiesigen Kernkraftwerken im Normalbetrieb überhaupt nicht solche Wirkungen auslösen können, werden oft detaillierte Gegenbeweise bis hin zu umfangreichen statistischen Untersuchungen gefordert und erbracht [1] [2]. Diese erscheinen dann allerdings meist mit erheblicher Zeitverzögerung und mit geringerer Beachtung in der Öffentlichkeit, so daß in der Regel ein negativer Eindruck zurückbleibt.

Tatsächlich ist die in einigen westeuropäischen Ländern gewachsene Strahlenangst bei der friedlichen Nutzung der Kernenergie unbegründet. Die Abgabe radioaktiver Stoffe mit Abluft und Abwasser ist z.B. bei den Kernkraftwerken Westdeutschlands und der Schweiz im Laufe der letzten 2 Jahrzehnte auf derart geringe Werte gesenkt worden, daß selbst mit den modernen empfindlichen Meßmethoden nur gelegentlich und dann nur äußerst geringe Spuren davon in der Umwelt nachweisbar sind. Die örtlichen Unterschiede der natürlichen Strahlenbelastung sind erheblich größer als die Auswirkungen der Kernkraftwerke sogar an deren ungünstigsten Einwirkungsstellen.

Auch das Unfallrisiko, das letztlich ebenfalls in Strahlenangst mündet, ist durch entsprechende intensive Bemühungen erheblich unter andere technische Risiken gesenkt worden. Da es eine absolute Sicherheit letztlich in keinem Bereich gibt, sollte ein derart minimiertes Risiko eigentlich zur allgemeinen Akzeptanz führen, die allerdings dann nicht eintritt, wenn Angst - und sei sie noch so unbegründet - verbreitet ist.

Andererseits werden wesentlich höhere Strahlenrisiken, die nicht mit der Kernenergie verbunden sind, von der Öffentlichkeit kaum wahrgenommen und im wesentlichen emotionsfrei diskutiert.

Dies gilt z.B. in Westdeutschland - nicht in Ostdeutschland, wo dieses Problem in Verbindung mit dem seit Jahren gefürchteten Uranerzbergbau gesehen wird - für die oft erheblich erhöhten Dosen durch das natürliche radioaktive Edelgas Radon und seine Folgeprodukte in Häusern auf entsprechendem Untergrund. Eine Rolle mag dabei spielen, daß hierzulande alles, was natürlich ist, von vorneherein als wesentlich vertrauenswürdiger betrachtet wird. Dabei bleibt weitgehend unbeachtet, daß es für die Strahlungen prinzipiell keinen Unterschied macht, ob sie nun von natürlichen oder künstlichen radioaktiven Stoffen emittiert werden.

Auch die erheblich höheren Dosen durch die Strahlenanwendung in der Medizin geben keinen Anlaß zur Furcht. Hier spielt sicher das Vertrauen zum Arzt, daß dieser einen überwiegenden Nutzen für seinen Patienten richtig einschätzt, die entscheidende Rolle.

Diese positiven psychologischen Faktoren gibt es bei der Strahlung, die mit Kernenergie zusammenhängt, nicht sondern nur negativ besetzte Schlagworte wie Hiroshima-Bombe, Großtechnologie, Tschernobyl usw.

Die langjährige zielgerichtete öffentliche Diskussion - die gewachsene Strahlenangst im Zusammenhang mit der Kernenergie -, die hier lediglich kurz und unvollständig skizziert wurde, hat selbstverständlich andererseits den Strahlenschutz bei der Nutzung der Kernenergie erheblich beeinflußt und zur Weiterentwicklung der Schutzkonzepte beigetragen. Hierbei hatten insbesondere die zahlreichen gerichtlichen Auseinandersetzungen, die ebenfalls entweder Teil der öffentlichen Diskussion waren oder mit ihr eng zusammenhingen, einen maßgeblichen Anteil.

Dies gilt in starkem Maße z.B. für das Konzept zum Strahlenschutz der Bevölkerung, das in § 45 der Strahlenschutzverordnung und der dazugehörigen Allgemeinen Verwaltungsvorschrift festgelegt wurde. Die Schutzziele wurden restriktiv definiert, die Rechenverfahren und Parameter so "konservativ" festgelegt, daß die Strahlenexposition in der Realität stets, meistens sogar erheblich geringer ist. Dabei wurde teilweise bis an die Grenzen des in Westdeutschland technisch Machbaren vorgedrungen. Es steht zu erwarten, daß die Übernahme dieser Schutzkonzepte in den neuen deutschen Bundesländern, die bisher der dargelegten Entwicklung nicht ausgesetzt waren, nunmehr zu gewissen Schwierigkeiten führt.

In diesem Zusammenhang sollte unterschieden werden zwischen den Schwierigkeiten, die mit den Schutzzielen nicht vereinbar sind und solchen, die lediglich in Rechnungen, die die tatsächliche Strahlenexposition überschätzen, ihre Ursache haben. Während die Schutzziele als solche weder eingeschränkt noch aufgegeben werden sollten, könnten die oft erheblichen Unterschiede zwischen berechneter und tatsächlich festgestellter Strahlenexposition im Einzelfall nach sorgfältiger Abwägung als Freiräume flexibel genutzt werden.

Außer diesem hier kurz erläuterten Beispiel gibt es noch etliche weitere Bereiche bzw. Konzepte des Strahlenschutzes bis hin zum IMIS, in denen der Einfluß der öffentlichen Diskussion deutlich bemerkbar ist. Vor diesem Hintergrund werden unsere ostdeutschen Kollegen sicher einige der folgenden westdeutschen Beiträge besser verstehen können.

Zum Schluß der Situationsschilderung stellt sich die Frage, wie können, wie sollten wir, die Fachleute, die Strahlenschützer, uns in der öffentlichen Diskussion verhalten?

Zweifellos sollten wir versuchen, etwas von unserer sachlichen, nüchternen Sicht der Dinge zu vermitteln. Insbesondere sollten wir wohl klarmachen, daß ionisierende Strahlung auch etwas Natürliches ist und immer wieder den Vergleich mit dem natürlichen Strahlenpegel und seiner Schwankungsbreite suchen.

Dabei können wir darauf verweisen, daß viele unserer alltäglichen Handlungen, wie z.B. Umzug in ein anderes Haus, Urlaub im Hochgebirge und auch vielfach im Mittelgebirge zwar mit einer höheren zusätzlichen Strahlenbelastung als das Leben in der Umgebung von Kernkraftwerken verbunden sind, aber zu Recht nicht als Strahlengefahr empfunden werden.

Andererseits sollten wir aber auch Probleme, die vorhanden sind, wie z.B. im Zusammenhang mit dem Uranerzbergbau in den Südregionen der ehemaligen DDR, offen darlegen und pragmatisch zu lösen versuchen.

Nur mit Offenheit, Sachlichkeit und Pragmatismus können wir die Rolle in der öffentlichen Diskussion spielen, die wir uns wünschen.

Literatur:

[1] Niedersächsischer Sozialminister:
Bericht über die Leukämie-Sterblichkeit in Niedersachsen unter besonderer Berücksichtigung der Altersgruppe unter 15 Jahren, März 1980

[2] Bulletin des Bundesamtes für Gesundheitswesen (Schweiz) Nr. 20 vom 28.5.1990: "Mißbildungen bei Insekten"

Strahlenschutzrecht, Zuständigkeiten und Organisationsstrukturen in der Bundesrepublik Deutschland

Dr. N. Peinsipp

Übersicht

1.1 Strahlenschutzrecht
1.1 Internationales Strahlenschutzrecht
1.2 Übereinstimmungen/Abweichungen vom internationalen Strahlenschutzrecht
1.3 Strahlenschutzvorsorge

2. Zum Inhalt des Strahlenschutzrechts
2.1 Genehmigungsvorschriften
2.2 Schutzvorschriften
2.2.1 Strahlenschutzverantwortlicher und Strahlenschutzbeauftragter
2.2.2 Strahlenpaß
2.2.3 Physikalische Strahlenschutzkontrolle
2.2.4 Ärztliche Überwachung

3. Staatliche Kontrollaufgaben, Zuständigkeiten
3.1 Bundesauftragsverwaltung
3.2 Vollzugsaufgaben des Bundes
3.2.1 Ein- und Ausfuhr
3.2.2 Bundesamt für Strahlenschutz
3.2.3 Beförderung radioaktiver Stoffe
3.2.4 Bundeswehr
3.3 Vollzugsaufgaben der Länder
3.4 Entsorgung radioaktiver Abfälle

1. Strahlenschutzrecht

Mit Erlaß des Umweltrahmengesetzes vom 29. Juni 1990 (GBl. I Nr. 42 S. 649 durch die Volkskammer der DDR galt ab 1. Juli 1990 mit geringen Abweichungen inhaltsgleiches Strahlenschutzrecht in beiden Teilen Deutschlands. Mit Inkrafttreten des Einigungsvertrages gelten mit geringen Abweichungen und Ergänzungen in den fünf neuen Bundesländern und in Berlin unmittelbar das Atomgesetz, die Strahlenschutzverordnung und die Röntgenverordnung wie sie von Bundestag, Bundesregierung und Bundesrat erlassen wurden. Der Vortrag soll den Teilnehmern aus den neuen Bundesländern einige Schwerpunkte und Besonderheiten dieses Rechts aufzeigen.

Das Strahlenschutzrecht ist Bundesrecht. Es war bis 1955 durch alliierte Kontrollratsbestimmungen und danach bis 1959 in Gesetzen und Verordnungen der Bundesländer geregelt. Der "Schutz vor ionisierenden Strahlen" wurde 1959 durch Ergänzung des Grundgesetzes in Artikel 74 Nr. 11 a GG dem Bereich der konkurrierenden Gesetzgebung zugewiesen und in das gleichzeitig am 23. Dezember 1959 (BGBl. I 814) erlassene Atomgesetz eingefügt.

Das Strahlenschutzrecht ist weitgehend Verordnungsrecht. Der Gesetzgeber hat 1959 den Strahlenschutz in die Zweckbestimmung des § 1 des Atomgesetzes aufgenommen: "Leben, Gesundheit und Sachgüter .... vor der schädlichen Wirkung ionisierender Strahlen zu schützen." Die Ausgestaltung dieses Schutzes wurde der Bundesregierung und dem Fachminister durch Verordnungsermächtigungen (§ 10 bis 12, 54 AtG) über-

tragen. Der Strahlenschutz wurde danach in der Strahlenschutzverordnung (derzeit gültig in der Fassung der Bekanntmachung vom 30. Juni 1989 (BGBl. I S. 1321, 1926), zuletzt geändert durch Anlage I Kapitel XII Sachgebiet B Abschnitt II Nr. 2 des Einigungsvertrages vom 31. August 1990 i.V.m. Artikel 1 des Gesetzes vom 23. September 1990 (BGBl. II S. 885, 1116)) und in der Röntgenverordnung (derzeit gültig in der Fassung vom 8. Januar 1987 (BGBl. I S. 114), zuletzt geändert durch Artikel 2 der Verordnung vom 3. April 1990 (BGBl. I S. 607)) im einzelnen inhaltlich ausgestaltet.

1.1 Internationales Strahlenschutzrecht

Das Strahlenschutzrecht (Strahlenschutzverordnung/ Röntgenverordnung) ist an EG-Recht angepaßt. Die 1959 erstmals erlassenen und zuletzt 1980 und 1984 geänderten und ergänzten EG-Grundnormen für den Gesundheitsschutz der Bevölkerung und der Arbeitskräfte gegen die Gefahren ionisierender Strahlungen (Richtlinien 80/836/EURATOM - Amtsblatt der EG 1980, Nr. L 246/1 und 84/467/EURATOM - Amtsblatt der EG 1984, Nr. L 265/4) bestimmen von Anbeginn den Inhalt des nationalen Strahlenschutzrechts. Dies gilt auch für die 1984 erlassene EG-Regelung für den Strahlenschutz bei ärztlichen Untersuchungen und Behandlungen (Richtlinie 84/466/EURATOM - Amtsblatt der EG 1984 L 265/1). Als Richtlinien des Rates der EG sind in diese Grundnormen gemäß Artikel 161 EURATOM-Vertrag verbindliche Regelungsvorgaben für die Mitgliedstaaten hinsichtlich der Ausgestaltung des nationalen Rechts. Die Strahlenschutzverordnung ratifizierte auch Beschlüsse der OECD (Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung

- Ratsbeschluß der OECD vom 18. Dezember 1962 über die Annahme von Grundnormen für den Strahlenschutz (BGBl. 1964 II S. 857), geänderte Fassung vom 25. April 1968 (BGBl. 1970 II S. 209)) und der ILO (Internationale Arbeitsorganisation - Übereinkommen Nr. 115 der ILO vom 22.06.1960 über den Schutz der Arbeitnehmer vor ionisierenden Strahlen (BGBl. 1973 II S. 933)) über Grundnormen zum Strahlenschutz. Da die Grundnormen und Beschlüsse der EG, der ILO und der OECD auf denselben Grundlagen, den Empfehlungen der internationalen Strahlenschutzkommission (ICRP) beruhen, treten dabei Überschneidungen unterschiedlicher Pflichten aus den einzelnen Abkommen nicht auf.

1.2. Übereinstimmungen/Abweichungen zum Internationalen Strahlenschutzrecht

Inhaltlich stimmen die in Strahlenschutzverordnung und Röntgenverordnung getroffenen Regelungen über die Kontrolle des Umgangs mit radioaktiven Stoffen oder die Anwendung ionisierender Strahlen hinsichtlich Erfordernis von Genehmigungen, Befreiung von Genehmigungspflichten, Dosisgrenzwerten für Arbeitskräfte, physikalische und medizinische Strahlenschutzkontrolle, Dokumentation und Kennzeichnung mit den Regelungen anderer europäischer Staaten weitgehend überein.

Als Abweichungen und Besonderheiten des deutschen Strahlenschutzrechts gegenüber dem EG-Recht und dem Recht der Nachbarstaaten sind allerdings hervorzuheben:

- die Fassung des Minimierungsgebotes in § 28

Abs. 1 StrlSchV gegenüber der ALARA-Formulierung,

- geringere Teilkörperdosisgrenzwerte und damit auch geringere Jahresaktivitätszufuhrwerte (ALI) und abgeleitete Luftkonzentrationswerte (DAC) im beruflichen Strahlenschutz,

- Verbindlichkeit der Jahresaktivitätszufuhrwerte als eigene Grenzwerte,

- besondere Dosis für das Berufsleben strahlenexponierter Personen von 400 mSv effektive Dosis,

- mit hohem Verbindlichkeitsgrad festgelegtes 0,3 mSv-Konzept für den Bevölkerungsschutz in Verordnung (§ 45 und Anlage X und XI StrlSchV), Allgemeiner Verwaltungsvorschrift zu § 45 (Bundesanzeiger Nr. 64 a vom 31.03.1990) und dabei zu verwendenden Dosisfaktoren (Bundesanzeiger Nr. 85 a vom 30.09.1989).

1.3 Strahlenschutzvorsorge

Das für den Umgang mit radioaktiven Stoffen und die Anwendung ionisierender Strahlen anzuwendende Strahlenschutzrecht in der Strahlenschutzverordnung und in der Röntgenverordnung wurde nach dem Reaktorunfall in Tschernobyl durch das Strahlenschutzvorsorgegesetz vom 19. Dezember 1986 (BGBl. I S. 2610), zuletzt geändert durch Anlage I Kapitel XII Sachgebiet B Abschnitt II Nr. 3 des Einigungsvertrages vom 31. August 1990 i.V.m. Artikel 1 des Gesetzes vom 23. September 1990 (BGBl. II S. 885, 1116)) ergänzt.

Nach § 1 des Strahlenschutzvorsorgegesetzes sind "zum Schutz der Bevölkerung die Radioaktivität in der Umwelt zu überwachen und Strahlenexpositionen der Menschen und die radioaktive Kontamination der Umwelt im Falle von Ereignissen mit möglichen nicht unerheblichen radiologischen Auswirkungen unter Beachtung des Standes der Wissenschaft unter Berücksichtigung aller Umstände durch angemessene Maßnahmen so gering wie möglich zu halten." Mit diesem Gesetz wurde die Möglichkeit geschaffen, bei Ereignissen wie dem Kraftwerksunfall in Tschernobyl, in den Wirtschaftskreislauf einzugreifen und das Inverkehrbringen kontaminierter Lebensmittel und Futtermittel zu verbieten oder zu beschränken sowie zentral durch Bund entsprechende Empfehlungen an die Bevölkerung zu richten. Zusätzlich werden Meßpflichten von Bund und Ländern geregelt. Überlagert werden diese Regelungen inzwischen durch unmittelbar anwendbares EG-Recht, das für solche Ereignisse die Festlegung bestimmter Kontaminationswerte durch die EG-Kommission selbst vorsieht und dabei bereits jetzt die entsprechenden Werte nennt (Verordnung (EURATOM) Nr. 3954/87 des Rates der EG vom 22.12.1987 zur Festlegung von Höchstwerten an Radioaktivität in Nahrungsmitteln und Futtermitteln im Falle eines nuklearen Unfalls oder einer anderen radiologischen Notstandssituation EG-ABl. Nr. L 371/11 vom 30.12.1987 - ergänzt durch EG-Ratsverordnung (EURATOM) Nr. 2218/89 vom 18. Juli 1989 - EG-ABl. Nr. L 211/1 vom 22.07.1989 und EG-Kommissionsverordnungen (EURATOM) Nr. 944/89 vom 12.4.1989 - EG-ABl. Nr. L 101/7 vom 13.04.1989 und (EURATOM) Nr. 770/90 vom 29.03.1990 EG-ABl. Nr. L 83.78 vom 30.03.1990).

2. Zum Inhalt des Strahlenschutzrechts

Zum Strahlenschutzrecht gehören alle Vorschriften, die dazu dienen, den Schutz der Bevölkerung vor einer Gefährdung durch den Umgang mit radioaktiven Stoffen oder die sonstige Anwendung ionsierender Strahlen sicherzustellen.

2.1 Genehmigungsvorschriften

Hierzu gehört das System der Genehmigungen, mit dem ein unbefugter, unkontrollierter Umgang mit radioaktiven Stoffen ausgeschlossen werden soll. Genehmigungs- und Anzeigevorschriften enthalten das Atomgesetz, die Strahlenschutzverordnung und die Röntgenverordnung. Das Atomgesetz unterscheidet bei den radioaktiven Stoffen zwischen Kernbrennstoffen und sonstigen radioaktiven Stoffen; das Atomgesetz enthält die Genehmigungsvorschriften für Kernbrennstoffe (§§ 3, 4, 6, 7 und 9 AtG), die Strahlenschutzverordnung enthält die Genehmigungsvorschriften für sonstige radioaktive Stoffe (§§ 3, 8 und 11 StrlSchV) und regelt insgesamt die Befreiung von den Genehmigungspflichten (§§ 4, 9, 12 und 13 StrlSchV). Genehmigungen oder Anzeigen für Anlagen zur Erzeugung ionisierender Strahlen sind in der Strahlenschutzverordnung und in der Röntgenverordnung geregelt (§§ 15 und 16 StrlSchV, 3, 4 und 5 RöV).

Bei Kernbrennstoffen gelten dabei Besonderheiten, wie Eigentum der EURATOM-Gemeinschaft (Artikel 86 EURATOM-Vertrag), Besitzmonopol des Staates (§ 5 AtG) und Versagensermessens oder Bedürfnisprü-

fung bei der Genehmigungserteilung (§§ 7 Abs. 2, 9 Abs. 2 und 6 Abs. 2 AtG). Bei Genehmigungen für sonstige radioaktive Stoffe und Anlagen zur Erzeugung ionisierender Strahlen besteht dagegen ein Rechtsanspruch auf Erteilung bzw. Nutzung, sofern die Genehmigungsvoraussetzungen vorliegen. Den Genehmigungsvorschriften der Strahlenschutzverordnung sind auch radioaktive Abfälle mit geringem Kernbrennstoffgehalt zugewiesen (3 g/100 kg Abfall - Anlage I StrlSchV). Abweichend von den sonstigen Regelungen der Strahlenschutzverordnung ist bei Abfällen teilweise eine Bedürfnisprüfung vorgesehen (§ 6 Abs. 1 Satz 3, 83 Abs. 1, 14 StrlSchV). Den Behörden wird dadurch die Möglichkeit eingeräumt, von den Anwendern vorgesehene, von der gesetzlichen Pflicht zur Abgabe solcher Abfälle an Landessammelstellen oder Endlager abweichende Beseitigungen zu untersagen (siehe auch Anhang 1).

2.2 Schutzvorschriften

Die materielle Ausgestaltung des Strahlenschutzrechts erfolgt in den "Schutzvorschriften" im dritten und vierten Teil der Strahlenschutzverordnung und im dritten bis fünften Abschnitt der Röntgenverordnung. Die dort vorgesehenen Pflichten betreffen im wesentlichen die Strahlenschutzverantwortlichen und Strahlenschutzbeauftragten (§ 31 StrlSchV, § 15 RöV). Die Schutzvorschriften enthalten die international üblichen Regelungen über Strahlenminimierung, Kennzeichnungspflichten, Schadensvorsorge, Dosisgrenzwerte für Bevölkerung und beruflich strahlenexponierte Personen, Strahlenschutzbereiche, physikalische Strahlenschutzkontrolle, ärztliche Überwachung und Buchführung. Verstöße gegen die Pflich-

ten sind mit einem umfangreichen Katalog von Bußgeldvorschriften bewehrt (§ 87 StrlSchV). Anzeigepflichten des Strahlenschutzverantwortlichen und des Strahlenschutzbeauftragten gegenüber der Behörde sowie Eingriffs- und Anordnungsrechte der Behörde im Rahmen der Aufsicht runden das Schutzsystem ab.

2.2.1 Strahlenschutzverantwortlicher und Strahlenschutzbeauftragter

Strahlenschutzverantwortlicher ist derjenige, der einer Genehmigung bedarf oder, soweit eine Genehmigung nicht erforderlich ist, der Anzeigepflichtige (§ 29 Abs. 1). Danach soll derjenige, der den wirtschaftlichen Nutzen aus der Genehmigung zieht und der insoweit alle Entscheidungen treffen kann, auch die Verantwortung für den Strahlenschutz tragen.

Der Strahlenschutzverantwortliche hat die erforderliche Anzahl von Strahlenschutzbeauftragten zu bestellen. Während der Strahlenschutzverantwortliche die Machtmittel zur Durchsetzung notwendiger Strahlenschutzmaßnahmen besitzen soll und es bei ihm im wesentlichen auf die Zuverlässigkeit ankommt (§ 6 Abs. 1 Nr. 1 StrlSchV) muß der Strahlenschutzbeauftragte über die Zuverlässigkeit hinaus stets auch die für den Strahlenschutz erforderliche Fachkunde besitzen (§ 6 Abs. 1 Nr. 2, § 29 Abs. 4 StrlSchV). Die Bestellung eines Strahlenschutzbeauftragten kann entfallen, wenn der Genehmigungsinhaber selbst die für den Strahlenschutz erforderliche Fachkunde besitzt. Die Bestellung des Strahlenschutzbeauftragten muß schriftlich erfolgen, die Festlegung eines innerbetrieblichen Entscheidungsbereichs enthalten und der Behörde angezeigt werden. Aus der Festlegung des

Entscheidungsbereichs kann abgeleitet werden, ob der Strahlenschutzbeauftragte die ihm obliegenden Pflichten erfüllen kann. Ist der innerbetriebliche Entscheidungsbereich unzureichend, kann die Behörde feststellen, daß eine bestellte Person nicht als Strahlenschutzbeauftragter anzusehen ist. Mit der Beschreibung des innerbetrieblichen Entscheidungsbereichs läßt sich nicht nur die Abgrenzung der Tätigkeitsbereiche mehrerer Strahlenschutzbeauftragter oder das Problem der Vertretung regeln, sondern auch die Einsetzung von Strahlenschutzbeauftragten in verschiedenen Ebenen. Eine Hierarchie von Strahlenschutzbeauftragten soll es nicht geben. Jeder Strahlenschutzbeauftragte ist in dem ihm zugewiesenen Entscheidungsbereich letztverantwortlich für den Strahlenschutz und insoweit, unabhängig von seiner Stellung in der betrieblichen Hierarchie, keiner Weisung unterworfen. Meinungsverschiedenheiten des Strahlenschutzbeauftragten mit seinem Vorgesetzten über eine Strahlenschutzmaßnahme, die er in seinem eigenen Entscheidungsbereich für erforderlich hält, sind nach dem in § 30 Abs. 1 Satz 3 StrlSchV geregelten Konfliktmodell zu behandeln (siehe Anhang 2).

Das Konfliktmodell, das bei mangelnder Übereinstimmung von Strahlenschutzbeauftragten und Strahlenschutzverantwortlichen über Strahlenschutzmaßnahmen Anwendung findet, ist darauf ausgelegt, daß Lösungen zunächst innerbetrieblich gefunden werden sollen. Wird ein Konsens nicht erreicht, so obliegt dem Strahlenschutzbeauftragten gegenüber der Behörde keine Meldepflicht. Diese trifft allerdings den Strahlenschutzverantwortlichen, der die atomrechtliche Aufsichtsbehörde und den Betriebsrat/Personalrat über die Meinungsverschiedenheit unterrich-

ten muß.

Werden Fremdfirmen in einer Anlage tätig, so ist der Genehmigungsinhaber der Anlage bzw. sein Strahlenschutzbeauftragter auch für den Strahlenschutz des Fremdpersonals verantwortlich. Der Inhaber der Fremdfirma hat dafür zu sorgen, daß sein Personal den Anordnungen des Strahlenschutzverantwortlichen und des Strahlenschutzbeauftragten der Anlage nachkommt (§ 20 Abs. 3 StrlSchV).

2.2.2 Strahlenpaß

Die Strahlenschutzverordnung enthält eine eigene Genehmigungsvorschrift für das Tätigwerden in fremden Anlagen oder Einrichtungen (§ 20 Abs. 1 StrlSchV). Um den Einsatz des dabei tätigen Fremdpersonals effektiver kontrollieren zu können, ist für dieses ein besonderer Strahlenpaß vorgesehen, in den die Expositionsdaten einzutragen sind (§ 62 Abs. 2 StrlSchV). Der nähere Inhalt des Strahlenpasses ist inzwischen durch eine Allgemeine Verwaltungsvorschrift (Bundesanzeiger Nr. 94 a vom 19. Mai 1990) neu geregelt worden. Auch auf europäischer Ebene ist derzeit eine Richtlinie in Bearbeitung, die den Strahlenschutz externer Arbeitskräfte regelt. Die Röntgenverordnung enthält eine der Genehmigungsvorschrift des § 20 StrlSchV vergleichbare Anzeigeregelung in § 6 RöV, ohne allerdings für den Einsatz des Fremdpersonals einen Strahlenpaß vorzusehen.

2.2.3 Physikalische Strahlenschutzkontrolle

Die Ermittlung der Körperdosen bei beruflich strahlenexponierten Personen hat mit Dosimetern zu erfolgen, die von der nach Landesrecht zuständigen Meßstelle anzufordern sind (§ 63 Abs. 3 StrlSchV, § 35 Abs. 2 RöV). Messungen der Körperaktivität oder Aktivität der Ausscheidungen sind bei einer Meßstelle durchzuführen. Anhang 3 enthält ein Überblick über die bisherigen Meßstellen in den Bundesländern. Inzwischen wurde die physikalische Strahlenschutzkontrolle durch die Einrichtung eines Strahlenschutzregisters beim Bundesamt für Strahlenschutz ergänzt (§ 12 c AtG, § 63 a StrlSchV, § 35 a RöV - Strahlenschutzregisterverordnung vom 3. April 1990 BGBl. I S. 607).

2.2.4 Ärztliche Überwachung

Die Eingangsuntersuchung beruflich strahlenexponierter Personen und die periodische ärztliche Überwachung von Personen der Kategorie A erfolgt durch ermächtigte Ärzte (§ 71 Abs. 1 StrlSchV, § 41 Abs. 1 RöV). Diese bewerten die Möglichkeit der Weiterbeschäftigung und schlagen ggf. Einschränkungen vor. Wie sonst bei ärztlicher Untersuchung besteht auch hier die freie Arztwahl. Allerdings muß der Arzt eine besondere Ermächtigung der zuständigen Landesbehörde für diese Untersuchung haben.

3. Zuständigkeiten

Das Atomgesetz ordnet im dritten Abschnitt, "Verwaltungsbehörden", vor allem Kontrollaufgaben des Staates. Aufgaben der Erteilung von Genehmigungen und solche der Aufsicht werden Behörden des Bundes und der Länder zugewiesen. Die staatlichen Aufgaben nach dem Atomgesetz werden grundsätzlich von den Ländern in Bundesauftragsverwaltung durchgeführt (Artikel 87 c GG i.V.m. § 24 Abs. 1 Satz 1 AtG). Die Wahrnehmung staatlicher Aufgaben durch Behörden des Bundes bedarf danach als Ausnahme von diesem Grundsatz besonderer Festlegung.

3.1 Bundesauftragsverwaltung

Mit der in der Verwaltungspraxis nicht häufig genutzten Form der Bundesauftragsverwaltung wird - so die Gesetzesbegründung aus dem Jahre 1959 (BT-Drucks. 3/759 S. 34 f) - unter Einpassung in die förderative Struktur die zentrale Steuerung der überwachungsbedürftigen neuartigen Technik mit ortsnaher Verwaltung verknüpft, die atomrechtlichen Verfahren mit dem Tätigkeitsfeld der betroffenen Verwaltungszweige vernetzt sowie die Erfüllung der internationalen Verpflichtungen durch den Bund sichergestellt.

Wesentliche Komponente der Bundesauftragsverwaltung ist die besondere Einflußmöglichkeit des Bundes auf die Entscheidungen der Landesbehörden im Rahmen der Bundesaufsicht über die Zweckmäßigkeit der Ausführung des Atom- und Strahlenschutzrechts. Im Bereich des Atomgesetzes und der Strahlenschutzverordnung

wird die Bundesaufsicht vom Bundesminister für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU), im Bereich der Röntgenverordnung vom Bundesminister für Arbeit und Sozialordnung (BMA) wahrgenommen. In einem Urteil zum Genehmigungsverfahren "Kalkar" hat das Bundesverfassungsgericht die weite Einwirkungsmöglichkeit des Bundes auf Entscheidungen der Länder hervorgehoben (Urteil vom 22.05.1990 - Deutsches Verwaltungsblatt 1990 S. 763). Die Landesbehörden sind allerdings keine nachgeordneten Behörden des Bundes. Kosten für Verwaltungspersonal und allgemeine Verwaltungskosten tragen die Länder selbst. Besondere Ausgaben bei der Ausführung des Strahlenschutzrechts werden vom Bund nachträglich als Zweckausgaben (Artikel 104 a Abs. 2 GG) den Ländern erstattet.

3.2 Vollzugsaufgaben des Bundes

Aufgaben des Bundes bei der Durchführung des Atomrechts werden in den § 22 bis 24 AtG speziell genannt und konkret einzelnen Bundesbehörden zugewiesen. Abweichungen hiervon kann nur der Gesetzgeber treffen.

3.2.1 Ein- und Ausfuhr

Ziel der Überwachung der Ein- und Ausfuhr ist die Kontrolle des Verbleibs radioaktiver Stoffe. Zuständige Behörde für entsprechende Genehmigungen nach § 3 AtG für Kernbrennstoffe und nach § 11 StrlSchV für sonstige radioaktive Stoffe und kernbrennstoffhaltige Abfälle ist das Bundesamt für Wirtschaft (§ 22 Abs. 1 AtG). Das Bundesamt für Wirtschaft ist dem Bundesminister für Wirtschaft unterstellt, in

diesem Tätigkeitsbereich aber an die fachlichen Weisungen des Bundesministers für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit gebunden (§ 22 Abs. 3 AtG). Das Bundesamt für Wirtschaft ist gleichzeitig für Genehmigungen nach dem Außenwirtschaftsgesetz zuständig. Die Wahrnehmung beider Aufgaben wird behördenintern koordiniert.

Die Überwachung der Ein- und Ausfuhr obliegt den vom Bundesminister der Finanzen hierzu bestimmten Zolldienststellen, im Freihafen Hamburg dem dortigen Freihafenamt (§ 22 Abs. 2 AtG). Bei Einfuhrvorgängen, bei denen sichergestellt ist, daß die radioaktiven Stoffe erstmals nur von Personen erworben werden, die hierfür entsprechende Genehmigungen besitzen, bedarf es statt der Genehmigung nur einer Anzeige (§ 12 StrlSchV). Diese Anzeige ist an die Zolldienststellen zu richten.

Im Jahre 1989 hat das Bundesamt für Wirtschaft 173 Genehmigungen für die Ausfuhr von Kernbrennstoffen und 78 Genehmigungen für die Ausfuhr sonstiger radioaktiver Stoffe sowie 24 Genehmigungen für die Einfuhr von Kernbrennstoffen erteilt. Im gleichen Zeitraum wurden den Zolldienststellen 68.659 Einfuhranzeigen und 53.438 Ausfuhranzeigen zugeleitet. Die notwendigen Informationen über die Bezugsberechtigung der inländischen Empfänger radioaktiver Stoffe erhält das Bundesamt von den Landesbehörden. Das entsprechende behördeninterneInformationsverfahren wird derzeit neu gestaltet.

3.2.2 Bundesamt für Strahlenschutz

Besondere Vollzugsaufgaben werden auch vom Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) wahrgenommen, das durch gesetz vom 9. Oktober 1989 (BGBl. I S. 1830) am 1. November 1989 errichtet wurde. Die Aufgaben entsprechen weitgehend denjenigen, die voher die Physikalisch-Technische Bundesanstalt wahrgenommen hatte. Es handelt sich um

- die staatliche Verwahrung von Kernbrennstoffen,

- die Genehmigung der Beförderung von Kernbrennstoffen und Großquellen,

- die Genehmigung der Aufbewahrung von Kernbrennstoffen außerhalb der staatlichen Verwahrung, soweit dies nicht Vorbereitung oder Teil einer nach § 7 oder § 9 AtG genehmigungbedürftigen Tätigkeit ist.

Mit der Zuordnung dieser Aufgaben an das BfS kann der Bund entsprechende internationale Verpflichtungen in diesem Bereich erfüllen. Das BfS ist weiter zuständig für die Errichtung und den Betrieb von Anlagen zur Sicherstellung und Endlagerung radioaktiver Abfälle. Diese überregional und zentral wahrzunehmende Aufgabe wurde dem Bund 1976 mit der 4. Atomrechtsnovelle zugewiesen. Der Bund ist bei dieser Aufgabe allerdings hinsichtlich des Endlagers selbst Antragsteller. Für die Genehmigung inform eines Planfeststellungsbeschlusses ist das jeweilige Bundesland zuständig.

Das Bundesamt für Strahlenschutz hat darüber hinaus die Aufgabe, zentral ein Register für beruflich strahlenexponierte Personen zu führen.

3.2.3 Beförderung radioaktiver Stoffe

Im Bereich der Beförderung radioaktiver Stoffe ist die Beaufsichtigung der Beförderung mit der Deutschen Bundesbahn im Schienen- und Schiffsverkehr den vom Bundesminister für Verkehr bestimmten Stellen der Deutschen Bundesbahn zugewiesen. Der Bundesminister für Verkehr hat das Bundesbahnzentralamt in Minden mit dieser Aufgabe betraut.

3.2.4 Bundeswehr

Auch die Bundeswehr führt Atomgesetz, Strahlenschutzverordnung und Röntgenverordnung mit eigenen Dienststellen aus. Genehmigungen erteilt hierbei das Ministerium, die Aufsicht üben die 7 Wehrbereichsverwaltungen aus.

3.3 Vollzugsaufgaben der Länder

Soweit den Bundesbehörden keine speziellen Aufgaben im Atomgesetz zugewiesen sind, werden die Verwaltungsaufgaben von den Ländern ausgeübt. So erteilen Länderbehörden Genehmigungen für

- die Errichtung und den Betrieb von Anlagen zur Erzeugung oder zur Bearbeitung oder zur Spaltung von Kernbrennstoffen oder zur Aufarbeitung bestrahlter Kernbrennstoffe (§ 7 AtG),

- die Bearbeitung, Verarbeitung oder sonstige Verwendung von Kernbrennstoffen außerhalb solcher vorgenannten Anlagen (§ 9 AtG),

- die Errichtung und den Betrieb von Anlagen zur Sicherstellung und Endlagerung radioaktiver Abfälle (§ 9 b AtG),

- den Umgang mit sonstigen radioaktiven Stoffen (§ 3 Abs. 1 StrlSchV),

- den Transport sonstiger radioaktiver Stoffe (§ 8 StrlSchV),

- die Errichtung und den Betrieb von Beschleunigern (§§ 15, 16 StrlSchV),

- die Tätigkeit in fremden Analgen oder Einrichtungen (§ 20 StrlSchV),

- den Betrieb von Röntgeneinrichtungen und Störstrahlern (§§ 3, 5 RöV),

- Bauartzulassungen (§§ 23 StrlSchV, 8 RöV).

Gleichzeitig üben die Länder die staatliche Aufsicht über diese und vergleichbare anzeigepflichtige Tätigkeiten (§§ 4, 17 StrlSchV, 4, 6 RöV) aus - ausgenommen bei Endlagern des Bundes.

Für Genehmigungen nach §§ 7, 9 und 9 b AtG sieht das Atomgesetz in § 24 Abs. 2 AtG selbst vor, daß diese durch oberste Landesbehörden (Ministerien, Senatoren) erteilt werden und diese die Aufsicht über solche Tätigkeiten ausüben. Aufsichtsaufgaben werden

teilweise an nachgeordnete Stellen delegiert oder diese dabei beteiligt. Die obersten Landesbehörden üben in gleicher Weise auch die Aufsicht über die vom Bundesamt für Strahlenschutz nach § 6 AtG genehmigte Aufbewahrung von Kernbrennstoffen aus.

Bei Genehmigungen und Anzeigen nach der Strahlenschutzverordnung und der Röntgenverordnung sowie der staatlichen Aufsicht über diese Tätigkeiten enthält das Atomgesetz selbst keine besonderen Zuständigkeitszuweisungen. Die Zuständigkeiten werden von den Ländern durch Verordnung bestimmt. Die Zuweisungen sind unterschiedlich. Aufgaben hinsichtlich Genehmigungen und Aufsicht werden teilweise auf Ministerialebene, Bezirksebene, bei den Gewerbeaufsichtsämtern oder bei besonders eingerichteten Landesämtern - dann teilweise zusammen mit anderen Umwelt- oder Arbeitsschutzaufgaben - wahrgenommen. Neuere Entwicklungen deuten auf eine stärkere Zentrierung bei Landesämtern oder bei der Bezirksebene hin, soweit es die Erteilung von Genehmigungen betrifft (siehe hierzu auch Anhang 4).

3.4 Entsorgung radioaktiver Abfälle

Im Abfallbereich sind die Entsorgungsaufgaben zwischen Bund und Ländern verteilt. Der Bund hat Endlager - Anlagen zur Sicherstellung und Endlagerung radioaktiver Abfälle - einzurichten, die Länder dagegen Landessammelstellen (§ 9 a Abs. 3 AtG). Unmittelbar abzuliefern an Bundesendlager sind die Abfälle aus dem Umgang mit Kernbrennstoffen in der Kerntechnik (§ 81 StrlSchV); solange Bundesendlager nicht verfügbar sind, müssen die Betreiber kerntechnischer Anlagen die Abfälle selbst zwischenlagern

(§ 86 StrlSchV). Die Isotopenanwender haben ihre Abfälle an die Landessammelstellen abzuliefern (§ 82 StrlSchV). Bund und Länder können sich zur Erfüllung ihrer Aufgaben Dritter bedienen (§ 9 a Abs. 3 AtG). So haben lange Zeit die Großforschungseinrichtungen dieser Aufgaben im jeweiligen Bundesland übernommen (GKSS - HH, Nds, SH, HB; KfK - BW; GfS - By; KfA - NRW; HMI - B). Länder ohne Sitz solcher Forschungsbereiche haben selbst entsprechende Abfalleinrichtungen geschaffen und diese staatlichen Stellen zugeordnet - RP, SL, He. Bei den Ländern, mit Sitz von Großforschungseinrichtungen mußten Ende der 70er, Anfang der 80er Jahre weitgehend rechtlich verselbständigte Sammeleinrichtung geschaffen werden, da die Großforschungszentren diese Aufgaben für das jeweilige Bundesland ganz (NRW, By) oder teilweise (BW) nicht mehr Übernahmen bzw. vorhandene Kapazitäten erschöpft waren. Die heutige Struktur zeigt daher einerseits Verselbständigung der Landessammelstellen daneben aber auch Kooperationen mit den Großforschungsbereichen um eine effektive Ausnutzung vorhandener Einrichtungen zu gewährleisten.

Träger der Landessammelstellen sind derzeit Forschungseinrichtungen, Landesämter (Nds. He, RP, BW) oder vergleichbare Einrichtungen (Zentralstelle für Sicherheitstechnik - NRW) zu und Dritte (By). Sie betreiben die Einrichtungen mit Genehmigungen nach § 3 StrlSchV und unterliegen der staatlichen Aufsicht (siehe hierzu auch Anhang 5).

GENEHMIGUNGEN

Rechtsausspruch

§§ 3, 4 AtG
Ausfuhr, Einfuhr, Beförderung

§§ 3, 8, 11, 15, 16, 20 StrlSchV
Errichtung und Betrieb Beschleuniger, Umgang, Beförderung, Ausfuhr, Einfuhr

§§ 3, 5 RöV
Betrieb

Versagensermessen

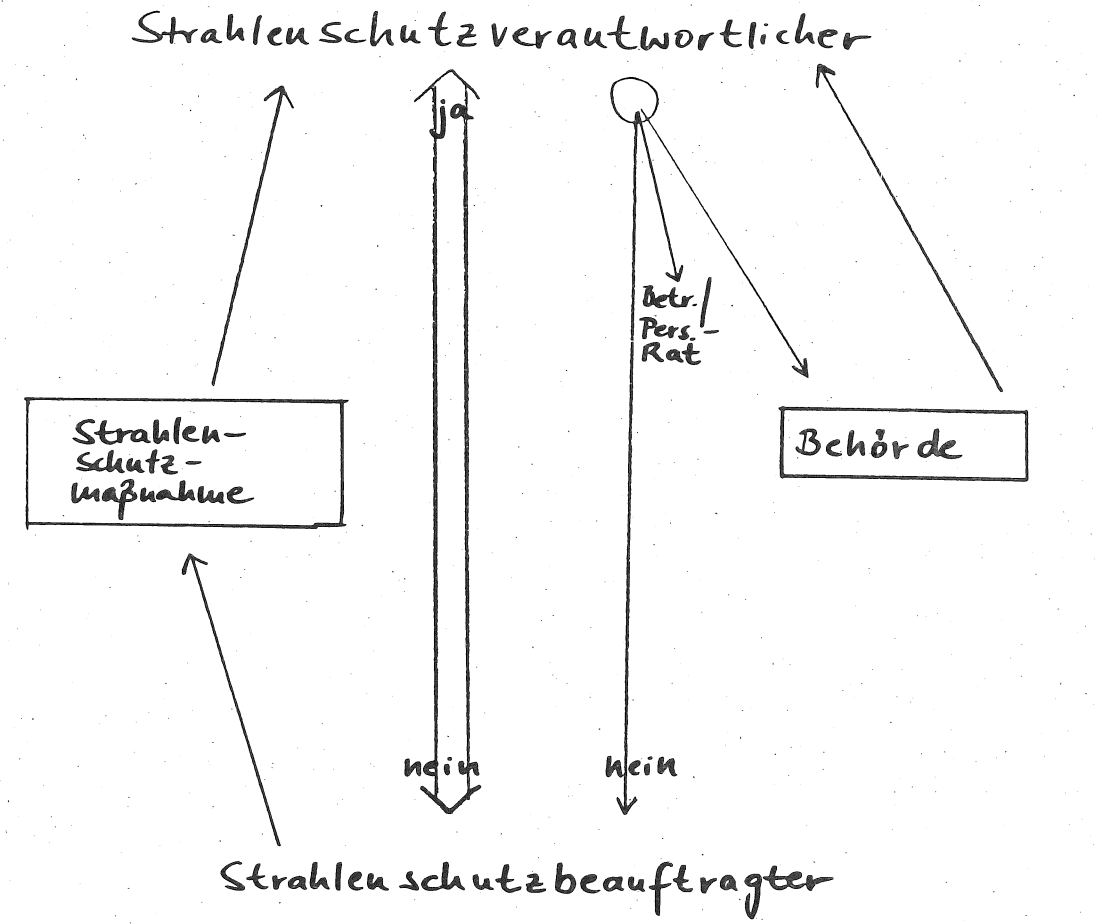
§§ 7, 9, 9b AtG
Kerntechnische Anlagen, Umgang mit Kernbrennstoffen, Endlager

Bedürfnisprüfung

§ 6 AtG
Lagerung von Kernbrennstoffen

§§ 3 i.V.m. 83, 6 Abs. 1 S. 3, 11, 14 StrlSchV
anderweitige Lagerung und Beseitigung, Einfuhr und Ausfuhr radioaktiver Abfälle

Konfliktmodell
(§ 30 Abs 1 Satz 2 StrlSchV)



1. Phase	2. Phase	3. Phase	4. Phase

Personendosismeßstellen

Meßstelle	Sitz	überwachte Personen	regionale Zuständigkeit
Auswertungsstelle Gesellschaft für Strahlen- und Umweltforschung	Neuherberg München	140.000	By, He, BW, SH (75%)
Umweltsenator Berlin	Berlin	14.000	B
Staatl. Materialprüfungsamt NRW	Dortmund	130.000	HB, Nds, NRW RP, SL
Gesundheitsbehörde Hamburg	Hamburg	13.000	HH, SH (25%)
Kernforschungszentrum Karlsruhe	Karlsruhe	12.000	BW (nur Festkörperdosimeter

ZUSTÄNDIGKEITEN - LÄNDER

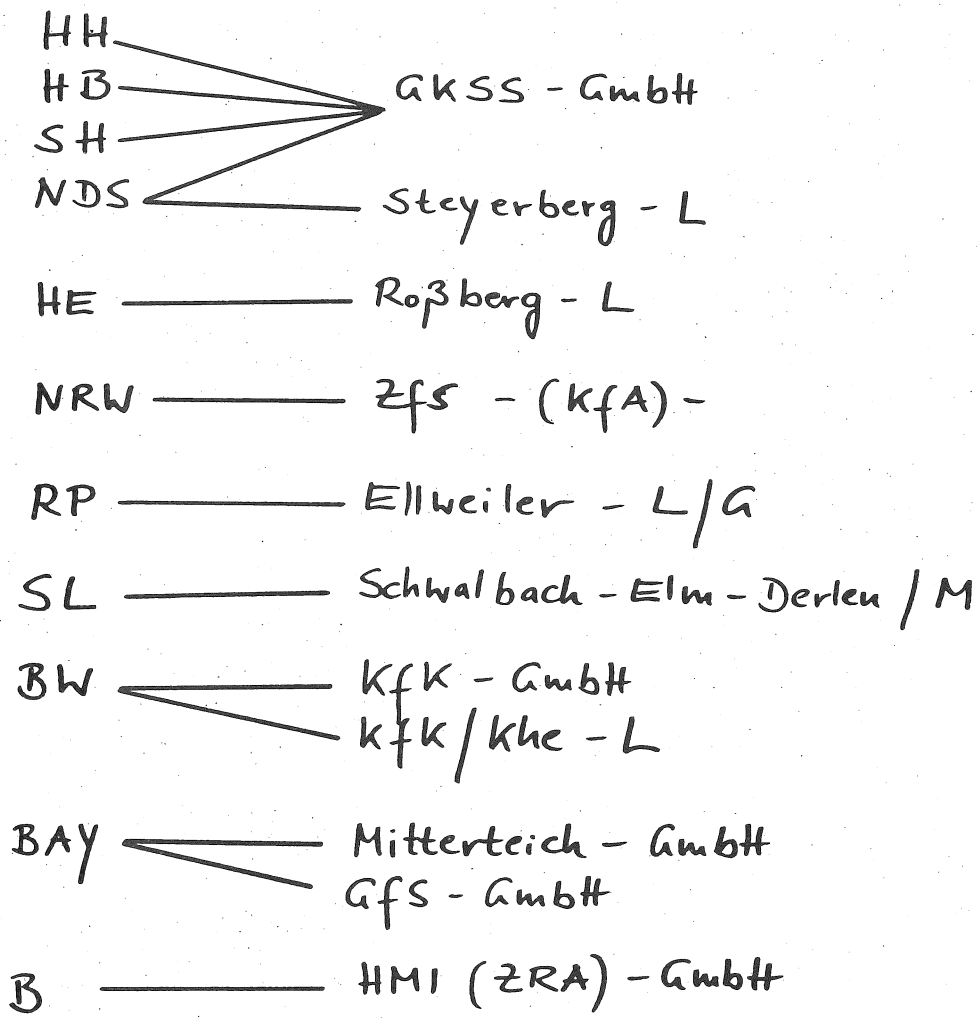
	BW		BAY		HE		NDS		NRW		RP		SL		SH	
	Gen.	Aufs.	Gen.	Aufs.	Gen.	Aufs.	Gen.	Aufs.	Gen.	Aufs.	Gen.	Aufs.	Gen.	Aufs.	Gen.	Aufs.
StrlSchV																
§ 3 UMGANG	G	G	L	L	M/G	G	G	G	R	G	L	G	M	M	M	G
§ 4 I ANZEIGE	G	G	L	L	G	G	G	G	G	G	G	G	M	M	G	G
§ 8 TRANSPORT	G	G	L	L	R	P	G	G	R	G	L	P	M	M	M	P
§ 15 ERRICHTG.	G	G	L	L	M	G	G	G	R	G	L	G	M	M	M	G
§ 16 BETRIEB	G	G	L	L	M/G	G	G	G	R	G	L	G	M	M	M	G
§ 17 I ANZEIGE	G	G	L	L	G	G	G	G	G	G	G	G	M	M	G	G
* § 20 FREMDFIRMEN	G	G	L	L	G	G	G	G	G	G	L	G	M	M	M	G
§ 23 I BAUART Z.	$G_{(S)}$	G	L	L	R	G	R	G	zfS	G	M	G	M	M	M	G
§§ 3, 41 FED. FORSCHG.	R	G					G	G	R	G	L	G	M	M	M	G
RöV																
§ 3 BETRIEB	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	L	G	M	M	G	G
§ 4 ANZEIGE	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	M	M	G	G
§ 5 STÖRSTRAHLER	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	L	G	M	M	G	G
§ 6 WARTUNG	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	M	M	G	G
§ 8 BAUART Z.	$G_{(S)}$	G	M	G	R	G	R	G	zfS	G	M	G	M	M	M	G
§ 24 II FED. FORSCHG.	R	G	M	G	M	G	G	G	R	G	M	G	M	M	M	G

zfS: ZENTRALSTELLE SICHERHEITSTECHNIK
M: MINISTERIUM
G: GEWERBEAUFSICHTSAMT
L: LANDESAMT
R: Reg.präs./Bez.Regierg.
P: POLIZEI-/ORDNUNGS BEHÖRDE

ZUSTÄNDIGKEITEN – STADTSTAATEN

	B		HB		HH	
	Gen.	Aufs.	Gen.	Aufs.	Gen.	Aufs.
StrlSchV						
§ 3 UMGANG	L	L	M	G	M	M
§ 4 I ANZEIGE	L	L	G	G	M	M
§ 8 TRANSPORT	L	L	M	G	M	M
§ 15 ERRICHTG.	L	L	M	G	M	M
§ 16 BETRIEB	L	L	M	G	M	M
§ 17 I ANZEIGE	L	L	G	G	M	M
§ 20 REND FIRMEN	L	L	M	G	M	M
§ 23 I SAUART Z.	M	L	M	G	M	M
§§ 3, 41 FED. FORSCHG.	L	L			M	M
RöV						
§ 3 BETRIEB	L	L	M	G	M	M
§ 4 ANZEIGE	L	L	M	G	M	M
§ 5 TÖRSTRAHLER	L	L	M	G	M	M
§ 6 WARTUNG	L	L	M	G	M	M
§ 8 SAUART Z.	M	L	M	G	M	M
§ 24 II FED. FORSCHG.	L	L	M	G	M	M

LANDESSAMMELSTELLEN



Datei "VSS"

Besonderheiten des Atom- und Strahlenschutzrechtes in den neuen Ländern der Bundesrepublik Deutschland

F.Wolfgang Krüger, Herbert Arndt

(Bundesamt für Strahlenschutz, Dienststelle Berlin)

Der erste wesentliche Schritt zur Angleichung des Atom- und Strahlenschutzrechtes der DDR an die Regelungen in der Bundesrepublik Deutschland erfolgte mit der Währungs-, Wirtschafts- und Sozialunion zum 01. Juli 1990. Die entsprechenden Regelungen waren in § 15 des "Gesetzes vom 21. Juni 1990 über die Inkraftsetzung von Rechtsvorschriften der Bundesrepublik Deutschland in der DDR" und in Artikel 2 des Umweltrahmengesetzes vom 29. Juni 1990 enthalten. Mit diesen Gesetzen wurden bereits - mit Ausnahme des Strahlenschutzvorsorgegesetzes - alle wesentlichen Rechtsvorschriften der Bundesrepublik mit notwendig erscheinenden Übergangsregelungen übernommen. Bei der Übernahme wurden folgende Ziele verfolgt:

- Möglichst rasche und umfassende Geltung der Vorschriften der Bundesrepublik ist zu gewährleisten,

- Übergangsregelungen sind auf das Minimum zu beschränken, das erforderlich ist, Rechtsunsicherheiten und daraus entstehende Gefährdungen der Schutzziele zu vermeiden,

- Rechtsvorschriften der DDR müssen zunächst in Kraft bleiben, wenn für die geregelten Sachfragen bisher im Atom- und Strahlenschutzrecht der Bundesrepublik keine entsprechenden Vorschriften erforderlich waren.

Bereits im Juli wurde nur mit einer begrenzten Geltungsdauer der Regelungen gerechnet, aber trotzdem das Tempo des Einigungsprozesses unterschätzt. Mit der Vorbereitung des Einigungsvertrages mußten wesentlich rascher als ursprünglich vorgesehen, Regelungen für ein einheitliches Staatsgebiet gefunden werden. Dabei bestand zunächst die Vorstellung, daß das Umweltrahmengesetz weitgehend ungeändert als "fortgeltendes Recht der DDR" übernommen werden könnte. Diese Vorstellung wurde jedoch bald aufgegeben und vorgesehen, die wesentlichsten Anpassungsbestimmungen als Überleitungsregelungen für die neuen Länder in das Atom- und Strahlenschutzrecht der Bundesrepublik aufzunehmen.

Mit dem neuen § 57a des Atomgesetzes wird bestimmt, daß in den neuen Bundesländern Genehmigungen und Erlaubnisse für Kernkraftwerke mit Ablauf des 30. Juni 1995, für die Beförderung radioaktiver Stoffe mit Ablauf des 30. Juni 1992 und alle sonstigen Genehmigungen, Erlaubnisse und Zulassungen mit Ablauf des 30. Juni 2000 unwirksam werden, soweit in den genannten Genehmigungen, Erlaubnissen und Zulassungen nicht eine kürzere Befristung festgelegt ist.. Fortgeltende Genehmigungen, Erlaubnisse und Zulassungen gelten als nach dem Atomgesetz erteilt.

Die Fortgeltungsbestimmung erlaubt zunächst die Fortsetzung laufender Tätigkeiten, egal ob es sich dabei um den Betrieb oder die Errichtung von Kernanlagen oder Einrichtungen zur Erzeugung ionisierender Strahlen oder den Umgang mit radioaktiven Stoffen handelt. Fortgeltung bedeutet natürlich nicht, daß die Genehmigungen, Erlaubnisse und Zulassungen konserviert werden. Schrittweise ist die Übereinstimmung - insbesondere auch der Nebenbestimmungen - mit dem nun geltenden atom- und strahlenschutzrechtlichen Ausichtsverfahren sowie den technischen und organisatorischen Strahlenschutzforderungen herzustellen. Spätestens zu den genannten Terminen muß die vollständige Übereinstimmung mit den neuen Rechtsvorschriften erreicht sein, da dann die Übergangsregelungen gegenstandslos werden.

Eingeleitet wurde die Benennung von Strahlenschutzverantwortlichen und die Bestellung von Strahlenschutzbeauftragten mit den in der Strahlenschutzverordnung (§ 29 bis 31) festgelegten Rechten und Pflichten.

Zu ergänzen sind Genehmigungen durch die notwendigen Nachweise einer Deckungsvorsorge, die früher durch Staatshaftung gegeben war. Als erster Schritt wurde bisher für die Mehrzahl der Genehmigungsinhaber die Höhe der Deckungsvorsorge festgelegt. Es bleibt abzuwarten, ob alle Genehmigungsinhaber in der Lage sind, den Nachweis durch Abschluß von Versicherungen oder Freistellung durch Dritte zu erbringen.

Bei wesentlichen Änderungen sind bereits jetzt die Bestimmungen der Atomrechtlichen Verfahrensverordnung anzuwenden. Daraus entsteht die Forderung, zunächst den Genehmigungsbestand fortgeltender Erlaubnisse zu fixieren, der als Grundlage für Entscheidungen über wesentliche Änderungen heranzuziehen ist. Das ist keineswegs immer einfach, da bisher das Genehmigungsverfahren dynamisch gestaltet war und keine exakte Trennung zwischen Genehmigungsbestand und aufsichtlicher Regelung erfolgte. Das war insbesondere deshalb nicht erforderlich, weil mit Änderungen von Genehmigungen verbundene Kosten ohnehin aus dem Staatshaushalt zu decken waren. Zeitpunkt sowie Art der Festlegung waren deshalb für die Genehmigungsinhaber von untergeordnetem Interesse.

Ohne daß das ausdrücklich erwähnt werden mußte, ist davon auszugehen, daß die Vorschriften über die staatliche Aufsicht (§ 19 AtG) sowie inhaltliche Beschränkungen, Auflagen und Widerruf (§ 17 AtG) auch auf fortgeltende Genehmigungen anzuwenden sind. Insbesondere kann die zuständige Behörde anordnen, daß ein Zustand beseitigt wird, der den Vorschriften des Atomgesetzes oder den Bestimmungen der Genehmigung widerspricht oder aus dem sich durch Wirkung ionisierender Strahlen Gefahren für Leben, Gesundheit oder Sachgüter ergeben können.

Besondere Bestimmungen gelten für Genehmigungsinhaber, auf die das "Gesetz zur Privatisierung und Reorganisation des volkseigenen Vermögens (Treuhandgesetz) der DDR vom 17. Juni 1990" Anwendung findet. Das Umweltrahmengesetz erlaubte, daß bei der Umwandlung des Genehmigungsinhabers in eine Person des Privatrechts die Fortgeltung der Genehmigung angeordnet werden kann. Juristisch ist mit dem Treuhandgesetz für alle ehemaligen volkseigenen Kombinate, Betriebe und Einrichtungen zum 1. Juli 1990 die Umwandlung in privatrechtlich arbeitende Betriebe erfolgt. Verständlicherweise konnten in der Zeit bis zum 3. Oktober nicht für alle diese Beriebe die Prüfung der Genehmigungsbedingungen vorgenommen und deren Fortgeltung angeordnet werden. Der § 57a Atomgesetz bestimmt deshalb, daß die Fortgeltung ohne spezielle Anordnung erfolgt. Die zuständige Behörde wird jedoch verpflichtet, in angemessener Frist zu prüfen, ob die Voraussetzungen für eine Fortgeltung gegeben sind. Für alle dem Treuhandgesetz unterliegenden Genehmigungsinhaber gelten schließlich die Entschädigungsregelungen des § 18 Atomgesetz nicht. Eine notwendige Rücknahme oder der Widerruf einer Genehmigung begründen in diesem Fall keinen Entschädigungsanspruch.

Überleitungsregelungen waren auch für Transporte radioaktiver Stoffe festzulegen. In der Bundesrepublik gelten auf diesem Gebiet über internationale Empfehlungen hinausgehende, strengere Regelungen. Der § 57a des Atomgesetzes bestimmt deshalb, daß Transporte radioaktiver Stoffe, die bisher im Gebiet der neuen Bundesländer keiner Genehmigung bedurften, ab 1. Juli 1992 den Genehmigungsvorschriften des Atomgesetzes und der auf der Grundlage des Atomgesetzes erlassenen Rechtsverordnungen einschließlich des Nachweises der Deckungsvorsorge unterliegen.

Bisher wurden auf dem Gebiet der neuen Bundesländer atom- und strahlenschutzrechtliche Genehmigung und Aufsicht zentralisiert durch das Staatliche Amt für Atomsicherheit und Strahlenschutz durchgeführt. Nunmehr sind diese Aufgaben im Rahmen der Bundesauftragsverwaltung weitgehend Sache der Länder selbst, die dazu

geeignete Sachverständige heranziehen können. Mit der Vereinigung standen weder arbeitsfähige Länderbehörden für diese Aufgaben noch anerkannte Sachverständige in ausreichender Anzahl zur Verfügung. Um trotzdem eine ausreichende Rechtssicherheit zu gewährleisten, wurde gemäß Artikel 14 des Einigungsvertrages eine gemeinsame Einrichtung der Länder Mecklenburg-Vorpommern, Brandenburg, Sachsen-Anhalt, Sachsen und Thüringen unter Leitung des Bundesministers für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit gebildet, die zunächst die atom- und strahlenschutzrechtlichen Befugnisse der neuen Länder wahrnimmt.

Die besonderen geologischen Verhältnisse in Sachsen und Thüringen bedingen Besonderheiten der Strahlenbelastung durch Radon und Radonfolgeprodukte und des gegen diese Belastungen erforderlichen Strahlenschutzes. Für diese Probleme bestand im Strahlenschutzrecht der Bundesrepublik bisher kein umfassender Regelungsbedarf, eventuell notwendige Maßnahmen konnten im Rahmen der Schutzbestimmungen des Bergrechtes berücksichtigt werden. Im Gegensatz dazu wurden in Sachsen und Thüringen für viele bergbauliche und andere Tätigkeiten soweit dabei radioaktive Stoffe, insbesondere Radonfolgeprodukte anwesend sind, spezielle Maßnahmen zur Umweltüberwachung und zum Strahlenschutz getroffen.

Ausgehend von den dabei gewonnenen Erfahrungen wird die Bestimmung der durch bergbauliche und andere Tätigkeiten in Gegenwart natürlicher radioaktiver Stoffe verursachten Umweltradioaktivität als besondere, eigenständige Aufgabe im Rahmen der Strahlenschutzvorsorge angesehen. Sie wurde durch Ergänzung im § 11 des Strahlenschutzvorsorgegesetzes dem Bundesamt für Strahlenschutz übertragen.

Der spezielle Strahlenschutz vor natürlichen radioaktiven Stoffen betrifft nicht nur den Uranbergbau im engeren Sinne sondern auch andere bergbauliche Tätigkeiten unter entsprechenden geologischen Bedingungen sowie Arbeiten in Anlagen der Wasserwirtschaft oder anderen durch Radon- und Radonfolgeprodukte gefährdeten Betrieben

und die Verwendung von Abprodukten des Bergbaus. Folgerichtig wird im Einigungsvertrag für diesen Bereich die Fortgeltung von Rechtsvorschriften der DDR bestimmt, nämlich der "Verordnung über die Gewährleistung von Atomsicherheit und Strahlenschutz vom 11. Oktober 1984" und der "Anordnung zur Gewährleistung des Strahlenschutzes bei Halden und industriellen Absetzanlagen und bei der Verwendung darin abgelagerter Materialien vom 17. November 1980". Entsprechend wird in einer Überleitungsregelung zur Strahlenschutzverordnung (§ 89a) festgelegt, daß die Regelungen für die Aufsuchung, Gewinnung und Aufbereitung radioaktiver Bodenschätze (§ 1 Abs. 1 Nr. 1, § 3 Abs. 3 und § 29 Abs. 1 Satz 1, Abs. 2 Satz 1 und Abs. 6) im Gebiet der neuen Bundesländer keine Anwendung finden.

Keine Überleitungsregelungen gibt es zu den Dosisgrenzwerten für beruflich strahlenexponierte Personen. Dabei können die Auswirkungen bei der nachträglichen Einführung des 400 mSv-Konzepts noch nicht übersehen werden. Nach § 88 Abs. 10 der Strahlenschutzverordnung muß die Beschäftigung aller strahlenexponierten Personen, die Lebenszeitdosen über 400 mSv erhalten haben, zum 31. 12. 1995 beendet werden. Das betrifft beispielsweise nach dem gegenwärtigen Stand 29 z.T. hochqualifizierte Personen aus der Isotopenproduktion und der Abfallbearbeitung des Zentralinstituts für Kernforschung Rossendorf. Das Durchschnittsalter dieser Personengruppe liegt bei 51 Jahren, die mittlere Beschäftigungsdauer bei 26 Jahren. 1995 wird der jüngste Betroffene 39 Jahre alt sein, nur 3 werden dann das Rentenalter erreicht haben. Hier deutet sich nur ein weiteres Problem bei der Übernahme der Rechtsbestimmungen an, das in naher Zukunft angepackt und gelöst werden muß.

04. Oktober 1990

FS / VSS Seminar
GEMEINSAM FÜR DEN STRAHLENSCHUTZ
Berlin 19./20. Okt. 1990

STRAHLENSCHUTZ IN DER SCHWEIZ

Konzepte und Besonderheiten in Gesetzgebung und Vollzug

H. BRUNNER, dipl.Phys. ETHZ
Sekretär FACHVERBAND FÜR STRAHLENSCHUTZ
c/o Nationale Alarmzentrale (NAZ) *)
Ackermannstr. 26, Postfach
CH-8044 Zürich

Abstract

Switzerland's present radiation protection regulations are based on only two paragraphs of the atomic law but have been very successful in practice. A new radiation protection law, separated from nuclear legislation and valid for all applications of ionizing radiation and radioactive materials, was proposed and drafted by the Federal Commission on Radiation Protection and has now been accepted by parliament with only minor modifications. The draft of the revised regulations which also will cover all applications, should be ready for consultations next year. Radiation protection specialists have been involved in drafting both the law and the regulations and have ample opportunities for comments in the compulsory consultation which is part of Swiss legislative procedures. Both the law (which contains principles but no figures such as limits) and the regulations incorporate the latest state of ICRP recommendations and are formulated in such a way as to allow application of or quick adaptation to the new basic ICRP recommendations expected for 1991. Clear and simple language is used. Problems of adequate translations are frequent because all legal texts have to be issued in the three official languages German, French and Italian. The legislation is flexible, with a relatively low regulation density and leaves sufficient room for professional judgement on a case by case basis both for authorities and for the specialists responsible for radiation protection in practice. Radiation protection training adapted to the types of application, work and responsibility is compulsory for all professionally exposed persons. Protection of patients in medical radiation applications will be regulated from now on due to insufficient success of previous recommendations. The causation principle is used in general, a.o. for waste management and emergency planning: who causes wastes or risks of accidents has to pay the costs for the necessary measures. The exemption regulations will incorporate the latest concepts. Tolerance levels for food had to be introduced as a consequence of Chernobyl. Provisions for handling situations of persistent increased radiation levels, e.g. caused by radon have been incorporated into the law. Transports of radioactive materials will need a licence. Personnel monitoring services need an approbation and are quality controlled.

*) Dieser Beitrag stellt die persönliche Ansicht des Verfassers dar.

1 EINLEITUNG

1963 wurde die erste schweizerische Strahlenschutzverordnung (SSVO) in Kraft gesetzt. In ihrer ursprünglichen und in der revidierten Fassung von 1976 hat sie sich alles in allem ausgezeichnet bewährt.

Nach rund 25 Jahren muss grundsätzlich alles, auch das Eingespielte und Gewohnte, wieder einmal hinterfragt, in Frage gestellt, gerechtfertigt und begründet sowie optimiert und modernisiert werden. Auch die neuen Generationen von Anwendern und Strahlenschützern müssen sich mit der geltenden Gesetzgebung befassen, ihre Hintergründe kennenlernen und sich mit ihr identifizieren. Daher wäre es auch ohne die nachstehend genannten äusseren Gründe für eine Revision der Strahlenschutzgesetzgebung an der Zeit gewesen, wieder einmal über die Bücher zu gehen. Dass die ICRP parallel das Gleiche tut, ist ein weiterer Grund und auch ein glückliches Zusammentreffen.

Wie die Bundesrepublik Deutschland ist auch die Schweiz ein Bundesstaat. Zum besseren Verständnis muss auf einige Besonderheiten der Schweiz und auf Unterschiede zur BRD hingewiesen werden:

- Die Schweiz ist mehrsprachig, mit 3 bzw. 4 Amts- bzw. Landessprachen (deutsch, französisch, italienisch, romanisch); Gesetze und Verordnungen müssen mindestens in den drei ersten Sprachen veröffentlicht werden.

- Der Föderalismus ist zwar sehr ausgeprägt, aber Strahlenschutz und nukleare Sicherheit sind ausschliesslich Sache des Bundes; die Kantone wollten hier keine Aufgaben und Verantwortung übernehmen.

- Die Schweiz ist nicht Mitglied der EG. Es gibt aber zahlreiche bilaterale Absprachen mit EG und mit Nachbarländern. Durch ihre Lage und ihre Wirtschaft ist die Schweiz eng mit allem verbunden, was rund um sie vorgeht, und daher an kompatiblen Regelungen sehr interessiert.

- Die Schweiz hat rund zehnmal weniger Einwohner als die Bundesrepublik und rund doppelt soviele Teilstaaten. Auf Seiten der Behörden wie der Forschung und Entwicklung muss mit einem viel kleineren "Pool" an verfügbaren Strahlenschutz- und Sicherheitsfachleuten ein vergleichbar grosser Umfang an Aufgaben in diesen Gebieten bewältigt werden. Dies vereinigt zwangsweise viel mehr verschiedene Aufgaben auf den gleichen Personen. Nachteil: Überlastung, man muss vieles von aussen zu übernehmen suchen, wozu der FS von grossem Nutzen ist. Vorteil: man kennt sich besser, und manche Dienstwege werden so einfacher und kürzer; man kann nicht immer das Rad nochmals neu erfinden und muss einfache, rasche und praktikable Lösungen suchen.

- Dank direkter Demokratie (Verfassungsinitiative, Gesetzesreferendum, Volksabstimmung, Vernehmlassungsverfahren etc.) gibt es eine institutionalisierte und sehr weitreichende Beteiligung und Mitbestimmung der Öffentlichkeit und auch der Fachwelt bei der Gesetzgebung.

- Es gibt fünf Kernkraftwerke in der Schweiz, aber weder Uran- noch anderen Bergbau, nur Stollenbau, und keine kommerzielle Brennstoffherstellung.

- Unterschiede in der Terminologie zeigt Tabelle 1.

Tabelle 1: Vergleich Schweiz - Deutschland:

CH	D
Nationalrat	Bundestag
Ständerat (2 pro Kanton)	Bundesrat
Bundesrat	Bundesregierung / Bundesminister
Kanton	Land
Eidgenöss. Departement	Bundesministerium
Bundesverfassung	Grundgesetz
Initiative (Vorschlag für Verfassungsänderung)	
Referendum (Begehren nach Volksabstimmung über Gesetzesbeschluss des Parlamentes)	
Abstimmung (entscheidende Volksbefragung zu Initiative bzw. Referendum)	

2 BISHERIGE UND NEUE GESETZGEBUNG - GRUNDLAGEN

Hierarchie der Gesetzgebung:

	Zuständigkeit:
Verfassungsartikel	- Volk: obligat. Abstimmung (Initiative)
Gesetz (StSG)	- Parlament <- BR<-> Vernehmlassung fakultat. Referendum
Bundesrats-Verordnung (SSVO)	- Bundesrat <-> Vernehmlassung
Departements-Verordnungen	- EDI, EVED <-> Vernehmlassung
Richtlinien, Weisungen Verfügungen, Auflagen..	- Bewilligungs- und Aufsichtsbehörden
innerbetriebliche Weisungen	- Betriebsinhaber Genehmigung durch Aufsichtsbehörde

Die unter Federführung des EDI entstandene heute noch gültige Strahlenschutzverordnung (SSVO) von 1963/76 basiert auf Artikel 24^{quinquies} Absatz 2 der Bundesverfassung und auf lediglich 2 Artikeln des Atomgesetzes von 1959. Daneben gibt es eine grosse Zahl von Departementsverordnungen und Richtlinien von BAG und BEW für einzelne Anwendungsgebiete und Detailfragen.

Mitte der Siebzigerjahre, nach Einführung der kommerziellen Kernenergie und der zunehmenden politschen Polarisierung in den Energiefragen, erwies sich das Atomgesetz als revisionsbedürftig. 1978 beantragte die Eidg. Komission für Strahlenschutz (EKS) die Loslösung der Strahlenschutz- von der Kernenergiegesetzgebung und die Schaffung eines separaten Strahlenschutzgesetzes, ohne vorerst bei den Bundesbehörden Gehör zu finden. Der Vorentwurf für ein weiterhin kombiniertes Gesetz erlitt in der Vernehmlassung bei Parteien, Verbänden und Fachwelt Schiffbruch, und so wurde der Vorschlag der EKS, die gleich einen Gesetzesentwurf vorlegte, schliesslich gutgeheissen und 1982 eine Expertengruppe mit der Ausar-

beitung eines Gesetzesentwurfs auf der Basis des EKS-Vorschlags beauftragt. Ende 1985 ging der Vorentwurf des **Strahlenschutzgesetzes (StSG)** nach verwaltungsinterner Anhörung in die öffentliche Vernehmlassung. Diese dauerte bis Ende Juni 1986; auch der FS nahm dazu - trotz Überlastung der Mitglieder durch Tschernobyl - eingehend Stellung. Der bereinigte Vorentwurf ging 1987 an das Parlament, dessen beide Kammern ihn 1988 bzw. 1990 behandelten. Falls nach Differenzbereinigung der beiden Kammern innert 3 Monaten kein Referendumsbegehren zustandekommt, kann das Gesetz 1991 in Kraft gesetzt werden. 1988 begann eine weitere Expertengruppe mit der Revision der **Strahlenschutzverordnung (neu: STRAVO)**. Für ein neues Kernenergiegesetz (KEG) wurde vorerst der Ausgang der Kernenergieabstimmung vom September 90 abgewartet, die ja keinen Ausstiegsbeschluss aus der Kernenergie brachte. Der Gesetzesentwurf sollte nun 1991 in die Vernehmlassung gehen.

Konzept der neuen Gesetzgebung:

- StSG: - enthält die Grundsätze aus bisheriger SSVO,jedoch ohne Zahlenwerte; ist für ICRP-91 vorbereitet.
  - gilt für alle Anwendungsbereiche, einzig Delegation kernenergie-spezifischer Punkte an KEG.

- STRAVO: - "Dachverordnung" für alle Bereiche,, enthält alles Wichtige, inkl. Grenzwerte, Anhänge, Begriffsdefinitionen

- Dept-VO:- nur für einzelne Probleme einzelner Anwendungsbereiche (z.B.techn. Vorschriften Rö-Geräte, Meldepflicht KKW, Uhren) Anzahl ist möglichst klein zu halten.

Es muss darauf geachtet werden, dass jeder Artikel einer Departementsverordnung in der STRAVO verankert ist, und diese wiederum im StSG.

Die Kantone haben beim Vollzug keine Funktionen, ausser im Notfall und bei der Lebensmittelkontrolle, jedoch sind die meisten Kantone Anwender/Betreiber von Einrichtungen (Hochschulen, Spitäler), die unter die Strahlenschutzgesetzgebung fallen und bewilligungspflichtig sind.

3 VORGEHEN BEI DER GESETZGEBUNG

Zeitplan:

1963 SSVO
1976 Revidierte SSVO in Kraft (begonnen 1968)
1978 Antrag EKS für separates StSG
1981 Vernehmlassung Vorentwurf Atomgesetz (inkl Strahlenschutz)
Gesetzesentwurf der EKS
1982 Entscheid BR für separates StSG --> Arbeitsgruppe
1985/86 Vernehmlassung Vorentwurf
1987/88 Überarbeitung --> Parlament /Beginn Revision SSVO ->STRAVO
1988 Beratung Ständerat
1990 25./26. Sept. Beratung Nationalrat
1990/91 Differenzbereinigung SR-NR, Referendumsfrist (3-6 Monate)
1991 StSG in Kraft (?), KEG in Vernehmlassung
Ende 1991 Entwurf STRAVO bereit für Vernehmlassung (?)
Ende 1992 STRAVO in Kraft (?)

Bei der StSG-Vernehmlassung 1986 haben 67 von 102 eingeladenen Kantonen, Parteien, Verbänden, Organisationen geantwortet. Die Grundsätze der Trennung StSG/KEG und der Regelung auf Gesetzes- statt VO-Stufe, jedoch mit Zahlenwerten erst auf VO-Stufe, wurden generell akzeptiert.

Die Mitarbeit/Mitsprache der Fachleute an Gesetzgebung und Vollzug ist gesichert (Kommissionen, Arbeits- u. Expertengruppen, Vernehmlassungen, Antragsrecht der Kommissionen). Vernehmlassungen werden ernst genommen und berücksichtigt. Die wesentliche Rolle der EKS wurde schon erwähnt. In den beratenden Fachkommissionen des Bundes (EKS, KÜR, KOMAC, KSA) und ihren Subkommissionen, Experten- und Arbeitsgruppen wirkt ein grosser Teil der Schweizer Strahlenschutzfachleute mit. Diese Kommissionen arbeiten nach Reglementen (Verordnungen), die ihnen eine gewisse Autonomie in ihren Aufgaben und Tätigkeiten geben. Sie sind nicht einfach Auftragnehmer und Werkzeuge der Verwaltung, sondern unabhängige Expertengremien und haben auch gewisse Aufsichtsfunktionen über Art und Ergebnisse des Vollzugs. Die EKS hat aus eigener Initiative das StSG beantragt und den ersten Entwurf geliefert, ihre Durchsetzung gelang dank Vernehmlassung gegen Absicht der Behörden!

Dank dem Erfolg der bisherigen SSVO und den guten Ergebnissen der Strahlenschutz-Praxis gab es trotz Tschernobyl unerwartet wenig Probleme in Parlament und Öffentlichkeit bei der Akzeptanz des StSG. Hauptstreitpunkt im Nationalrat bildete die Verpflichtung von Einsatzpersonal nach Störfällen, wofür schliesslich eine brauchbare Kompromisslösung gefunden wurde, die allerdings vom Ständerat noch zu behandeln ist. Ein Ausdruck des politischen Drucks sind die im Vergleich zu anderen Gebieten unverhältnismässigen Strafbestimmungen.

Ergänzende Bestimmungen neben StSG sind zu finden in: Atomgesetz und späterem Bundesbeschluss (-> zukünftiges Kernenergiegesetz KEG), Kernenergiehaftpflichtgesetz, Transportvorschriften für gefährliche Güter. Hingegen gilt das StSG auch für Lebensmittel und Umweltschutz. Nichtionisierende Strahlung (NIR) wird dagegen nicht im StSG sondern im Umweltschutzgesetz geregelt, wobei die INIRC-Empfehlungen übernommen werden sollen.

4 GRUNDSATZFRAGEN UND GENERELLE KONZEPTE

Ziel der Arbeitsgruppe StSG war, ein schönes, klares, kurzes Gesetz zu schaffen. Die Arbeitsgruppen STRAVO bemühen sich, in einer einzigen bundesrätlichen Verordnung alles Wesentliche zu regeln, sodass daneben nur noch wenige spezielle Departementsverordnungen nötig sind.

Gesetz und Verordnungsentwurf sind konform zu ICRP-26 und nachfolgenden ICRP-Empfehlungen und für ICRP-91 vorbereitet. Das Gesetz ist genügend flexibel formuliert, dass keine Änderungen erforderlich sein werden. Der Vorentwurf der STRAVO soll kurz nach Veröffentlichung von ICRP-91 fertiggestellt werden und in die Vernehmlassung gehen. Schon jetzt werden laufend alle bekanntgewordenen Aspekte von ICRP-91 in die Entwürfe einbezogen.

Geltungsbereich: Das Strahlenschutzgesetz gilt für alle Bereiche des Schutzes vor ionisierenden Strahlen, also auch für den Bereich der Kernenergienutzung. Einzig bezüglich der Erteilung von Bewilligungen und der Aufsicht ist eine Ausnahme vorgesehen: die entsprechenden Bestimmungen des Gesetzes sind nicht anwendbar auf Tätigkeiten, für die nach dem Atomgesetz eine Bewilligung nötig ist.

Es wurde angestrebt, so wenig wie verantwortbar und möglich regeln, und nur soviel wie notwendig. Vernunft und Sachverstand der Strahlenschutzfachleute sowie fallspezifische Lösungen müssen ihren Platz behalten. Die beste Optimierung ist die intuitive aus langer Erfahrung, gepaart mit dem scharfen und sachverständigen Auge der Aufsichtsbehörde als Korrektur gegen allfällige Betriebsblindheit (die aber auch bei Behörden vorkommen kann).

Gesetz und Verordnungen bemühen sich um eine klare Sprache. Man sucht Paragraphen-Zitate ohne Inhalt und Verweis-Labyrinthe zu vermeiden (vergleiche §31 StrlSchV (64 Zeilen) mit Art. 27 SSVO (9 Zeilen) oder dem Art. 190 Entwurf STRAVO mit 5 Zeilen). Die Texte sollen auch für Nichtjuristen und ohne Kommentare verständlich sein. Alle Gesetzes- und Verordnungsentwürfe werden von einer Sprachkommission überarbeitet, wobei allerdings gutgemeinte sprachliche Verbesserungen oft zu Sinnentstellungen führen können, sodass eine nochmalige Kontrolle der Schlussfassungen durch Fachleute unbedingt nötig ist.

Die Mehrsprachigkeit der Schweiz bringt das Problem der adäquaten, äquivalenten Übersetzung in 3-4 Sprachen (von ICRP leider bisher vernachlässigt); schon für Vernehmlassungen müssen die Entwürfe deutsch und französisch vorgelegt werden. Die Übersetzungen decken aber auch Schwächen, Unklarheiten und mögliche Fehlinterpretationen des Originaltextes auf, die so noch korrigiert werden können.

Grundsätzliche Unterschiede in den Denkweisen wie der Sprache und Terminologie von Juristen, Naturwissenschaftern oder Ingenieuren (Flexibilität vs Festschreibung, unterschiedliche Risikobegriffe usw.) führen zu interessanten logischen und semantischen Konflikten und Diskussionen.

Für die STRAVO gilt: was im StSG steht, wird nicht mehr wiederholt. Dafür sollen beide Texte zusammen publiziert werden.

Aus der Sicht der Strahlenschutzfachleute, besonders der Praktiker, ist das Korsett der formellen Randbedingungen der Gesetzgebung (keine Erläuterungen, keine Wiederholungen ...) in hartem Kontrast zur angestrebten Benutzerfreundlichkeit, besonders der Verordnungen, auch wenn man sich einig ist, dass diese keine Lehrbücher sein sollen. Man möchte den Anwendern möglichst alles Relevante in einem Text in die Hand geben. Ob später doch noch eine kommentierte Ausgabe auf kommerzieller Basis oder ein erläuterndes und ergänzendes fachtechnisches Kompendium/Beiheft erforderlich werden, ist noch ebenso offen wie der Vorschlag, Sammelordner im Baukastensystem für die einzelnen Anwendungsbereiche herauszugeben, welche die jeweils zugehörigen Verordnungen, Richtlinien usw. enthalten.

Wichtig ist, dass Dosisgrenzwerte und Richtwerte nicht im Gesetz sondern in der STRAVO stehen, wo sie verhältnismässig rasch und einfach angepasst werden können. Das Gesetz enthält nur die zu limitierenden Bereiche und die Ermächtigungen zum Erlass von Limiten.

Im Gegensatz zur BRD spielen Normen in der Schweiz im Strahlenschutz eine geringe Rolle, da hier auf nationale Normen weitgehend verzichtet wurde und bei Bedarf direkt Normen von DIN, ASME, ISO, IEC etc angewendet werden.

Das **Strahlenschutzgesetz StSG** besteht aus drei Hauptteilen:
- materielle Strahlenschutzbestimmungen (Schutz von strahlenexp. Personen, Bevölkerung, Abfälle)
- Bewilligung und Aufsicht
- Haftpflicht, Versicherung, Rechtsschutz, Gebühren, Strafbestimmungen

StSG: Aufbau:

1. Allg. Bestimmungen
2. Schutz von Mensch und Umwelt
   2.1. Grundsätze des Strahlenschutzes
   2.2. Schutz der strahlenexponierten Personen
   2.3. Überwachung der Umwelt und Schutz der Bevölkrung bei erhöher Radioaktivität
   2.4. Radioaktive Abfälle
3. Bewilligungen und Aufsicht
4. Haftpflicht und Versicherungen
5. Verfahren, Rechtsschutz und Gebühren
6. Strafbestimmungen
7. Schlussbestimmungen

Vorentwurfs STRAVO: Inhaltsverzeichnis (Stand Sept. 90):

1. Allgemeine Bestimmungen (Geltungsbereich, Ausbildung u.a.)
2. Sachkunde, Sachverständige und Weiterbildung
3. Grundsätze des Strahlenschutzes (Rechtfertigung, Begrenzung, Optimierung, quellenbezogener Dosisrichtwert)
4. Schutz der Bevölkerung (Lebensmittel, med. Strahlenanwendungen)
5. Schutz der strahlenexponierten Personen
6. Kontrollierte Zonen und Strahlenemssinstrumente
7. Umgang mit Anlagen und Apparaten, die ionisierende Strahlen aussenden können
8. Umgang mit radioaktiven Stoffen
9. Radioaktive Abfälle
10. Störfälle
11. Überwachung der Umwelt und Schutz der Bevölkerung bei erhöhter Radioaktivität
12. Bewilligungen und Aufsicht
13. Strafbestimmungen
14. Schlussbestimmungen

Anhänge:
- Begriffsbestimmungen
- Daten für den operationellen Strahlenschutz
- Dosisfaktoren für die Bevölkerung (Inhalation / Ingestion)
- Beziehungen zwischen Neutronenfluenz und Äquivalenzdosis
- Gefahrenzeichen, Angaben für Beurteilung des Strahlenschutzes

5 MATERIELLE STRAHLENSCHUTZFRAGEN

Folgende Probleme gaben u.a. bei der Vernehmlassung über das StSG zu Diskussionen Anlass und müssen in der STRAVO im Detail geregelt werden: Kategorien von Strahlenexponierten / Dosisgrenzwerte / verbindlichere Regelung medizinischer Expositionen / Verjährungsfrist für Schäden.

Die Optimierung wird sowohl im Gesetz wie in der Verordnung als flexible Verpflichtung formuliert, es werden keine starren oder formellen Verfahren vorgeschrieben.

Bei den Begriffsbestimmungen ergibt sich der Konflikt zwischen kurzen, leicht verständlichen Definitionen und exakten, ISO-konformen, die oft aber nur noch für Fachleute verständlich sind. Möglicherweise wird dies durch zwei verschiedene Anhänge gelöst.

Wichtig sowohl für das Verständnis wie auch bezüglich allfälliger strafrechtlicher Folgen ist die klare Unterscheidung zwischen Grenzwerten (ICRP: limits) und Richtwerten bzw. Schwellwerten (ICRP: derived levels,bzw. reference levels). So kann ein Dosis-Massnahmenkonzept für Notfälle keine Grenzwerte enthalten, sondern nur Planungsrichtwerte oder Massnahmenschwellen, und die Grenzwerte für den Normalfall sind für Notfallsituationen nicht anwendbar, da sie nur für kontrollierbare Situationen definiert sind.

Bezüglich Dosisgrenzwerten entspricht der gegenwärtige Stand in der Arbeitsgruppe STRAVO etwa der FS-Stellungnahme zu ICRP-90. Ein starrer Lebensdosis-Grenzwert wird abgelehnt. Die Frage von - eventuell sogar altersabhängigen - Mittelwerten über längere Perioden ist mit interessanten Vorschlägen noch in Diskussion, wobei natürlich das Ziel ist, die kommenden ICRP-Empfehlungen einzubauen. Die Praxis hat gezeigt, dass nur selten Jahresdosen oberhalb 20 mSv vorkommen, sodass man mit einem solchen Wert durchaus leben könnte, nur möchte man wegen den allfälligen strafrechtlichen Folgen für Einzelfälle bzw. Einzeljahre noch etwas Flexibilität nach oben behalten.

In der physikalischen Personenüberwachung ist zwar für beruflich strahlenexponierte Personen im allgemeinen die individuelle Dosimetrie vorgesehen, das Gesetz erlaubt aber Ausnahmen, d.h. Überwachung mittels Ortsdosis am Arbeitsplatz, Gruppendosis, Stichprobe o.ä. Dies kann es ermöglichen, z.B. fliegendes Personal eventuell unter die beruflich Strahlenexponierten einzureihen, ohne die Zahl der dosimetrierten Personen unnötig aufzublähen.

Hier sei noch auf eine schweizerische Pionierleistung hingewiesen: Schon seit 1963 hat jede beruflich strahlenexponierte Person in der Schweiz ein Kontrollbüchlein (Strahlenpass), in welches externe und interne Dosen sowie besondere medizinische Expositionen eingetragen werden, und das sie durch ihr ganzes Berufsleben begleitet. Dies ist nun noch durch ein zentrales Dosisregister ergänzt worden. Ein "Strahlenpass für Jedermann" für medizinische Expositionen wird dagegen abgelehnt.

Die Personendosimetrie und Inkorporationsüberwachung wird nicht durch amtliche sondern durch betriebseigene bzw. kommerzielle Messstellen durchgeführt, die in der Expertengruppe Personendosimetrie der EKS zusammen mit Behördenvertretern die Anerkennungskriterien und -verfahren ausgearbeitet haben, mittels Vergleichsbestrahlungen die Qualitätskontrolle durchführen und auch die Ergebnisse der Personenüberwachung jährlich in einem Bericht zuhanden der EKS auswerten, der vom BAG veröffentlicht wird.

Zur Messtechnik sei noch erwähnt, dass für Strahlenmessgeräte eine obligatorische Eichung nur für Strahlentherapie vorgeschrieben wird. Für andere Geräte kann die Aufsichtsbehörde nach eigenem Ermessen Kalibrierung oder Eichung verlangen, wobei die Kalibrierung an Sekundärstandardlabors delegiert wird. Die Pflicht zur regelmässigen Funktionsprüfung gilt für alle Geräte.

Diem medizinische Überwachung Berufstätiger wird gemäss Unfallverhütungsgesetz wie für alle Arbeitnehmer durch die SUVA geregelt. Dies ermöglicht flexible fallweise Regelung je nach Tätigkeit, erhaltenen Dosen etc. Das StSG enthält die Verpflichtung, sich einer angeordneten medizinischen Untersuchung zu unterziehen. Eine Regelung der Bekanntgabe medizinischer Daten an die Aufsichtsbehörden erfolgt in der STRAVO.

Strahlenschutz kann nur optimal funktionieren, wenn jeder, der mit Strahlenquellen umgeht, letztlich selbst für den Strahlenschutz an seinem Arbeitsplatz verantwortlich ist und dafür auch motiviert wird. Dies setzt die nötige Ausbildung und Sachkunde voraus, was wiederum mehr braucht als nur Alibiübungen wie periodische Belehrungen. Das StSG schreibt daher vor, dass alle Personen in einem Betrieb verpflichtet sind, den Betriebsinhaber und die Strahlenschutzsachverständigen bei der Einhaltung der Vorschriften zu unterstützen, und dass Tätigkeiten, die eine Gefährdung durch ionisierende Strahlen mit sich bringen, nur sachkundigen Personen gestattet sind. Somit müssen alle beruflich strahlenexponierten Personen in geeigneter Weise eine tätigkeitsspezifische Strahlenschutzausbildung und eine Ausbildung im Umgang mit Strahlenquellen erhalten. Man konzentriert sich also nicht wie in manchen Ländern nur auf die Züchtung hochqualifizierter Spitzenleute (certified health physicists), sondern auf eine Ausbildung und Weiterausbildung auf allen Niveaus und in allen Bereichen. Nur bei den Aerzten macht dies immer noch Schwierigkeiten, während es beim medizinischen Personal längst erfolgreich gelungen ist, auch bei den schon länger im Berufsleben stehenden.

Nicht verschwiegen sei das Problem der Strahlenschutz-Ausbildung und Praxiserfahrung der Behördenmitarbeiter. In der Aufbauphase der Behörden kamen diese noch aus der - oft langjährigen - Praxis, heute aber immer mehr direkt von den Hochschulen an den Büroschreibtisch. Immerhin sind es in der Schweiz noch Naturwissenschafter oder Ingenieure, kaum Juristen. Aber die Strahlenschutzpraktiker in den Betrieben legen Wert darauf, bei den Behörden auf ebenso sachkundige Beamten zu treffen, die Sachentscheide treffen können (obwohl für diese Sachkunde die entsprechenden gesetzlichen Forderungen fehlen...) und den Beizug von Gutachten Dritter nur als Ausnahme zu akzeptieren. Fairerweise muss man sagen, dass unsere Behörden sich bisher bemüht haben, ihren Mitarbeitern eine adäquate Strahlenschutzausbildung und auch Praxiserfahrung zu vermitteln.

In Klammern sei erwähnt, dass sich auch bei uns immer stärker das Problem der Nachwuchsförderung stellt, denn die Generation, welche den Strahlenschutz in Kerntechnik, Industrie und Medizin ab den Fünfzigerjahren aufgebaut hat, ist bereits im Ruhestand oder kurz davor. Die heutige öffentliche Meinung motiviert nicht besonders für Studien im nuklearen und verwandten Bereichen. Dringend ist auch der Wissens- und Erfahrungstransfer, damit die junge Generation nicht das Rad nochmals erfindet. Gerade Wissen aus der Vor-EDV-Zeit ist für junge Fachleute nicht mehr leicht greifbar. Hier gäbe es für die Fachleute im Ruhestand noch dankbare Aufgaben.

Das Gesetz ermnöglicht sowohl die Förderung der Forschung wie auch der Ausbildung durch den Bund und erlaubt diesem auch eigene Ausbildungstätigkeit, was sowohl in der Schule für Strahlenschutz des PSI in Würenlingen wie in medizinischen Strahlenschutzkursen des BAG auch getan wird.

Apparate, die ionisierende Strahlung aussenden können, fallen nur unter das Gesetz, wenn sie gefährden können; allgemeine oder beschränkte Zulassung nach Typenprüfung ist möglich.

Das StSG gibt die Möglichkeit, den Schutz der Patienten in Verordnungen zu regeln, und dies soll in der STRAVO nun auch verbindlich geschehen, nachdem die bisherigen Empfehlungen der Ärztegesellschaften zu wenig wirksam waren.

In der Medizin werden Durchleuchtungen für Kontrollzwecke und Reihenuntersuchungen nicht mehr gestattet, und Reihenuntersuchungen sollen nur noch sehr restriktiv gehandhabt werden. Unnötige Wiederholungen von diagnostischen Untersuchungen will man verhindern. Etwas umstritten ist die Aufklärung und Zustimmung des Patienten zu Strahlenanwendungen, da es dazu in kantonalen Gesundheitsgesetzen schon generelle Regeln für medizinische Eingriffe gibt.

Beim bewilligungspflichtigen Umgang mit Strahlenquellen und radioaktiven Stoffen gibt das StSG dem Bund die Kompetenz zu Ausnahmeregelungen. Die Details sollen in der STRAVO geregelt werden, besonders die Definition der als nicht radioaktiv im Sinne des Gesetzes zu betrachtenden Mengen radioaktiver Stoffe, deren Aktivität unbedenklich ist. Das Kriterium hierfür soll bei einer Jahresdosis < 10 μSv/a liegen. Es werden sowohl nuklidspezifische Richtwerte für gut definierbare Fälle als auch strengere generelle Richtwerte festgelegt.

Bei den Vorschriften über kontrollierte Zonen hat man sich der heutigen Vielfalt angepasst und die bisherigen Labortypen durch Arbeitsbereiche A, B, C für Umgang mit offenen radioakt. Stoffen ersetzt. Die Umgangsaktivitäten sind nuklidspezifisch festgelegt, mit Lockerungen für einfache Manipulationen und Lagerung. Für den Umgang mit offenen radioaktiven Stoffen werden auch Arbeitsmethoden, Baumassnahmen, Installationen, Ausrüstung, Kleidung etc. geregelt.

Das StSG gibt die Möglichkeit der speziellen Regelung für Situationen mit andauernd erhöhter Radioaktivität, wobei man natürlich besonders an Radon denkt. Es ist noch offen, wie davon in der STRAVO schon Gebrauch gemacht werden soll, da das "Radonprogramm Schweiz", RAPROS, zur Ermittlung der Lage und Erprobung von Sanierungsmassnahmen noch im Gange ist.

Das Verursacherprinzip wird im StSG umfassend angewendet: Verursacher tragen die Kosten für Massnahmen, auch für Abfälle, Notfallorganisation, Stillegung und Sanierung); wenn nötig können auch Nachfolger/Erben früherer Verursacher zur Kasse gebeten werden.

Das Kapitel Störfälle wird in der STRAVO völlig umgeschrieben, nachdem der Entwurf des StSG schon vor Tschernobyl der Entwicklung der Einsatzorganisation für erhöhte Radioaktivität angepasst worden war. Da sich dieses Seminar nur mit dem Normalbetrieb befasst, wird nicht auf Details eingegangen.

Nicht nur bei nuklearen Anlagen, sondern auch bei anderen Betrieben kann eine Störfallvorsorge des Betreibers verlangt werden und auf Verlagen der Behörde auch ein Sicherheitsbericht sowie Notfallschutz der Umgebung.

Zum Schutz der Bevölkerung gehört die regelmässige Überwachung der Umwelt - darüber wird Herr Dr. Völkle referieren - , sowie die Einsatzorganisation für Ereignisse mit Gefährdung durch erhöhte Radioaktivität.

Neu sind - als Folge von Tschernobyl - Regelungen für Radioaktivität in Lebensmitteln, wobei durch die in der Lebensmittelkontrolle gebräuchlichen Toleranzwerte für Lebensmittel ein fremdes Element eingeführt werden muss: ein Qualitätskriterium, das eher eine Bezugsschwelle ist, kein Grenzwert. Die Grenzwerte für Lebensmittel sollen wesentlichg höher sein und im Ereignisfall fallspezifisch angepasst werden können.

Bei den radioaktiven Abfällen gelten die Grundsatzbestimmungen für alle Abfälle, auch aus Kernenergienutzung. Weiter gilt auch hier das Verursacherprinzip: der Verursacher beseitigt und trägt die Kosten, der Bund kann beseitigen und tut dies auch für Medizin, Industrie, Forschung. StSG und STRAVO regeln Ablieferungspflicht, Sammlung, Konditionierung, Zwischenlagerung schwach- u. mittelaktiver Abfälle). Für Kernanlagen sind getrennte Konditionierung und Zwischenlagerung geplant, jedoch sollen Endlager Abfälle aller Beriche aufnehmen. Bedingungen für internationale Zusammenarbeit werden festgelegt: Abfälle dürfen nur exportiert werden, wenn gleichwertiger Schutz garantiert ist, also kein Export der Probleme!

Für Abfälle hat der Bund die Kompetenz zur Festlegung der Voraussetzungen, unter denen Abfälle geringer Aktivität an Umwelt abgegeben werden dürfen, bzw. zur Definition nichtradioaktiver Stoffe im Sinne des Gesetzes (Freigabegrenze bzw. Ausnahmegrenze (Freigrenze), etwa im Sinne des Konzepts des AKE).

6 BEWILLIGUNG UND AUFSICHT

In der Schweiz gibt es zwar keine Delegation von Bewilligung und Aufsicht auf die Kantonsebene hinunter, dafür verteilen sich diese Aufgaben auf zwei Departemente (EDI und EVED) und auf drei Aufsichtsbehörden für die verschiedenen Anwendungsbereiche (BAG: Bevölkerung, Ausbildung, Forschung, Medizin / SUVA: Industrie / BEW-HSK: Kerntechnik), von denen die eine (SUVA) zudem nur halbstaatlichen Charakter hat. Dies gibt natürlich einige Koordinationsprobleme bei Aufsicht und Vollzug, die aber durch gute gegenseitige Kontakte gelöst werden können.

Wir haben in den ersten Jahrzehnten des Strahlenschutzes gute Erfahrungen mit einem genügenden Interpretationsspielraum sowohl der Aufsichtsbehörden wie der Sachverständigen in den Betrieben gemacht, und dies soll auch in Zukunft beibehalten werden. Erfreulich ist auch der im allgemeinen gute Kontakt zwischen Betreibern und Aufsichtsbehörden, charakterisiert durch vorhandene Flexibilität, gegenseitiges Verständnis, Suche nach beidseitig akzeptablen Kompromissen und vernünftigen Lösungen. Voraussetzung dafür ist, wie oben schon erwähnt, genügender Sachverstand und Praxiserfahrung auch auf Seiten der Behörden.

Dass historisch gesehen der organisierte Strahlenschutz - besonders in der Kerntechnik - schon vor der Strahlenschutzgesetzgebung und den Behörden aufgebaut war und bei deren Entwicklung massgeblich mitwirkte, sowie die jungen Behörden mit ihren ersten Fachleuten versah, mag wesentlich dazu beigetragen haben, dass Autonomie und Kompetenz der Strahlenschutzsachverständigen gross geschrieben werden: sie interpretieren und entscheiden selbständig im Rahmen der VO und Auflagen der Bewilligungs/Aufsichtsbehörde, und können die Behörde konsultieren, wenn Unklarheiten vorliegen. Das Melde- und Bewilligungswesen ist vernünftig abgestuft und administrativ noch handhabbar. Die Behörde kann eingreifen, wenn sie es für nötig hält. Fachleute der Behörde entscheiden aufgrund der Anträge und Beurteilungen der Sachverständigen der Betreiber, ev. nach Konsultation ei-

ner beratenden Kommission (z.B. KSA), aber meist ohne Beizug "unabhängiger Gutachter". Es gibt kein Gutachter-Unwesen wegen jedem Bagatellentscheid und die Behörde selber gilt immer noch als genügend unabhängig.

Die Verantwortlichkeit im Betrieb liegt beim Betriebsinhaber, er hat die Möglichkeit der Delegation von Aufgaben und Kompetenzen an eine angemessene Zahl von Sachverständigen, denen er die nötigen Mittel zuzuteilen hat. Der Betriebsinhaber entscheidet über den Umfang der Delegation und die Gestaltung der betriebsinternen Weisungen, die Bewilligungsbehörde prüft deren Angemessenheit. Dies ermöglicht optimale betriebsspezifische Lösungen der Organisation und Durchführung des Strahlenschutzes.

Bei den Betriebskontrollen legen die Aufsichtsbehörden immer mehr Gewicht auf Qualitätskontrollen der angewandten Methoden und auf genügenden Sachverstand und Ausbildung des Strahlenschutz- und Betriebspersonals.

Bei den Bewilligungen musste ein besonderes Verfahren für bundeseigene Anlagen und Tätigkeiten eingeführt werden. Der Bund betreibt ein Forschungszentrum und zwei technische Hochschulen sowie verschiedenen andere Betriebe mit bewilligungspflichtigen Tätigkeiten und kann sich nicht selber Bewilligungen erteilen.

Zwischen den beiden Bewilligungsbehörden BAG und BEW ist nun eine klare Aufgabenteilung getroffen worden.

Die Voraussetzungen für Erteilung der Bewilligung werden abschliessend aufgezählt: wesentlich Punkte sind genügender Strahlenschutz und Sachkunde. Zusätzliche Voraussetzungen können im Einzelfall durch die Behörde fesgelegt werden, dazu kommen Auflagen und Bedingungen in der einzelnen Bewilligung.

Der Inhalt der Bewilligung wird aufgezählt, sie ist übertragbar auf eine neuen Inhaber. Es besteht Meldepflicht für Änderungen, die den Strahlenschutz oder die Sicherheit betreffen. Änderung, Entzug, Erlöschen von Bewilligungen sind ebenfalls geregelt.

Neu werden auch Transporte, d.h. Transportfirmen, bewilligungspflichtig, und es werden Mindesanforderungen festgelegt und Qualitätskontrollen vorgesehen.

Es besteht Melde- und Auskunftspflicht (auch für im Betrieb tätige Personen), davon ist vieles durch Richtlinien geregelt, mit einem genügenden Ermessensspielraum. Bei einem Strahlenunfall ist neben dem Bewilligungsinhaber auch der Sachverständige zur sofortigen Benachrichtigung der Behörde verpflichtet.

Die Aufsicht wird in der STRAVO geregelt. Die Bereiche der Aufsichtsbehörden BAG-AS, BEW-HSK, und SUVA sind nun klar abgegerenzt. Sie erlassen Verfügungen und können auf Kosten des Verantwortlichen Massnahmen treffen, wenn es dieser nicht tut. Beizug von Dritten für Kontrollen ist möglich und wird auch benützt.

Die Beseitigung von Gefahrenquellen muss durch den Inhaber, dessen Nachfolger oder durch Bund auf deren Kosten erfolgen, gefolgt von einer Freigabeverfügung für die Anlage oder den Betrieb. Hier fanden Erfahrungen mit der Sanierung alter Leuchtfarbenbetriebe, Arztpraxen etc. ihren Niederschlag.

7 HAFTPFLICHT - STRAFBESTIMMUNGEN

Hier sei nur darauf hingewiesen, das unter politischem Druck für Strahlung unnötige, oder im Vergleich zu anderen Gesetzen unverhältnismässig scharfe Zusatz- oder Sonderregelungen gefordert wurden, obwohl bestehende Regelungen schon im Vergleich zu anderen Gebieten eher zu weit gehen. Hier wie anderswo kann die Profilierungssucht von Parlamentariern und Politikern unangenehm mitspielen, sie rennen entweder offenen Türen ein oder versteifen sich aus fehlender Sachkenntnis auf publizitätsfördernde aber falsch verstandene Detailfragen und verursachen unnötige Umtriebe! Die im StSG gefundenen Lösungen sollten tragbar sein. Nur vorsätzlich oder fahrlässig begangenen Vergehen werden von der Bundesgerichtsbarkeit beurteilt, die Übertretungen fallen in die Kompetenz der fachlich zuständigen Behörden, was sachgerechte Beurteilung und einfache Erledigung von Bagatellfällen ermöglicht.

8 ÜBERSICHT: WICHTIGSTE ÄNDERUNGEN SSVO --> STRAVO

- Anpassung an ICRP-26 und folgende bis und mit ICRP-91
- neue Freigrenzenregelung
- Toleranzwerte für Radioaktivität in Lebensmitteln
- völlig neu formulierte und erweiterte Kapitel:
  - Abfälle
  - Störfälle (mit Einsatzverpflichtung für Fachpersonal)
- medizinische Anwendungen: Schutz der Patienten verbindliche Vorschrift statt Richtlinie / Empfehlung
- mit ICRP 91 kompatible Dosisgrenzwerte (noch nicht definitiv formuliert)
- Arbeitsbereiche statt Labortypen
- Betriebskontrollen: Schwergewicht auf Qualitätskontrollen
- Radiopharmazeutika: international kompatible Vorschriften
- nicht mehr "BAG"-lastig (Medizin und Radionuklidlabor) sondern für alle Bereiche inkl. Kerntechnik/Kernenergie
- mögliche Regelungen für andauernd erhöhte Radioaktivität
- Transporte bewilligungspflichtig

9 ANHANG

9.1 Abkürzungen

AS	Abt. Strahlenschutz
BAG	Bundesamt für Gesundheitswesen
BEW	Bundesamt für Energiewirtschaft
EDI	Eidg. Departement des Innern
EKS	Eidgenöss. Kommission für Strahlenschutz
EVED	Eidg. Verkehrs- u. Energiewirtschaftsdepartement
FS	Fachverband für Strahlenschutz (CH + D)
HSK	Hauptabteilung für die Sicherheit der Kernanlagen
ICRP	Internat. Commission on Radiological Protection
INIRC	Internat. Nonionizing Radiation Committee (IRPA)
IRPA	International Radiation Protection Association
KEG	Kernenergiegesetz (in Vorbereitung)
KOMAC	Eidg. Kommission für AC-Schutz (A = atomar, C = chemisch)
KSA	Eidg. Kommission für die Sicherheit von Atomanlagen
KÜR	Eidg. Kommission für die Überwachung der Radioaktivität
SSVO	bisherige Strahlenschutzverordnung (1963/76)
StSG	Strahlenschutzgesetz
STRAVO	geplante revidierte Strahlenschutzverordnung
SUVA	Schweiz. Unfallversicherungsanstalt

Emissionsüberwachung kerntechnischer Anlagen

(H. Edelhäuser, I. Gans, H. Rühle, I. Winkelmann)

1. Rückblick

Als sich im Jahr 1969 eine Expansion der Kernenergieerzeugung abzeichnete, hat der damals für den Strahlenschutz zuständige Bundesminister für Bildung und Wissenschaft dem Institut für Wasser-, Boden und Lufthygiene des Bundesgesundheitsamtes (BGA) den Forschungsauftrag erteilt,Meßverfahren für die Überwachung der Ableitungen radioaktiver Stoffe mit dem Abwasser zu erproben und geeignete Meßvorschriften zu erarbeiten. Einen entsprechenden Auftrag für die Abluft erhielt 1972 das Institut für Strahlenhygiene des Bundesgesundheitsamtes.

Aufgrund der Ergebnisse dieser Arbeiten verabschiedete der Länderausschuß für Atomkernenergie im Dezember 1972 die "Regeln für Messungen und Kontrolle von Ableitungen radioaktiver Wässer aus Kernkraftwerken mit Leichtwasserreaktoren" und im September 1975 die "Richtlinie zur Überwachung der Abgabe radioaktiver Stoffe mit der Kaminabluft von Kernkraftwerken mit leichtwassergekühltem Reaktor". Die Betreiber der Kernkraftwerke wurden von den jeweils zuständigen Landesbehörden verpflichtet, diese Vorschriften ab dem 01.01.1973 bzw. 01.01.1976 bei den Messungen zur Überwachung der radioaktiven Emissionen zu beachten.

Beide Richtlinien wurden 1978 bzw. 1979 durch entsprechende Regeln des Kerntechnischen Ausschusses ersetzt:

KTA 1504 - Messung flüssiger radioaktiver Stoffe zur Überwachung der radioaktiven Ableitungen (1978)

KTA 1503.1 - Messung und Überwachung der Ableitung gasförmiger und aerosolgebundener radioaktiver Stoffe, Teil 1: Messung und Überwachung der Ableitung radioaktiver Stoffe mit der Kaminabluft bei bestimmungsgemäßem Betrieb (1979).

Über die in den vorstehend genannten Richtlinien und Regeln enthaltenen Anforderungen an die Eigenüberwachung des Betreibers hinausgehend hat der Länderausschuß für Atomkernenergie im Februar 1978 Kontrollmeßprogramme verabschiedet. Diese werden von unabhängigen Sachverständigen im Auftrag der zuständigen Aufsichtsbehörden durchgeführt und dienen der Kontrolle der Betreibermessungen.

2. Emissionsüberwachung im bestimmungsgemäßen Betrieb

In Genehmigungsbescheiden für Kernkraftwerke sind Höchstwerte für die jährlich zulässigen Ableitungen radioaktiver Stoffe mit Abluft und Abwasser festgelegt. Darüber hinaus sind insbesondere für die Abluft höchstzulässige Kurzzeitableitungen i. a. auf der Zeitbasis eines Tages limitiert. Durch Messungen zur Überwachung der abgeleiteten radioaktiven Stoffe hat der Betreiber des Kernkraftwerkes nachzuweisen, daß die Genehmigungswerte nicht überschritten werden. Für diesen Nachweis werden integrale Aktivitätsmessungen (Gesamt-γ- oder Gesamt-β-Messungen) und nuklidspezifische Bilanzierungsmessungen durchgeführt. Letztere dienen auch zur Abschätzung der potentiellen Strahlenexposition der Bevölkerung und der Kontrolle der Einhaltung der Dosisgrenzwerte des § 45 StrlSchV.

2.1 Abwasserüberwachung

In der KTA-Regel 1504 werden die zur Überwachung der radioaktiven Ableitungen zu ergreifenden Maßnahmen und Anforderungen behandelt, die zu stellen sind an

- die zur Entscheidung der Zulässigkeit von Ableitungen flüssiger radioaktiver Stoffe erforderliche Messung (Entscheidungsmessung),

- die Verfahren zur Bestimmung der in den Ableitungen enthaltenen Konzentrationen radioaktiver Stoffe,

- die Bilanzierung von Radionukliden oder Radionuklidgruppen,

- die Angabe der Grenzwerte für die automatische Auslösung von Signalen (Alarmmeldung), die zur Einleitung von Sicherheitsaktionen erforderlich sind und

- die an den Meßeinrichtungen durchzuführenden Prüfungen (einschl. Wiederholungsprüfungen).

Die Überwachung der flüssigen radioaktiven Ableitungen bezieht sich auf die folgenden Wässer:

- Abwasser aus den Übergabebehältern,
- Nebenkühlwasser,
- Maschinenhausabwasser,
- Hauptkühlwasser,
- Abflutwasser aus Rückkühlanlagen.

Die in den einzelnen Systemen durchzuführenden Maßnahmen, die in der Regel festgeschrieben sind, umfassen Probenahme, kontinuierliche Messungen, Messungen an Proben zur Bestimmung von Gesamt- und Einzelnuklid-

aktivitäten, die der Entscheidung bzgl. der Einhaltung festgesetzter Grenzwerte, der Bilanzierung und der Beweissicherung dienen. Die Maßnahmen in den einzelnen Systemen sind in Tab. 1 zusammengefaßt dargestellt. Die dabei wichtigsten Meßaufgaben im Zusammenhang mit den einleitend genannten Vorschriften der StrlSchV sind die Messungen, die an Abwasserproben vorgenommen werden müssen. Sie dienen einerseits der Entscheidung über das Entleeren ("Abgabe") eines Abwasserbehälters (Entscheidungsmessung), andererseits der Bilanzierung der in einem bestimmten Zeitraum mit dem Abwasser an die Umwelt abgegebenen radioaktiven Stoffe nach Art und Menge. Diese Maßnahmen bei der Abwasserüberwachung sind schematisch in Abb. 1 dargestellt. Die bei den Messungen zur Bilanzierung geforderten Nachweisgrenzen sind in Tab. 2 aufgeführt. Mit den heute zur Verfügung stehenden Meß- und Analysenmethoden lassen sich diese Nachweisgrenzen unter praktischen Bedingungen im Routinebetrieb einhalten. Die übrigen in Tab. 1 aufgeführten zu überwachenden Systeme sind mit Meß- und Probenahmeeinrichtungen schematisch in Abb. 2 dargestellt.

Im Juni dieses Jahres hat der KTA den Auftrag zur Durchführung eines Änderungsverfahrens für die Regel 1504 erteilt, das folgende Punkte berücksichtigen soll:

- Anpassung an den zwischenzeitlich fortgeschrittenen Stand der Meßtechnik,

- Harmonisierung der Anforderungen an die Nachweisgrenze bei Messung der Emissionen über die Fortluft und über das Abwasser,

- Überprüfung der Definition der Nachweisgrenzen unter Berücksichtigung der neuen DIN-Norm 25482,

- Überprüfung der Nuklidlisten hinsichtlich einer Ergänzung der Alpha-Strahler und der Radionuklide, die keine Gamma-Strahlung emittieren.

2.2 Abluftüberwachung

Bei der Überwachung der Emissionen radioaktiver Stoffe mit der Abluft aus Kernkraftwerken durch den Betreiber gemäß KTA 1503.1 kann man analog zur Abwasserüberwachung zwei verschiedene Meßaufgaben unterscheiden. Zum einen ist mit der Meßinstrumentierung am Kamin die Ableitung bestimmter charakteristischer radioaktiver Stoffe kontinuierlich zu überwachen (Monitorfunktion), um jederzeit Informationen über den Anlagenzustand zu erhalten und ggf. dem Betreiber die Einleitung entsprechender Maßnahmen zu ermöglichen. Hierzu gehört die kontinuierliche Überwachung der Abgabe radioaktiver Edelgase, radioaktiver Aerosole und von Iod 131 als Referenznuklid für die übrigen Iodisotope. Zum anderen sind, um eine Grundlage für die Beurteilung der Zulässigkeit der Emissionen und der Strahlenexposition der Bevölkerung in der Umgebung eines Kernkraftwerkes zu erhalten, sämtliche radioaktive Emissionen zu messen und zu bilanzieren. Bei diesen Bilanzierungsmessungen sind neben den bei der kontinuierlichen Überwachung genannten Radionukliden und Nuklidgruppen auch die Alphastrahler und die reinen Betastrahler wie Tritium, Kohlenstoff 14 sowie Strontium 89 und Strontium 90 zu erfassen. Die zur Überwachung und Bilanzierung dieser Radionuklide eingesetzte Instrumentierung ist entsprechend den physikalischen und chemischen Eigenschaften sowie für den im Normalbetrieb auftretenden Bereich der Aktivitätskonzentration dieser Radionuklide in der Kaminabluft auszulegen. Einen Überblick über die wichtigsten Meßaufgaben und Forderungen vermittelt Tab. 3.

Seit Juni dieses Jahres liegt zur KTA-Regel 1503.1 ein Änderungsgründruck vor, der folgende Ergänzungen enthält:

- das Verfahren der kontinuierlichen nuklidspezifischen Edelgasbilanzierung wurde weiter konkretisiert,

- Jodisotope sollen künftig nach den chemischen Formen (elementar, organisch und aerosolförmig) getrennt bilanziert werden,

- die Forderungen an die Aerosolprobenahme wurden erweitert, um Verluste bei größeren Partikeln zu begrenzen.

Probenahmeort und Probenahmeverfahren sind so zu wählen, daß die dort entnommenen Proben repräsentativ für die Zusammensetzung der Kaminfortluft sind. Das Probenahmesystem zur kontinuierlichen Sammlung von radioaktiven Aerosolen ist so auszulegen, daß bei bestimmungsgemäßem Betrieb Partikel mit aerodynamisch äquivalenten Durchmessern im Bereich von 0,1 bis 20 Mikrometer erfaßt werden. Die Gesamtverluste sollen für den angegebenen Bereich der aerodynamisch äquivalenten Durchmesser 50 % nicht überschreiten.

2.3 Kontrollmessungen

Zur Kontrolle der Eigenüberwachung des Betreibers sind weitere Messungen von einer unabhängigen Meßstelle gemäß der Richtlinie "Kontrolle der Eigenüberwachung radioaktiver Emissionen aus Kernkraftwerken" durchzuführen.

2.3.1 Abwasser

Bezüglich der Abwasserüberwachung sind von den mit der Durchführung der Kontrolle beauftragten unabhängigen Meßstellen folgende Vergleichsmessungen durchzuführen:

- Gammaspektrometrie an 8 - 9 Wochen-Mischproben
- Strontium 89/90 an 3 Monatsmischproben
- Tritium und Gesamt-Alpha-Aktivität an einer Quartalsmischprobe.

Nach Inbetriebnahme eines Kernkraftwerkes sind bis zum Ende des folgenden Kalenderjahres sämtliche Messungen als Vergleichsmessungen durchzuführen.

2.3.2 Abluft

Bezüglich der Abluftüberwachung sind von der unabängigen Meßstelle bzw. mit deren Beteiligung u.a. folgende Messungen auszuführen:

- gammaspektrometrische Messung von 10 % aller Aerosol- und Jodfilter des Betreibers,
- Messung der vierteljährlichen Mischproben aller Strontium 89/90- und Alpha-Filter sowie mindestens eine der Tritiumquartalsmischproben,
- alle 3 Jahre mehrwöchige integrale Vergleichsmessungen und Analyse der Nuklidzusammensetzung der Edelgase.

Während der Inbetriebnahme müssen

- mindestens 1 Jahr lang alle Aerosol- und Jodfilterproben sowie Tritiumproben parallel zum Betreiber gemessen werden,

- die integralen und nuklidspezifischen Meßeinrichtungen kalibriert werden und

- mehrwöchige integrale Vergleichsmessungen und Analysen der Nuklidzusammensetzungen durchgeführt werden.

Zur Qualitätskontrolle müssen sich Betreiber und unabhängige Meßstelle mindestens einmal jährlich an den von den Leitstellen und der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt durchgeführten Ringversuchen beteiligen.

Eine Übersicht über die ermittelten jährlichen Emissionen aus Kernkraftwerken ist in Tab. 4 zusammengestellt.

3. Emissionsüberwachung bei Stör- und Unfällen

Aufgrund der Ergebnisse von Sicherheitsanalysen von Kernkraftwerken war die Festlegung von Abwasserüberwachungsprogrammen für Stör- und Unfallsituationen nicht erforderlich. Für die Abluftüberwachung in Stör- und Unfallsituationen sind die Regelvorhaben

- KTA-Regel 1503 Teil 2: Messung der Ableitung radioaktiver Stoffe mit der Fortluft bei Störfällen (Regelentwurfsvorlage zum Gründruck vorgeschlagen),

- KTA-Regel 1503 Teil 3: Messung und Überwachung der nicht mit der Kaminabluft abgegebenen radioaktiven Stoffe (Entwurf eines Vorberichts liegt vor)

von Bedeutung. Der Regelentwurfsvorschlag 1503.2 geht von folgenden Anforderungen an die Abluftüberwachung aus:

- Bereitstellung von Angaben über Art und Aktivität der als Folge eines Störfalls abgeleiteten radioaktiven Stoffe,

- Bereitstellung von Informationen zur Entscheidung über die erforderlichen Schutzmaßnahmen,

- Lieferung eines Beitrags zur Erfüllung der Vorschriften der §§ 28 Abs. 1 Ziffer 2, 36, 38, 46 Abs. 1, 72 Abs. 1 und 73 StrlSchV.

Maßgeblich für die Auslegung der Instrumentierung ist, welche Informationen sie bei Störfällen liefern muß und für welche Bedingungen die hierzu erforderlichen Meßgeräte auszulegen sind. Gegenüber dem bestimmungsgemäßen Betrieb bedeutet das eine Ausweitung der Anforderungen an die Meßbereiche und die zu berücksichtigenden Einflußparameter.

Gemäß dem vorgegebenen Titel der Regel im Zusammenhang mit der Definition der Ableitung radioaktiver Stoffe als eine Abgabe auf hierfür vorgesehenen Wegen wurden bei der Erstellung der Regel KTA 1503.2 keine Störfälle mit einer Zerstörung von Gebäuden oder Gebäudeteilen, betrachtet, die zu einer bodennahen Freisetzung radioaktiver Stoffe führen könnte. Die Betrachtung der zu unterstellenden Ereignisabläufe bezog sich zunächst auf Störfälle im Sinne von § 28 Abs. 3 der Strahlenschutzverordnung; die Anforderungen an die Störfallübersichtsanzeige wurden so festgelegt, daß Aktivitätsabgaben während und nach Störfällen sicher erfaßt werden können. Parallel dazu wurden in ihren Auswirkungen

über diejenigen von Störfällen hinausgehende Ereignisabläufe betrachtet. Leider ist über die dabei zu fordernden Endwerte der Weitbereichsanzeige bisher keine Einigung erzielt worden, obwohl die Arbeiten an diesem Regelvorhaben bereits seit dem Jahr 1978 laufen. Die nach dem Tschernobyl-Unfall geführten Diskussionen über die Nachrüstmaßnahmen zur kontrollierten Druckentlastung des Reaktorsicherheitsbehälters haben zu weiteren Überlegungen geführt, auf die hier nicht eingegangen werden kann.

Der derzeitige Sachstand der Vorschläge bzw. Forderungen zu den Meßbereichen für die jeweiligen Überwachungsmaßnahmen ist in Abb. 3 dargestellt. Aufgrund der Diskussionen im Länderausschuß für Atomkernenergie wird nunmehr ein Konsens über KTA 1503.2 dahingehend angestrebt, daß weitergehende Forderungen, die nicht unter den Anwendungsbereich dieser Regel subsumiert werden können, in einer separaten Regelung festgelegt werden sollen.

4. Kernreaktorfernüberwachung (KFÜ)

Die Kernreaktorfernüberwachung ist ein Instrument der atomrechtlichen Aufsicht nach § 19 Atomgesetz. Das technische System dient der Aufsichtsbehörde zur schnellen und effizienten Wahrnehmung ihrer Aufgaben. Zu diesen Aufgaben gehört auch die Unterstützung der Katastrophenschutzleitung durch den Fachberater Strahlenschutz der atomrechtlichen Aufsichtsbehörde.

Die Aufgaben der Fernüberwachung sind durch vier Schwerpunkte gekennzeichnet:

- Überwachung der Ableitung und Freisetzung radioaktiver Stoffe (Emissionsüberwachung)

- Überwachung der Aktivitätskonzentration und Ortsdosisleistung in der Umgebung (Immissionsüberwachung) sowie in Strahlenschutzbereichen,

- Erfassung der für die Ausbreitung und Ablagerung radioaktiver Stoffe bedeutsamen meteorologischen Einflußgrößen (Meteorologie),

- Überwachung solcher Betriebsparameter, die für die Emissionsüberwachung bedeutsam sind oder die Hinweise auf den Betriebszustand geben.

Die fachlichen Vorgaben für die Kernreaktorfernüberwachung sind in der vom Länderausschuß für Atomkernenergie im September 1980 beschlossenen Rahmenempfehlung enthalten.

Die Länder haben zwischenzeitlich umfangreiche Betriebserfahrungen mit den KFÜ's gesammelt, die auch beim weiteren Ausbau der Systeme berücksichtigt wurden und somit auf Länderseite zu einem gewissen Abschluß geführt haben.

Als Folgen des Reaktorunfalls Tschernobyl ist jedoch eine Weiterentwicklung erforderlich, die der Bundesregierung eine effiziente Erfüllung ihrer neuen Aufgaben nach den Schnellinformationsvereinbarungen der EG und der IAEA ermöglicht. Zu diesem Zweck hat der Arbeitskreis "Emissionen und Immissionen bei kerntechnischen Anlagen" des Länderausschusses für Atomkernenergie einen Bericht mit entsprechenden Vorschlägen vorgelegt, die von einer bundesseitigen Erweiterung bestehender Systeme ausgehen.

Schrifttum

BMU, 1989 Verordnung über den Schutz vor Schäden durch ionisierende Strahlen (Strahlenschutzverordnung - StrlSchV), neu bekanntgemacht am 30. Juni 1989 (BGBl. I, S. 1926)

BMI, 1978 Der Bundesminister des Innern: Kontrolle der Eigenüberwachung radioaktiver Emissionen aus Kernkraftwerken, GMBl. Nr. 19 (1978), S. 313

KTA, 1978 Kerntechnischer Ausschuß (KTA): Messung flüssiger radioaktiver Stoffe zur Überwachung der radioaktiven Ableitungen. Sicherheitstechnische Regel des KTA (KTA-1504). Fassung 6/78, Carl Heymanns Verlag KG, Köln, Berlin

KTA, 1979 Kerntechnischer Ausschuß (KTA): Messung und Überwachung der Ableitung gasförmiger und aerosolgebundener radioaktiver Stoffe, Teil 1: Messung und Überwachung der Ableitung radioaktiver Stoffe mit der Kaminabluft bei bestimmungsgemäßem Betrieb. Sicherheitstechnische Regel des KTA (KTA-1503.1). Fassung 2/79, Carl Heymanns Verlag KG, Köln, Berlin

BMI, 1980 Der Bundesminister des Innern: Rahmenempfehlung für die Fernüberwachung von Kernkraftwerken, GMBl. Nr. 30 (1980), S. 573

EG, 1987 Entscheidung des Rates über Gemeinschaftsvereinbarungen für den beschleunigten Informationsaustausch im Fall einer radiologischen Notstandssituation, ABl. Nr. L 371, S. 76 vom 30.12.1987

BMU, 1989 Gesetz zu den IAEO-Übereinkommen vom 26. September 1986 über die frühzeitige Benachrichtigung bei nuklearen Unfällen sowie über Hilfeleistung bei nuklearen Unfällen oder radiologischen Notfällen (Gesetz zu dem IAEO-Benachrichtigungsübereinkommen und zu dem IAEO-Hilfeleistungsübereinkommen), BGBl. II, Nr. 18, S. 433 vom 23.05.1989

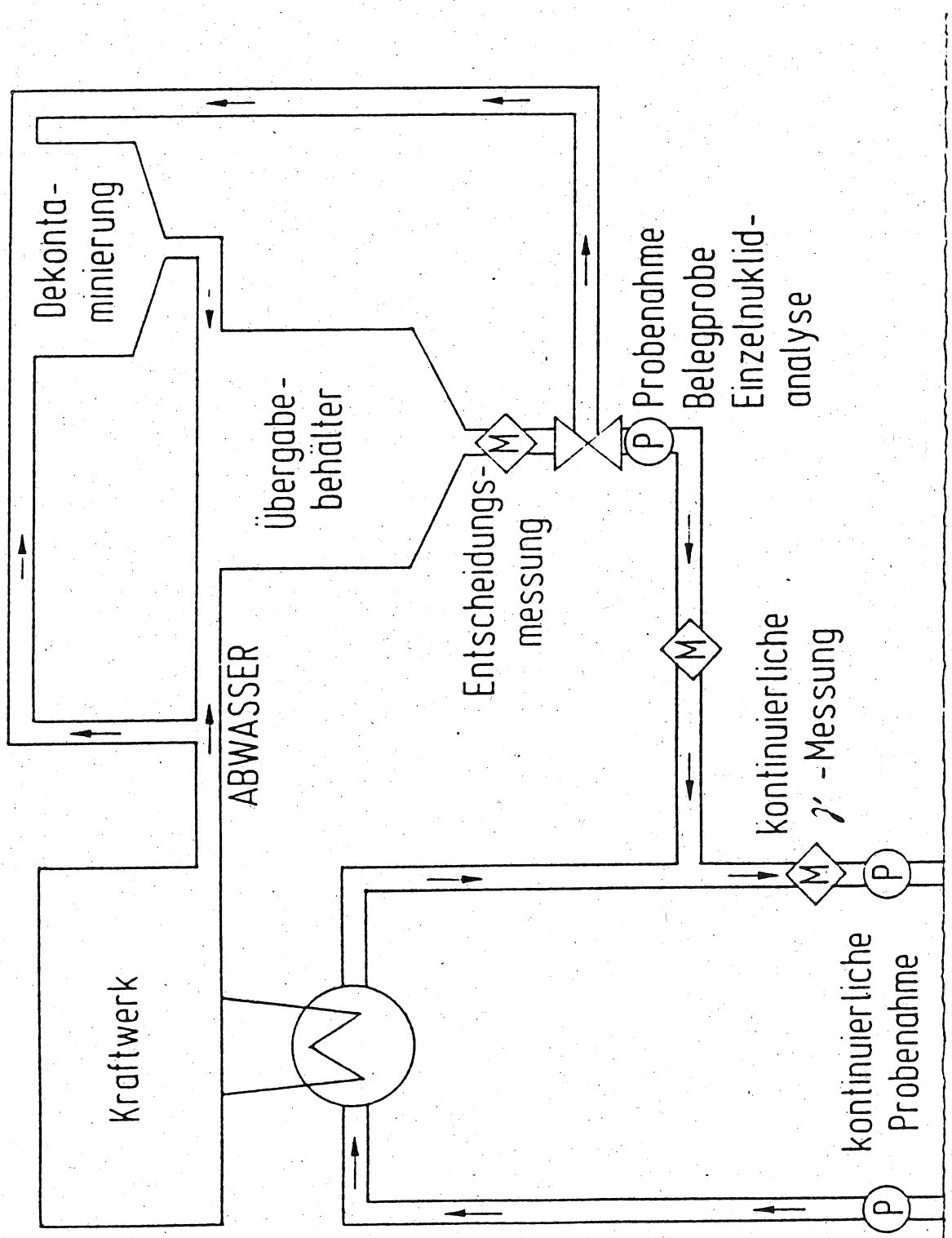


Abb. 1 Überwachung der Abgabe radioaktiver Stoffe mit dem Abwasser aus Kernkraftwerken

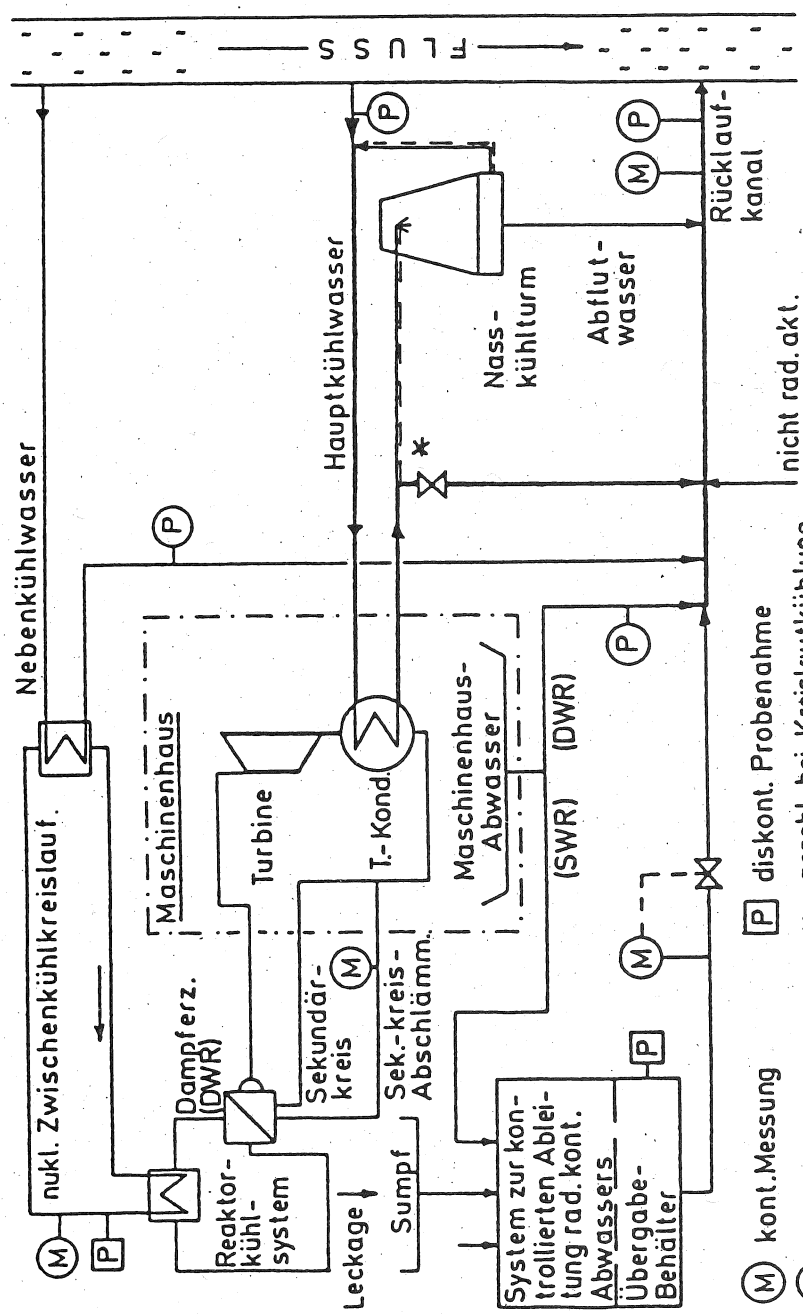


Abb. 2 Betriebsabwasser- und Kühlwasserüberwachung, LWR, nach KTA-Regel 1504 (KTA, 1978)

Abb.3 *VERGLEICH VON MEßBEREICHSENDWERTEN FÜR DIE ABLUFTÜBERWACHUNG BEI STOR- UND UNFALLEN*

		Edelgase	Aerosole	Jod
KTA-RE 1503.2 (Stand Feb. 85)				
Störfallübersichtsanzeige:		1E+4 bis 1E+11 Bq/m^3 *)	bis 2E+05 Bq/m^3 *)	bis 1E+04 Bq/m^3 *)
	und	1E-6 bis 1E-1 Gy/h **)		
Weitbereichsanzeige:		1E+10 bis E+14 Bq/m^3	bis 2E+08 Bq/m^3	bis 1E+07 Bq/m^3
	oder	Photonenenergiedosis-leistungsmessung		
KTA-REV 1503.2 (Stand Juli 89)				
Störfallübersichtsanzeige:		1E+4 bis 1E+11 Bq/m^3	bis 1E+06 Bq/m^3	bis 1E+04 Bq/m^3
	und	1E-6 bis 1E-1 Gy/h **)		
Weitbereichsanzeige:		1E+10 bis 1E+14 Bq/m^3	bis 1E+12 Bq/m^3	bis 5E+10 Bq/m^3
	oder	Photonenenergiedosis-leistungsmessung		
VGB-Konzept zum Venting (Stand Juli 1989)				
DWR (Sicherheitsbehälter-atmosphäre)		3,5E+12 Bq/m^3	1E+07 Bq/m^3	2E+09 Bq/m^3
SWR	-" -	2E+15 Bq/m^3	1E+11 Bq/m^3	8E+11 Bq/m^3

*) bei entspr. Nachweis im Rahmen einer Störfallanalyse auch niedriger

**) mit der Anforderung der Erfassung einer Aktivitätskonzentration von mindestens 3,7x10^7 Bq/m^3 bei mittlerer Zerfallsenergie von 300 keV

Tabelle 1

ABWASSER
(Übergabebehälter)

1. **Probenahme**
   Entnahme einer für den gesamten Behälterinhalt repräsentativen Probe,
   davon 1 l zur Entscheidungsmessung (vgl. 2.)
   und 1 l zur Beweissicherung (vgl. 5.).
   Herstellung von mengenproportionalen Wochen-, Monats- und Quartalsmischproben (vgl. 4.).

2. **Entscheidungsmessung**
   Integrale γ-Messung einer Ein-Literprobe (Bezugsnuklid: Cs 137)
   Grenzwert für die Abgabe: 1,9 E 07 Bq/m^3 (5,0 E -04 Ci/m^3)
   Mindestmeßbereich vgl. Tab. 3.
   Die Ableitung bedarf der schriftlichen Freigabe durch einen zuständigen Beauftragten.

3. **Kontinuierliche Überwachung der Ableitung**
   In der Ablaufleitung integrale γ-Messung (Bezugsnuklid: Cs 137)
   Grenzwert für Schließen des Ablaufventiles: 1,9 E 07 Bq/m^3 (5,0 E -04 Ci/m^3).

4. **Messungen zur Bilanzierung**
   γ-Spektrometrie an Wochenmischproben,
   Sr 89/Sr 90 an Monatsmischproben,
   Tritium und Ges.-α-Aktivität an Vierteljahresmischproben,
   - Einhaltung von Fristen *)
   - Einhaltung von Nachweisgrenzen (vgl. Tab. 2).

5. **Beweissicherung**
   Aufbewahrung einer Ein-Literprobe von jeder Übergabe für die Dauer eines Jahres (vgl. 1.)

*) Fristen für die Durchführung sämtlicher zur Bilanzierung erforderlicher Messungen:

γ-Spektrometrie:	innerhalb der folgenden Woche
übrige Messungen:	innerhalb des auf die Fertigstellung der Proben folgenden Monats

Tabelle 1 - Fortsetzung -

MASCHINENHAUSABWASSER (Druckwasserreaktoren)
1. Überwachung der Ableitung "Indirekte" Überwachung durch kontinuierliche integrale γ-Messung der Dampferzeuger-Abschlämmung (Bezugsnuklid: Cs 137), Mindestmeßbereiche vgl. Tab. 3. **2. Messungen zur Bilanzierung** Falls erforderlich*): γ-Spektrometrie an Wochenmischproben, Sr 89/Sr 90 an Monatsmischproben, Tritium und Ges.-α-Aktivität an Vierteljahresmischproben, - Einhaltung von Fristen (s. Fußnote Abwasser) - Einhaltung von Nachweisgrenzen (vgl. Tab. 2). **3. Beweissicherung** Entnahme von Wochenmischproben vor der Vermischung mit anderen Wässern, Aufbewahrung der Proben für die Dauer eines Jahres.
*) Die Durchführung der Messungen zur Bilanzierung der Abgaben radioaktiver Stoffe mit dem Maschinenhausabwasser ist an die Überschreitung bestimmter Grenzwerte bei der kontinuierlichen Überwachung gebunden: Falls die Konzentration der DE-Abschlämmung $\geq$ 3,7 E 05 Bq/m^3 (1,0 E -05 Ci/m^3): γ-Messung der Wochenmischproben, Herstellung von Monats- und Quartalsmischproben. Bei Ausfall der γ-Meßeinrichtung der DE-Abschlämmung ist täglich an einer Probe Ges.-γ-Messung durchzuführen und ggf. zu bilanzieren (Bezugsnuklid: Cs 137).

Tabelle 1 - Fortsetzung -

NEBENKÜHLWASSER
1. Überwachung der Ableitung "Indirekte" Überwachung durch kontinuierliche Überwachung der Aktivitätskonzentration in den nuklearen Zwischenkühlkreisen und der Deionatnachspeisemengen. Die Aktivitätsmessung erfolgt mittels einer integralen γ-Meßeinrichtung (Bezugsnuklid: Cs 137), Mindestmeßbereiche vgl. Tab. 3. 2. Messungen zur Bilanzierung Falls erforderlich *): γ-Spektrometrie an Tages- oder Wochenproben, Sr 89/Sr 90 an Monatsmischproben, Tritium und Ges.-α-Aktivität an Vierteljahresmischproben, - Einhaltung von Fristen (s. Fußnote Abwasser) - Einhaltung von Nachweisgrenzen (vgl. Tab. 2). 3. Beweissicherung Kontinuierliche Entnahme von Ein-Liter-Wochenmischproben vor der Vermischung mit anderen Wässern, Aufbewahrung der Proben für die Dauer eines Jahres.
*) Die Durchführung der Messungen zur Bilanzierung der Abgabe radioaktiver Stoffe mit dem Nebenkühlwasser ist an die Überschreitung bestimmter Grenzwerte bei der kontinuierlichen Überwachung gebunden: Das Produkt aus Aktivitätskonzentration und Deionatnachspeisemenge $\geq$ 3,7 E 06 Bq/d (0,1 mCi/d) Entnahme 1 Probe pro Woche, $\geq$ 3,7 E 08 Bq/d (10 mCi/d) Entnahme 1 Probe pro Tag, Herstellung von Monats- und Quartalsmischproben Bei Ausfall der γ-Meßeinrichtung im nuklearen Zwischenkühlkreis ist eine Ges.-γ-Messung an einer Stichprobe pro Tag durchzuführen und gemäß obigen Grenzwerten ggf. zu bilanzieren (Bezugsnuklid: Cs 137).

Tabelle 1 - Fortsetzung -

HAUPTKÜHLWASSER
1. <u>Kontinuierliche Messung</u> Integrale γ-Messung im Rücklaufkanal/Einleitungsbauwerk (Bezugsnuklid: Cs 137), Mindestmeßbereiche vgl. Tab. 3. Bei einer Grenzwertüberschreitung von 3,7 E 05 Bq/m^3 (1,0 E-05 Ci/m^3) sind Tagesammmelproben (vgl. 2) γ-spektrometrisch zu untersuchen. 2. <u>Beweissicherung</u> Kontinuierliche Entnahme von Tagessammelproben aus dem Rücklaufkanal/Einleitungsbauwerk, Herstellung von Monatsmischproben, γ-Spektrometrie an Monatsmischproben, Aufbewahrung der Proben für die Dauer eines Jahres. 3. <u>Vorbelastung des Vorfluters</u> Kontinuierliche Entnahme von Tagessammelproben aus dem Entnahmekanal//Entnahmebauwerk, Herstellung von Monatsmischproben, γ-Spektrometrie an Monatsmischproben, Aufbewahrung der Proben für die Dauer eines Jahres.
<u>Abflutwasser</u> Maßnahmen wie beim Hauptkühlwasser sofern die Überwachung des Abflutwassers nicht mit dem Kühlwasser vorgenommen wird.

Tab. 2 Radionuklide und zugehörige für die Bilanzierung geforderte Nachweisgrenzen

Nuklid	Art*	Halbwertszeit	Nachweisgrenze	
			Bq/m³	Ci/m³
Tritium	AP, SP	12,35 a	3,7 E04	1,0 E-06
Chrom 51	AP	27,7 d	1,9 E05	5,0 E-06
Mangan 54	AP	312,5 d	3,7 E04	1,0 E-06
Kobalt 57	AP	271,8 d	1,1 E04	3,0 E-07
Kobalt 58	AP	70,8 d	3,0 E04	8,0 E-07
Kobalt 60	AP	5,27 a	3,7 E04	1,0 E-06
Eisen 59	AP	44,5 d	7,4 E04	2,0 E-06
Zink 65	AP	243,9 d	7,4 E04	2,0 E-06
Strontium 89	SP	50,5 d	7,4 E02	2,0 E-08
Strontium 90	SP	28,7 a	7,4 E02	2,0 E-08
Zirkon 95	AP, SP	64,1 d	7,4 E04	2,0 E-06
Niob 95	AP, SP	35,0 d	3,0 E04	8,0 E-07
Ruthenium 103	SP	39,3 d	2,6 E04	7,0 E-07
Ruthenium 106	SP	372,6 d	2,6 E05	7,0 E-06
Silber 110m	AP	249,8 d	3,7 E04	1,0 E-06
Tellur 123m	AP	119,7 d	1,1 E04	3,0 E-07
Antimon 124	AP	60,2 d	7,4 E04	2,0 E-06
Antimon 125	SP	2,76 a	7,4 E04	2,0 E-06
Iod 131	SP	8,02 d	2,6 E04	7,0 E-07
Cäsium 134	SP**	2,07 a	3,0 E04	8,0 E-07
Cäsium 137	SP	30,0 a	3,0 E04	8,0 E-07
Barium 140	SP	12,8 d	1,1 E05	3,0 E-06
Lanthan 140	SP	1,68 d	2,6 E04	7,0 E-07
Cer 141	SP	32,5 d	2,6 E04	7,0 E-07
Cer 144	SP	284,5 d	1,1 E05	3,0 E-06
Alphastrahler (Gesamtakt.)			1,9 E02	5,0 E-09

* AP = Aktivierungsprodukt, SP = Spaltprodukt

** Bildung durch Neutronenaktivierung des Spaltproduktes Cs 133

Tab. 3 Überwachung der Ableitung radioaktiver Stoffe am Kamin durch den Betreiber

Meßaufgaben

Kontinuierliche Überwachung

(Monitor)

(auf Grenzwerte hin, zur Einleitung entsprechender Maßnahmen)

Meßobjekt	*Messung*	Nachweisgrenze
Edelgase	kontinuierlich	7,4 E + 03 Bq m^{-3}
Aerosole	kontinuierlich	3,7 Bq m^{-3}
Iod (Iod 131)	kontinuierlich	1,9 Bq m^{-3}

Bilanzierung

(als Grundlage für die Beurteilung radiologischer Auswirkungen)

Meßobjekt		*Messung*	
Edelgase	Abgaberate	kontinuierlich	3,7 E + 02 Bq m^{-3}
	Nuklidzusammen-setzung	wöchentlich	
Aerosole	kontinuierliche Abscheidung	wöchentlich	3,7 E - 03 Bq m^{-3}
Iod	kontinuierliche Abscheidung	wöchentlich	1,5 E - 03 Bq m^{-3}
Tritium	kontinuierliche Probenahme von Wasserdampf	1/4-jährlich	3,7 E + 02 Bq m^{-3}
Strontium 89/90	kontinuierliche Abscheidung	1/4-jährlich	3,7 E - 04 Bq m^{-3}
Alphastrahler	kontinuierliche Abscheidung	1/4-jährlich	1,5 E - 03 Bq m^{-3}
Kohlenstoff 14	CO_2-Sammelprobe	1/4-jährlich	2 E + 09 Bq a^{-1} (Vorschlag)

Tab. 4 Übersicht über die mittleren jährlichen Emissionen radioaktiver Stoffe aus Kernkraftwerken in der Bundesrepublik Deutschland (Jahre 1986 - 1988)

Abluft

Nuklide	Bereich der jährlichen Emissionen (Bq/a)
Radioaktive Edelgase	E12 - E14
Langlebige radioaktive Aerosole (HWZ > 8 Tage)	E07 - E10
Radioaktives Iod	E07 - 5 · E09
Tritium	E10 - E12
Strontium 89/90	E04 - E06
Alphastrahler	E03 - E05
Kohlenstoff 14	E11 - 5 · E11

Abwasser

Druckwasserreaktoren

Spalt- und Aktivierungsprodukte ohne Tritium	4 E06 - 3 E09
Tritium	2 E12 - 3 E13
Alpha-Strahler	< 6 E04 - 3 E06

Siedewasserreaktoren

Spalt- und Aktivierungsprodukte ohne Tritium	1 E07 - 5 E09
Tritium	3 E11 - 2 E12
Alpha-Strahler	< 2 E04 - 5 E06

Die Immissionsüberwachung kerntechnischer Anlagen

Manfred Winter
Hauptabteilung Sicherheit
Kernforschungszentrum Karlsruhe GmbH

1 Zur Vorgeschichte der Überwachung der Umweltradioaktivität in der Bundesrepublik Deutschland

Aufgrund der oberirdischen Kernwaffenversuchsreihen in den Jahren zwischen 1952 und 1964 wurde in der Bundesrepublik Deutschland noch vor dem Beginn der friedlichen Nutzung der Kernenergie mit dem Aufbau eines Meßstellennetzes zur Messung der Umweltradioaktivität begonnen. 1955 wurde der Deutsche Wetterdienst mit der „Überwachung der Atmosphäre auf radioaktive Beimengungen und deren Verfrachtung" beauftragt. Wenig später erfolgte der Aufbau eines Meßstellennetzes zur Überwachung des Radioaktivitätsgehaltes der Oberflächengewässer und des Bodens. Die routinemäßige Überwachung der Falloutradioaktivität, insbesondere der langlebigen Radionuklide Cs-137 und Sr-90, hat eine Fülle von Meßdaten geliefert, die sich im Sinne einer allgemeinen Überwachung der Umweltradioaktivität als Backgroundmessungen für den später einsetzenden Bau von Kernkraftwerken als wertvoll erwiesen haben. So standen noch vor der Inbetriebnahme der ersten Kernkraftwerke in der Bundesrepublik Deutschland Meßwerte des natürlichen und des durch Fallout bedingten Radioaktivitätsgehaltes in Luft, Wasser und Boden zur Verfügung.

Kernforschung und Kerntechnik wurden ohne Einschränkung in der Bundesrepublik Deutschland erst durch den EURATOM-Vertrag möglich, der am 25.03.1957 zur Gründung der Europäischen Atomgemeinschaft führte. Artikel 35 dieses Vertrages lautet: „Jeder Mitgliedsstaat schafft die notwendigen Einrichtungen zur ständigen Überwachung des Gehaltes der Luft, des Wassers und des Bodens an Radioaktivität sowie zur Überwachung der Einhaltung der Grundnormen. Die Kommission hat Zugang zu diesen Überwachungseinrichtungen; sie kann ihre Arbeitsweise und Wirksamkeit nachprüfen."

Seit 1958 werden von der Bundesregierung die Meßergebnisse der Überwachung der Umweltradioaktivität der amtlichen Radioaktivitätsmeßstellen regelmäßig veröffentlicht. Die Berichterstattung erfolgte zunächst vierteljährlich [3]. Seit 1968 werden Jahresberichte herausgegeben [1, 2].

Es waren jedoch nicht nur diese amtlichen Meßstellen, die Messungen der Umweltradioaktivität durchführten. Vielmehr wurden von Anfang an im Zuge des Auf- und Ausbaus kerntechnischer Forschungseinrichtungen von diesen selbst und von vielen anderen wissenschaftlichen Institutionen zahl- und umfangreiche wissenschaftliche Untersuchungen auf dem Gebiet der Umweltradioaktivität ausgeführt und publiziert. Gleichzeitig wurden an diesen Forschungsstätten - hier sind insbesondere die beiden großen Kernforschungszentren von Karlsruhe und Jülich zu nennen - Meßmethoden und -geräte zur Erfassung kleiner Radioaktivitätsmengen in den verschiedenen Umweltmedien entwickelt und ständig verbessert. Auch private Unternehmen befaßten sich schon frühzeitig und in zunehmendem Maße mit der Entwicklung von empfindlichen Meßgeräten zum Nachweis radioaktiver Stoffe in der Umwelt.

Die hier kurz skizzierte Entwicklung der Maßnahmen und Programme zur Überwachung der Umweltradioaktivität während der Anfänge der Kerntechnik in der Bundesrepublik Deutschland (siehe hierzu auch [4] und [5]) zeigt, daß die Überwachungswürdigkeit der Umweltbelastung durch radioaktive Stoffe frühzeitig erkannt und bejaht wurde. So standen ausreichende Erfahrungen und erprobte Meßtechniken zur Überwachung der Umgebung kerntechnischer Anlagen zur Verfügung, als der Ausbau der Kerntechnik im Rahmen des Kernenergieprogrammes der Bundesregierung Anfang der 70er Jahre zunächst noch rasche Fortschritte machte.

Durch die nukleare Kontroverse, durch das sogenannte 30-mrem-Konzept der StrlSchV vom 13.10.1976, aber auch durch das allgemein geschärfte Umweltbewußtsein der Bevölkerung, sind die Anforderungen an Qualität und Quantität der Umgebungsüberwachung kerntechnischer Anlagen ständig gestiegen. Noch vor der Verwirklichung der deutschen Einheit am 3. Oktober 1990 wurde bereits am 2. Juli 1990 durch den Staatsvertrag zur Wirtschafts-, Währungs- und Sozialunion auch der Geltungsbereich des Atopmgesetzes und der Strahlenschutzverordnung der Bundesrepublik Deutschland auf das Gebiet der ehemaligen DDR ausgedehnt.

Die Umgebungsüberwachung kerntechnischer Anlagen, die in Deutschland auf eine rund 30jährige Geschichte zurückblicken kann, ist dem Pionierzeitalter längst entwachsen und stellt sich heute als eine wichtige, ebensooft über- wie unterbewertete Routineaufgabe des Strahlenschutzes dar.

2 Aufgaben und Bedeutung der Umgebungsüberwachung

Die routinemäßigen und präventiven Aufgaben der Umgebungsüberwachung bewegen sich zwischen Low-level-Meßtechnik und der Notwendigkeit, auch für Immissionsmessungen bei Stör- und Unfällen gerüstet zu sein. Die hierdurch definierten Meßbereiche für Radioaktivitäts- und Dosismessungen erstrecken sich über viele Zehnerpotenzen [6].

Umgebungsüberwachung ist stets anlagebezogen. Die Überwachung möglicher Auswirkungen des Betriebes einer kerntechnischen Anlage in ihrer näheren Umgebung ist eingebettet in die allgemeine Überwachung der Umweltradioaktivität im gesamten Staatsgebiet, deren Umfang durch das Strahlenschutzvorsorgegesetz [7] bestimmt wird. Das Interesse der Umgebungsüberwachung beschränkt sich auf die Überwachung des Auftretens künstlicher Radionuklide und der von ihnen ausgehenden äußeren und inneren Strahlenexposition der in der näheren Umgebung einer bestimmten kerntechnischen Anlage wohnenden Bevölkerung.

Die Durchführung von radioökologischen Studien und einer großräumigen Umweltüberwachung auf künstliche Radioaktivität bleibt als übergeordnete Aufgabe staatlichen oder wissenschaftlichen Instituten überlassen. Aufgaben dieser Art obliegen insbesondere den acht Leitstellen der Bundesregierung zur Überwachung der Umweltradioaktivität und den zahlreichen Ländermeßstellen.

Für die praktische Umgebungsüberwachung kerntechnischer Anlagen vor und während ihres bestimmungsgemäßen Betriebes lassen sich folgende Aufgaben formulieren:

- Die Erfassung der bereits vor der Inbetriebnahme der kerntechnischen Anlage vorhandenen Umweltradioaktivität und Strahlenexposition durch Beweissicherungs- oder Erhebungsmessungen zur Ermittlung der sogenannten Vorbelastung.

- Die Routineüberwachung der näheren Umgebung der kerntechnischen Anlage einschließlich der Überwachung des Fallouts von eventuellen Kernwaffentestexplosionen und möglicher Imissionen nach einer unfallbedingten Freisetzung radioaktiver Stoffe aus einer anderen kerntechnischen Anlage.

- Die Einübung von Überwachungsmaßnahmen bei kerntechnischen Stör- und Unfällen.

Durch die Beweissicherungsmessungen sollen möglicherweise standortspezifische Verteilungsmuster der Radioaktivität in der Umgebung festgestellt werden. Eine solche „Bestandsaufnahme" der Umweltradioaktivität soll es ermöglichen, während des späteren Betriebes der kerntechnischen Anlage betriebsbedingte Imissionen vom Aktivitäts- bzw. Dosisleistungspegel zu unterscheiden, der schon vor der Inbetriebnahme der Anlage vorhanden war.

Aufgabe der Routineüberwachung während der Betriebsphase ist die ständige Kontrolle der Einhaltung der in der StrlSchV vorgeschriebenen Grenzwerte. Ihr Ziel ist die möglichst lückenlose und quantitative Erfassung aller Immissionen. Die routinemäßige Umgebungsüberwachung ergänzt die Überwachung der Emissionen radioaktiver Stoffe mit Abluft und Abwasser aus kerntechnischen Anlagen und bewirkt gleichzeitig eine indirekte Qualitätskontrolle der Emissionsüberwachung.

Die Überwachung des Fallouts hat aufgrund der nur noch geringen Anzahl von oberirdischen Kernwaffentestexplosionen stark an Bedeutung verloren. Außerdem wurde in den 60er Jahren in der einschlägigen Literatur eine Fülle von Fallout-Meßdaten zusammengetragen, die heute als eine sichere Basis zur Beurteilung der Umgebungskontamination als Folge von Kernwaffentests dienen können. Dennoch ist es notwendig, nach bekanntgewordenen Kernwaffentestexplosionen den durch Fallout hervorgerufenen Aktivitätsanstieg in der Umgebung zu kontrollieren, um ihn von möglichen Auswirkungen des Betriebes kerntechnischer Anlagen separieren zu können. Entsprechendes gilt auch, wenn der eigene Standort von einer großräumigen Kontamination als Folge eines schweren Unfalls in einer anderen kerntechnischen Anlage betroffen ist.

Besondere Bedeutung hat die praktische Umgebungsüberwachung im Falle eines unerkannten Entweichens radioaktiver Stoffe oder bei störfallbedingten Aktivitätsfreisetzungen. Ihre Aufgabe ist es dann, Art, Stärke und Ausdehnung einer eventuellen Kontamination der Umgebung durch Direktmessungen vor Ort und durch Analysen repräsentativer Proben zu bestimmen. Dabei kommt es auf eine möglichst schnelle Gewinnung von Meßwerten als Entscheidungsgrundlage für agierende Einsatzstäbe an. Die Sofortmaßnahmen des Betreibers münden in ein Störfall-Überwachungsprogramm staatlicher Stellen.

Eine weitere wichtige Aufgabe der Umgebungsüberwachung liegt in einer auf Meßergebnisse gestützten Information der Öffentlichkeit.

Radioökologische Modellrechnungen können stets nur Abschätzungen der in der Umgebung kerntechnischer Anlagen auftretenden Radioaktivitätskonzentrationen und Strahlenexpositionen liefern. Der Grund hierfür liegt nicht nur in der Begrenztheit aller radioökologischen Modelle angesichts der fast unendlichen Komplexität der tatsächlichen Ausbreitungsvorgänge in der Natur, sondern auch in den zum Teil erheblichen Streubreiten der verfügbaren und für die Rechnung benötigten Parameter. Die Probleme beginnen bei den unter Umständen stark standortabhängigen meteorologischen und hydrologischen Ausbreitungsparametern und reichen über umstrittene Transfer- und Dosisfaktoren bis hin zur Definition durchschnittlicher Ernährungs- und Lebensgewohnheiten der Bevölkerung.

Wegen der bereits erwähnten Streubreiten von Parametern und statistischen Größen enthalten alle radioökologischen Rechenmodelle zahlreiche sogenannte Konservatismen, d. h. im Hinblick auf das Rechenergebnis der jährlichen Strahlendosis ungünstige Annahmen und Sicherheitsfaktoren. Auf diese Weise wird die tatsächliche Strahlenexposition in der Umgebung kerntechnischer Anlagen gewollt erheblich überschätzt. Im Genehmigungsverfahren für kerntechnische Anlagen ist bei der Berechnung der Strahlenexposition der Bevölkerung nicht von den tatsächlichen, sondern von den genehmigten, maximalen Emissionswerten der Anlage auszugehen, was zu einer weiteren Überschätzung der Strahlenexposition führt. Die Bedeutung der praktischen Umgebungsüberwachung liegt deshalb nicht nur im Nachweis der Einhaltung vorgeschriebener Dosisgrenzwerte, sondern auch darin, durch Messungen die Kluft zwischen konservativer Abschätzung der Umgebungsbelastung und der tatsächlichen, nach aller Erfahrung wesentlich geringeren Umgebungsbelastung, aufzuzeigen.

3 Durchführung der Umgebungsüberwachung

3.1 Voraussetzungen

Für die Durchführung einer effektiven Umgebungsüberwachung gibt es eine Reihe unverzichtbarer Voraussetzungen. Art und Zahl der ständigen und potentiellen Emittenten müssen bekannt sein. Die Meßergebnisse der Emissionsüberwachung müssen stets in kürzester Frist zugänglich sein. Dazu gehören neben den Meßwerten der Aktivitätskonzentration auch Angaben über Abluft- und Abwassermengen und Aufzeichnungen über unterschiedliche Betriebszustände der kerntechnischen Anlage.

Eine weitere Voraussetzung ist die genaue Kenntnis einer Reihe von allgemeinen Fakten über die Umgebung. Hier interessieren z. B. Geländerauhigkeit, Bewuchs und Bebauung, die Besiedlungsstruktur, die typischen landwirtschaftlichen Produkte, Anbaumengen, Lage und Ausdehnung der Anbaugebiete.

Von besonderer Bedeutung ist in diesem Zusammenhang die Kenntnis des Mikroklimas der näheren Umgebung einer kerntechnischen Anlage. Statistisch gesicherte meteorologische Daten für den Standort und ständig verfügbare Mindestinformationen über die augenblicklich herrschende Wetterlage sind für die Beurteilung der atmosphärischen Ausbreitung der mit der Abluft emittierten radioaktiven Stoffe unentbehrlich. Aussagemöglichkeiten bekannter Rechenmodelle zur Bestimmung der atmosphärischen Ausbreitung wurden durch die Ergebnisse von Ausbreitungsexperimenten verbessert [8, 9, 10]. Wichtig ist auch die genaue Kenntnis des Fließschemas der Abwässer und der Kühlwässer innerhalb des Betriebsgeländes der kerntechnischen Anlage und seine Fortsetzung in öffentlichen Gewässern.

Schließlich ist für eine wirkungsvolle Umgebungsüberwachung eine ausreichende personelle und instrumentelle Ausrüstung Voraussetzung. Besonders im Hinblick auf den Einsatz bei Störfällen sind umfassende Ausbildung und meßtechnisches Training des Überwachungspersonals notwendig.

3.2 Allgemeine Aspekte bei der Aufstellung von Überwachungsprogrammen

Allgemeine Prinzipien der Umgebungsüberwachung wurden von der International Commission of Radiological Protection (ICRP) bereits 1965 formuliert [11]. Grundsätze zur Durchführung der Umgebungsüberwachung wurden von der Kommission der Europäischen Gemeinschaften [12] zusammengestellt.

Die Erfahrung und zahllose Untersuchungen haben gezeigt, daß für die Entstehung einer Strahlenexposition der Bevölkerung jeweils bestimmte Nuklide und bestimmte Expositionspfade von größerer Bedeutung sind als andere. Solche Nuklide und Expositionspfade werden in der erwähnten Studie der ICRP als „kritisch" bezeichnet. Jene Gruppe der Bevölkerung in der Umgebung einer kerntechnischen Anlage, die als potentiell am stärksten strahlenexponiert anzusehen ist, wird „kritische" Bevölkerungsgruppe genannt. Die Beachtung solcher „kritischen" Größen ist sowohl bei der Aufstellung eines Routineprogrammes als auch

bei der Wahl von Überwachungsmaßnahmen in Störfallsituationen im Sinne eines möglichst optimalen Vorgehens zu empfehlen.

Die vom Umgebungsüberwachungsprogramm zu berücksichtigenden Expositionspfade, die auch bei der Berechnung der Strahlenexposition des Menschen [13] für die Genehmigung kerntechnischer Anlagen zugrundegelegt werden, zeigt. Tab. 1.

Tab. 1: Zu berücksichtigende Expositionspfade

	„Luftpfad"	„Wasserpfad"
Äußere Strahlen-exposition	Exposition durch Betastrahlung innerhalb der Abluftfahne (ß-Submersion) Exposition durch Gammastrahlung aus der Abluftfahne (γ-Submersion) Bodenstrahlung	 Aufenthalt auf Sediment
Innere Strahlen-exposition	Atemluft Luft-Pflanze Luft-Futterpflanze-Kuh-Milch Luft-Futterpflanze-Tier-Fleisch	Trinkwasser Wasser-Fisch Viehtränke-Kuh-Milch Viehtränke-Tier-Fleisch Beregnung-Pflanze Beregnung-Futterpflanze-Kuh-Milch Beregnung-Futterpflanze-Tier-Fleisch Landwirtschaftliche Nutzung - auf Überschwemmungsgebieten - von Fluß- und Klärschlamm

Bei der Aufstellung eines Überwachungsprogrammes sind außer den eingangs formulierten Überwachungszielen und -voraussetzungen Bestimmungen und Vorschriften zu beachten, die in der geltenden StrlSchV, in einschlägigen Richtlinien oder in speziellen Auflagen der zuständigen Aufsichtsbehörde enthalten sind.

3.3 Vorschriften und Dosisgrenzwerte der Strahlenschutzverordnung (StrlSchV) zur Umgebungsüberwachung

Die grundsätzlichen Erfordernisse der Organisation und der praktischen Durchführung einer Umgebungsüberwachung kerntechnischer Anlagen lassen sich aus den Paragraphen der StrlSchV [14] ableiten, die sich mit dem Schutz der Bevölkerung und der Umwelt vor den Gefahren ionisierender Strahlen und mit der Defi-

nition von Strahlenschutzbereichen befassen. In Tab. 2 wurden diese Paragraphen zusammengestellt. Aus den in diesen Paragraphen formulierten Bestimmungen ergibt sich eine räumliche Gliederung in verschiedene, zu überwachende Bereiche, für die unterschiedliche Dosisgrenzwerte festgesetzt wurden.

Der außerhalb von Gebäuden auf dem Betriebsgelände einer kerntechnischen Anlage existierende betriebliche Überwachungsbereich, dessen Ausdehnung erheblich sein kann (beim Kernforschungszentrum Karlsruhe umfaßt er rund 2 km^2) wird deshalb dem Aufgabenspektrum der Umgebungsüberwachung zugeordnet, weil es sich hier um Überwachungsmaßnahmen handelt, die im Freien durchzuführen sind, und weil dabei Verfahren zur Anwendung kommen, die für die Umgebungsüberwachung typisch sind.

Eine Beziehung zwischen dem Dosisgrenzwert für die effektive Dosis im betrieblichen Überwachungsbereich und einer maximal zulässigen Ortsdosis läßt sich nur unter der Voraussetzung herstellen, daß auf dem Betriebsgelände einer kerntechnischen Anlage im Freien Teilkörperexpositionen durch äußere und innere Bestrahlung ausgeschlossen werden können oder zumindest vernachlässigbar klein sind. Falls also nur Ganzkörperexpositionen durch äußere Bestrahlung (aus der Abluftfahne und durch Direktbestrahlung von Anlagen) relevant sind, ergibt sich aus der Beschränkbarkeit der Aufenthaltsdauer auf 50 mal 40 Wochenstunden im Jahr ein mit dem Grenzwert für die effektive Dosis korrespondierender Maximalwert für die Ortsdosis von 21,9 mSv/a. Die natürliche Ortsdosis durch terrestrische und kosmische Strahlung bleibt dabei unberücksichtigt.

Eine ähnliche Überlegung läßt sich für den Körperdosisgrenzwert für den außerbetrieblichen Überwachungsbereich anstellen. Der Effektivdosis-Grenzwert von 1,5 mSv/a für die Direktstrahlung aus kerntechnischen Anlagen schließt die „nach § 45 zu erwartenden Strahlenexpositionen aus Ableitungen" ein. Nur falls im außerbetrieblichen Überwachungsbereich Dosisbeiträge durch Emissionen radioaktiver Stoffe ausgeschlossen werden können oder zumindest vernachlässigbar klein sind, korrespondiert der Effektivdosis-Grenzwert mit einem Maximalwert für die Ortsdosis von ebenfalls 1,5 mSv/a. Anders als beim betrieblichen Überwachungsbereich kann hier von einer Beschränkung der Aufenthaltsdauer kein Kredit genommen werden, da in aller Regel der Zugang zu den außerbetrieblichen Überwachungsbereichen niemandem untersagt werden kann. Also muß ein dauernder Aufenthalt von Personen unterstellt werden. Die natürliche Ortsdosis bleibt selbstverständlich auch hier unberücksichtigt.

Tab. 2: Bereiche und Dosisgrenzwerte für die Maßnahmen der Umgebungsüberwachung bei bestimmungsgemäßem Betrieb

Zu überwachende Bereiche		Dosisgrenzwerte der StrlSchV	§§ der StrlSchV	Maß-nahmen
nach StrlSchV	in der Praxis			
Betrieblicher Überwachungsbereich	Betriebsgelände der kerntechnischen Anlage außerhalb von Gebäuden (in der Regel innerhalb des Anlagenzauns) Fläche: < 2 km²	Körperdosisgrenzwerte der Anlage X, Tab. X1, Spalte 4 maximale effektive Dosis: 5 mSv/a (≙ maximale Ortsdosis von 21,9 mSv/a, falls nur Ganzkörperexposition durch äußere Bestrahlung relevant)	51 61	Probenahme und Messung zur Aktivitätsbestimmung bei Bedarf, Ortsdosisüberwachung im Freien innerhalb des Betriebsgeländes
Außerbetrieblicher Überwachungsbereich	Nahbereich außerhalb des Anlagenzauns bis zu Abständen von einigen 100 Metern	Maximale effektive Dosis durch Direktstrahlung einschließlich zu erwartender Dosisbeiträge aus Ableitungen: 1,5 mSv/a. (≙ maximale Ortsdosis von 1,5 mSv/a, falls nur Direktstrahlung relevant)	44, 60	Insbesondere Überwachung der Ortsdosis entlang des Anlagenzauns gemäß REI [15]
Bereiche, die nicht Strahlenschutzbereiche sind	Umgebung der kerntechnischen Anlage in einem Umkreis von ca. 5 km (im Rahmen der Störfallvorsorge in einem Umkreis von maximal 25 km)	Körperdosisgrenzwerte des § 45 (siehe Tab. 3) maximale effektive Dosis: 0,3 mSv/a	45, 48	Routine-überwachungs-programme gemäß REI [15]

Bei den „Bereichen, die nicht Strahlenschutzbereiche sind", handelt es sich praktisch um das allgemeine Staatsgebiet. § 45 der StrlSchV schreibt vor, daß die technische Auslegung und der Betrieb einer kerntechnischen Anlage so zu planen sind, daß die Strahlenexposition des Menschen, die von den radioaktiven Stoffen hervorgerufen wird, die mit Abluft oder Abwasser aus der Anlage abgeleitet werden, bestimmte Grenzwerte der Körperdosen im Kalenderjahr nicht überschreitet (siehe Tab. 3).

Tab. 3: Dosisgrenzwerte für Bereiche, die nicht Strahlenschutzbereiche sind (§ 45 StrlSchV)

Körperdosen	Dosisgrenzwerte mSv/a
1. Effektive Dosis Teilkörperdosis für Keimdrüsen, Gebärmutter, rotes Knochenmark	0,3
2. Teilkörperdosis für alle Organe, soweit nicht unter 1. oder 3. genannt	0,9
3. Teilkörperdosis für Knochenoberfläche, Haut	1,8

Bei der Berechnung der Strahlenexposition sind die „ungünstigsten Einwirkungsstellen" in der Umgebung der kerntechnischen Anlage zugrundezulegen. Dabei sind die in der Anlage XI der StrlSchV genannten Annahmen zu berücksichtigen. Diese Annahmen umfassen die zu berücksichtigenden Expositionspfade (siehe Tab. 1), die Lebensgewohnheiten der Referenzperson (Ernährungsgewohnheiten gemäß Tab. II 1 der Anlage XI, Aufenthaltszeiten im Freien und auf Sediment gemäß Tab. II 2 der Anlage XI) und „übrige Annahmen". Die übrigen Annahmen enthalten insbesondere den Hinweis auf die Bekanntmachung der neuen Dosisfaktoren im Bundesanzeiger Nr. 185a vom 30. September 1989.

§ 48 der StrlSchV gibt den zuständigen Behörden die Möglichkeit, die Durchführung von Ortsdosismessungen und Aktivitätsmessungen an Proben aus der Umgebung nach einem festzulegenden Plan anzuordnen. Die zuständige Behörde kann anordnen, die Meßergebnisse der Umgebungsüberwachung des Betreibers der Öffentlichkeit zugänglich zu machen, wovon viel zu selten Gebrauch gemacht wird.

3.4 Struktur und Umfang der Überwachungsprogramme

Die im November 1979 vom Bundesminister des Innern veröffentlichte „Richtlinie zur Emissions- und Immissionsüberwachung kerntechnischer Anlagen" [15], im folgenden mit REI abgekürzt, bestimmt die gegenwärtige Umgebungsüberwachungspraxis. Die Programme zur Umgebungsüberwachung in Betrieb befindlicher kerntechnischer Anlagen waren bis zum 1. Januar 1981 der neuen Richtlinie anzupassen.

In der REI wird einleitend u. a. ausgeführt: „Die Aufgabenstellung der Umgebungsüberwachung umfaßt die Beweissicherung vor der Inbetriebnahme, die Überwachung während des bestimmungsgemäßen Betriebes und die Überwachung bei störfallbedingten Aktivitätsfreisetzungen. Dazu sind Messungen der radioaktiven Stoffe in den Transportmedien Luft und Wasser, in den Ernährungsketten und die Messung der Direktstrahlung notwendig".

In dem Kapitel „Immissionsüberwachung" werden grundsätzliche Aussagen zur Umgebungsüberwachung gemacht, die für alle kerntechnischen Anlagen gelten sollen. Die hier gemachten Aussagen betreffen die zu berücksichtigenden Expositionspfade, die Auswahl der zu überwachenden Medien und Radionuklide, die Festlegung der Probenahme- und Meßfrequenzen und die Anforderungen an Dokumentation und Berichterstattung.

Gemäß § 45 der StrlSchV wird gefordert, daß sich die Probenahme- und Meßorte „vorwiegend im Bereich der für die einzelnen Expositionspfade ungünstigsten Einwirkungsstelle befinden" sollen. Ergänzend wird aber auch verlangt, daß die Netze der Probenahme- und Meßorte „Orte enthalten, die von kerntechnischen Anlagen weitgehend unbeeinflußt sind (Referenzgebiete)". Im Gegensatz zur früheren Richtlinie [16] wird verstärktes Gewicht auf die Überwachung von Lebensmitteln gelegt.

In den Grundsätzen der Richtlinie wird festgelegt, daß für die Umgebungsüberwachung kerntechnischer Anlagen zwei Überwachungsprogramme zu erstellen sind, und zwar „ein Programm, das vom Betreiber der Anlage durchzuführen ist und ein ergänzendes und kontrollierendes Programm, das von unabhängigen Meßstellen (Sachverständigen oder behördlichen Meßstellen) durchzuführen ist". Bei der Aufstellung der Überwachungsprogramme sollen örtliche und anlagenspezifische Gegebenheiten berücksichtigt werden. Beide Überwachungsprogramme sind wiederum unterteilt in je ein Routineüberwachungsprogramm für den bestimmungsgemäßen Betrieb und in ein Routineüberwachungsprogramm

für den Störfall. Letzteres ist sowohl vom Betreiber als auch von der unabhängigen Meßstelle durch regelmäßige Meßfahrten zu den in einem besonderen Katastropheneinsatzplan festgelegten Probenahme- und Meßpunkten einzuüben. Zur Festlegung und Bezeichnung dieser Meßpunkte wird eine Einteilung der Umgebung kerntechnischer Anlagen in 3 Zonen und 12 Sektoren benutzt, die in den Rahmenempfehlungen für den Katastrophenschutz [17] festgelegt wurden.

Im Zusammenhang mit der Festlegung erforderlicher Mindestnachweisgrenzen wird ausgeführt: „Um durch die Immissionsüberwachung eine zusätzliche Beurteilung der Einhaltung der Dosisgrenzwerte der §§ 44 und 45 StrlSchV zu ermöglichen, sollte insgesamt ein Drittel der jeweiligen Dosisgrenzwerte nachweisbar sein." „Bei der Aktivitätsmessung von Einzelnukliden in Luft, Trinkwasser und Lebensmitteln sollen die für die Strahlenexposition wesentlichen Radionuklide jeweils mit einer Nachweisgrenze erfaßt werden, die 1/30 der Dosisgrenzwerte entspricht."

Zur Veranschaulichung der Struktur und des Umfangs der durch die Richtlinie definierten Überwachungsprogramme zeigt Abb. 1, entnommen aus [18], für einen fiktiven Standort eines Kernkraftwerkes die in ein Polarkoordinatensystem eingezeichneten Probenahme- und Meßorte der beiden Überwachungsprogramme für Betreiber und unabhängige Meßstelle. In Abb. 1 nicht enthalten sind lediglich die Meß- und Probenahmeorte, die im Rahmen der Störfallvorsorge regelmäßig anzufahren sind, da dies der gewählte Abbildungsmaßstab nicht zuließ.

Eine detaillierte Beschreibung der Struktur der Umgebungsüberwachungsprogramme aufgrund der REI wird in [19] gegeben. Daß mehr als zwei Drittel, nämlich rund 69 % der innerhalb des Gesamtprogrammes für den bestimmungsgemäßen Betrieb durchzuführenden Radioaktivitäts-Einzelmessungen auf die Primärmedien Luft (Aerosole 34,4 %, gasförmiges Iod 21,3 %) und Oberflächenwasser (13,1 %) entfallen, entspricht den in den Grundsätzen der REI festgelegten Überwachungsschwerpunkten. Rund 17 % aller Einzelmessungen sind an Nahrungsmitteln (Milch, Fisch, Pflanzen und Trinkwasser) vorzunehmen.

Empfehlungen zur Aktualisierung der REI wurden vom Arbeitskreis Umweltüberwachung des Fachverbandes für Strahlenschutz e. V. im Juli 1989 publiziert [20]. Seit November 1989 befaßt sich eine Arbeitsgruppe der Strahlenschutzkommission mit der Erarbeitung einer Neufassung der REI.

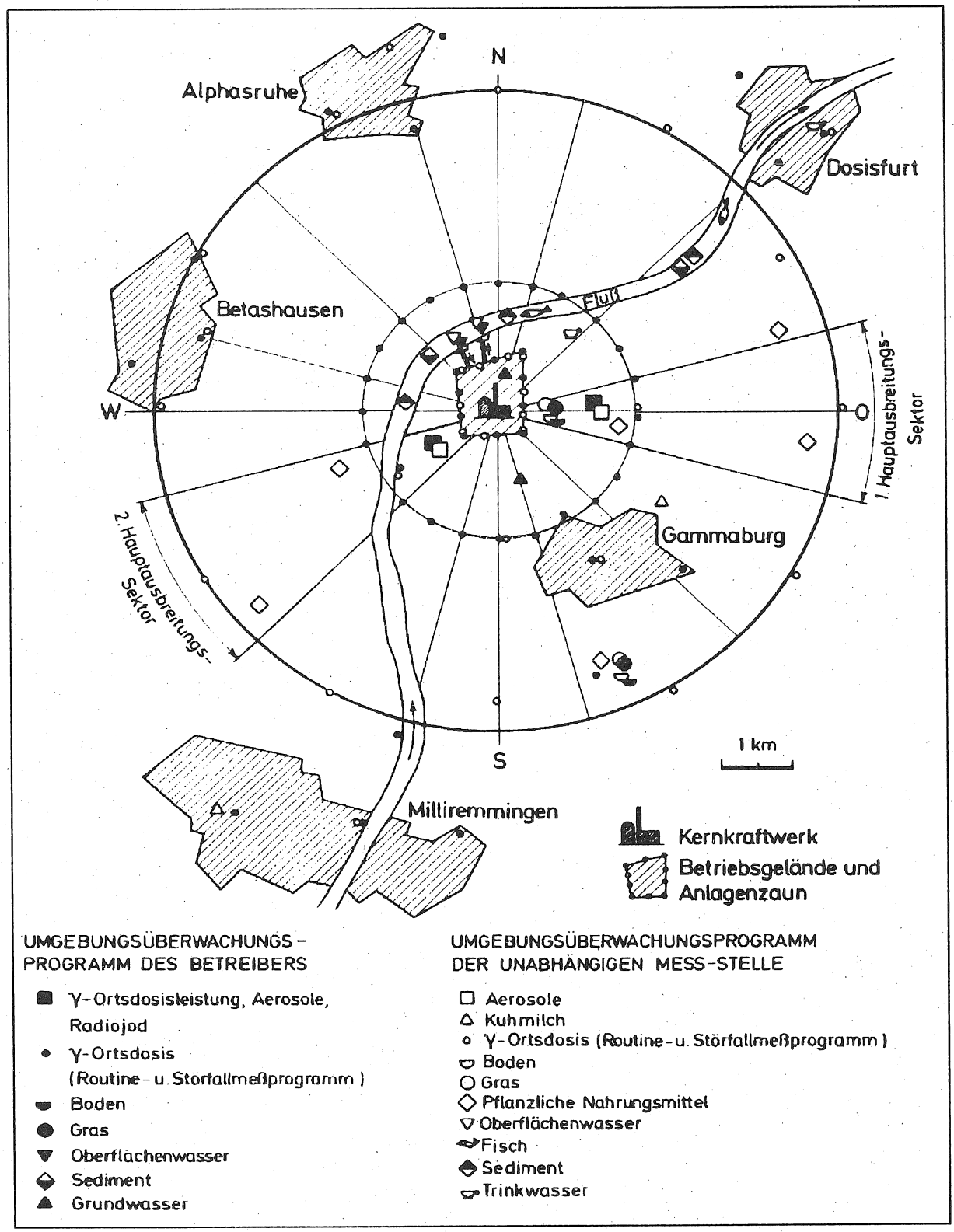


Abb. 1: Fiktiver Standort eines Kernkraftwerkes mit leichtwassergekühltem Reaktor mit Meß- und Probenahmeorten in der Umgebung gemäß REI

Die hohen Anforderungen der REI an die in der routinemäßigen Umgebungsüberwachung zu erreichenden Meßempfindlichkeiten haben den meß- und verfahrenstechnischen Aufwand erheblich ansteigen lassen. Die geforderten Nachweisgrenzen lassen sich in vielen Fällen nur durch starke Aktivitätsanreicherung in den Proben, z. B. durch Trocknen, Veraschen, Eindampfen erreichen, weshalb von immer größeren Mengen des frischen Probenmaterials ausgegangen werden muß. Lange Meßzeiten und eine, soweit noch möglich, weitere Herabsetzung des apparativen Nulleffektes durch noch stärkere Abschirmung der Umgebungsstrahlung und die Verwendung extrem aktivitätsarmer Materialien für die Teile der Meßapparatur selbst, sind weitere Maßnahmen, um noch niedrigere Nachweisgrenzen zu erzielen. Die Emissionsraten der kerntechnischen Anlagen auf dem Gebiet der ehemaligen Bundesrepublik Deutschland sind aufgrund niedrigerer Genehmigungswerte und verbesserter Rückhaltetechniken seit 1976 deutlich zurückgegangen. Nicht zuletzt deshalb hat es die Umgebungsüberwachung beim bestimmungsgemäßen Betrieb kerntechnischer Anlagen heute fast ausschließlich mit Meßwerten zu tun, die nahe an der oder unter der Nachweisgrenze liegen. Um so wichtiger ist es, daß die Nachweisgrenzen der zum Einsatz kommenden Meßverfahren mathematisch sauber, nachprüfbar und vor allem einheitlich definiert werden. In diesem Zusammenhang sei darauf hingewiesen, daß z. Z. vom Normenausschuß Kerntechnik im DIN eine sechsteilige Norm zur Berechnung von Nachweis- und Erkennunsgrenzen bei Kernstrahlungsmessungen erarbeitet wird [21].

Detaillierte Empfehlungen zur praktischen Durchführung der Umgebungsüberwachung werden in der Loseblattsammlung des Arbeitskreises Umweltüberwachung des Fachverbandes für Strahlenschutz e. V. gegeben [22]. Von den Leitstellen für die Überwachung der Umweltradioaktivität wurden Meßanleitungen erstellt, die in unregelmäßigen Abständen aktualisiert und ergänzt werden [23]. Im Auftrag des BMU werden alle zwei Jahre von den Leitstellen Fachgespräche zur Überwachung der Umweltradioaktivität organisiert, die sich bei wechselnden thematischen Schwerpunkten mit aktuellen Fragen der Überwachungspraxis befassen [24]. Das 8. Fachgespräch dieser Art wird vom 24.-26. Oktober 1990 in Berlin stattfinden und dem Thema „Technische und organisatorische Maßnahmen zur optimierten Ermittlung der Strahlenexposition in der Umgebung kerntechnischer Anlagen" gewidmet sein.

4 Schlußbemerkungen

Das sogenannte 30-mrem-Konzept der StrlSchV - heute sollten wir es besser 300-µSv-Konzept nennen - hat für die Umgebungsüberwachung bei bestimmungsgemäßem Betrieb Maßstäbe gesetzt, die zum Teil eine Herausforderung der Leistungsfähigkeit der Strahlenschutzmeßtechnik darstellten. Durch die „Richtlinie zur Emissions- und Immissionsüberwachung kerntechnischer Anlagen" wurden die Empfindlichkeitsanforderungen an die Meßverfahren präzisiert. Die Immissionsmeßtechnik hat sich dieser Herausforderung gewachsen gezeigt. Die Umgebungsüberwachung kerntechnischer Anlagen bei bestimmungsgemäßem Betrieb kann im großen und ganzen zu Recht als gelöste Aufgabe angesehen werden. Die einschränkende Formulierung, die Aufgabe sei „im großen und ganzen" gelöst, zielt auf die meines Erachtens noch erforderliche Optimierung der Umgebungsüberwachung. Die Umgebungsüberwachung kann dann als optimal bezeichnet werden, wenn sie das vorgegebene Schutzziel, nämlich den Nachweis der Einhaltung der Grenzwerte der StrlSchV, mit einem Minimum an Aufwand erreicht.

Gesetzgeber und zuständige Behörden in Bund und Ländern bleiben aufgefordert, dafür zu sorgen, daß die Flut von Meßergebnissen der nicht gerade billigen Umgebungsüberwachung künftig mehr Gewicht erhält, wenn es darum geht, tatsächliche oder hypothetische Auswirkungen kerntechnischer Anlagen auf die Umgebung zu beurteilen. Der gegenwärtige geringe Nutzungsgrad der Ergebnisse der praktischen Umgebungsüberwachung zum Nachweis der Ungefährlichkeit des bestimmungsgemäßen Betriebes kerntechnischer Anlagen steht in einem erstaunlichen Mißverhältnis zu ihrem Aufwand.

5 Literatur

[1] Der Bundesminister für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (Hrsg.): Umweltradioaktivität und Strahlenbelastung, Jahresbericht 1986, Bonn (1990)

[2] Der Bundesminister für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (Hrsg.): Bericht der Bundesregierung an den Deutschen Bundestag über „Umweltradioaktivität und Strahlenbelastung in den Jahren 1987 und 1988", Bonn (1989)

[3] Umweltradioaktivität und Strahlenbelastung, Vierteljahresberichte 1958 - 1968, hrsg. vom jeweils zuständigen Bundesminister, und zusammenfassender Bericht über die Umweltüberwachung 1956 - 1968 in Schriftenreihe Kernforschung 2, hrsg. vom Bundesminister für Bildung und Wissenschaft, Juli 1970

[4] Statusbericht über die Überwachung der Umweltradioaktivität in der Bundesrepublik Deutschland, Bericht des Instituts für Strahlenhygiene des Bundesgesundheitsamtes, STH-Bericht 6/76, zusammengestellt von H. Riedel und O. Huber, September 1976

[5] Kernenergie und Umwelt, hrsg. von K. Aurand, 1. Auflage, Erich Schmidt-Verlag, Berlin, 1976

[6] Winter, M.: Umgebungsüberwachung zwischen Femtocuries und Störfallvorsorge. 16. Jahrestagung des Fachverbandes für Strahlenschutz e. V., München, 19.-22. Oktober 1982, GSF-Bericht A4/83 (Juni 1983), S. 313 - 323

[7] Gesetz zum vorsorgenden Schutz der Bevölkerung gegen Strahlenbelastung (Strahlenschutzvorsorgegesetz, StrVG) vom 19. Dezember 1986, BGBl. Teil I, S. 2610 - 2614

[8] König, L.A., Nester, K., Schüttelkopf, H., Winter, M.: Experimente am Kernforschungszentrum Karlsruhe zur Bestimmung der atmosphärischen Ausbreitung mit Hilfe verschiedener Leitsubstanzen. Bericht des Kernforschungszentrums Karlsruhe, KfK 1918 (1973)

[9] Geiß, H., Vogt, K.-J., Ehrlich, H.G., Polster, G.: Neue Ergebnisse von Ausbreitungsexperimenten mit 50 m und 100 m Emissionshöhe. Jahrestagung 1978 des Fachverbandes für Strahlenschutz e. V., Norderney (Oktober 1978)

[10] Nester, K., Thomas, P.: Im Kernforschungszentrum Karlsruhe experimentell ermittelte Ausbreitungsparameter für Emissionshöhen bis 195 m. Staub-Reinhaltung der Luft 39, Nr. 8 (1979), S. 291

[11[ICRP-Publication 7: Principles of Environmental Monitoring related to the Handling of Radioactive Materials. Pergamon Press, Oxford (1966)

[12] Kommission der Europäischen Gemeinschaften (Hrsg.): Organisation und Durchführung der Überwachung und Kontrolle der Radioaktivität im Nahbereich von Kernanlagen, EUR 5176/d (1975)

[13] Allgemeine Verwaltungsvorschrift zu § 45 Strahlenschutzverordnung: Ermittlung der Strahlenexposition durch die Ableitung radioaktiver Stoffe aus kerntechnischen Anlagen oder Einrichtungen, vom 21. Februar 1990, Bundesanzeiger Nr. 64a (31. März 1990)

[14] Verordnung über den Schutz vor Schäden durch ionisierende Strahlen (Strahlenschutzverordnung, StrlSchV), Bekanntmachung der Neufassung der Strahlenschutzverordnung vom 30. Juni 1989, BGBl. 1989, Teil I, S. 1321

[15] Der Bundesminister des Innern (Hrsg.): Richtlinie zur Emissions- und Immissionsüberwachung kerntechnischer Anlagen, GMBl. Nr. 32 (1979), S. 668

[16] Der Bundesminister des Innern (Hrsg.): Umwelt, Information des Bundesministers des Innern zur Umweltplanung und zum Umweltschutz, Heft 35 (Oktober 1974), S. 8

[17] Rahmenempfehlungen für den Katastrophenschutz in der Umgebung kerntechnischer Anlagen vom 1. Dezember 1988, GMBl. 1989, S. 71

[18] Winter, M.: Die Umgebungsüberwachung kerntechnischer Anlagen. In: Deutsches Atomforum e. V. (DAtF) (Hrsg.): Kernthemen, Bonn (1980)

[19] Winter, M.: Struktur und Umfang der Umgebungsüberwachungsprogramme entsprechend der Richtlinie zur Emissions- und Immissionsüberwachung kerntechnischer Anlagen, Blatt 2.1.1. In: (WI, 1989)

[20] Narrog, J., Heinemann, K., Winter, M., Herrnberger, V., Haag, J., Czerwinski, N.: Empfehlungen zur Aktualisierung der Richtlinie zur Emissions- und Immissionsüberwachung kerntechnischer Anlagen, FS-89-50-AKU, Juli 1989; erschienen in der Publikationsreihe „Fortschritte im Strahlenschutz" des Fachverbandes für Strahlenschutz e. V. (Hrsg.)

[21] Nachweisgrenze und Erkennungsgrenze bei Kernstrahlungsmessungen, DIN 25 482, Teil 1, Zählende Messungen ohne Berücksichtigung des Probenbehandlungseinflusses, April 1989

[22] Winter, M., Narrog, J., Friedrich[1], M., Czerwinski, N. (Red.): Empfehlungen zur Überwachung der Umweltradioaktivität. Loseblattsammlung des Arbeitskreises Umweltüberwachung (AKU), FS-78-15-AKU, 1. Teillieferung Dezember 1979, 2. Teillieferung Oktober 1982, 3. Teillieferung, Juni 1989; erschienen in der Publikationsreihe „Fortschritte im Strahlenschutz" des Fachverbandes für Strahlenschutz e. V. (Hrsg.)

[23] Leitstellen für die Überwachung der Umweltradioaktivität (Hrsg.): Meßanleitungen für die Überwachung der Radioaktivität in der Umwelt

[24] Der Bundesminister für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (Hrsg.): 7. Fachgespräch „Überwachung der Umweltradioaktivität", 16. und 17. November 1987

Die allgemeine Umweltradioaktivitätsüberwachung durch IMIS

W. Weiss, A. Bayer, M. Ehret, A. Fritsch, K. Jung, H. Leeb, J. Lieser, A. Löbke-Reinl, F. Piefke, U. Stöhlker und C. Wittler, Bundesamt für Strahlenschutz, Salzgitter

1. Grundlagen

Gesetzliche Grundlage für die Errichtung des "Integrierten Meß- und Informationssystems zur Überwachung der allgemeinen Umweltradioaktivität", IMIS, ist das Strahlenschutzvorsorgegesetz, StrVG, das am 31.12.1986 in Kraft trat. Ziel des Gesetzes ist es, zum Schutze der Bevölkerung die Radioaktivität in der Umwelt ständig zu überwachen, um Abweichungen vom natürlichen Zustand der Umweltradioaktivität schnell erkennen zu können (Frühwarnung) und so im Falle von Ereignissen mit möglichen nicht unerheblichen radiologischen Auswirkungen die Strahlenexposition des Menschen durch angemessene Maßnahmen so gering wie möglich zu halten.

Bei einer großräumigen Kontamination der Umwelt sind für den Menschen drei Expositionspfade von Bedeutung, nämlich

- die externe Exposition durch Gammastrahlen,
- die Aufnahme von luftgetragenen Radionukliden mit der Atmung (Inhalation) und
- die Aufnahme von Radionukliden mit der Nahrung (Ingestion).

In vielen denkbaren Fällen einer großräumigen Kontamination der Umwelt spielt die Luft eine zentrale Rolle. Zum einen stellt sie das wichtigste Medium für den großräumigen Transport der Radioaktivität dar. Zum anderen bestimmen atmosphärische Prozesse, insbesondere Niederschläge, die Höhe und die geographische Verteilung der Kontamination von Boden und Bewuchs und damit unmittelbar die Pfade der externen Exposition und der Ingestion.

Die wichtigsten Primärinformationen für einen Lageüberblick sind

- das Nuklidspektrum,
- die Höhe und die geographische Verteilung der Aktivitätskonzentration in Luft und Bewuchs und
- die Höhe und die geographische Verteilung der Dosisleistung in Bodennähe.

Aus diesen Informationen lassen sich die Dosisbeiträge auf allen relevanten Expositionspfaden schnell abschätzen. Für die Abschätzung möglicher Dosen über den Ingestionspfad müssen zu diesem Zweck radioökologische Modelle eingesetzt werden.

Um die Dosisbeiträge auf den relevanten Expositionspfaden schnell und sicher erfassen zu könnnen und durch geeignete Maßnahmen bzw. Empfehlungen möglich gering zu halten, bedarf es geeigneter

Meßstrategien, die im folgenden beschrieben werden.

2. Meßstrategien bei einer großräumigen Kontamination der Umwelt

Um im Falle einer a priori luftgetragenen Kontamination der Umwelt zeitgerecht Schutz- bzw. Vorsorgemaßnahmen ergreifen und Empfehlungen aussprechen zu können, ist eine schnelle Lageübersicht und eine zuverlässige Dosisfolgeabschätzung notwendig. Schnelligkeit und Zuverlässigkeit sind deshalb gefordert, weil die Transportgeschwindigkeit in Luft typischerweise so groß sein können, daß z.B. das Gebiet der Bundesrepublik in Ost-Westrichtung in weniger als 12 Stunden betroffen sein kann. Um die geforderte Schnelligkeit zu erreichen ist der Einsatz ständig registrierender, automatisch arbeitender Meßgeräte kombiniert mit den Möglichkeiten einer schnellen Datenübermittlung erforderlich. Diese Anforderungen sind in den Bundesmeßnetzen des Bundesamtes für Zivilschutz, BZS (Ortsdosisleistung), des Deutschen Wetterdienstes, DWD, des Umweltbundesamtes, UBA und der Fraunhofergesellschaft FhG (Luft und Niederschlag), der Bundesanstalt für Gewässerkunde BfG (Bundeswasserstraßen) und des Bundesamtes für Seeschiffahrt und Hydrographie BSH (Nord- und Ostsee) realisiert. Die Meßtätigkeit dieser Institutionen ist in §2 des StrVG geregelt; die Daten aus diesen Meßnetzen werden im folgenden §2-Daten genannt.

Die Anforderungen an die zeitliche Verfügbarkeit und die Flächendeckung von Meßdaten für Lebens- und Futtermittel, Bedarfsgegenstände und sonstige Umweltbereiche (dieser Bereich ist geregelt in §3 des StrVG, in der Folge werden die Daten §3-Daten genannt) sind dagegen geringer.

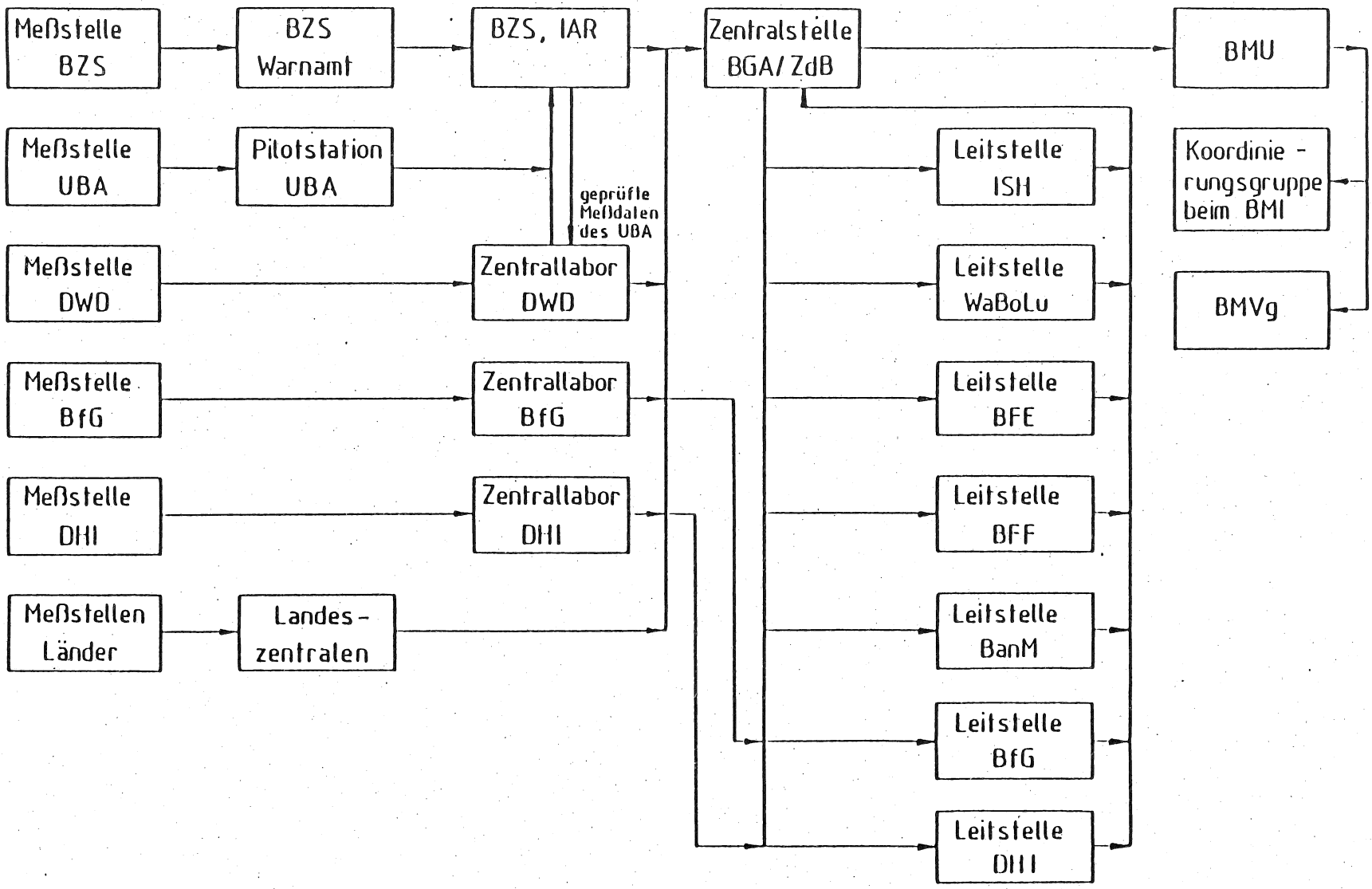
Die Integration der Ergebnisse dieser Meßaktivitäten in das Informationssystem IMIS soll sicherstellen, daß

- die Meßtätigkeiten in den unterschiedlichen Bereichen situationsangepaßt und abgestimmt sind,
- die Zusammenfassung und Aufbereitung der Daten bei allen beteiligten Institutionen nach einheitlichen, vorab festgelegten Verfahren erfolgt und
- die zusammengefaßten, aufbereiteten und allgemein verständlichen Informationen und Daten den Entscheidungsträgern und der Öffentlichkeit schnell zur Verfügung gestellt werden können.

Abb. 1 gibt einen Überblick über die Struktur vom IMIS und die daran beteiligten Institutionen.

Die Möglichkeiten und Notwendigkeiten der Informationsbeschaffung und die Lagebewältigungsstrategien sind lageabhängig . Sie können sich auch im Verlauf einer Kontaminationssituation stark ändern. Dieser Sachverhalt wird im folgenden beschrieben. Es wird unterschieden zwischen

- der Frühphase einer Kontamination (Immissionsphase),


Meßstelle BZS
BZS Warnamt
BZS, IAR
Zentralstelle BGA/ZdB
BMU
Meßstelle UBA
Pilotstation UBA
geprüfte Meßdaten des UBA
Leitstelle ISH
Koordinie - rungsgruppe beim BMI
Meßstelle DWD
Zentrallabor DWD
Leitstelle WaBoLu
BMVg
Meßstelle BfG
Zentrallabor BfG
Leitstelle BFE
Meßstelle DHI
Zentrallabor DHI
Leitstelle BFF
Meßstellen Länder
Landes - zentralen
Leitstelle BanM
Leitstelle BfG
Leitstelle DHI
Ausführung von Anweisungen
Entgegennahme u. Weiterleitung von Anweisungen, Ausführung
Weiterleitung von Empfehlun- gen, Anordnungen und Anweisungen, Ausführung
Entgegennahme u. Weiterleitung von Empfehlungen, Anordnungen und Anweisungen, Alarmauslösung,
Erarbeitung von Empfehlungen, Weiterleitung von Empfehlungen
Erarbeitung von Empfehlungen, Anordnungen, Anweisungen, Alarmauslösung

- der eigentlichen Kontaminationsphase (Nach-Immissionsphase) und
- der Nachereignisphase.

3. Die drei Phasen der Lageermittlung

Die Frühphase einer Kontamination der Umwelt läßt sich aus Sicht möglicher Bewältigungsstrategien einteilen in eine erste Phase, in der die Kontamination des eigenen Staats- bzw. Planungsgebiets noch nicht betroffen ist und eine zweite Phase, in der die Kontamination der Primärmedien gerade eintritt, bzw. eingetreten ist.

Die erste Phase kann je nach Entfernung zwischen Freisetzungsort und dem eigenen Staatsgebiet bzw. der großräumigen meteorologischen Situation viele Stunden bis Tage andauern. Die zweite Phase dauert im allgemeinen nicht viel länger als einige Tage bis eine Woche. Sie ist charakterisiert durch eine Kontamination des Primärmediums Luft. Die Effizienz möglicher Schutz- bzw. Vorsorgemaßnahmen wird in vielen Fällen bereits in dieser Phase entschieden.

In der ersten Phase kommen Informationen und Daten über die tatsächliche Quellstärke und Prognosen der großräumigen Verfrachtung der freigesetzten Aktivität mittels meteorologischer Vorhersagemodelle eine große Bedeutung für die realistische, größenordnungsmäßige Abschätzung möglicher Konsequenzen zu. Zum Zwecke der Informationsbeschaffung existieren eine Vielzahl bilateraler sowie internationaler Informationsabkommen. Besonders zu erwähnen sind die Abkommen der IAEA (1) und der EG (2). Die in dieser Phase erhältlichen Informationen und Daten werden in zum Teil unverständlich und widersprüchlich sein. Trotzdem sollte die zu erwartende Kontamination, in vielen Fällen bereits in dieser Phase größenordnungsmäßig abgeschätzt werden können. In keinem Fall können die erhältlichen Informationen und Daten und die Folgeabschätzungen jedoch Meßaktivitäten ersetzen.

In den ersten Stunden bis Tagen einer eingetretenen Kontaminations der Luft (Immissionsphase) resultieren die relevanten Informationen und Daten überwiegend aus automatischen Meßnetzen und nur zu sehr geringen Teilen aus manuell bearbeiteten Proben. Die zentralen Meßverfahren sind in jedem Fall die hochauflösende Gammaspektrometrie sowie die Ortsdosisleistungsmessung. Schnellmeßmethoden für die Abschätzung der Aktivitätskonzentration reiner Alpha- und Betastrahler kommt eine große Bedeutung zu. Ergebnis dieser Meßtätigkeit ist eine Erstaussage über das Nuklidspektrum, die Höhe, die zeitliche und räumliche Variation der Aktivitätskonzentration der Luft und der Ortsdosisleistung in Bodennähe. Auf der Basis dieser Meßdaten sind erste Abschätzungen der Dosis über die relevanten Expositionspfade möglich.

Der Übergang zwischen der Immissionsphase und der eigentlichen Kontaminationsphase (Nach-Immissionsphase) ist gleitend. Die Immissionsphase endet mit dem Ende der Deposition luftgetragener

Radionuklide auf Boden und Bewuchs. Dies bedeutet, daß in der Nach-Immissionsphase die Höhe und die räumliche Verteilung der Ortsdosisleistung im wesentlichen festliegt. In dieser Phase stehen Fragen des Transports von Radionukliden in die Nahrungskette im Vordergrund. Die Meßaktivitäten konzentrieren sich auf die Bestimmung der wichtigsten Radionuklide in denjenigen Nahrungsmitteln, die wesentliche Dosisbeiträge liefern. In vielen denkbaren Fällen wird es sich hierbei um Milch und um Freilandgemüse handeln. Die hier relevanten §3-Daten dienen einer verbesserten Dosisabschätzung über den Ingestionspfad. Die Entnahme von §3-Proben sollte deshalb repräsentativ erfolgen. Probenzahl und Meßgenauigkeit müssen so gewählt sein, daß hinreichend gesicherte Aussagen möglich sind. Nicht unerhebliche Unsicherheiten von Dosisabschätzung auf der Basis von §3-Daten sind darin begründet, daß ein schnell verändertes Konsumverhalten der Bevölkerung u.U. auch ohne staatliche Empfehlung bzw. Maßnahmen zu einer deutlichen Dosiseinsparung führen kann. Aufgrund dieser Erkenntnis kommen in dieser Phase Ganzkörpermessungen an repräsentativen Bevölkerungsgruppen eine wichtige Bedeutung zu. Außerdem ist es wichtig, Veränderungen des "Marktes" sorgfältig zu beobachten und bei der Dosisabschätzungen geeignend zu berücksichtigen.

Im Verlauf der Nach-Immissionsphase gewinnen Überwachungsmessungen zur Überprüfung von Kontaminationsgrenzwerten ausgewählter Nahrungs- und Futtermittel zunehmend an Bedeutung (§7 StrVG). Überwachungsmessungen dieser Art stellen an die Probeentnahme- und die Meßstrategien andere Anforderungen als im Falle von §3-Messungen. Es ist insbesondere eine Orientierung an Gegebenheiten des "Marktes", an einer Flächendeckung und an politisch/administrativen Erfordernissen notwendig.

Schließlich wird es das Informationsbedürfnis der Öffentlichkeit in dieser Phase auch notwendig machen, zumindest in reduziertem Umfang Messungen an Proben aus solchen Umweltbereichen durchzuführen, von denen man eigentlich ausschließen kann, daß sie wesentlich zur Dosis der Bevölkerung als Ganzes oder von Risikogruppen beitragen. Solche Messungen, die z.B. auch wenig dosisrelevante Nuklide beinhalten können, dienen der Vervollständigung der Lageermittlung. Ihnen wird in der Öffentlichkeit oft eine weitaus höhere Bedeutung angemessen als von der Sache her gerechtfertigt.

Automatische Meßnetze, deren Ergebnisse in der Immissionsphase von zentraler Bedeutung waren, dienen in dieser Phase lediglich der ständigen Feststellung, daß die Kontamination der Primärmedien auf verschwindende Werte zurückgegangen sind und keine weitere Zufuhr von Radionukliden erfolgt. Nach einiger Zeit reduziert sich der Informationswert dieser Meßnetze immer mehr.

Die Nachereignisphase unterscheidet sich von der eigentlichen Kontaminationsphase dadurch, daß in ausgewählten, dosisrelevanten Umweltbereichen die Überwachungstätigkeit (§3 und §7 StrVG) noch mit einer höheren Frequenz erfolgt als im Normalzustand.

4. DV-mäßige Unterstützung bei der Lageermittlung

Aufgrund der Informationsfülle und dem Entscheidungs- und Informationsdruck der handelnden Personen stellt die Lageermittlung stets eine Streßsituation dar. Vernetzte, leistungsfähige Systeme zur schnellen Informationsermittlung und zuverlässigen Informationsverarbeitung können hier wichtige Hilfsmittel darstellen. Die wichtigsten Merkmale solcher DV-gestützter Systeme liegen in den Möglichkeiten

- die Qualität der Daten durch rechnergestützte Prüf- und Qualitätssicherungsverfahren zu sichern,
- die schnelle Übersicht über die vielfältigen Daten durch Zusammenfassung, Aufbereitung und Verdichtung, z.B. in Form von Graphiken, Tabellen usw. zu ermöglichen und
- eine Großzahl von Daten und Informationen in einheitlich aufbereiteter Form für viele Nutzer bereitzustellen.

Voraussetzungen für die Nutzbarkeit dieser Vorteile ist es, daß die fachlichen Anforderungen an DV-gestützte Systeme vorab einvernehmlich unter den Anwendern festgelegt sind. Dies gilt nicht nur für die Inhalte von Detailanforderungen (Feinkonzepte) sondern auch im Hinblick auf die anzuwendenden Bewältigungsstrategien (z.B. Arbeitsabläufe).

Zur Sicherstellung der Nutzbarkeit der o.g. Vorteile sind bzgl. der Sicherheit und Verfügbarkeit der technischen Komponenten von IMIS unterschiedlich hohe Anforderungen zu stellen. Die höchsten Anforderungen ergeben sich naturgemäß in den Bereichen, in denen auf der Ebene der Meßwerterfassung on-line-Daten ermittelt, zusammengefaßt und aufbereitet werden. Auf der Ebene der Entscheidungsträger sind die Anforderungen dort am höchsten, wo diese Daten zum Zwecke der Lagebeurteilung zusammen laufen. Selbstverständlich können die Möglichkeiten von DV-gestützten Systemen nur dann in vollem Umfang genutzt werden, wenn die Verfügbarkeit von qualifiziertem Personal und die technische Verfügbarkeit der Komponenten der DV-Systeme in angemessenem Verhältnis zueinander stehen. Außerdem muß die Anwendungssoftware die Arbeitsabläufe bei den im Rahmen der Lagebeurteilung und -bewältigung handelnden Institutionen und Personen weitgehend automatisch untersützen. Die Anwender sollten sich auf die Lagebeurteilung konzentrieren können und sich möglichst wenig mit der Bedienung der DV-Systme beschäftigen müssen.

5. Realisierungsstand von IMIS

Im folgenden wird ein kurzer Überblick gegeben über den gegenwärtigen Realisierungsstand von IMIS (Oktober 1990). Dabei wird unterschieden zwischen dem Realisierungsstand im Bereich der Meßnetze/Meßlabors und dem Bereich der DV-mäßigen Anbindung der unterschiedlichen Meß-Institutionen an den BMU als den Entscheidungsträger. Weiterführende Informationen zu IMIS sind (3) zu entnehmen.

5.1 Bundesmeßnetze

Am weitesten fortgeschritten ist die Realisierung des ODL-Meßnetzes des Bundesamtes für Zivilschutz (siehe auch (4) und (5)). Mit gegenwärtig ca. 1.900 Meßsonden sind etwa 95 % der geplanten Meßstandorte realisiert. Das dazugehörige Informationssystem WADIS ist seit etwa 2 Jahren in Betrieb. Die Verfügbarkeit der Daten am IAR im 2-Stunden-Takt des Intensivbetriebs von IMIS wurde bereits erprobt.

Die Meßergebnisse der ODL-Sonden werden alle 48 Stunden von den 10 Rechnern in den Warnämter abgerufen und stehen dort für die weitere Verwendung abrufbereit zur Verfügung. Bei Überschreiten ortsspezifischer Schwellenwerte ergehen Meldungen an das IAR, das diese auf Plausibilität prüft. Tritt bei mindestens 2 Sonden innerhalb eines vorgegebenen Raum-Zeit-Fensters eine Schwellenwertüberschreitung ein, dann wird unmittelbar eine Alarmierung beim zuständigen Warnamt und beim IAR ausgelöst.

Die vorgesehenen 10 nuklidspezifischen Fahrzeuge des Warndienstes sind beschafft und werden gegenwärtig im Probebetrieb optimiert. Die Messungen erfolgen ausschließlich an den ODL-Sondenstandorten. Die automatische Übertragung der Daten über C-Netz-Telefon wird in Zusammenarbeit zwischen BZS und IAR gegenwärtig konzipiert.

Das Meßnetz des Deutschen Wetterdienstes ist zu etwa zwei Dritteln realisiert. Die Daten laufen in Offenbach zusammen und können dort auf Plausibilität geprüft werden. Die Anbindung an das IAR wird gegenwärtig vorbereitet.

Die Station Zugspitze der Fraunhofergesellschaft ist apparativ ausgerüstet. Die Anbindung an das IAR wird gegenwärtig vorbereitet.

Von den geplanten 11 Stationen des Meßnetzes des Umweltbundesamts sind 5 Stationen beschafft. Eine Station ist seit Anfang 1990 in Betrieb. Die Datenübertragung zur Pilotstation Offenbach ist für Anfang 1991, die Anbindung an das IAR danach geplant.

Gegenwärtig sind 5 der planten 28 Warnstellen der Bundesanstalt für Gewässerkunde realisiert und an den in Koblenz installierten Meßstellenrechner angebunden. Das gesamte Netz soll im Frühjahr/Sommer 1991 realisiert sein.

Durch das BSH sind inzwischen alle 12 geplanten Meßstationen realisiert, ebenso die Datenübertragung an das Rechenzentrum in Hamburg.

5.2 Das radioökologische Modell PARK

Die wichtigsten wissenschaftlichen Grundlagen des Programmsystems zur Abschätzung radiologischer Konsequenzen (PARK) im Rahmen von IMIS sind geleistet (6). Die Schwerpunkte der Arbeiten in der Zukunft liegen im Bereich der Anbindung des auf einem eigenen Rechnersystem implementierten Programmsystems PARK an IMIS.

5.3 Meßlabors der Länder für §3-Daten, Leitstellen

Alle 45 Meßlabors der Länder sind in Betrieb. Die Meßtätigkeit basiert auf dem Routinemeßprogramm für IMIS. Fachliche Basis für die Meßtätigkeit sind die Meßanleitungen der Leitstellen zur Überwachung der Umweltradioaktivität.

Die DV-mäßige Ausstattung zum Zwecke der Anbindung der Meßlabors an die Landesdatenzentralen sowie die Weiterleitung der Daten an die Leitstellen sind gegenwärtig - außer im Rahmen eines sog. Prototyps für eine Landesmeßstelle - noch nicht realisiert.

Literatur

(1) IAEA, Conventions on "Early Notification of a Nuclear Accident" (27 October 1986) and on "Assistance in the Case of a Nuclear Accident or Radiological Emergency" (26 February 1987).

(2) EG, Council Decision 87/600/Euratom of 14 December 1987: Early Exange of Information in the Event of a Radiological Emergency

(3) BMU, Fachliches Kolloquium zum Integrierten Meß- und Informationssystem IMIS zur Überwachung der Radioaktivität der Umwelt, Bonn 1989

(4) U. Ossenberg, Daten zur Radioaktivität der Umwelt, Bonn 1989, Computerwoche 1988

(5) W. Weiss, U. Stöhlker, P. Bieringer, M. Zähringer, H. Sartorius, The interpretation of Gamma dose rate measurements in terms of airborne and deposited activity in: Real Time Radioactivity Monitoring and its Interface with Predictive Atmospheric Transport Modelling, ISPRA 1989

(6) P. Jacob und G. Pröhl, Programmsystem zur Abschätzung der radiologischer Konsequenzen (PARK), GSF-Institut für Strahlenschutz, W-8042 Neuherberg, 8. Fachgespräch zur Überwachung der Umweltradioaktivität, 24 - 26. Oktober 1990, Berlin.

Territorialer Strahlenschutz in den Südregionen der ehemaligen DDR (Thüringen und Sachsen)

I. Allgemeine Fragen

W. Röhnsch

1. Ursachen und Komponenten der territorialen Strahlenexposition

Mit der politischen Wende in der ehemaligen DDR und mit der deutschen Vereinigung ist der gesamtdeutsche Strahlenschutz um ein Problem "reicher" geworden: um das Problem des Strahlenschutzes im Zusammenhang mit dem Bergbau in den uranführenden geologischen Schichtungen vor allem Sachsens und Thüringens und ihren Folgen. Wie im folgenden dargelegt werden soll, wird im allgemeinen die in diesen Gebieten anzutreffende Strahlensituation auf den Uranbergbau zurückgeführt, bedarf aber zu ihrer sachgerechten Diskussion und Bewältigung einer differenzierteren Betrachtung.

Zur Strahlensituation im Süden der ehemaligen DDR tragen natürliche und anthropogene Komponenten in regional unterschiedlichem Maße bei. Vielerorts deutet bereits überdurchschnittliche Radioaktivität in Wässern ("Radiumbäder"), Gesteinen und Böden auf geologische Besonderheiten hin. Sie werden auch im Ergebnis der Messungen des Gammastrahlungspegels erkennbar, die in den letzten Jahren aus der Luft vorgenommen wurden. Dennoch wird es schwierig sein, den eigentlich naturgegebenen Beitrag zur Strahlenexposition der Bewohner zu ermitteln, obwohl dessen Kenntnis bei der für Sanierungszwecke erforderlichen Abgrenzung zu anthropogenen Quellen wünschenswert wäre.

Seit dem frühen Mittelalter, verstärkt aber seit umfangreichen Silberfunden im 15. Jahrhundert, ist vor allem in den Kontaktzonen der sächsischen Granitformationen Bergbau auf Silber, Kobalt, Nickel und Wismut betrieben worden, von dessen Intensität Abb. 1 einen Eindruck vermittelt. Die häufige Vergesellschaftung der gesuchten Stoffe mit Uranmineralien und der Umgang des Bergbaues in den gleichen Schichtungen, in denen später Uranbergbau betrieben wurde, hatte erhebliche Strahlenfolgen für Beschäftigte und Umwelt: Hohe untertägige Radonfolgeprodukt-Konzentrationen führten zum frühen Tod eines großen Teils der Bergleute infolge von Lungenkrebs ("Schneeberger Krankheit"). Die damals nutzlosen Uranerze wurden mit dem Abraum

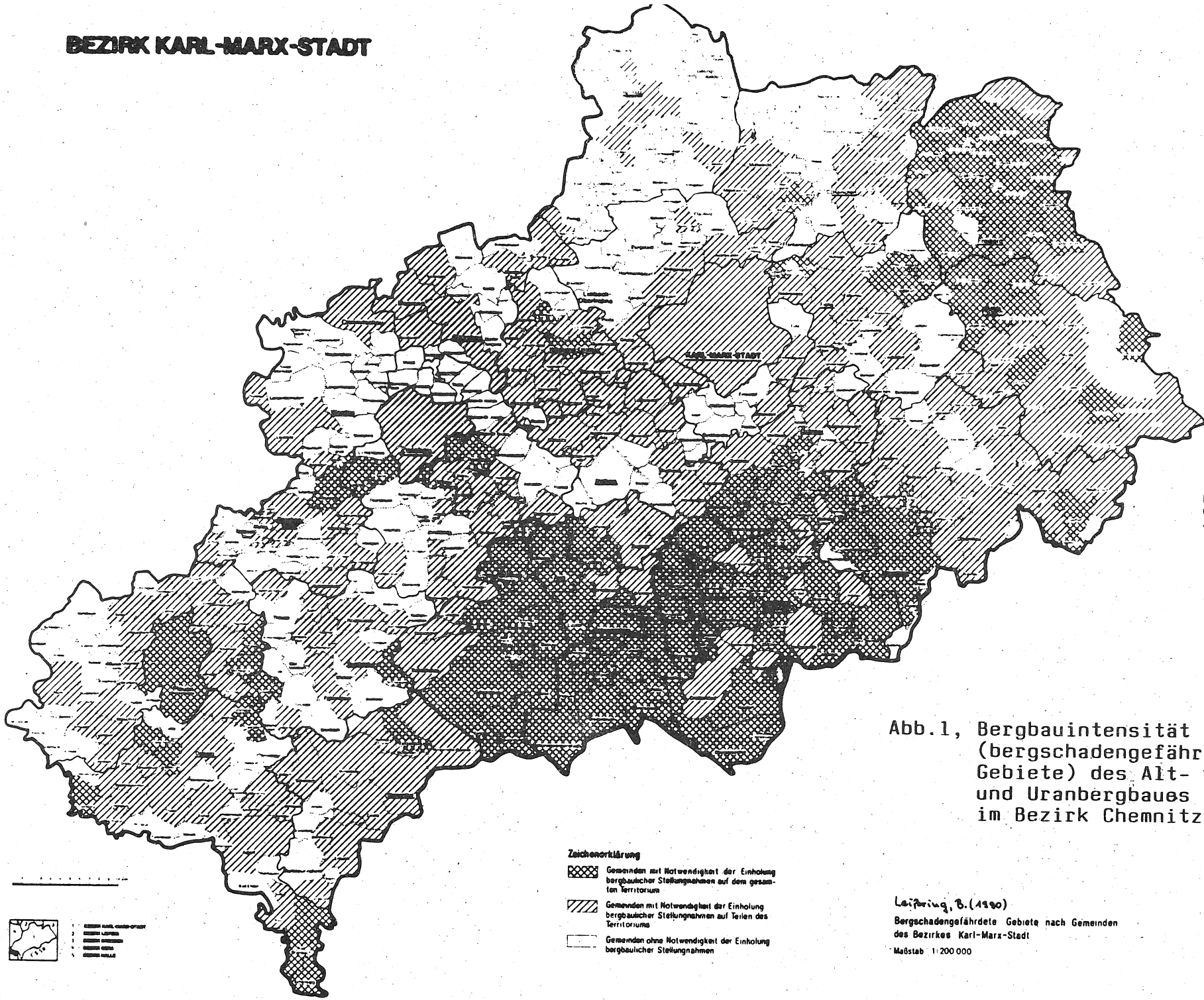


Abb.1, Bergbauintensität (bergschadengefährdete Gebiete) des Alt- und Uranbergbaues im Bezirk Chemnitz

Leipzig, B. (1990)
Bergschadengefährdete Gebiete nach Gemeinden des Bezirkes Karl-Marx-Stadt
Maßstab 1:200 000

unbesorgt in der Nähe der Förderorte und Siedlungen abgelagert und gingen später weitgehend in die örtliche Nutzung als Baugrund oder Baumaterial ein. Diese Altlasten, zu denen auch zahlreiche, ebenfalls wohl kaum vollständig verzeichnete oberflächennahe Auffahrungen gehören, sind heute vielfach äußerlich nicht mehr zu erkennen. Umso bedenklicher sind ihre Auswirkungen auf die Strahlensituation der betroffenen Gebiete.

Bald nach dem zweiten Weltkrieg begann unter sowjetischer Leitung, ausgehend von vorhandenen bergbaulichen Anlagen vor allem des Erzgebirges, intensiver Uranerzbergbau unter dem Firmennamen einer sowjetischen Aktiengesellschaft (SAG). Als Teil deutscher Reparationen an die UdSSR wurde er unter innerbetrieblich harten, für Landschaft, Umwelt und Gemeinden rigorosen Bedingungen mit dem Ziel schnellstmöglicher Uranproduktion durchgeführt. Sich bald auch auf Vogtland und Thüringen und einzelne weitere Gebiete ausdehnend, entstanden mit verbreiteter Landbeanspruchung und vielen Hinterlassenschaften zahlreiche Bergbaubetriebe, Schächte, Stollen, Tagebaue, Bearbeitungs-, Verlade- und Tranporteinrichtungen sowie Aufbereitungsbetriebe mit mechanischer und chemischer Anreicherung. Dokumentationen über diese Hunderte von Anlagen und Einrichtungen, über Betriebs-, und Arbeitsbedingungen, über Umweltbelastungen und Altlasten sind, wenn überhaupt vorhanden, unvollständig. In Abb. 2 sind die Umgangsgebiete des Uranbergbaues, in vielen Fällen gleichbedeutend mit Altbergbaugebieten, angedeutet.

Mitte der 50er Jahre wurde die SAG in eine SDAG (Sowjetisch-deutsche Aktiengesellschaft) Wismut überführt. Ein großer Teil der bis dahin aktiven Betriebe, Schächte und Anlagen wurde bis Anfang der 60er Jahre stillgelegt.

Aus der Sicht des Strahlenschutzes kann der neuzeitliche Uranbergbau etwa ab Mitte der 60er Jahre in der DDR nicht mehr mit demjenigen der unmittelbaren Nachkriegszeit verglichen werden. Schwerpunkte wurden der Raum Ronneburg/Seelingstädt in Ostthüringen, Aue-Pöhla/Crossen in Westsachsen und Freital/Königstein im Elbegebiet. Entscheidende Verbesserungen des Arbeits- und Umweltschutzes, auch des Strahlenschutzes, wurden schrittweise und mit erheblichem Aufwand eingeführt. Die Strahlenschutzrechtsvorschriften mit ihren Grenzwerten wurden voll gültig, die strahlenexponierten Beschäftigten strahlenschutzmedizinisch und dosimetrisch überwacht. Radioaktive Ableitungen wurden genehmigungs-, überwachungs- und berichtspflichtig. Maßnahmen der Umgebungsüberwachung wurden eingeführt. Der Genehmigungspflicht unterlagen in den letzten Jahren auch Standorte und Stillegungen, allerdings kam diese Regelung aufgrund der weiteren Entwicklung nur in wenigen Fällen

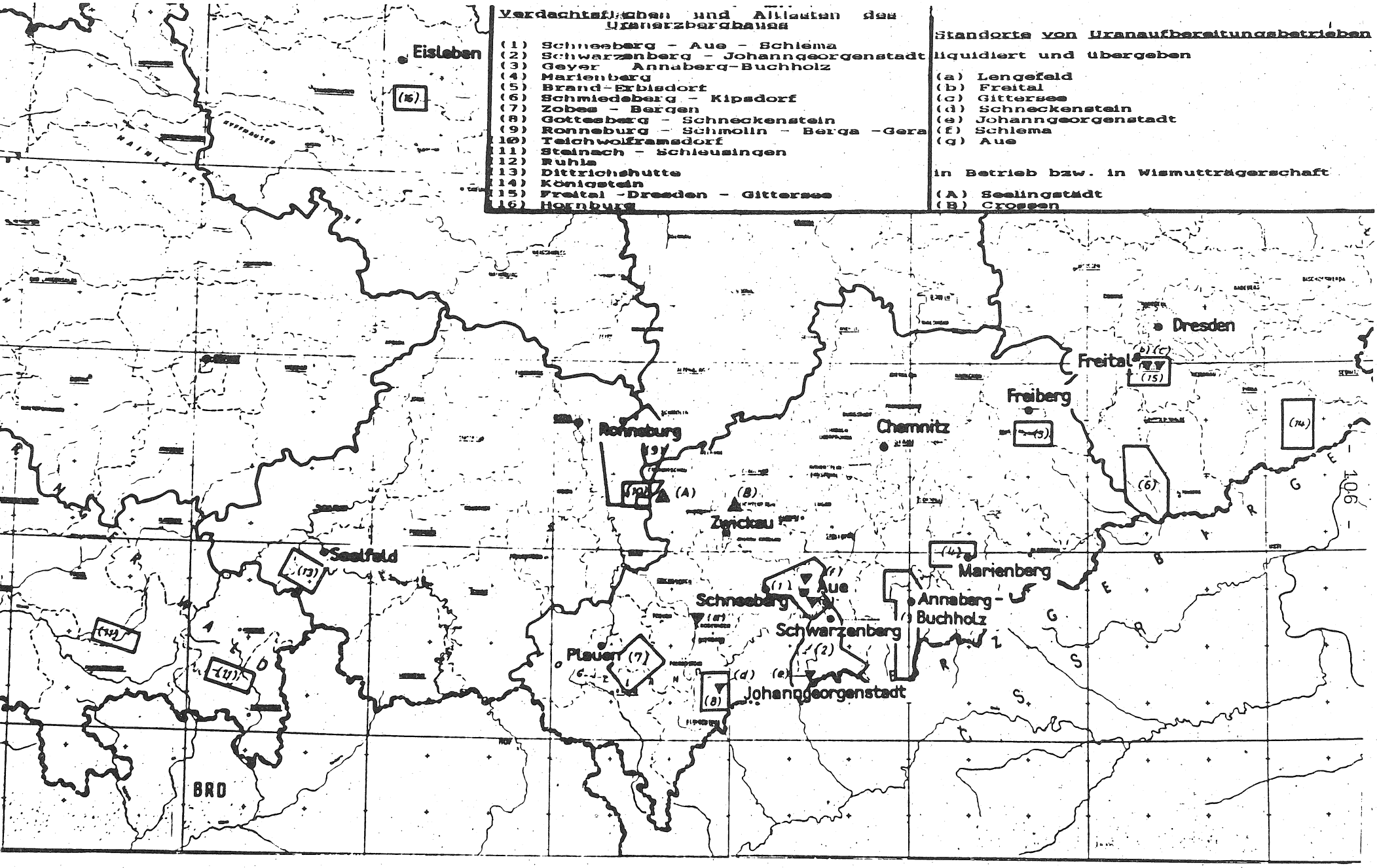


Abb. 2, Umgangsgebiete des Uranbergbaues ("Verdachtsflächen")

zum Tragen. Dennoch behielt die SDAG bis in die jüngste Zeit eine Sonderrolle: die zuständige Strahlenschutzbehörde, das SAAS*, besaß innerhalb der Betriebe der SDAG Wismut keine Kontrollbefugnis.

Im Laufe ihrer Geschichte erlangte die SDAG Wismut in den Südregionen der DDR eine erhebliche Bedeutung. Insgesamt sollen etwa 1 000 bis 1 200 km^2 des Südens der DDR durch ihren Betrieb und ihre Altlasten berührt worden sein (heutige Betriebsflächen betragen etwa 23 km^2). Mehrere Hunderttausend Personen sollen in der Zeit ihres Bestehens dort tätig gewesen sein. Der Einfluß der SDAG Wismut auf die Infrastruktur, auf die Arbeits- und Wohnumwelt der Bewohner und auf die Entwicklung des Gebietes war und ist bedeutend, vielschichtig und prägend. Auch der gegenwärtige Uranbergbau führt trotz geregelter Bedingungen zur Vereinnahmung beträchtlicher Gebiete, zur Einbeziehung der Bewohner in das bergmännische Geschehen und zu radioaktiven Belastungen der Umgebung. Dichte Besiedlung und intensive Nutzung des Gebietes bedingen eine Konfrontation von Mensch und Bergbaufolgen, die international ihresgleichen suchen dürfte.

Besorgnisse der Bevölkerung der Südregionen der DDR über die Auswirkungen der alten und neuen Hinterlassenschaften des Bergbaues auf Ökologie, Gesundheit, Wirtschaft und künftige Entwicklung sind verständlich. Bisheriger Sonderstatus des Uranbergbaues und Geheimniskrämerei haben zu Gerüchten und Mißtrauen beigetragen, ebenso das von den früheren Politikern verordnete generelle Verschweigen von Umweltdaten und Altlastproblemen. Bestehende Befürchtungen der Bevölkerung äußern sich in Bürgerinitiativen, Umweltforen u. ä. sowie in zahlreichen Anfragen und Meßanforderungen an die Behörde. Experten aller Art betätigen sich, und Medien jeder Couleur fühlen sich auf den Plan gerufen.

Sachkundige Analyse, objektive Bewertung und begleitende sachliche Auskunft sind dringend erforderlich. Dazu müssen die vielfältig vorhandenen Dokumentationen und Informationen zusammengefaßt werden, desgleichen die umfangreichen Meßdaten aus behördlicher Überwachung und Erhebung. Sie sind durch systematische Untersuchungen, deren Durchführung in der Vergangenheit nicht möglich war, zu ergänzen.

---

* SAAS = Staatliches Amt für Atomsicherheit und Strahlenschutz

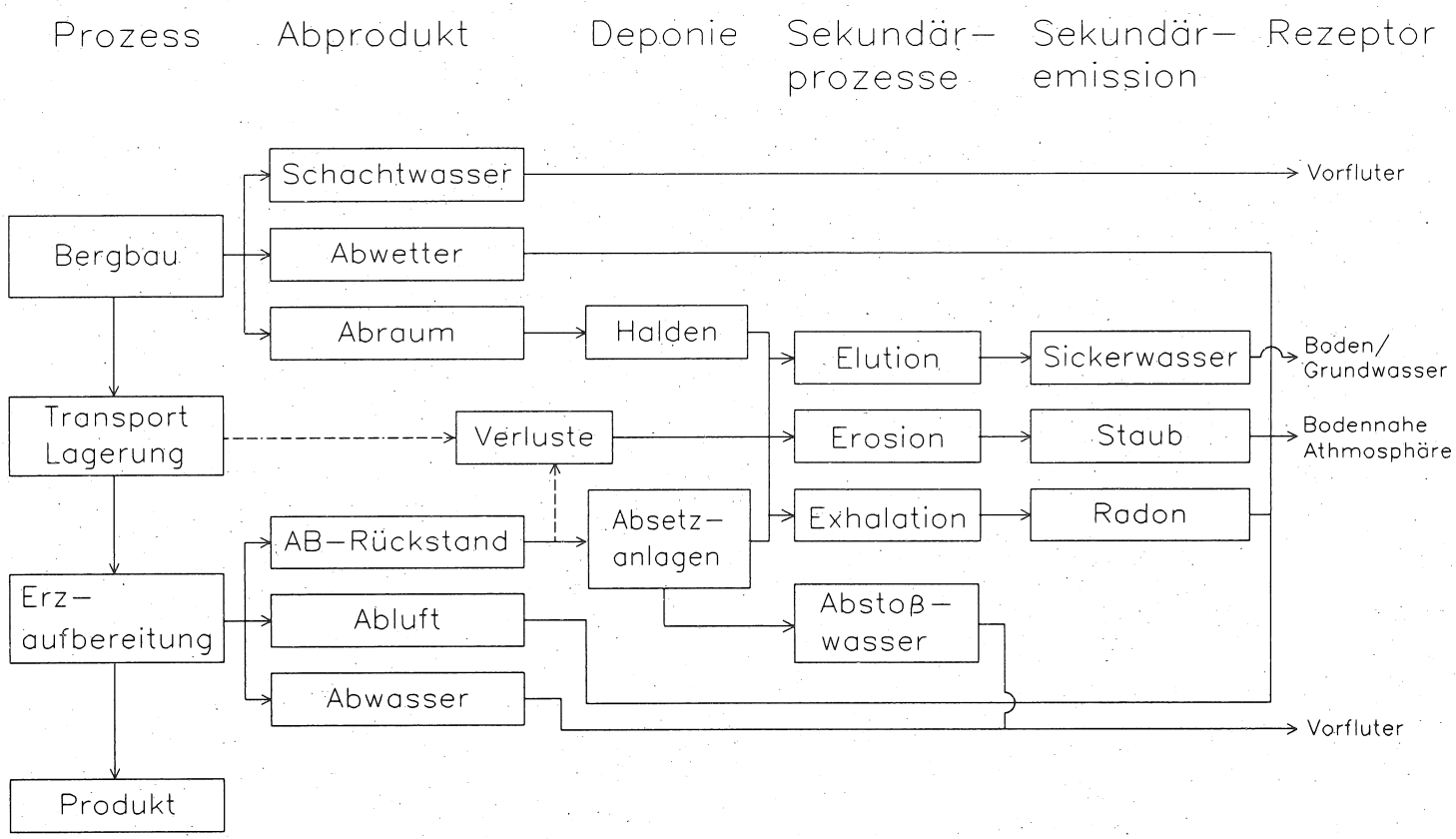
2. Belastung der Umgebung durch Bergbaubetriebe*

Über die Umweltbelastung, die vom Uranbergbau und seinen Aufbereitungsbetrieben ausgeht, gibt Abb. 3 einen schematischen Überblick. Bewohner der Umgebung können durch primäre und sekundäre Abprodukte des Bergbaues in Abhängigkeit von deren Art, Menge und Aktivitätskonzentration sowie von Intensität des Kontaktes oder der Nutzung solcher Abprodukte Strahlenexposition zusätzlich zum natürlichen Pegel erfahren. Auf die Besonderheiten, die mit dem Problem der Haldenmaterialien verknüpft sind, wird aufgrund des Umfanges und der Augenfälligkeit dieser Materialien gesondert eingegangen (Abschnitt II des Themas).

Ähnlich wie im innerbetrieblichen Strahlenschutz fand beim Uranbergbau auch hinsichtlich der Umweltbelastung ab den 60er Jahren eine deutliche Entwicklung vom "Gesetzlosen" zum "Gesetzlichen" statt. Radioaktive Ableitungen in Gewässer wurden örtlich und inhaltlich schrittweise eingeschränkt, reglementiert und berichtspflichtig gemacht. Maßnahmen der Abwasserreinigung wurden eingeführt. Die Vorfluter wurden in die behördliche Überwachung durch Wasserwirtschaft und SAAS einbezogen. Ableitungen und Überwachungsergebnisse werden seit 1989 in Jahresberichten zur Umweltradioaktivität veröffentlicht. Tabelle 1 gibt die Werte für Ableitungen in Gewässer sowie die berechnete und gemessene Aktivitätskonzentration im Vorfluter an. Man erkennt neben der natürlichen Vorbelastung den im Mittel nur geringen Einfluß der Ableitungen. Deutlicher ist die Beeinflussung kleiner Vorfluter im Thüringer Raum, in die direkt eingeleitet wird. Obwohl radiologisch kaum von Bedeutung, wird an ihrer weiteren Entlastung im Sinne der Minimierung gearbeitet.

---

* Innerbetriebliche Strahlenschutzprobleme des Bergbaues werden in Abschnitt III diskutiert



Uranbergbau und Umweltbelastung

Abb. 3

Ableitung von Uran und Radium aus Uranbergbaubetrieben in Oberflächengewässer (1989)

Gewässer	Ableitung (10^{10}Bq)		Konzentration im Gewässer (Bq/l) berechnet		gemessen*	
	U	Ra	U	Ra	U	Ra
Elbe	4.6	1.2	0.02	0.004	0.50 (0.50)	0.02 (0.02)
Zwickauer Mulde	28.2	0.2	3.1	0.022	1.25 (0.25)	0.065 (0.07)
Weiße Elster	19.3	0.6	3.0	0.089	0.50 (0.25)	0.09 (0.08)
Pleiße	18.3	0.8	1.3	0.059	0.75 (0.50)	0.04 (0.01)

* in Klammern: natürliche Vorbelastung vor der ersten Einleitungsstelle

Tabelle 1

Ähnliche Schlußfolgerungen lassen sich hinsichtlich der Ableitung von Radon-222 aus Bergbaubetrieben in die Atmosphäre ziehen:

Ableitung von Radon-222 aus Uranbergbaubetrieben in die Atmosphäre (1989)

Bergbaugebiet	Ableitung Rn-222 (10^{12} Bq)	Radonkonzentration in der bodennahen Luft (Bq/m^3) ber. Zuwachs	gem. Konz.*
Ronneburg/Seelingstädt	692	2	50 ... 160
Aue/Pöhla	1450	15	40 ... 200
Königstein	247	4	n.b.
Crossen			40 ... 130

* außer Halden- oder Schachtmeßorten
DDR-Mittelwert im Freien 10 ... 15 Bq/m^3

Tabelle 2

Diese Ableitungen sind ebenfalls genehmigungs-, überwachungs- und berichtspflichtig. Der in manchen Gebieten bereits an sich relativ hohe Radonpegel der Umwelt wird durch die betrieblichen Ableitungen kaum erhöht. Ob die regionalen Konzentrationen naturbedingt sind oder durch Radon-Exhalation aus den vielen Halden, aus Absetzanlagen und oberflächennahen Grubenbauen verursacht werden, kann nur durch weitere Untersuchungen geklärt werden. Unbefriedigende Situationen ergeben sich in wenigen Fällen in unmittelbarer Nähe von schon seit langem betriebenen Abwetterschächten infolge ihrer Ortsnähe.

Wie bereits oben ausgeführt, wurde Ende der 50er / Anfang der 60er Jahre ein großer Teil der kleineren Betriebe und Anlagen der SDAG Wismut stillgelegt. Diese Einrichtungen und ihre Stillegungsbedingungen sind, wenn überhaupt, nur unvollständig dokumentiert. Da eine Stillegung und Übergabe an andere Rechtsträger unter den Bedingungen der damaligen Zeit erfolgte, d. h. vor der Einführung von nationalen Strahlenschutzrechtsvorschriften und ohne behördliche Kontrolle, ist eine Nachuntersuchung der tatsächlichen Verhältnisse in noch bestehenden Gebäuden, auf ehemals benutzten Flächen und in deren Umgebung erforderlich.

Gegenwärtig zeichnet sich aus strategischen und ökonomischen Gründen ein drastischer Rückgang des Uranbergbaues in der ehemaligen DDR ab, begleitet von umfangreichen betrieblichen Stillegungen. Sie sind genehmigungspflichtig und erfordern die Vorlage prüfbarer Nachweise und Gutachten zur Berücksichtigung des Strahlenschutzes auf lange Sicht. Die zukunftsbewußte Bewältigung solcher Stillegungen, verbunden mit Freigaben für Folgenutzungen und Festlegung von Kontrollen, ist gleichermaßen eine große Herausforderung für die beteiligten Behörden.

3. Das Radon-Problem

Zur Überwachung der Radonkonzentration in der bodennahen Atmosphäre bestehen seit einigen Jahren in der Umgebung der Bergbau-Schwerpunktbetriebe Meßnetze des SAAS. Meßreihen zur Differenzierung der Beiträge zu den relativ hohen regionalen Konzentrationen aus natürlichen, altbergbaulichen oder neuzeitlichen Quellen stehen erst am Anfang. Abb. 4 zeigt an einem Beispiel meteorologische und lokale Einflüsse auf die Konzentration von Radon-Folgeprodukten in der Außenluft.

Messungen der Radon-Konzentration in Räumen begannen in nennenswertem Umfang, wie in anderen Ländern auch, erst in den 80er Jahren. Aufgrund der damaligen Situation offiziell unerwünscht, konnten sie nur in sehr begrenztem Umfang erfolgen. Übersichten für mehrere Bezirke der ehemaligen DDR liegen nach Erhebungsmessungen in begrenztem Umfang jedoch vor. Systematische Recherchen in Altlastgebieten des

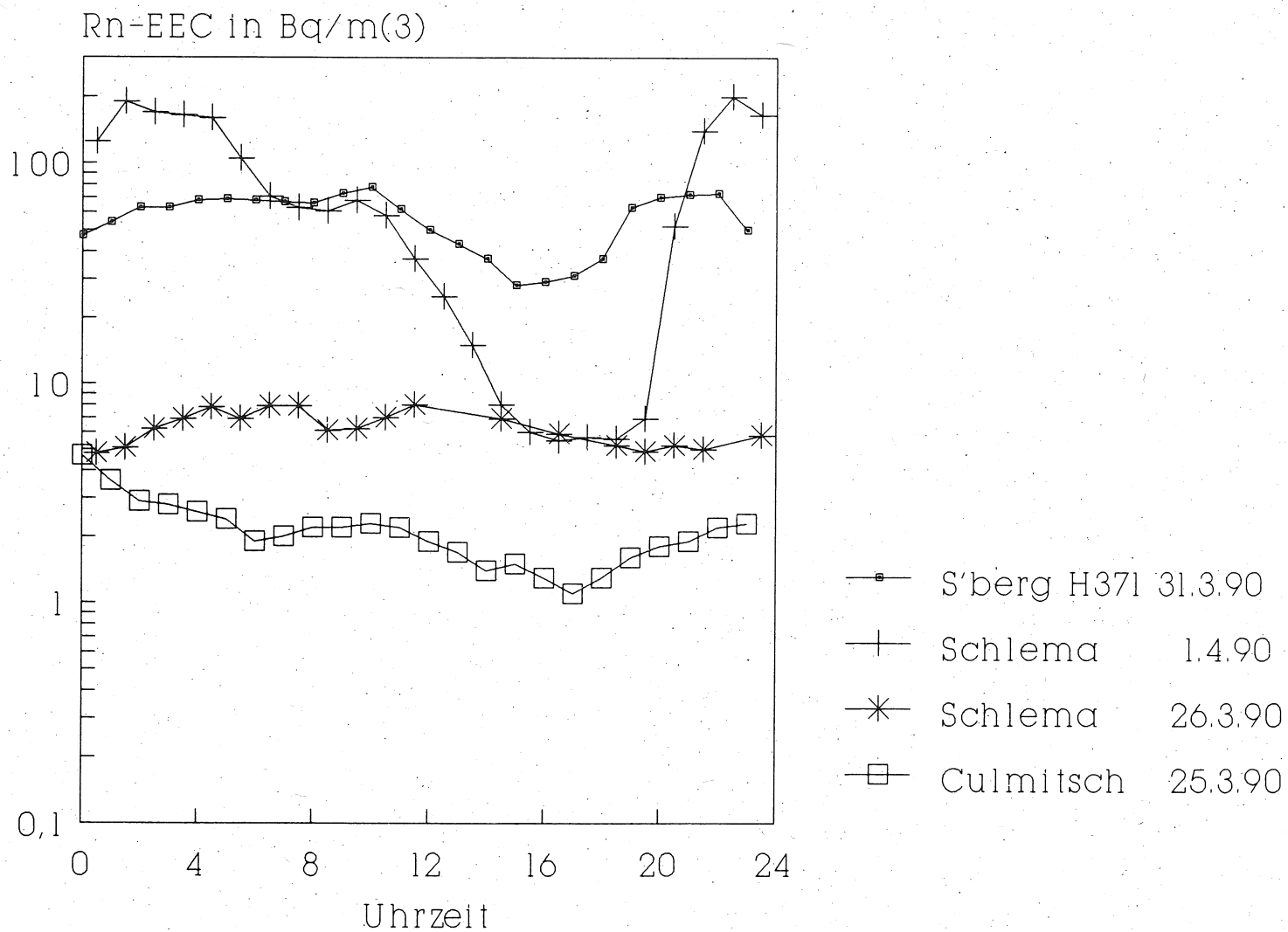


Abb. 4 **Radon-Freiluftkonzentration in Bergbaugebieten**

Bergbaues waren untersagt. Dennoch konnten, wenn auch mit erheblichen Beschwerlichkeiten, Messungen in diesen Gebieten durchgeführt und in einigen Fällen Sanierungsmaßnahmen durchgesetzt werden. Weitgehend flächendeckende Untersuchungen konnten erst nach der Wende und mit Unterstützung durch BMU und BGA anlaufen. Sie sind derzeit in vollem Gange und sollen bis Mitte 1991 einen repräsentativen Überblick über die Bergbaualtlastgebiete geben. Abb. 5 spiegelt den ermittelten Wertebereich wider.* Schneeberg nimmt bisher als typischer Altbergbauort mit den eingangs genannten Besonderheiten offenbar eine Extremstellung ein. Insgesamt ist der Bezirk Chemnitz deutlich höher belastet als der Durchschnitt der Bundesrepublik, in den sich auch der Gesamtdurchschnitt der ostdeutschen Länder einfügen dürfte. Naturbedingt höhere Werte werden auch über Granitformationen ohne Bergbautätigkeit (vgl. Kreis Hainichen) beobachtet.

Die gemessenen Werte werden den Bewohnern zusammen mit Empfehlungen für weitere Maßnahmen schriftlich mitgeteilt. Im Falle sehr hoher Konzentrationen werden unverzüglich Nachmessungen zur Bestätigung vorgenommen. Dringliches Eingreifen und Hilfe zunächst durch die Kommunen ist bei Extremwerten der Konzentration erforderlich. Hierbei erwachsen Probleme infolge der mitunter alten Bausubstanz, des überall bestehenden Mangels an freiem Wohnraum, an materiellen und finanziellen Mitteln. Entscheidungshilfen und Bereitstellung von bautechnischer Beratung sowie finanzieller Regelungen sind dringend. Gleichfalls dürfen, insbesondere im Zusammenhang mit kommunalem und regionalem Aufbau und Neubau, prophylaktische Maßnahmen zur Verhinderung des Entstehens zukünftiger Unzulässigkeiten nicht außer acht gelassen werden. Die vom SAAS in der Vergangenheit bereits eingeleiteten Schritte bieten Ansatzpunkte für Regelungen.

4. Einschätzung und künftige Aufgaben

Die Strahlensituation in den Südregionen der ehemaligen DDR erweist sich als kompliziert und vielschichtig sowohl in ihren Ursachen wie in deren Auswirkungen. Vor Pauschalurteilen muß jedoch eindringlich gewarnt werden. Sicher ist die "Vereinnahmung" der Landschaft, der Infrastruktur und der Kommunen in den Schwerpunktgebieten des Bergbaues beträchtlich, sicher sind die Altlasten erheblich. In radiologischer Hinsicht kann und darf eine Beurteilung ihrer Auswirkungen jedoch nur auf der Grundlage unumstößlicher objektiver Untersuchungs- und Meßergebnisse erfolgen, wie nicht oft genug betont werden kann. Schon jetzt aber reichen die vorliegenden Kenntnisse aus, um einer leichtfertigen Verdammung ganzer Gebiete als

---

* Es handelt sich um eine Grobübersicht, da die Mehrzahl der Werte durch Kurzzeitmessungen gewonnen wurde.

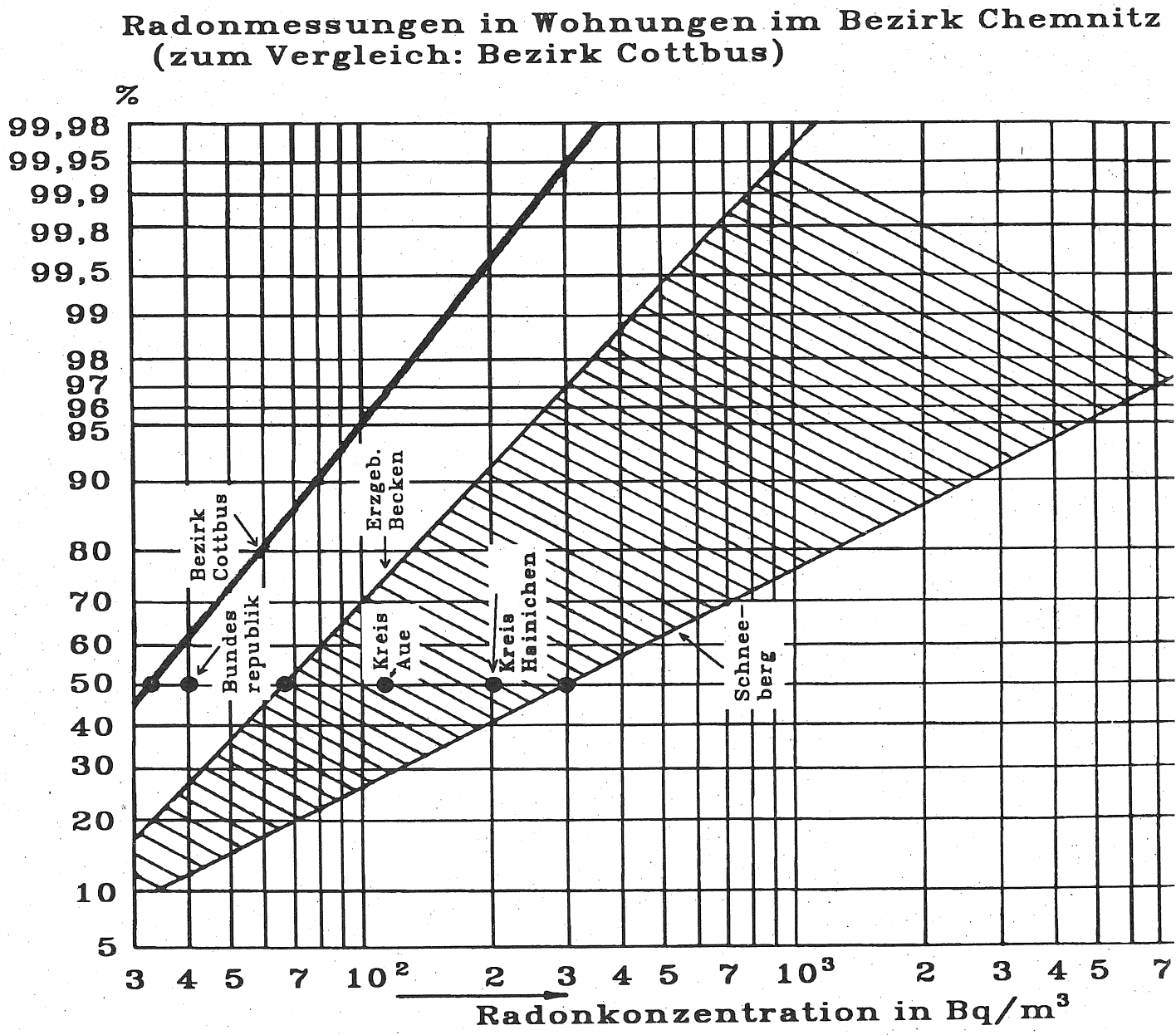

Radonmessungen in Wohnungen im Bezirk Chemnitz
(zum Vergleich: Bezirk Cottbus)
%
99,98
99,95
99,9
99,8
99,5
99
98
97
96
95
90
80
70
60
50
40
30
20
10
5
Bezirk Cottbus
Bundes republik
Erzgeb. Becken
Kreis Aue
Kreis Hainichen
Schnee-berg
3 4 5 7 10² 2 3 4 5 7 10³ 2 3 4 5 7
Radonkonzentration in Bq/m³

Abb. 5

"verlorene Region" zu begegnen. Von einem Sperrgebiet zu sprechen, das unbewohnbar ist und wirtschaftliche Entwicklung nicht zuläßt und dessen Bewohner gesundheitsgefährlich bedroht sind, ist nicht berechtigt. Erforderlich ist die Identifizierung des Unzulässigen im Gesamtrahmen des Normalen.

Die grundsätzlichen radiologischen Belastungswege sind bekannt. Es wird die Aufgabe künftiger planmäßiger Untersuchungen sein, sie lokal und quantitativ zu bestimmen. Echte Problempunkte müssen schnell beseitigt, weniger bedeutsame, aber dennoch nicht tolerierbare Belastungen entsprechend ihrer Bedeutung in Sanierungsprogramme eingeordnet werden.

Die deutsche Einheit macht auch die Bewältigung der Strahlenschutzprobleme in den Südregionen der ehemaligen DDR zu einer gesamtstaatlichen Aufgabe. Als prioritäres Problem im Rahmen der bisherigen deutsch-deutschen Zusammenarbeit auf dem Gebiet des Strahlenschutzes bereits formuliert, bleibt es eine Hauptaufgabe der nächsten Jahre des Bundes wie der Länder. Zu seiner Lösung sollen wissenschaftliche Kapazität und Sachkunde, technische Mittel und Kräfte sowie finanzielle Ressourcen konzentriert und koordiniert eingesetzt werden. Begleitende Rechts- und Richtlinienarbeit ist unumgänglich. Durch eine möglichst kurzfristige Bestandsaufnahme sollen Einschätzungen zur Gesamtsituation gegeben, Schwerpunkte erkannt, erforderlichenfalls Sofortmaßnahmen eingeleitet und Voraussetzungen für planmäßige langfristige Untersuchungen und Sanierungen im notwendigen, wohlbegründeten Umfang geschaffen werden. Eine gleiche Rangfolge ergibt sich auch bei den ebenfalls bereits vorbereiteten epidemiologischen Untersuchungen zu gesundheitlichen Auswirkungen des Bergbaues auf Beschäftigte und Bewohner, wobei auch den Vermutungen und Befürchtungen der Bevölkerung Rechnung zu tragen ist. Das umfangreiche gesundheitsstatistische Material, das im ehemaligen DDR-Gebiet zentral und regional vorliegt, bildet hierfür eine unschätzbare Hilfe. Ein systematisches Aufarbeiten der anstehenden Aufgaben auf breiter Front steht bevor. Hierbei werden die Behörden und Meßstellen der sich bildenden ostdeutschen Länder mitwirken, mit denen gemeinsam diese Aufgaben bewältigt werden müssen.

II. Haldenmaterialien

E. Ettenhuber

1. Übersicht über die Halden im Bergbaugebiet

Als nicht zu übersehende Hinterlassenschaft sowohl des Altbergbaus als auch des Uranbergbaus entstand eine Vielzahl von Halden, in denen das beim Abteufen der Schächte, beim Bau der Stollen, beim Streckenvortrieb, aber auch bei der Erzgewinnung anfallende, nicht gewinnungs- oder aufbereitungswürdige Material (Berge, Abraum) deponiert wurde. Diese Halden befinden sich deshalb auch meist in unmittelbarer Nähe der Schächte.

Die Halden sind in vieler Hinsicht sehr unterschiedlich. Nicht nur die durch die Halde beanspruchte Fläche, die Art und die Menge der deponierten Materialien, die Lage und die Form unterscheiden sich. Während die aus dem Altbergbau stammenden Halden meist nur kleine Flächen beanspruchen (von 0,1 bis zu einigen ha), ist die Flächenausdehnung der aus dem Uranbergbau stammenden Halden oft wesentlich größer. Die größte Halde befindet sich im Raum Ronneburg (ostthüringisches Bergbaugebiet), sie hat eine Fläche von ca. 250 ha. Sie entstand im Zusammenhang mit einem zur Urangewinnung betriebenen Tagebau. Insgesamt wird die Anzahl der Halden auf etwa 3 500 geschätzt (800 bis 1 000 entstanden durch den Uranbergbau) und die durch Halden beanspruchte Fläche beträgt ca. 17 km^2. Beträchtliche Unterschiede existieren auch bei der Konzentration der Radionuklide der Uranium-Radium-Zerfallsreihe in den aufgehaldeten Materialien.

Näherungsweise proportional zur beanspruchten Fläche sind auch die Mengen der aufgehaldeten Materialien unterschiedlich, sie reichen von einigen tausend bis in die Größenordnung von einigen hundert Millionen Tonnen. Die insgesamt aufgehaldete Materialmenge beträgt ca. 500 Millionen Tonnen.

Die Halden findet man in der typischen Form als Terrakonik- oder als Tafelberghalden, sie kommen aber auch als Hangschüttungen, Auffüllungen von Senken und Tälern und in zahlreichen Zwischenformen vor. Häufig sind die Halden, insbesondere die aus dem Altbergbau und einige aus der Frühzeit des Uranbergbaus stammenden Halden, bereits nicht mehr erkennbar, da sie in das Geländeprofil eingepaßt wurden, bewachsen sind, rekultiviert und wiederurbar gemacht wurden. Von besonderer Bedeutung im Hinblick auf mögliche und tatsächlich auftretende Strahlenbelastungen sind dabei die zahlreichen kleinen Halden in den bekannten Altbergbaugebieten und Orten (z.B. Schneeberg), die

bereits während und vor allem nach Beendigung des Bergbaus überbaut worden sind. Zahlreiche Halden des Uranbergbaus liegen auch inmitten landwirtschaftlich intensiv genutzter Gebiete (ostthüringisches Bergbaugebiet) und lassen eine Gefährdung durch eine radioaktive Kontamination der in diesen Gebieten angebauten Kulturen vermuten.

2. Radioaktivität von Halden

Einen Überblick über die Konzentrationsbereiche gibt die Tabelle 3.

Radiometrische Klassifizierung von Halden

Radium-226-Gehalt (Bq/g)	Häufigkeitsverteilung der Halden (%)
< 0.2	7
0.2 ... 0.7	70
0.7 ... 1.0	15
1.0 ... 1.5	7
> 1.5	(einzelne, im wesentlichen bekannt)

zum Vergleich: "normaler" Granit (DDR) bis 0.22 Bq/g;
"Freigrenze" für Bauzwecke = 0.2 Bq/g

Tabelle 3

Die genannten Ra-226-Konzentrationen sind als durchschnittliche Konzentrationen zu interpretieren. Wichtet man die Ra-226-Konzentrationen mit der Masse der deponierten Materialien bzw. mit der Fläche, so ergibt sich als mittlere Ra-226-Konzentration der Haldenmaterialien ein Wert von 0,79 Bq/g bzw. 0,72 Bq/g. In diesem Zusammenhang muß aber auf eine für die Beurteilung der von den Halden ausgehenden Gefährdung wichtige Tatsache hingewiesen werden: Während die Mehrzahl Halden des Uranbergbaus im Hinblick auf die Radioaktivitätskonzentration als homogen gelten kann (radiometrische Kontrolle bzw. Sortierung), können insbesondere bei den Halden des Altbergbaus in einzelnen Partien sehr unterschiedliche Radioaktivitätskonzentrationen auftreten und nicht selten findet man, wenn auch in begrenztem Maße, in solchen Halden Materialien mit Urankonzentrationen, die deutlich über den Urankonzentrationen der Materialien liegen, die gegenwärtig als "Erz" bezeichnet werden. Die Ra-226-Konzentrationen von Althalden wurden aber durch Messung von Proben, die aus oberflächennahen Schichten entnommen wurden bzw. durch Gammadosisleistungsmessungen bestimmt.

Von den im Zusammenhang mit dem Bergbau entstandenen Halden sind die Materialien deutlich abzugrenzen, die im Ergebnis der hydrometallurgischen Erzaufbereitung anfallen und in industriellen Absetzanlagen (IAA) deponiert werden bzw. deponiert worden sind.
Gegenwärtig befindet sich nur noch eine IAA in Betrieb (IAA Culmitzsch des Aufbereitungsbetriebes Seelingstädt, 2 Absetzbecken), der Aufbereitungsbetrieb Crossen mit der dazugehörigen IAA ging Ende des Jahres 1989 außer Betrieb. Die übrigen 15 überwiegend kleineren IAA wurden bereits vor etwa 30 Jahren stillgelegt, sie wurden verwahrt und werden z. T. anderweitig für stoffliche Ablagerungen genutzt. Zum Zeitpunkt der Stillegung und Verwahrung dieser Anlagen existierten noch keine gesetzlichen Festlegungen zur Gewährleistung des Strahlenschutzes.
Die Abgrenzung der IAA von den Bergbauhalden ist notwendig wegen der wesentlich höheren Radioaktivitätskonzentration und dem wesentlich größeren Radioaktivitätsinventar, vor allem aber auch wegen ihres Inventars an chemisch relevanten und toxischen Stoffen. Deshalb erfordern der Betrieb und die Verwahrung derartiger Anlagen wesentlich größere Sorgfalt, um eine Kontamination der Umwelt auch über lange Zeiträume soweit als möglich zu verhindern.

3. Strahlenexposition und Kontamination der Umwelt verursacht durch Halden

In der Abb. 3 wurden die prinzipiellen Möglichkeiten für das Zustandekommen einer Strahlenexposition und einer radioaktiven Kontamination der Umwelt dargestellt.

Mit dem Dosiskonversionsfaktor von 447 nGy/h pro Bq Ra-226/g [BECK, H.L., J. DECAMPO, C.V. GOGOLAK - HASL-REPORT 258, NEW YORK (1982)] läßt sich die äußere Strahlenexposition beim Aufenthalt auf einer Haldenfläche berechnen. Bei *ständigem* Aufenthalt auf Haldenflächen würden äußere Strahlenexpositionen in einem Bereich von 0,7 bis etwa 6 mSv pro Jahr entstehen, bei täglichen Aufenthaltszeiten von 5 Stunden dagegen maximal nur 1,25 mSv pro Jahr. Da die bekannten Halden mit Ra-226-Konzentrationen > 1 Bq/g ausnahmslos Betriebsgelände sind, folgt, daß die äußere Strahlenexposition für Personen der Bevölkerung beim Aufenthalt auf Halden mit Sicherheit unterhalb des Wertes von 1 mSv pro Jahr liegt. Durch zahlreiche Messungen auf Halden wird diese Aussage gestützt. Mit zunehmender Entfernung von der Halde nimmt die Gammadosisleistung rasch ab und erreicht in jedem Fall bereits in Entfernungen von 40 bis 50 m vom Haldenfuß nur noch die Werte, die für die geologischen Formationen der Gebiete typisch sind (150 bis 200 nGy/h). Gefährdungen durch eine äußere Strahlenexposition sind deshalb sowohl für den Aufenthalt auf bzw. in der Nähe von Halden ausgeschlossen. Für den Aufenthalt in der näheren Umgebung von IAA gilt diese Aussage ebenfalls.

In der Diskussion um die von den Halden ausgehende Gefährdung spielt die Radonexhalation immer wieder eine besondere Rolle und bedarf deshalb einer sorgfältigen Untersuchung.

Näherungsweise gilt eine Exhalationsrate von 1 Bq Rn-222/m^2· sec pro Bq Ra-226/g. Ausgehend von der flächengewichteten mittleren Ra-226-Konzentration ergibt sich dann eine Rn-222-Exhalation von etwa 4· 10^{14} Bq pro Jahr aus der Gesamthaldenfläche. Bei gleichen Annahmen ergibt sich die Rn-222-Exhalation aus dem IAA mit etwa 1,5·10^{15} Bq pro Jahr, so daß die Rn-222-Exhalation aus diesen bergbaulichen Anlagen insgesamt ca. 2· 10^{15} Bq pro Jahr beträgt.
Gegenwärtig werden vom BfS in Zusammenarbeit mit Betrieben der SDAG Wismut Untersuchungen zur Überprüfung dieser Grundannahme durchgeführt. Parallel dazu werden seit einigen Jahren in den Bergbaugebieten Messungen der Rn-222-Konzentration in der Luft im Freien durchgeführt. Aus den zuletzt genannten Untersuchungen ergibt sich, daß offensichtlich nur in der unmittelbaren Umgebung von bergbaulichen Anlagen (vor allem Abwetterschächte, Haldengelände, IAA) Rn-222-Konzentrationen auftreten, die über dem Konzentrationsniveau von etwa 70 Bq/m^3 liegen, das für das Bergbaugebiet als natürlich angesehen werden muß (siehe Abb 6). Da Meßergebnisse der Rn-222-Konzentrationen vor Beginn des Bergbaus nicht oder nur in Ausnahmefällen zur Verfügung stehen, wurde das natürliche Konzentrationsniveau in einem Gebiet experimentell bestimmt, in dem oberflächennah die gleichen geologischen Formationen vorkommen, in denen aber der Bergbau nicht umgegangen ist und die in ausreichender Entfernung von den Bergbaugebieten liegen.

Offensichtlich treten bei durchschnittlichen bis guten meteorologischen Verdünnungsverhältnissen nur in der nächsten Umgebung der Halden und IAA über dem natürlichen Niveau liegende Strahlenbelastungen durch Inhalation auf. Der Einfluß der meteorologischen Verdünnungsverhältnisse auf die Rn-222-Konzentration in der bodennahen Luft bedarf aber einer sorgfältigen Untersuchung (vgl. Abb. 4), da unter ungünstigen meteorologischen Verdünnungsverhältnissen auch ungewöhnlich hohe Ra-222-Konzentrationen auftreten können und als Voraussetzung für wirksame Sanierungsmaßnahmen sicher zwischen der natürlicherweise vorhandenen und der durch den Bergbau verursachten Konzentration unterschieden werden muß.

Die Beeinflussung der Oberflächenwässer durch Halden ist sehr unterschiedlich. Grundsätzlich gilt jedoch, daß in Abhängigkeit von der Art der Haldenmaterialien und der Geschwindigkeit der ablaufenden Verwitterungs- und Lösungsprozesse sowie der Dichtigkeit und der Sorptionsfähigkeit des Untergrundes der Halde eine Kontamination der Oberflächenwässer entsteht. Eine allgemeingültige Aussage darüber ist jedoch nicht

Abnahme der mittleren Rn-222-Konzentration mit der Entfernung von der IAA Oberrothenbach (1982-1989)

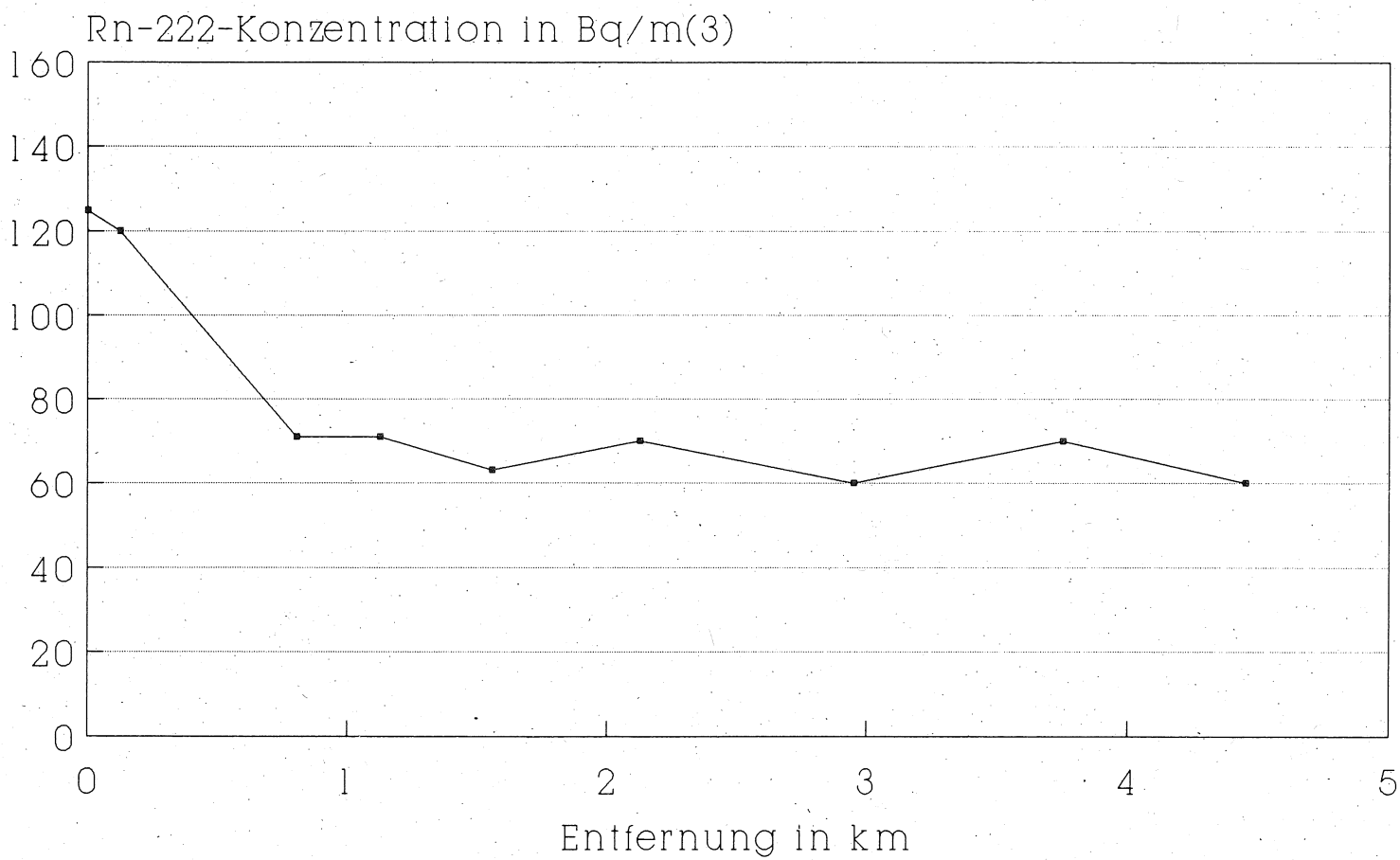


Abb. 6

möglich. In gleicher Weise muß auch grundsätzlich mit einer Kontamination des Untergrundes gerechnet werden, wenn nicht vor dem Anlegen der Halde die ausreichende Dichtigkeit und Sorptionsfähigkeit der Bodenformationen am gewählten Standort nachgewiesen worden ist.

Das Problem der Kontamination der Oberflächen- aber auch Grundwässer ist bei IAA aufgrund des großen Radioaktivitätsinventars und des großen Inventars an chemisch relevanten und toxischen Stoffen von besonderer Bedeutung und bedarf sowohl im Hinblick auf die Überwachung und die Stillegung und Verwahrung großer Aufmerksamkeit.

Das Abtragen von Staub von den Halden ist für das Zustandekommen einer Kontamination der Umwelt nur von geringer Bedeutung.

In dem Zusammenhang muß aber festgestellt werden, daß in der Umgebung industrieller Absetzanlagen insbesondere bei extremer Trockenheit und ausgetrockneten Deponieflächen (Spülstrände) meist kurzzeitig andauernde Staubbelastungen durch Winderosion auftreten können. Obgleich dadurch keine akute Gefährdung (Strahlenbelastungen oberhalb des Wertes von 1 mSv entstehen dadurch nicht) auftritt, sind sichere Maßnahmen zur Verhinderung derartiger Prozesse erforderlich. Die Verhinderung der Winderosion ist bei der Stillegung der IAA und der sich allmählich verringernden Restwasserfläche von besonderer Bedeutung.

Da Haldenmaterialien aufgrund ihrer Eigenschaften häufig gut zur Verwendung im Bauwesen geeignet sind und diese Materialien bequem und preiswert zur Verfügung stehen, wurden sie schon immer zu Bauzwecken verwendet. Auf das spezielle Problem der Bebauung von Halden wurde bereits hingewiesen.

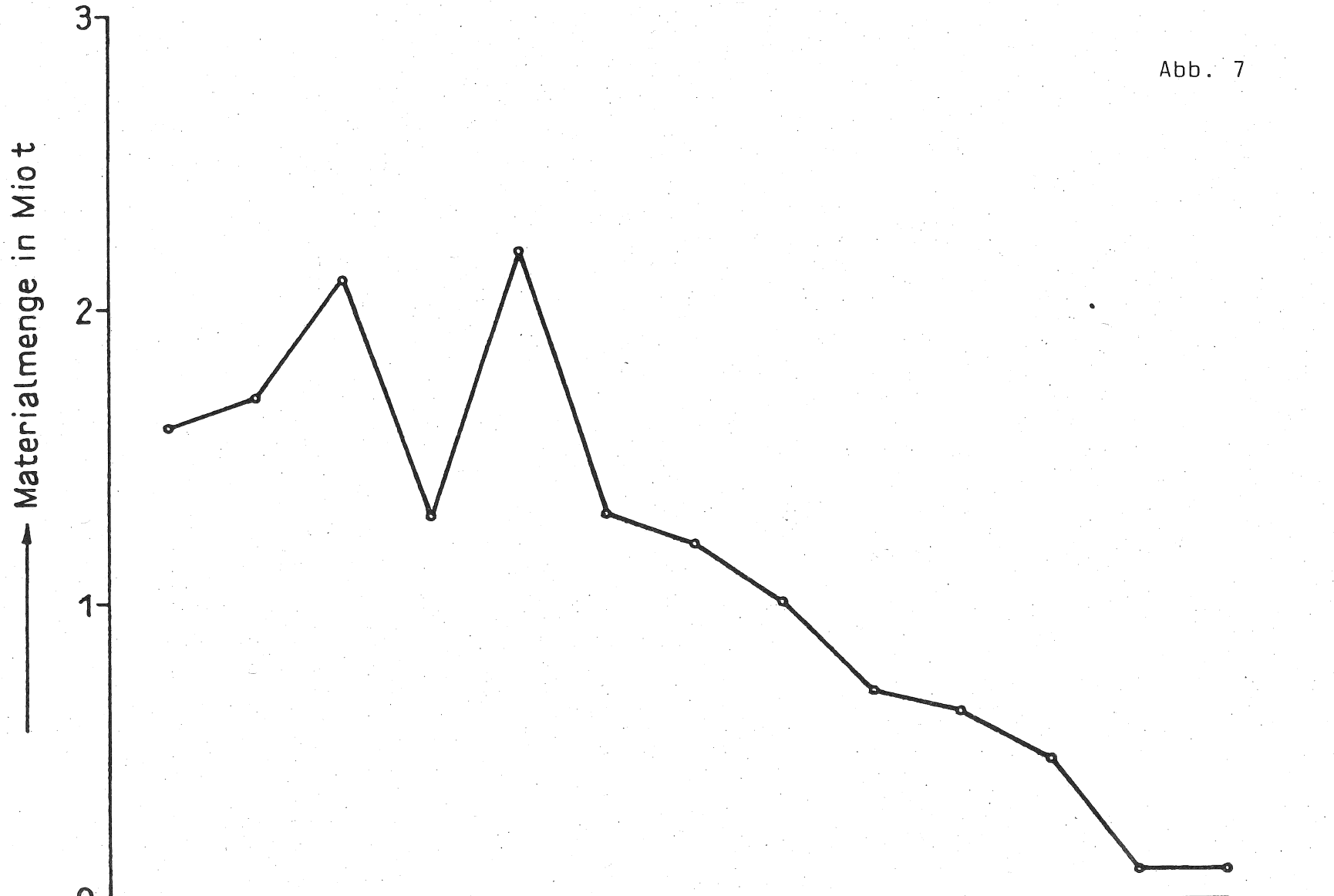
In der Vergangenheit (bis zum Ende der 60er Jahre) erfolgte die Verwendung derartiger Materialien ohne Beachtung der dabei möglichen Strahlenschutzaspekte und ohne staatliche Kontrolle. In der Folgezeit wurde die Verwendung derartiger Materialien in die staatliche Kontrolle einbezogen, einschlägige Rechtsvorschriften wurden in Kraft gesetzt [Anordnung zur Gewährleistung des Strahlenschutzes bei Halden und Absetzanlagen und bei der Verwendung darin abgelagerter Materialien vom 17. 11. 1980 - GBl. I Nr. 34 S. 347].
Diesen Vorschriften zufolge ist die Verwendung von Haldenmaterialien mit Ra-226-Konzentrationen > 0,2 Bq/g nur mit einer Genehmigung gestattet. Die Genehmigung ist mit Bedingungen und Auflagen verbunden. Bei sachgemäßer, d. h die Vorschriften bzw. Auflagen berücksichtigender Verwendung entsteht keine über das

natürliche Niveau hinausgehende Strahlenexposition. Mit Genehmigung wurden Haldenmaterialien überwiegend im Straßen- und Wegebau, vor allem im Straßenbau eingesetzt (ca. 90%), die restlichen Mengen fanden im Industriebau Verwendung. Für die Verwendung im Wohnungs- und Gesellschaftsbau wurden keine Genehmigungen erteilt. Das schließt jedoch nicht aus, daß illegal ohne Genehmigung auch dafür Haldenmaterial verwendet worden ist.
Die zeitliche Entwicklung der Verwendung von Haldenmaterial in den letzten Jahren zeigt die Abb. 7. Die Abnahme der Verwendung in den letzten Jahren ist nicht durch das sinkende Interesse der Betriebe an der Verwendung derartiger Materialien erklärt. Vielmehr wurden Genehmigungen nur noch zögernd ausgewählten Betrieben erteilt, bei denen die Einhaltung der Bedingungen und Auflagen gewährleistet war.

4. Zusammenfassende Beurteilung und Schlußfolgerungen

In den Bergbaugebieten existieren zahlreiche Halden, die Ursache einer Strahlenxposition sein können. Die Gesamtfläche dieser Halden beträgt ca. 17 km^2. Eine zusammenfassende Beurteilung ist nur insofern möglich, daß keine akute Gefährdung vorliegt, langfristig aber Sanierungsbedarf besteht. Pauschale Forderungen hinsichtlich einer Sanierung sind aber nicht gerechtfertigt. Vielmehr müssen für die einzelnen Objekte auf der Grundlage systematischer Untersuchungen Festlegungen darüber getroffen werden, welche Objekte in welcher Reihenfolge zu sanieren sind und welche Ziele aus der Sicht des Strahlenschutzes dabei erreicht werden sollen.

Abb. 7



Verwendung von Haldenmaterial

III. Strahlenschutz im Bergbau und bei ähnlichen Tätigkeiten

W. Ullmann

1. Übersicht

Der Bergbau hat im Erzgebirge eine lange Tradition. Seit dem 12. Jahrhundert wurden anfangs hauptsächlich Silber, später auch Kobalt, Nickel und Wismut abgebaut. Ende des vorigen Jahrhunderts kamen Uranerze zur Herstellung von Farben für die Glasindustrie sowie von Radiumsalzen hinzu. Nach dem zweiten Weltkrieg wurde der Abbau von Uranerz zur Gewinnung von Kernmaterial durch eine sowjetische, später sowjetisch-deutsche Bergbaugesellschaft (SAG bzw. SDAG Wismut) die primäre Bergbautätigkeit in bestimmten Zentren des Erzgebirges sowie später auch in Ostthüringen. Z.B. waren in Johanngeorgenstadt von 1946 bis 1959 insgesamt 55 und in Oberschlema von 1951 bis 1955 insgesamt 33 Schächte und Stollen in Betrieb. An 17 weiteren Standorten existierten mehr als 300 Schächte und Stollen. Anfang 1990 gehörten in Ostthüringen, Westsachsen und im Elbgebiet 7 Bergbaubetriebe und 2 Aufbereitungsbetriebe (jeweils mit Absetzanlage) zur damaligen SDAG Wismut, der heutigen Wismut AG. Einzelheiten sind in Tabelle 4 zusammengestellt.

Bergbaugebiet	Bergbau-betriebe	Aufbereitungs-betriebe mit Absetzanlage	Wetter-schächte	Förder-schächte	Förder-stollen
Ostthüringen (Ronneburg/ Seelingstädt)	4	1	16	18	-
Westsachsen (Aue - Alberoda/ Crossen)	1	1 (in Liquidie-rung)	5	2	6
Elbegebiet (Königstein/ Freital)	2 (1 in Verwah-rung)	-	2	3	

Tabelle 4

Außerhalb des Uranerzbergbaues wurden nach dem 2. Weltkrieg insbesondere Kupfererz, Bleierz, Zinnerz (jeweils mit Verhüttung), Steinkohle, Flußspat, Schwerspat, Schwefelkies, Kalk und Schiefer gefördert. Bleierz wird seit den 60er Jahren, Steinkohle seit 1977 und Kupfererz seit 1990 nicht mehr abgebaut.

Zu den Tätigkeiten, bei denen erhöhte Strahlenbelastungen durch Inhalation von Radonfolgeprodukten auftreten können, gehören außerdem Schachtbauarbeiten, untertägige Such- und Erkundungsarbeiten, Bergsicherungsarbeiten, Arbeiten in von der Wasserwirtschaft betriebenen und/oder genutzten Objekten (Wasserentnahme aus Bergbauanlagen; Arbeiten in Hoch- und Tiefbehältern, Pumpwerken, Aufbereitungsanlagen sowie Tief- und Bohrbrunnen) sowie Tätigkeiten in unterirdischen Hohlräumen, z.B. in den rund 20 zur Zeit betriebenen Schaubergwerken und Schauhöhlen oder in speziellen Lagern.

2. Gesetzliche Grundlagen

Der Einigungsvertrag vom 31. August 1990 zwischen der Deutschen Demokratischen Republik und der Bundesrepublik Deutschland /1/ enthält wichtige Festlegungen, die den Strahlenschutz für bergbauliche Tätigkeiten sowie die Ermittlung der Umweltradioaktivität betreffen.

Die Strahlenschutzverordnung /2/ wird aus Anlaß der Herstellung der Einheit Deutschlands um folgende Überleitungsregelungen ergänzt (§ 89a): "Die Regelungen des § 1 Abs. 1 Nr. 1, des § 3 Abs. 3 und des § 29 Abs. 1 Satz 1, Abs. 2 Satz 1 und Abs. 6 für die Aufsuchung, Gewinnung und Aufbereitung radioaktiver Bodenschätze finden in dem in Artikel 3 des Einigungsvertrages genannten Gebiet keine Anwendung."

Dem § 11 des Strahlenschutzvorsorgegesetzes /3/ wird folgender Absatz 9 angefügt: "Die Ermittlung der Umweltradioaktivität, die aus bergbaulicher Tätigkeit in Gegenwart natürlicher radioaktiver Stoffe stammt, ist in dem in Artikel 3 des Einigungsvertrages genannten Gebiet Aufgabe des Bundes im Sinne von § 2. Zuständig ist das Bundesamt für Strahlenschutz."

Fortgeltendes Recht der ehemaligen DDR sind die Verordnung über die Gewährleistung von Atomsicherheit und Strahlenschutz (VOAS) /4/ nebst Durchführungsbestimmung /5/ sowie die Anordnung zur Gewährleistung des Strahlenschutzes bei Halden und industriellen Absetzanlagen und bei der Verwendung darin abgelagerter Materialien /6/ mit folgender Maßgabe: "Die Vorschriften gelten fort für bergbauliche und andere Tätigkeiten soweit dabei radioaktive Stoffe, insbesondere Radonfolgeprodukte,

anwesend sind. An die Stelle des in den fortgeltenden Regelungen genannten Staatlichen Amtes für Atomsicherheit und Strahlenschutz oder des Präsidenten dieses Amtes treten die zuständigen Stellen."

In dem in Artikel 3 des Einigungsvertrages genannten Gebiet gelten folglich bezüglich der Erlaubniserteilung für bergbauliche Tätigkeiten sowie hinsichtlich der für bergbauliche Tätigkeiten relevanten Grenzwerte und der Einstufung von Strahlenwerktätigen und Strahlenschutzbereichen folgende Festlegungen:

- Tätigkeiten, bei denen radioaktive Stoffe a n w e s e n d sind, gehören zum Verkehr mit radioaktiven Stoffen. Hierfür ist eine Genehmigung erforderlich.
- Für die Strahlenbelastung durch Inhalation kurzlebiger Radon-222-Folgeprodukte sind zugrundezulegen:
  - Grenzwert für die Jahreszufuhr an potentieller Alphaenergie

$$ALI_{pot} = 10^{11} \quad MeV$$

  - Grenzwert für die jährliche integrale potentielle Alphaenergie- Belastung (bezogen auf eine Atemrate von 1,2 m^3/h)

$$ALE_{pot} = 8 \cdot 10^{10} \quad MeV \cdot h/m^3$$

  - Grenzwert für die mittlere jährliche potentielle Alphaenergiekonzentration (bezogen auf eine Atemrate von 1,2 m^3/h und ein Arbeitsjahr von 2000 h)

$$DAC_{pot} = 4 \cdot 10^{7} \quad MeV/m^3$$

Einstufungen für Strahlenwerktätige und für Strahlenschutzbereiche entfallen, falls die Strahlenbelastungen, die innerhalb eines Jahres zustande kommen können, $^1/_{10}$ der Grenzwerte nicht überschreiten. Strahlenwerktätige der Kategorie B sind unter Bedingungen tätig, bei denen die Strahlenbelastung $^3/_{10}$ der Grenzwerte nicht überschreiten kann. Eine Einstufung in Kategorie A erfolgt, falls die Strahlenbelastung $^3/_{10}$ der Grenzwerte überschreiten kann. Für die Einstufung als Strahlenschutzbereich II bzw. I gelten die gleichen Kriterien bezüglich der Strahlenbelastungen, die zustande kommen können, wie für die Kategorien B bzw. A der Strahlenwerktätigen.

3. Genehmigung und Überwachung

Die Genehmigung für die Durchführung von Tätigkeiten bei Anwesenheit von radioaktiven Stoffen, insbesondere Radonfolgeprodukten, ist durch den Betrieb zu beantragen. Falls eine genehmigungspflichtige Tätigkeit vorliegt, ist das Genehmigungsverfahren durch die zuständige Behörde (zukünftig im Bereich der Länder) einzuleiten. Im Rahmen dieses Verfahrens sind die betriebliche Strahlenschutzsituation einzuschätzen, eine betriebliche Strahlenschutzordnung auszuarbeiten sowie die Voraussetzungen für die Bereitstellung der erforderlichen betrieblichen Strahlenschutzmeßtechnik und den Einsatz von betrieblichen Strahlenschutzfachkräften zu schaffen. Anschließend wird die Genehmigung erteilt. Sie enthält personelle Festlegungen, Festlegungen zur Gewährleistung der Einhaltung der Strahlenschutzbestimmungen, zur Erfassung der Strahlenbelastung und zur strahlenschutzmedizinischen Betreuung der Strahlenwerktätigen sowie zur Berichterstattung.

Für die Betriebe der SDAG Wismut bestanden gemäß Regierungsbeschluß bis Mitte 1990 Regelungen, die dem Generaldirektor der SDAG Wismut besondere Rechte und Pflichten bezüglich der Genehmigung und Überwachung im Bereich der SDAG Wismut auf der Grundlage der Rechtsvorschriften der ehemaligen DDR übertrugen.

Im Rahmen der betrieblichen Strahlenschutzüberwachung sind von den Betrieben regelmäßig Kontrollmessungen durchzuführen. Auch seitens der zuständigen Behörde sind Kontrollen erforderlich. Von besonderer Bedeutung ist die routinemäßige Erfassung der Strahlenbelastung der Strahlenwerktätigen infolge Inhalation kurzlebiger Radonfolgeprodukte durch die Betriebe. Diese Strahlenbelastung hat bei bergbaulichen und ähnlichen Tätigkeiten den größten Anteil an der Gesamtbelastung der Strahlenwerktätigen. In Aufbereitungs- und Hüttenbetrieben entfällt demgegenüber der größte Anteil an der Gesamtbelastung meistens auf die Inhalation von radioaktiven Stäuben mit erhöhtem Gehalt an natürlichen Radionukliden. Die äußere Belastung durch Gammastrahlung ist im allgemeinen wesentlich geringer als die innere Belastung.

4. Erfassung der Strahlenbelastung infolge Inhalation kurzlebiger Radonfolgeprodukte

Im Bereich des Uranbergbaues wurde im Zeitraum von 1955 bis 1964 lediglich die Aktivitätskonzentration von Radon in allen Bergbauobjekten gemessen. Die Probenahme erfolgte unter Tage mit Gummibehältnissen, die Auswertung über Tage mit Ionisationskammern. Seit 1964 wurde die potentielle Alphaenergiekonzentration der kurzlebigen Radonfolgeprodukte ermittelt. Die Meßwerte wurden zu Ortsstatistiken verdichtet. Die erste umfassende Aufarbeitung der Meßdaten erfolgte im Jahre 1969. Hierbei wurden die jährlichen Durchschnittswerte der Radonfolgeproduktkonzentration für den Zeitraum 1946 bis 1969 abgeschätzt sowie nach Bergbaugebieten und Tätigkeiten gegliedert /7/. Seit 1971 wird im Bereich der SDAG Wismut eine rechnergestützte Belastungsdatei geführt. Die Strahlenbelastung wird aus der am Arbeitsplatz gemessenen potentiellen Alphaenergiekonzentration der kurzlebigen Radonfolgeprodukte und der Aufenthaltszeit am Arbeitsplatz berechnet. Eine exakte Zuordnung der Aufenthaltszeiten zu den einzelnen Arbeitsplätzen erfolgt im allgemeinen nicht. Alle Strahlenwerktätigen sind in die Kategorie A eingestuft. Die dosimetrischen Daten liegen zur Zeit nur bei der Wismut AG vor.

Betriebe des Nichturanbergbaues sowie Betriebe und Objekte, in denen erhöhte Strahlenbelastungen durch Radonfolgeprodukte auftreten können, wurden erst im Zeitraum von 1970 bis 1980 in die Strahlenschutzüberwachung einbezogen. Die Strahlenwerktätigen sind in die Kategorien A und B eingestuft. Für die Strahlenwerktätigen der Kategorie A und die zeitweise in Strahlenschutzbereichen I eingesetzten Strahlenwerktätigen der Kategorie B wird die integrale Belastung aus für den jeweiligen Arbeitsplatz charakteristischen Werten der potentiellen Alphaenergiekonzentration unter Berücksichtigung der individuellen Aufenthaltszeiten für den jeweiligen Arbeitsplatz ermittelt. Auf diese Weise wird jedem in die Kategorie A eingestuften Strahlenwerktätigen ein individueller Wert für die integrale Belastung zugeordnet. Um ausreichend repräsentative Aussagen zu erhalten, erfolgen die ortsdosimetrischen Messungen umso häufiger, je stärker die Konzentrationen der potentiellen Alphaenergie zeitlichen Schwankungen unterliegen, mindestens jedoch monatlich. Für die ausschließlich in Strahlenschutzbereichen II eingesetzten Strahlenwerktätigen der Kategorie B werden die ortsdosimetrischen Messungen mindestens quartalsweise durchgeführt. Diesen Strahlenwerktätigen wird ein für den gesamten Bereich oder für Teilbereiche geltender abgeschätzter Wert der integralen Belastung zugeordnet. Die personenbezogenen Daten für die individuelle Strahlenbelastung der Strahlenwerktätigen werden in den Betrieben in sogenannten Belastungsdateien erfaßt. Sie wurden bisher quartalsweise an das Staatliche Amt für Atomsicherheit und Strahlenschutz übermittelt. Durch ständige Kontrolle der

Überwachungsergebnisse wird vermieden, daß die Strahlenbelastung für Werktätige der Kategorie A die Grenzwerte und für Werktätige der Kategorie B 1/3 der Grenzwerte überschreitet. Für die zentrale Erfassung, Zuordnung und Speicherung von personenbezogenen Daten bei beruflicher Belastung durch Radonfolgeprodukte ist zukünftig das Bundesamt für Strahlenschutz zuständig.

In den Betrieben des Uranbergbaues und der Uranerzaufbereitung sowie in den Nichturanbergbaubetrieben und den sonstigen Betrieben und Objekten mit strahlenschutzrelevanten Konzentrationen von natürlichen Radionukliden, insbesondere Radonfolgeprodukten, waren Ende 1989 rund 25000 Beschäftigte als Strahlenwerktätige eingestuft. Sie gehören zur Personengruppe mit der größten Strahlenbelastung in der ehemaligen DDR. Für bergbauliche und ähnliche Tätigkeiten außerhalb des Uranbergbaues und der Uranaufbereitung waren rund 6300 Strahlenwerktätige eingesetzt, davon rund 1500 der Kategorie A. Deren effektive Pro-Kopf-Äquivalentdosis betrug rund 6,5 mSv pro Jahr. Davon entfiel rund 1 mSv pro Jahr auf die äußere Strahlenbelastung. Die effektive Kollektiväquivalentdosis betrug rund 40 MannSv pro Jahr. Für die Betriebe des Uranbergbaues und der Uranerzaufbereitung wird eingeschätzt, daß die jährliche effektive Kollektiväquivalentdosis Ende 1989 um mehr als eine Größenordnung höher lag.

Zur Zeit wird der Einsatz von personendosimetrischen Überwachungsmethoden vorbereitet, um zuverlässige individuelle Werte für die integrale Strahlenbelastung zu erhalten, insbesondere für Risikogruppen und für Beschäftigte mit häufigem Wechsel des Arbeitsplatzes. Hierzu wurde im ehemaligen Staatlichen Amt für Atomsicherheit und Strahlenschutz der Prototyp eines elektronischen Personendosimeters für Radonfolgeprodukte mit digitaler Anzeige des Meßwertes entwickelt. Die Serienfertigung dieses Gerätes soll zukünftig durch die Wismut AG erfolgen.

5. Maßnahmen zur Reduzierung der Strahlenbelastung

5.1. Strahlenschutztechnische Maßnahmen

Zur Reduzierung der durch Radon und kurzlebige Radonfolgeprodukte bedingten Strahlenbelastung sind alle Maßnahmen geeignet, die zur Verringerung der Aktivitätskonzentrationen dieser Radionuklide in der Atemluft beitragen. Die Verbesserung der Bewetterung bzw. der Be- und Entlüftung hat sich für alle überwachten Betriebe und Einrichtungen als die wirkungsvollste strahlenschutztechnische Maßnahme erwiesen. Bei saugender Hauptgrubenbewetterung wird der Austritt des sich im Deckgebirge und in abgeworfenen Gebieten bildenden Radon in den Grubenbau gefördert. Daher ist im allgemeinen blasende Hauptgrubenbewetterung zu bevorzugen.

Erforderlich sind eine ausreichende Bewetterung, die Einhaltung optimaler wettertechnischer Parameter (Luttenabstände, Wettergeschwindigkeit vor Ort usw.) sowie die Einhaltung der erforderlichen Einschaltzeiten nach einem Wetterstillstand. Gute Erfolge wurden auch mit der Auffahrung von Wetterüberhauen erzielt.

Erfahrungsgemäß kann die Wirksamkeit der Bewetterung durch gezielte Hermetisierungsmaßnahmen verbessert werden. Durch Hermetisierung kann der Radonaustritt aus alten Grubenbauen oder abgeworfenen Stollen in belegte Grubenbaue und Frischwetterwege verhindert werden. Dies läßt sich z.B. durch Abdichten mit einem geeigneten Material (Ausspritzen mit einem Bitumen-Latex-Gemisch) oder "Durchtunneln" eines radonergiebigen Gebietes erreichen. Darüber hinaus trägt die Drainage radonhaltiger Grubenwässer zur Reduzierung des Radonaustritts in die Grubenluft bei. Die materiellen Aufwendungen für die strahlenschutzmäßige Auslegung von Untertagebetrieben können beträchtlich sein. Hierzu gehören u.a. Kosten für Projektierungs- und Bauleistungen sowie für bergmännische Auffahrungen und zusätzlichen Energiebedarf.

Für Arbeitsplätze, an denen eine Strahlenbelastung durch Inhalation von radioaktiven Stäuben auftreten kann, stellt die Staubbekämpfung gleichzeitig auch die wichtigste strahlenschutztechnische Maßnahme dar. Auch Oberflächen lassen sich relativ leicht durch vollständige Entfernung des Staubes dekontaminieren. Für Sonderfälle stehen außerdem individuelle Atemschutzmittel zur Abscheidung radioaktiver Stäube und kurzlebiger Radonfolgeprodukte zur Verfügung.

5.2. Organisatorische Strahlenschutzmaßnahmen

Folgende organisatorische Maßnahmen haben sich in der Praxis bewährt:

- Auswahl des Arbeitsverfahrens (z.B. der Abbautechnologie) nach Strahlenschutzkriterien,
- regelmäßige Belehrung der Strahlenwerktätigen,
- Umsetzung von Strahlenwerktätigen an weniger gefährdete Arbeitsplätze,
- zeitweises Sperren gefährdeter Arbeitsplätze.

6. Einschätzung und zukünftige Aufgaben

Der Strahlenschutz in Bergbaubetrieben hat insgesamt einen guten Stand erreicht. Die niedrigsten Strahlenbelastungen treten in Betrieben auf, die mit entsprechend den Strahlenschutzerfordernissen dimensionierten modernen Bewetterungssystemen ausgerüstet sind. In Betrieben mit zahlreichen nur für begrenzte Zeiträume betriebenen

Objekten mit extrem heterogener Struktur der Arbeitsplätze und häufiger Änderung der Arbeitsbedingungen, z.B. in Bergsicherungsbetrieben, sind die Möglichkeiten zur Reduzierung der Strahlenbelastung durch strahlenschutztechnische Maßnahmen eingeschränkt, so daß oft zusätzliche arbeitsorganisatorische Maßnahmen erforderlich werden.

Für die zahlreichen Objekte der Wasserwirtschaft, in denen die potentielle Alphaenergiekonzentration der kurzlebigen Radonfolgeprodukte hohe Werte erreicht, ist eine strahlenschutztechnische Sanierung durchzuführen.

Bezüglich der Überwachung der Strahlenwerktätigen sind moderne personendosimetrische Methoden zur integralen Erfassung der Strahlenbelastung einzuführen. Außerdem ist zu gewährleisten, daß vorhandene Belastungsdaten für Strahlenwerktätige zu epidemiologischen Untersuchungen genutzt werden können.

Zur Gewährleistung des Strahlenschutzes bei der Nachnutzung von Gebäuden, Flächen und Anlagen stillgelegter Bergbaubetriebe, insbesondere von Betrieben der Wismut AG, sind detaillierte Richtlinien zu erarbeiten.

Eine weitere wesentliche Aufgabe ist das Einbringen der Thematik "Strahlenschutz beim Verkehr mit natürlichen Radionukliden" in die zukünftigen Rechtsvorschriften.

Literatur

/1/ Gesetz zum Vertrag zwischen der Deutschen Demokratischen Republik und der Bundesrepublik Deutschland über die Herstellung der Einheit Deutschlands - Einigungsvertrag - vom 31. August 1990 (GBl. I Nr. 64 S. 1627)

/2/ Verordnung über den Schutz vor Schäden durch ionisierende Strahlen (Strahlenschutzverordnung - StrlschV) in der Bekanntmachung vom 30. Juni 1989 (BGBl. I S. 1321, 1926), geändert durch Verordnung vom 3. April 1990 (BGBl. I S. 607)

/3/ Gesetz zum vorsorgenden Schutz der Bevölkerung gegen Strahlenbelastung (Strahlenschutzvorsorgegesetz - StrVG) vom 19. Dezember 1989 (BGBl. I S. 1830)

/4/ Verordnung über die Gewährleistung von Atomsicherheit und Strahlenschutz - VOAS - vom 11. Oktober 1984 (GBl. I Nr.30 S. 341)

/5/ Durchführungsbestimmung zur Verordnung über die Gewährleistung von Atomsicherheit und Strahlenschutz vom 11. Oktober 1984 (GBl. I Nr. 30 S. 348; Ber. GBl. I 1987 Nr. 18 S. 196)

/6/ Anordnung zur Gewährleistung des Strahlenschutzes bei Halden und industriellen Absetzanlagen und bei der Verwendung darin abgelagerter Materialien vom 17. November 1980 (GBl. I Nr. 34 S. 347)

/7/ S. Richter:
Grundlagen und Gesichtspunkte einer Aufarbeitung der Strahlenbelastung in der SAG/SDAG Wismut
Beitrag für das Kolloquium des kirchlichen Umweltkreises, Ronneburg, 20.-23. Oktober 1990

Radioökologische Berechnungen nach der Allgemeinen Verwaltungsvorschrift zu §45 StrlSchV

H. Bonka

Lehrgebiet Strahlenschutz in der Kerntechnik
Rheinisch–Westfälische Technische Hochschule Aachen

1. Einleitung

Zum Schutz der Bevölkerung und der Umwelt vor den Gefahren ionisierender Strahlen wurden in §44 und 45 StrlSchV der Bundesrepublik Deutschland [1] Dosisgrenzwerte festgelegt. Der §44 betrifft den außerbetrieblichen Überwachungsbereich, in dem die effektive Dosis durch Direktstrahlung und Ableitung radioaktiver Stoffe 1,5 mSv im Kalenderjahr, in bestimmten Einzelfällen bis 5 mSv betragen darf. Für die Bereiche, die nicht Strahlenschutzbereiche sind, gilt der §45. In §45(1) heißt es:

Der Strahlenschutzverantwortliche hat die technische Auslegung und den Betrieb seiner Anlagen oder Einrichtungen so zu planen, daß die durch Ableitung radioaktiver Stoffe aus diesen Anlagen oder Einrichtungen mit Luft oder Wasser bedingte Strahlenexposition des Menschen jeweils die folgenden Grenzwerte der Körperdosen im Kalenderjahr nicht überschreitet:

- effektive Dosis, Keimdrüsen, Gebärmutter, rotes Knochenmark — 0,3 mSv
- Knochenoberfläche, Haut — 1,8 mSv
- andere Organe — 0,9 mSv

Die Dosen, die Personen in der Umgebung kerntechnischer Anlagen erhalten, sind von den Aktivitätsabgaben mit Luft und Wasser abhängig. Da diese am einfachsten gemessen werden können, wurde in §46(2) StrlSchV festgelegt:

Ist zu besorgen, daß die Grenzwerte des §45 an einem Standort überschritten werden, so hat die zuständige Behörde die insgesamt in einem Jahr maximal zulässigen Aktivitätsabgaben mit Luft und Wasser so festzulegen, daß die Grenzwerte des §45 nicht überschritten werden.

Die Festlegung der maximal zulässigen Aktivitätsabgaben macht detaillierte radioökologische Betrachtungen notwendig. Sie werden im Rahmen des Genehmigungsverfahrens einmal vom Antragsteller und zum anderen im Auftrag der zuständigen Genehmigungsbehörde von den zuständigen Technischen Überwachungsvereinen (TÜV), der Gesellschaft für Reaktorsicherheit (GRS) und anderen Organisationen durchgeführt. Der Bundesminister für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, vor Herbst 1986 der Bundesminister

des Innern, läßt sich zusätzlich von den zuständigen Ausschüssen der Strahlenschutzkommission eingehend beraten. Dabei werden alle radioökologischen Betrachtungen nochmals diskutiert.

2. Rückblick

Etwa um 1970 wurde in der Bundesrepublik damit begonnen, die radioökologischen Berechnungen zu vereinheitlichen. Es entstand im Jahre 1972 zunächst im Rahmen der Schriftenreihe Kernforschung 6 beim Bundesminister für Bildung und Wissenschaft der Bericht : Emissionsquellstärke von Kernkraftwerken [2]. Nach Wechsel der Zuständigkeit zum Bundesminister des Innern begannen bei der Strahlenschutzkommission im Jahre 1974 die Arbeiten zur Festlegung allgemeiner radioökologischer Berechnungsverfahren. In der novellierten Strahlenschutzverordnung vom 13. Mai 1976 heißt es in§45:

"Diese Strahlenexposition muß für die ungünstigsten Einwirkungsstellen unter Berücksichtigung sämtlicher relevanter Belastungspfade einschließlich der Ernährungsketten berechnet werden; die im einzelnen zu treffenden Annahmen und anzuwendenden Verfahren zur Ermittlung der Strahlenexposition bestimmt der für Reaktorsicherheit und Strahlenschutz zuständige Bundesminister durch Rechtsverordnung mit Zustimmung des Bundesrates."

Die Annahmen und anzuwendenden Verfahren wurden in der "Allgemeinen Berechnungsgrundlage für die Strahlenexposition bei radioaktiven Ableitungen mit der Abluft oder in Oberflächengewässer (Richtlinie zu §45 StrlSchV)" des Bundesministers des Innern [3] festgelegt. Grundlage für die Richtlinie waren die beiden Empfehlungen der Strahlenschutzkommission [4] und [5], die im Ausschuß "Radioökologie"der Strahlenschutzkommission beim Bundesminister des Innern erarbeitet wurden.

In der Bundesrepublik mußte aufgrund der Novellierung der Euratom–Grundnormen im Jahre 1980 [6] die Strahlenschutzverordnung nochmals den neuesten Strahlenschutzgrundsätzen und –daten angepaßt werden. Die Bekanntmachung erfolgte am 30. Juni 1989 [1]. Im Gegensatz zu der bisherigen Praxis wurden in dieser Strahlenschutzverordnung wichtige Daten zur Berechnung der Strahlenexposition festgelegt. In §45(2) heißt es:

"Diese Strahlenexposition ist für eine Referenzperson an den ungünstigsten Einwirkungsstellen unter Berücksichtigung der in Anlage XI genannten Expositionspfade, Lebensgewohnheiten der Referenzperson und übrigen Annahmen zu ermitteln. Die Bundesregierung erläßt mit Zustimmung des Bundesrates allgemeine Verwaltungsvorschriften über die zu treffenden weiteren Annahmen. Die zuständige Behörde kann davon ausgehen, daß die Grenzwerte des Absatzes 1 eingehalten sind, wenn dies unter Zugrundelegung der allgemeinen Verwaltungsvorschriften nachgewiesen wird."

Die Allgemeine Verwaltungsvorschrift zu §45 Strahlenschutzverordnung: "Ermittlung der Strahlenexposition durch die Ableitung radioaktiver Stoffe aus kerntechnischen Anlagen oder Einrichtungen" (AVV) wurde von der Bundesregierung am 21. Februar 1990 erlassen [7].

3. Expositionspfade, Lebensgewohnheiten und Dosisfaktoren

In der AVV werden entsprechend den Festlegungen in der StrlSchV nur die Expositionspfade betrachtet, die wesentlich zur Strahlenexposition beitragen. Gibt es einander ähnliche Expositionspfade, z.B. bei Nahrungsmitteln, so müssen diese von dem betrachteten Pfad abgedeckt werden. So wird z.B. bei der Gruppe Fleisch, einschließlich Fleischwaren nur Rindfleisch betrachtet. Messungen, vor allem nach den Atomwaffenversuchen, zeigten, daß Rindfleisch im allgemeinen die höchste spezifische Aktivität hat.

Das gleiche gilt auch für die beiden Referenzpersonen Erwachsener und Kleinkind. Beim Erwachsenen mußte der mittlere jährliche Lebensmittelverbrauch nach dem Ernährungsbericht [8] um einen Faktor 2 bis 3 angehoben werden, um mit der berechneten Ingestionsdosis auch die der Jugendlichen abdecken zu können. Damit wird auch für Personen mit über dem Durchschnitt liegendem Lebensmittelverbrauch die Dosis nicht unterschätzt. Die Referenzperson Kleinkind ist im wesentlichen notwendig, um die maximalen Dosen durch Jod 131 nicht zu unterschätzen. Die Tab. 1 zeigt den jährlichen Lebensmittelverbrauch für die beiden Referenzpersonen.

Die Dosisleistungsfaktoren zur Berechnung der äußeren Strahlung durch β–Submersion, γ–Submersion und Bodenstrahlung wurden vom Institut für Strahlenhygiene des Bundesgesundheitsamtes nach den Zerfallsdaten in ICRP 38 [9] berechnet. Bei der β–Submersion wurde eine Gewebetiefe von 0,07 mm nach der StrlSchV zugrundegelegt. Die Dosisleistungsfaktoren für γ–Submersion und γ–Bodenstrahlung wurde unter Berücksichtigung der Organabschirmungen für die erwachsene Referenzperson berechnet. Um mit diesen Dosisleistungsfaktoren die Dosis für Kleinkinder mit geringer Organabschirmung berechnen zu können, werden die Dosisleistungsfaktoren für γ–Submersion um den Faktor 1,2 und die für Bodenstrahlung um einen Faktor 1,5 erhöht. Vor allem durch die Berücksichtigung der Organabschirmung bei der γ–Submersion und γ–Bodenstrahlung wurde der numerische Aufwand bei der Dosisberechnung gegenüber der "Allgemeinen Berechnungsgrundlage" [5], der vorherigen Berechnungsvorschrift, erheblich erhöht. Das gleiche läßt sich über die Einführung der "effektiven Dosis" sagen. Die Dosisfaktoren für Inhalation und Ingestion wurden nach den Modellen der ICRP, s. ICRP 30 [10], berechnet. Bekanntgegeben wurden die Dosisleistungsfaktoren für β–Submersion, γ–Submersion und γ–Bodenstrahlung mit den Inhalations– und Ingestionsdosisfaktoren für Erwachsene und Kleinkinder im Bundesanzeiger [11]

In Abb. 1 sind die in der AVV betrachteten Expositionspfade anschaulich dargestellt. Im einzelnen sind bei der Ableitung radioaktiver Stoffe mit Luft zu betrachten:

- Strahlenexposition durch β–Strahlung innerhalb der Abluftfahne (β–Submersion)
- Strahlenexposition durch γ–Strahlung aus der Abluftfahne (γ–Submersion)
- Strahlenexposition durch γ–Strahlung der am Boden abgelagerten radioaktiven Stoffe (γ–Bodenstrahlung)
- Strahlenexposition durch Radionuklide, die mit der Luft inhaliert werden

- Strahlenexposition durch Verzehr von Lebensmitteln (Ingestion).

Bei der Ableitung radioaktiver Stoffe mit Wasser sind zu betrachten:

- Strahlenexposition durch γ–Strahlen von Ufersedimenten oder von Überschwemmungsgebieten oder von Spülfeldern (γ–Bodenstrahlung)
- Strahlenexposition durch Verzehr von Lebensmitteln (Ingestion)

4. Berechnungen bei Ableitung mit Luft

In der AVV werden für den Luftpfad Gleichungen zur Berechnung der Strahlenexposition auf den Pfaden β–Submersion, γ–Submersion, γ–Bodenstrahlung, Inhalation sowie Ingestion von pflanzlichen Produkten, Milch und Fleisch, s. Abb. 2, angegeben. Die Modelle sind einfache Blackbox– und Kompartmentmodelle, s. Abb. 3. Es wird von einer konstanten Emissionsrate ausgegangen.

Die Jahresdosis durch β–Submersion am betrachteten Ort ergibt sich durch Aufsummieren aller Dosisbeiträge bei den einzelnen Ausbreitungsbedingungen, bei denen die Aktivitätskonzentration in der Luft konstant ist. Es soll bei den Berechnungen mindestens eine 5–jährige Ausbreitungsstatistik verwendet werden. Bei der Berechnung der Aktivitätskonzentration in der Luft wird vom Gaußschen Ausbreitungsmodell ausgegangen. Dieses Modell ist praktisch auch ein Blackboxmodell. Die Faktoren zur Berechnung der bodennahen Aktivitätskonzentration sind die Ausbreitungsparameter. Sie wurden in umfangreichen Ausbreitungsexperimenten in der Kernforschungsanlage Jülich und im Kernforschungszentrum Karlsruhe für ebenes Gelände mit großem Baumbestand, d.h. großer Bodenrauhigkeit nach gemessenen Konzentrationen in Bodennähe ermittelt. Zur Berechnung der Windgeschwindigkeit mit der Höhe wird von einem Potenzansatz ausgegangen. Die Exponenten wurden von Manier nach Messungen am Fernsehturm in Hamburg abgeleitet. Es wird vorgeschlagen, die Ausbreitungsrechnungen für 30 Grad Sektoren durchzuführen. Um das Mäandern der Abluftfahne zu berücksichtigen, soll über die Sektorbreite von einer konstanten Aktivitätskonzentration ausgegangen werden. Die Abb. 4 zeigt als Beispiel den sogenannten Langzeitausbreitungsfaktor in Bodennähe. Ob mit den Ausbreitungsparametern die Aktivitätskonzentration in größerer Höhe ausreichend genau berechnet wird, kann nicht gesagt werden. Für Fälle, bei denen die Gebäude der betrachteten kerntechnischen Anlage oder Einrichtung sowie die Geländeform einen größeren Einfluß auf die Ausbreitung der radioaktiven Stoffe in der Atmosphäre haben, werden grobe Korrekturvorschriften angegeben. Für den Einfluß des Kühlturms bei Kernkraftwerken werden nur Hinweise gegeben. So kommt man im allgemeinen nicht umhin, die Veränderung der Ausbreitung bei stärker gestörtem Gelände gegenüber dem ungestörten Gelände durch Windkanalexperimente zu erfassen.

In gleicher Art wie die Dosisberechnung für β–Submersion erfolgt die für γ–Submersion. Aufgrund der großen Reichweite der γ–Strahlen in der Luft muß der Dosisbeitrag am

betrachteten Ort durch Radionuklide in allen Ausbreitungsrichtungen berücksichtigt werden. Die Dosisberechnung erfolgt nach der Erststoßmethode mit Dosisaufbaufaktoren. Während in der bisherigen "Allgemeinen Berechungsgrundlage" [5] nur Photonen bei einer Energie von 1 MeV betrachtet wurden, enthält die AVV jetzt 2 Gruppen unterhalb und oberhalb 0,2 MeV. Für vereinfachte Rechnungen, die sicher die Regel sein werden, wird eine vereinfachte Formel unter Berücksichtigung der größeren Ausbreitungsfaktoren für γ–Submersion unterhalb von 0,2 MeV angegeben. Die in der AVV angegebenen Dosisaufbaufaktoren und Korrekturfaktoren für den Einfluß des Bodens auf die γ–Submersion wurden in der GSF nach umfangreichen Monte–Carlo–Rechnungen abgeleitet. Die Änderungen gegenüber den bisherigen Rechenvorschriften in [5] sind bei einer Photonenenergie von 1 MeV gering. Es ist aber weiterhin unbefriedigend, daß die Dosisleistung durch γ–Submersion nur mit Hilfe von aufwendigen Rechenprogrammen berechnet werden kann. Wahrscheinlich werden in der Praxis wie bisher häufig die in der AVV enthaltenen Diagramme zur vereinfachten Ermittlung des Langzeitausbreitungsfaktors für γ–Submersion benutzt.

Im Gegensatz zur Dosisberechnung durch γ–Submersion kann bei der Dosisberechnung durch γ–Strahlen von auf dem Boden abgelagerten Radionukliden von einer örtlich konstanten flächenbezogenen Aktivität wie am betrachteten Ort ausgegangen werden. Hierdurch ist es möglich, den Beitrag der Photonen von allen Orten zur Dosisleistung am betrachteten Ort aufzusummieren und einen Dosisleistungsfaktor in Sv/s pro Bq/m^2 anzugeben. Es wird angenommen, daß am betrachteten Ort 50 Jahre lang die gleiche Aktivität abgelagert wird. In dem Kompartmentmodell wird nur der radiologische Zerfall berücksichtigt. Zur Berücksichtigung der Abschirmung durch den Boden wird ein Korrekturfaktor von 0,5 eingeführt.

Bei der Berechnung der Inhalationsdosis wird davon ausgegangen, daß sich die Person ständig im Freien am betrachteten Ort aufhält. Die Inhalationsdosisfaktoren sind Folgedosisfaktoren. Während die Strahlenexposition durch β–Submersion, γ–Submersion und γ–Bodenstrahlung Dosen im Kalenderjahr sind, ist die Inhalationsdosis eine Folgedosis aufgrund der Inhalation im betrachteten Jahr. Bei jährlich konstanter Emission und gleichen Ausbreitungsbedingungen sind die Werte konstant. Für die meisten Radionuklide ist die Jahresdosis im 50–ten Jahr gleich der Folgedosis aufgrund der Inhalation im betrachteten Jahr [12]. Nach der Strahlenschutzverordnung [1] sind die Körperdosen durch äußere Strahlenexposition während des betrachteten Zeitraums und die Folgedosen, die durch Aktivitätszufuhr im betrachteten Zeitraum bedingt sind, zu addieren. Die Jahresdosen im 50–ten Jahr sind gleich oder kleiner als die betrachtete Folgedosis.

Die Ingestionsdosis ergibt sich aus dem Produkt Aktivitätszufuhr und Ingestionsdosisfaktor. Entsprechend den Festlegungen in der StrlSchV über den jährlichen Lebensmittelverbrauch, siehe Tab. 1, werden die Lebensmittelgruppen pflanzliche Produkte ohne Blattgemüse, Milch einschließlich Milchprodukten und Fleisch einschließlich Fleischwaren betrachtet. Im allgemeinen erhalten die Menschen ihre Lebensmittel von ganz verschiedenen Orten. Es ist jedoch möglich, daß sich eine Person überwiegend von Lebensmitteln aus der unmittelbaren Umgebung der kerntechnischen Anlage ernährt. Damit auch im ungünstigsten Fall keine Person eine höhere Dosis als die Grenzwerte nach §45 StrlSchV erhält, verlangt der Gesetzgeber, daß die Referenzperson ausschließlich Nahrungsmittel

von den Orten erhält, bei denen sich die höchsten Körperdosen ergeben. Dies kann dazu führen, daß alle Lebensmittelgruppen von unterschiedlichen Orten in der Umgebung der kerntechnischen Anlage stammen. Falls im Augenblick Waldbestand oder eine andere Flächennutzung die Nutzung des Bodens für die Lebensmittelgruppe nicht gestattet, so müssen trotzdem die extremen Annahmen getroffen werden, um die Nutzung des Ortes in der Zukunft auf keinen Fall einzuschränken. Um zu entscheiden, von welchen Orten die Referenzperson die Nahrungsmittel erhält, die zu den höchsten Körperdosen führen, müssen die spezifischen Aktivitäten der einzelnen Radionuklide in den Nahrungsmittelgruppen an allen Orten in der Umgebung der kerntechnischen Anlage berechnet werden.

Die Berechnung der spezifischen Aktivität von H 3 und C 14 in pflanzlichen Produkten erfolgt nach dem nuklidspezifischen Aktivitätsmodell. Bei H 3 wird berücksichtigt, daß etwa 30 % des Tritiums in der Pflanze aus der Luftfeuchte und 70 % aus den Niederschlägen stammen. Bei allen anderen Radionukliden wird der Transport der Radionuklide von der Luft auf die oberirdischen Pflanzenteile und vom Boden in die Pflanze in der in Abb. 5 dargestellten Art behandelt. Es wird wieder ein einfaches Kompartmentmodell verwendet. Bei dem Anteil der Aktivität, der von der trockenen und nassen Ablagerung auf den oberirdischen Pflanzenteilen stammt, wird der radiologische Zerfall und der Verlust durch Wettereinflüsse betrachtet. Es wird jedoch vernachlässigt, daß bei Pflanzen außer Blattgemüse nur ein Bruchteil der Aktivität in den eßbaren Teil gelangt. Durch diese Vernachlässigung ist es möglich, nur mit einer Ablagerungsgeschwindigkeit und einem f_w–Wert (Anteil der durch Niederschlag auf die Pflanzen abgelagerten Aktivität) zu rechnen. Der Transport der Radionuklide vom Boden in den eßbaren Teil der Pflanze wird mit Hilfe von Transferfaktoren beschrieben. Bei den Daten wird zwischen Weidepflanzen und anderen Pflanzen unterschieden. Bei den Radionukliden, bei denen ausreichend Daten durch Untersuchungen in der Bundesrepublik vorliegen, wurden diese Werte zur Festlegung von Mittelwerten verwendet. Im anderen Fall wurde auf ausländische Untersuchungen zurückgegriffen.

Die spezifische Aktivität in der Milch und im Fleisch wird nach einem Blackboxmodell mit Hilfe von Transferfaktoren berechnet (s. Abb. 6). Es werden ausschließlich Kuhmilch und Rindfleisch betrachtet. Bei den Daten gilt das gleiche wie beim Transferfaktor Boden — pflanzliche Produkte.

Zur Berechnung der höchsten Körperdosen der Referenzperson sind alle Daten durch γ–Submersion und γ–Bodenstrahlung und im Fall der Haut zusätzlich durch β–Submersion sowie die durch Inhalation zu addieren, s. Abb. 7. Die ungünstigste Einwirkungsstelle ist der Ort, an dem sich die höchste Körperdosis durch äußere Strahlung und Inhalation außerhalb des Zaunes ergibt. Es wird angenommen, daß sich die Referenzperson immer dort aufhält. Zu diesen Körperdosen sind die durch Ingestion von Nahrungsmitteln, die zu den höchsten Körperdosen führen, zu addieren, s. Abb. 7. Jede so berechnete Körperdosis muß kleiner als der Dosisgrenzwert nach §45 StrlSchV sein.

Um einen Eindruck von den erzielbaren Ergebnissen zu geben, ist in Tab, 2 beispielhaft die maximale Aktivitätskonzentration bzw. spezifische Aktivität einiger wichtiger Radionuklide an ungünstigsten Orten um eine Wiederaufarbeitungsanlage in Wackersdorf angegeben. Wie bekannt ist, wurde der Bau dieser Anlage mittlerweile aufgegeben. Die Tab. 3 zeigt als Beispiel die berechneten maximalen Körperdosen im Kalenderjahr.

5. Berechnungen bei Ableitung mit Wasser

Für den Wasserpfad werden in der AVV ähnliche Gleichungen zur Berechnung der Körperdosen wie beim Luftpfad angegeben. Es werden nur Fließgewässer betrachtet. Die AVV enthält Gleichungen zur Berechnung der Strahlenexposition durch γ–Strahlen bei Aufenthalt auf Ufersedimenten, auf Überschwemmungsgebieten und Spülfeldern sowie Ingestion von Trinkwasser, Fisch, pflanzlichen Produkten, Milch und Fleisch. Es wird angenommen, daß die Radionuklide kontinuierlich mit dem Wasser des Vorfluters abgegeben werden. Es wird zwischen einem Nah– und Fernbereich unterschieden, für die gegebenenfalls getrennt Dosisberechnungen durchzuführen sind. Der Fernbereich ist der Bereich, bei dem eine vollständige Vermischung der Radionuklide über das gesamte Fließgewässer vorliegt. Dies ist bei den meisten zu betrachtenden Flüssen nach einigen 10 Kilometern gegeben. Zur Berechnung der spezifischen Aktivität im Schwebstoff wird eine Kontaktzeit von 5 Tagen, d.h. Gleichgewicht, angenommen. Der Nahbereich ist der Bereich mit einer sehr ausgeprägten Kühl– oder Abwasserfahne. Zur Berechnung der spezifischen Aktivität im Schwebstoff wird in diesem Bereich von einer Anlagerungszeit von 10 Stunden ausgegangen. Um die unterschiedlichen chemischen Eigenschaften der Elemente zu berücksichtigen, werden die Elemente in 3 Gruppen mit einer Halbwertszeit für die Anlagerung von 0 d, 1,5 d und 2,5 Tagen eingeteilt.

Bei der Berechnung der flächenbezogenen Aktivität des betrachteten Radionuklides bei Ufersedimenten und Überschwemmungsgebieten wird von einer kontinuierlichen Ablagerung der Sedimente, die durch eine Sedimentationsgeschwindigkeit beschrieben werden kann, ausgegangen. Für die praktischen Rechnungen wird wie im U.S. Regulatory Guide 1.109 aus dem Jahre 1977 [13] die Übergangskonstante K_e eingeführt. Diese Größe ist für alle 3 Elementgruppen und die beiden Entfernungsbereiche angegeben. Für Zwischenbereiche kann die Übergangskonstante nach der vorliegenden Anlagerungszeit berechnet werden. Bei Spülfeldern wird von ausgebaggerten Sedimenten ausgegangen. Für die Berechnung der mittleren spezifischen Aktivität der Sedimentschicht zum Zeitpunkt des Ausbaggerns wird wieder von einem einfachen Kompartmentmodell ausgegangen.

Die Berechnung der Körperdosen im Kalenderjahr erfolgt wie bei der Berechnung der Bodenstrahlung beim Luftpfad. Der Einfluß der anderen Geometrien wird durch Faktoren berücksichtigt.

Die Ingestionsdosis wird ganz ähnlich wie beim Luftpfad berechnet. Beim Trinkwasser wird keine Dekontamination des Flußwassers bei der Aufbereitung berücksichtigt. Bei Berechnung der spezifischen Aktivität des betrachteten Radionuklides im Fischfleisch wird Gleichgewicht angenommen. Ein großer Teil der Konzentrationsfaktoren wurde in der Bundesrepublik ermittelt. Die Berechnung der spezifischen Aktivität in pflanzlichen Produkten und Weidegras durch Beregnung erfolgt wie beim Luftpfad bei nasser Ablagerung. Auch die Berechnung der spezifischen Aktivität in Milch und Fleisch ist gleich. Gegenüber dem Luftpfad muß zusätzlich die Viehtränke mit Flußwasser berücksichtigt werden. Bei landwirtschaftlicher Nutzung von Überschwemmungsgebieten ist daneben die spezifische Aktivität in Milch und Fleisch zu betrachten. Die spezifische Aktivität in den Weidepflanzen ergibt sich aus der spezifischen Aktivität im abgelagerten Sediment mit Hilfe der Transferfaktoren Boden–Weidepflanze. Für die Berechnung der spezifischen Aktivität in pflanzlichen Produkten und Weidepflanzen bei Nutzung von Fluß– und Klärschlamm wer-

den keine Formeln angegeben, da dies örtlich recht unterschiedlich ist. Es lassen sich für die Berechnung der spezifischen Aktivität in pflanzlichen Produkten und Weidepflanzen ganz ähnliche Formeln angeben wie bei den betrachteten Expositionspfaden.

Die höchsten Körperdosen ergeben sich als Summe der höchsten äußeren Strahlenexposition bei Aufenthalt auf Ufersediment oder Überschwemmungsgebieten oder Spülfeldern und der inneren Strahlenexposition durch Ingestion. In allen drei Fällen der äußeren Strahlenexposition wird von einer maximalen Aufenthaltszeit von 1000 h ausgegangen.

Literaturverzeichnis

[1] Der Bundesminister für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit:
Verordnung über den Schutz vor Schäden durch ionisierende Strahlen. (Strahlenschutzverordnung — StrlSchV); Bundesgesetzblatt Teil I Nr. 34, S. 1321 — 1376, 12. Juli (1989).

[2] Der Bundesminister für Bildung und Wissenschaft:
Emissionsquellstärke von Kernkraftwerken, Empfehlung zur Bestimmung der zulässigen Emission radioaktiver Stoffe aus Kernkraftwerken in die Atmosphäre. Schriftenreihe Kernforschung 6 (1972).

[3] Der Bundesminister des Innern:
Allgemeine Berechnungsgrundlage für die Strahlenexposition bei radioaktiven Ableitungen mit der Abluft oder in Oberflächengewässer (Richtlinie zu §45 StrlSchV). Gemeinsames Ministerialblatt, 30. Jahrgang, Nr. 21, S. 369 — 436, 15. August (1979).

[4] Der Bundesminister des Innern:
Allgemeine Berechnungsgrundlagen für die Bestimmung der Strahlenexposition durch radioaktive Einleitungen in Oberflächengewässer, I. Fließgewässer. Empfehlung der Strahlenschutzkommission (1977).

[5] Der Bundesminister des Innern:
Allgemeine Berechnungsgrundlagen für die Bestimmung der Strahlenexposition durch Emission radioaktiver Stoffe mit der Abluft. Empfehlung der Strahlenschutzkommission (1977).

[6] Europäische Gemeinschaften:
Richtlinie des Rates vom 15. Juli 1988, 80/836/Euratom, Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften. 23. Jahrestagung, L. 246/1 — 246/72, 17. September (1980).

[7] Bundesregierung:
Allgemeine Verwaltungsvorschrift zu §45 Strahlenschutzverordnung: Ermittlung der Strahlenexposition durch die Ableitung radioaktiver Stoffe aus kerntechnischen Anlagen oder Einrichtungen. Bundesanzeiger Jahrgang 42, Nr. 64a, S. 1 — 23, 31. März (1990).

[8] Deutsche Gesellschaft für Ernährung e.V.:
Ernährungsbericht 1984. Frankfurt (1984).

[9] ICRP:
Radionuclide Transformations, Energy and Intensity of Emissions. Publication 38, Pergamon Press (1983).

[10] ICRP:
Limits for Intakes of Radionuclides by Workers. Publication 30, Part 1, Pergamon Press (1979).

[11] Bundesgesundheitsamt:
Zusammenstellung der Dosisfaktoren. Teil I, II und III. Bundesanzeiger 185a, 30. September (1989).

[12] Bonka, H.:
Strahlenexposition durch radioaktive Emissionen aus kerntechnischen Anlagen im Normalbetrieb. Verlag TÜV Rheinland (1982).

[13] U.S.N.R.C.
Regulatory Guide 1.109, Calculation of Annual Doses to Man from Routine Release of Reactor Effluents for the Purpose of Evaluating Compliances with 10 CFR Part 50, Appendix I (1977).

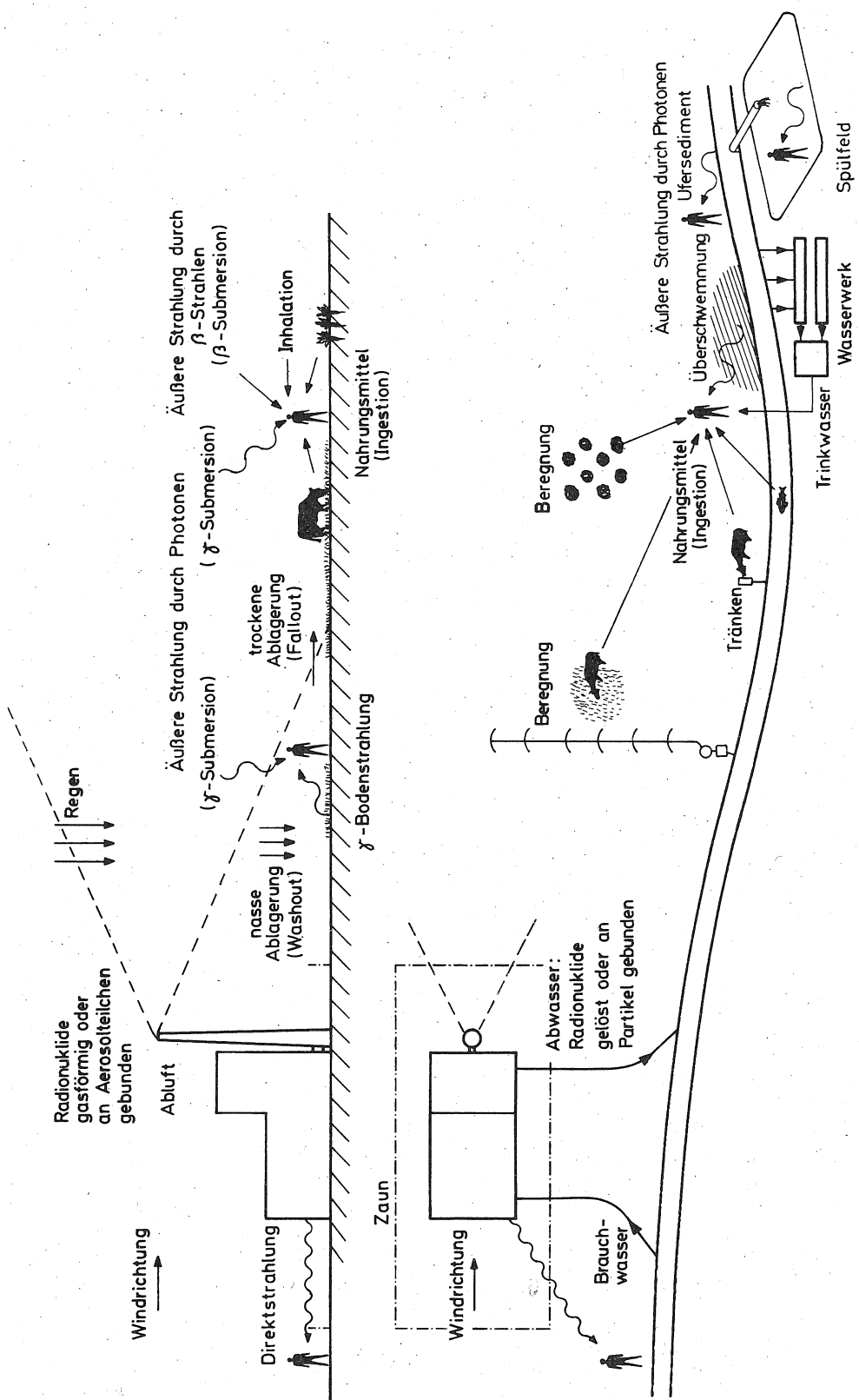


Abb. 1: Betrachtete Expositionspfade in der AVV bei Ableitung radioaktiver Stoffe mit Luft und Wasser

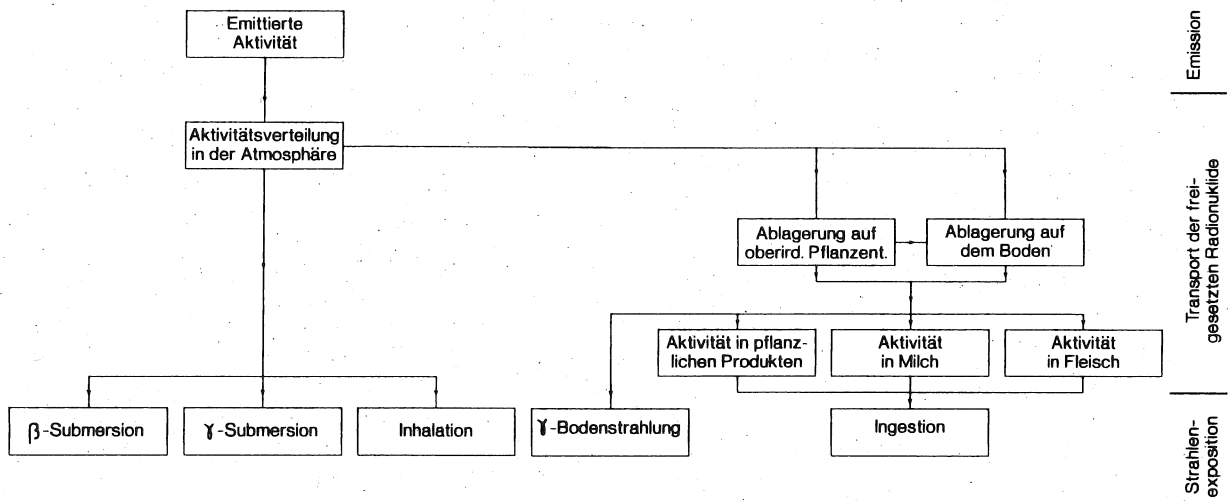
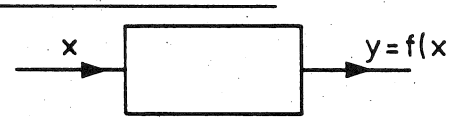


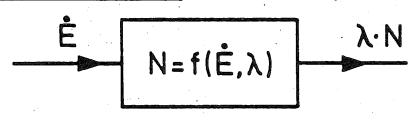
Abb. 2: Berechnung der Strahlenexposition bei Ableitung mit Luft nach der AVV

1. Blackboxmodell



$$y = T_{x \to y} \cdot x$$

2. Boxmodell (Kompartmentmodell)



$$\dot{N} = \dot{E} - \lambda \cdot N$$

$$N(t) = \frac{\dot{E}}{\lambda} \left[1 - \exp(-\lambda \cdot t)\right] \quad , \text{ bei } \dot{E} = \text{konst.}$$

Abb. 3: Blackbox- und Kompartmentmodell

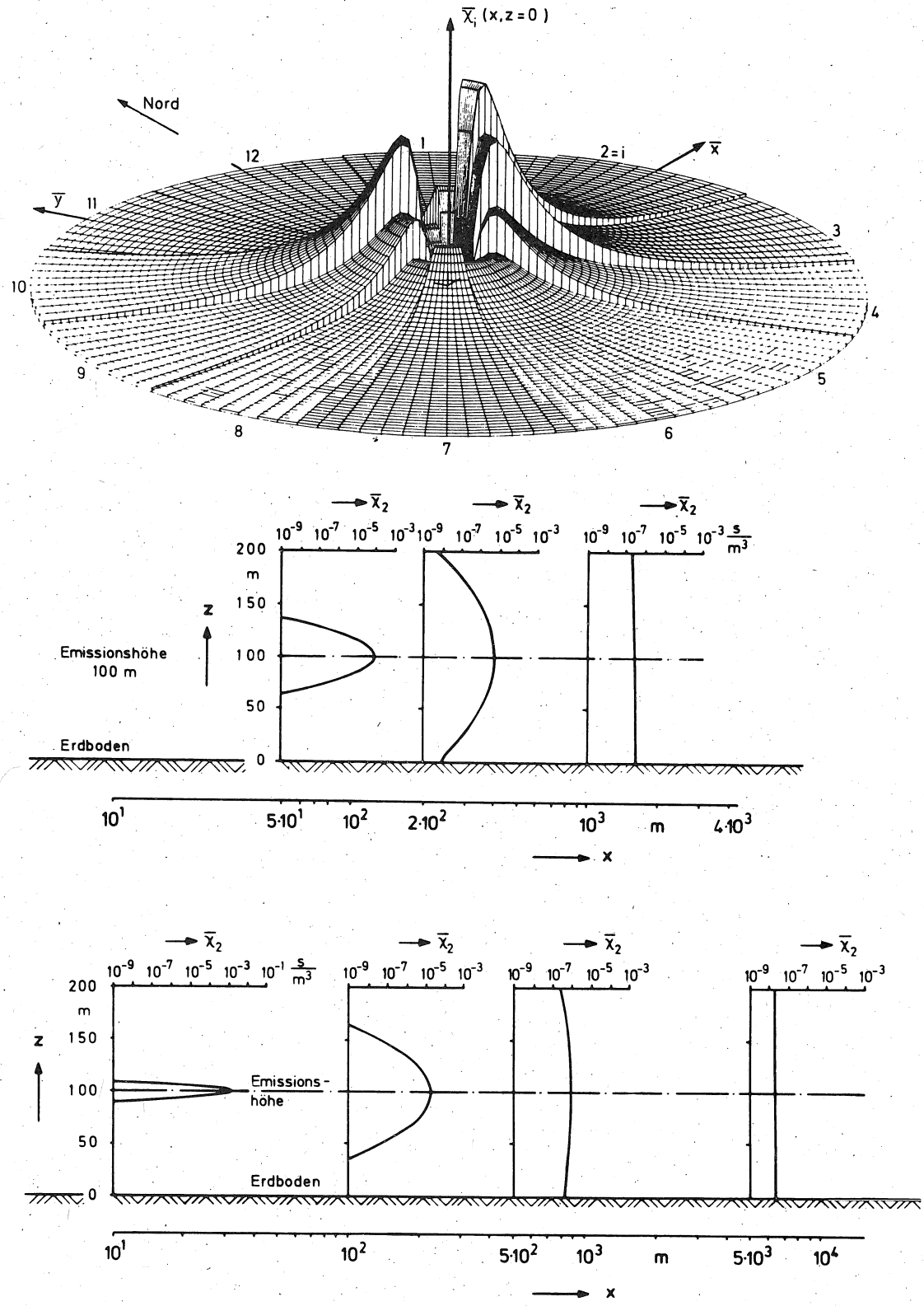


Abb. 4: Änderung des Langzeitausbreitungsfaktors mit der Höhe und dem Abstand vom Emissionsort /12/

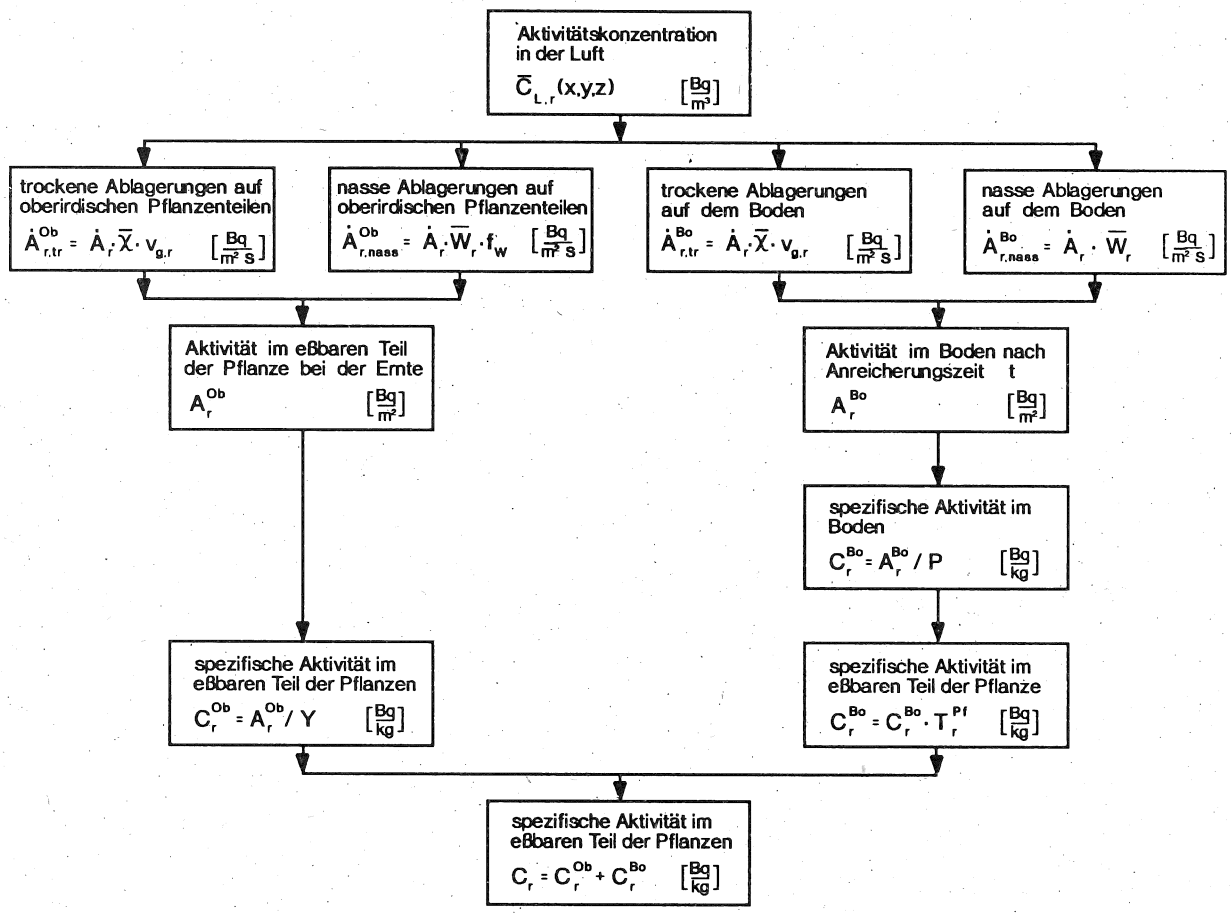


Abb. 5: Berechnung des Transports der Radionuklide von der Luft in den eßbaren Teil der Pflanze /12/

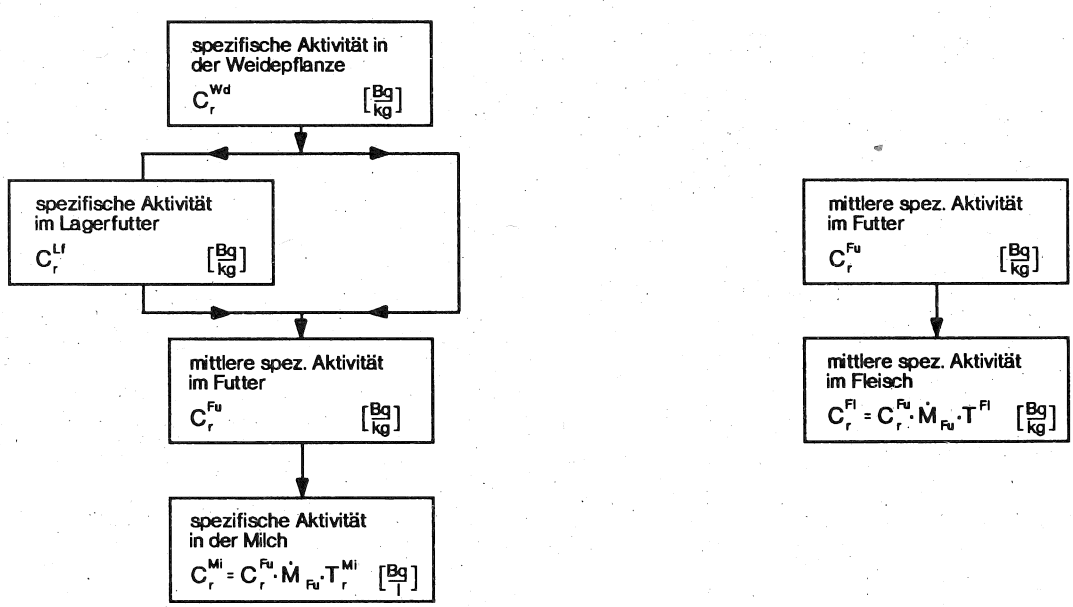


Abb. 6: Berechnung des Transports der Radionuklide von den Weidepflanzen in die Milch und ins Fleisch /12/

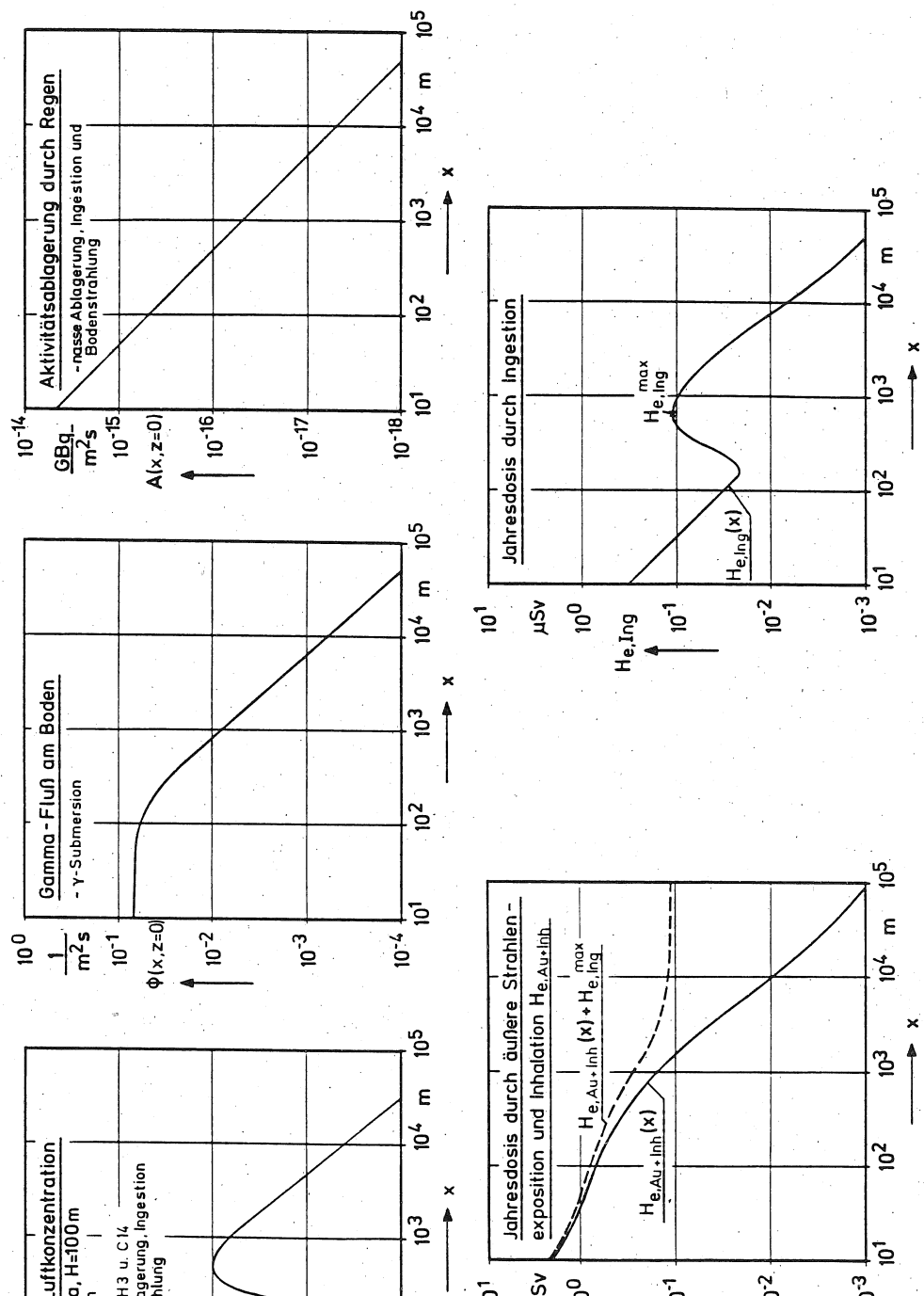


Abb. 7: Methode zur Berechnung der maximalen Körperdosen an der ungünstigsten Einwirkungsstelle

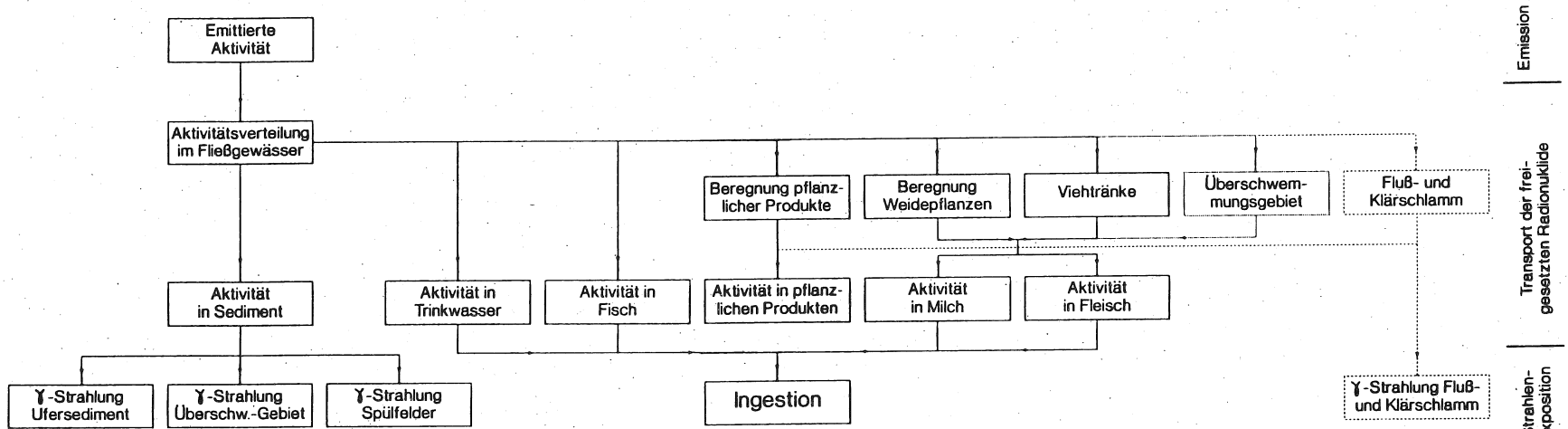


Abb. 8: Berechnung der Strahlenexposition bei Ableitung mit Wasser nach der AVV jeweils für den Nah- und Fernbereich

Lebensmittel	Jahresverbrauch	
	Erwachsener	Kleinkind
Trinkwasser	800 l	250 l
Fisch (Süßwasser)	20 kg	-
Milch (einschließlich Milchprodukte)	330 kg	200 kg
Fleisch (einschließlich Fleischwaren)	150 kg	20 kg
Pflanzliche Produkte,	500 kg	60 kg
davon entfallen auf:		
- Getreide und Getreideprodukte	190 kg	15 kg
- Obst und Obstsaft	100 kg	20 kg
- Wurzelgemüse (einschl. Kartoffeln)	170 kg	15 kg
- Blattgemüse	40 kg	10 kg

Tab. 1: Jährlicher Lebensmittelverbrauch der Referenzpersonen nach StrlSchV

Nuklid	spezifische Aktivität bzw. Aktivitätskonzentration								
	Luftpfad							Wasserpfad	
	bodennahe Luft [Bq/m³]	Boden		Bewuchs		Milch [Bq/kg]	Rindfleisch [Bq/kg]	Flußwasser [Bq/l]	Fisch [Bq/kg]
		Acker [Bq/kg]	Wiese [Bq/kg]	Pflanzen [Bq/kg]	Gras [Bq/kg]				
H 3	3			500	500	300	600	30	30
C 14	0,01			7	7	5	15		
Kr 85	200								
Sr 90	1,5E-6	0,15	0,07	0,04	0,08	0,01	3E-3	1,5E-3	0,05
J 129	5E-7	1,5	4	0,5	0,8	0,15	0,15		
J 131	3E-6	2E-4	6E-4	0,015	0,04	8E-3	1,4E-3		
Cs 134	4E-7	2E-3	5E-3	4E-3	5E-3	1E-3	2E-3	5E-4	0,5
Cs 137	2E-6	0,1	0,25	0,02	0,04	7E-3	0,014	2E-3	2
Pu 238	2E-7	0,01	0,025	1,5E-3	2E-3	1,5E-8	2E-6	1E-4	5E-4
Pu 239	2E-8	0,0015	0,003	1,5E-4	2E-4	1,5E-9	2E-7	1E-5	5E-5
Cm 244	1,5E-7	4E-3	0,01	1E-3	1,5E-3	2E-6	2E-5	4E-4	0,01

Tab. 2: Maximale Aktivitätskonzentrationen und spezifische Aktivitäten am ungünstigsten Ort um eine Wiederaufarbeitungsanlage bei 50-jährigem Betrieb in Wackersdorf (Bau wurde mittlerweile aufgegeben)

Organ	Dosen im Kalenderjahr in µSv		
	Referenzperson		Dosisgrenzwert nach § 45 StrlSchV
	Erwachsener	Kleinkind	
effektive Dosis	42	39	300
Haut	100	100	1 800
Lunge	27	27	900
Schilddrüse	410	320	900
rotes Knochenmark	36	34	300
Knochenoberfläche	44	34	1 800
Leber	30	28	900
unterer Dickdarm	26	28	900

Tab. 3: Potentielle Körperdosen im Kalenderjahr durch die Emission radioaktiver Stoffe mit der Fortluft einer Wiederaufarbeitungsanlage in Wackersdorf (Bau wurde mittlerweile aufgegeben)

FS & VSS: "GEMEINSAM FÜR DEN STRAHLENSCHUTZ"
19./20. Oktober 1990, Berlin-Karlshorst

S T R A H L E N S C H U T Z I N D E R S C H W E I Z : KONZEPTE UND BESONDERHEITEN BEI DER ÜBERWACHUNG VON PERSONEN, BETRIEBEN, BEVÖLKERUNG UND UMWELT

H. VÖLKLE, Sektion Überwachung der Radioaktivität des Bundesamtes für Gesundheitswesen, rue du Musée 3, CH-1700 FRIBOURG/Schweiz

Zusammenfassung

Ausgehend von der in der Schweiz gegenwärtig gültigen Gesetzgebung auf dem Gebiet des Strahlenschutzes werden Konzepte und Vorschriften betreffend den Schutz von Mensch und Umwelt vor Radioaktivität und ionisierender Strahlung dargestellt. Es werden die Amtsstellen vorgestellt, die zuständig sind für Bewilligung und Überwachung von Kernanlagen, medizinische Bestrahlungsanlagen und Betrieben, die radioaktive Stoffe verarbeiten sowie für den Schutz der beruflich strahlenexponierten Personen. Schliesslich wird die Radioaktivitätsüberwachung der Umwelt und die sich für die Bevölkerung ergebenden Strahlendosen beschrieben, wobei besonders auf die Strahlenexposition durch Radon in Wohnräumen eingegangen wird.

1) Einleitung

Der Strahlenschutz in der Schweiz richtet sich nach der ***Verordnung über den Strahlenschutz*** vom 30.6.1976, die sich auf das ***Bundesgesetz über die friedliche Verwendung der Atomenergie und den Strahlenschutz*** vom 23.12.1959 abstützt. Bis im Herbst 1990 war im Parlament ein neues ***Strahlenschutzgesetz*** in Beratung und die Strahlenschutzverordnung wird gegenwärtig revidiert. Die jetzt noch gültige (alte) Strahlenschutzverordnung (SSVO) basiert auf den Empfehlungen der Internationalen Strahlenschutzkommission (ICRP) von 1959; es geht daher bei der Neufassung auch darum, die neuesten Dosisfaktoren und Empfehlungen der ICRP soweit möglich zu übernehmen und weitere neue Erkenntnisse auf dem Gebiet des Strahlenschutzes in Praxis umzusetzen. Dazu gehört auch die definitive Einführung der neuen Strahlenschutzgrössen und -Einheiten (z.B. die effektive Äquivalentdosis H_E, bzw. das Becquerel und das Sievert, deren Gebrauch sich schon längst eingebürgert hat) sowie die Festlegung von Toleranz- und Grenzwerten für die Konzentration von Radionukliden in Lebensmitteln. Das neue Gesetz bzw. die neue Verordnung sind jedoch noch nicht in Kraft weshalb in der folgenden Zusammenstellung der ***Ist-Zustand*** beschrieben wird. Die Zuständigkeit und die Organisation für den Fall gefährlich erhöhter Radioaktivität (z.B. KKW-Unfall) sind in einer gesonderten Verordnung geregelt auf die hier nicht eingegangen wird.

2) Überwachungsphilosophie (Abb. 1)

Das Hauptziel ist der Schutz des Menschen vor Radioaktivität und ionisierender Strahlung; als Schutzziel werden daher Dosisrichtwerte festgelegt, einerseits für die Bevölkerung als gesamtes, andererseits auch für Einzelpersonen der Bevölkerung und für beruflich strahlenexponierte Personen (Diese Limiten gelten jedoch nicht für medizinische Anwendungen an Patienten). Da die Strahlendosen der Bevölkerung (im Gegensatz zu denjenigen der beruflich strahlenexponierten Personen) nicht im einzelnen und dauernd überwacht werden können, legt die SSVO auch Immissionsgrenzwerte für Luft und Wasser im öffentlichen Bereich fest, deren Einhaltung von behördlichen Stellen überwacht wird.

Kernkraftwerke, Betriebe oder Spitäler, die radioaktive Stoffe herstellen oder verarbeiten benötigen eine Betriebsbewilligung und werden von der Aufsichtsbehörde laufend kontrolliert. In der Betriebsbewilligung werden die maximal erlaubten Radioaktivitätsabgaben an die Umwelt so limitiert, dass die Immissionsgrenzwerte an keinem Ort und zu keiner Zeit überschritten werden können. Die Genehmigungsbehörde kann aufgrund des Standes von Wissenschaft und Technik die Abgaben noch zusätzlich einschränken, insbesondere auch dann, wenn mehreren Betrieben in der gleichen Region sind, dies um sicherzustellen, dass die Emissionen aller Betriebe zusammen auch unter ungünstigsten Voraussetzungen zu keiner Überschreitung der Immissionsgrenzwerte führen können.

3) Grenzwerte für die Strahlendosen (Abb. 2)

Die Grenzwerte für die Strahlendosen (Ganzkörper- bzw. Organdosen) beruflich strahlenexponierter Personen sowie die Richtwerte für Radionuklidkonzentrationen in Atemluft und Trinkwasser während der Arbeitszeit in der SSVO sind aus den eingangs erwähnten ICRP-Empfehlungen übernommen. Sie benötigen daher keiner zusätzlichen Erläuterungen.

Für Einzelpersonen der Bevölkerung gelten für die maximal zulässigen Strahlendosen 1/10 der Werte für Berufstätige bzw. 1/30 bei den Atemluft- und Trinkwasser-Richtwerten; der zusätzliche Faktor 1/3 kommt von der Umrechnung der Exposition während der Arbeitszeit in eine Dauerexposition. Am Arbeitsplatz wird eine Atemrate von 10 m^3/Tag an 5 Tagen pro Woche und 50 Wochen pro Jahr angenommen, sowie einen Trinkwasserverbrauch von 1.1 Liter pro Tag an 5 Tagen pro Woche und 50 Wochen pro Jahr. Bei Dauerexposition wird eine tägliche Atemrate von 20 m^3 und ein täglicher Trinkwasserverbrauch von 2.2 Liter angenommen.

4) Zuständigkeiten (Abb. 3 und 4)

Gemäss den aktuellen Gesetzen und Verordnungen liegt die Zuständigkeit betreffend Atomenergie, Radioaktivität und Strahlenschutz grundsätzlich bei Instanzen des Bundes. Es sind dies das ***Bundesamt für Energiewirtschaft*** (BEW) mit seiner ***Haupt-***

abteilung für die Sicherheit der Kernanlagen (HSK) im Eidg. Verkehrs- und Energiewirtschaftsdepartement (EVED), das *Bundesamt für Gesundheitswesen* (BAG) mit seiner *Abteilung Strahlenschutz* im Eidg. Departement des Innern (EDI) und die *Schweizerische Unfallversicherungsanstalt* (SUVA). Die ersten beiden der genannten Instanzen sind für die Anlagen zur Gewinnung von Kernenergie, für den Brennstoffkreislauf und die radioaktiven Abfälle aus den KKW zuständig, die letzteren für die übrigen Bereiche, sowie den Strahlenschutz der Öffentlichkeit.

Unterstützt und beraten werden die Departemente und Ämter durch die ihnen zur Seite gestellten zuständigen Eidgenössischen Fachkommissionen: Die *Kommission für die Sicherheit der Atomanlagen* (KSA), die *Kommission für Strahlenschutz* (EKS) mit ihrer Expertengruppe Personendosimetrie und die *Kommission zur Überwachung der Radioaktivität* (KUER).

Was die Eichung und Kalibrierung von Strahlenquellen und Messgeräten betrifft, ist das *Eidgenössische Amt für Messwesen* in Bern zuständig, das diese Bereiche zusammen mit dem *Paul Scherrer Institut* (PSI, früher EIR) in Würenlingen-Villigen und dem *Institut de Radiophysique appliquée* (IRA) der Universität Lausanne bearbeitet.

5) Bewilligungen für den Umgang mit radioaktiven Stoffen und den Betrieb von Anlagen zur Erzeugung ionisierender Strahlung

In der Schweiz sind rund 14'000 medizinische Röntgenanlagen in Betrieb, davon 4000 im Bereich der Dentalmedizin und 4000 bis 5000 in medizinischen Privatpraxen. In Forschung und Industrie werden rund 300 technische Röntgenanlagen betrieben. Im weiteren werden in der Medizin rund 120 Oberflächentherapieanlagen, rund 70 Tiefentherapiegeräte, rund 25 Linearbeschleuniger und etwa 20 Co-60- oder Cs-137-Bestrahlungsanlagen eingesetzt. Die Anzahl der vom Bundesamt für Gesundheitswesen (BAG) oder der Schweizerischen Unfallversicherungsanstalt (SUVA) an industrielle, medizinische, Forschungs- und Handlungsbetriebe erteilten Genehmigungen für den Umgang mit radioaktiven Stoffen beläuft sich auf rund 2000. Eine Datenbank zur elektronischen Erfassung des gesamten Bewilligungswesens ist im BAG im Aufbau. Die Typenprüfung und Zulassung von Gebrauchsgegenständen und Geräten die radioaktive Stoffe enthalten (z.B. Röntgenanlagen, Uhren, Rauchmelder, Tritiumleuchtquellen) entfällt ebenfalls in den Kompetenzbereich des BAG. (Mitgeteilt durch Herrn E. Elmer, Chef der Sektion Betriebskontrolle im BAG).

Radioaktive Abfälle aus dem nicht-nuklearen Bereich werden vom BAG gesammelt und an das Paul Scherrer Institut zur Konditionierung und Zwischenlagerung abgeliefert. In einer Sonderaktion wurden in den letzten Jahren u.a. auch Keramikplatten (Fliesen) mit uranhaltiger Glasur aus Wohnhäusern eingesammelt.

6) Umgebungsüberwachung bei Betrieben und Spitälern

Betreffend die Herstellung bzw. Verarbeitung von Radionukliden in Betrieben ist nebst der Erzeugung von Radiopharmaka oder etwa der Herstellung von Rauchgasmeldern vor allem die Leuchtfarbenindustrie zu erwähnen. In diesen Betrieben werden grössere Mengen von Tritium für die Herstellung von Gas-Leuchtquellen und Leuchtfarbe für Uhrenzifferblätter verarbeitet. Da hierzu bis in die 60er-Jahre noch Radium verwendet wurde, waren bei einigen dieser Betriebe und Leuchtfarbensetzereien (z.T. wurden die Zifferblätter auch in Heimarbeit mit Radiumleuchtfarbe bemalt) umfangreiche Kontrollen und Sanierungsarbeiten bei der Freigabe dieser Gebäude oder Gelände für andere Zwecke erforderlich. Probleme ergaben sich in einigen Fällen durch Radon, das aus Radiumrückständen in Abfalldeponien und Kanalisationen z.T. über den Erdboden in benachbarte Häuser gelangt.

Bei den zwei Industriebetrieben, die Tritium in grösseren Mengen zu Leuchtfarben bzw. zu Tritiumgas-Leuchtquellen verarbeiten, werden in der Umgebung Niederschläge (bei einem Betrieb auch die Luftfeuchte) und Oberflächengewässer (Bäche, Quellen) regelmässig auf Tritium untersucht. Bei beiden Betrieben werden von Zeit zu Zeit auch Tritiumuntersuchungen im Urin von Anwohner durchgeführt. Diese Urinuntersuchungen ergaben an beiden Orten, dass die Tritium-Dosen über Inhalation bei den Bewohnern in der Nahumgebung unter ein Zehntel milli-Sievert pro Jahr liegen.

Bei Industriebetrieben und Spitälern, die radioaktive Stoffe verwenden wird entsprechend den Mengen an Radioaktivität, die verarbeitet wird, bzw. an die Umwelt abgegeben werden kann, entschieden, ob und in welcher Form eine Umgebungsüberwachung erforderlich ist. Sind beispielsweise in der gleichen Region mehrere Betriebe (z.B. Leuchtfarbensetzereien) und Spitäler, die nur geringe Mengen an radioaktiven Stoffen über das Abwasser abgeben, so genügt i.a. eine Überwachung des Wassers am Ausfluss der regionalen Kläranlage. Dies geschieht in der Schweiz bei den Städten Zürich, Bern, Basel, Lausanne und La Chaux-de-Fonds anhand wöchentlicher Sammelproben. Bei Abfalldeponien, auf denen ev. früher radioaktive Rückstände (Tritium, Radium etc.) beseitigt wurden, werden die Sicker- und Drainagewässer durch die Erhebung von Stichproben periodisch untersucht.

7) Überwachung der beruflich strahlenexponierten Personen (Abb. 5 bis 7)

Beruflich strahlenexponierte Personen werden physikalisch durch Dosimetrie und medizinisch durch regelmässige ärztliche Untersuchungen überwacht. Die Dosimetrie wird zum grösseren Teil von privaten Dosimetriestellen durchgeführt, die jedoch vom Bundesamt für Gesundheitswesen anerkannt sein müssen. Die Expertengruppe Personendosimetrie der Eidg. Kommission für Strahlenschutz (EKS) bearbeitet, bewertet und veröffentlicht die Ergebnisse. Das Bundesamt für Gesundheitswesen baut gegenwärtig ein zentrales Dosisregister auf für die Daten aller beruflich strahlenex-

ponierten Personen in der Schweiz (Datenbank mit Datenfernübertragung).

Während der medizinische Bereich das grösste Kontingent an beruflich strahlenexponierten Personen darstellt, entfällt jedoch die grösste Kollektivdosis auf die zahlenmässig kleinste Gruppe, nämlich die Beschäftigten in den Kernkraftwerken. Langfristig haben die Bemühungen, das ALARA-Prinzip bei der Überwachung der beruflichen Strahlenexposition anzuwenden, in allen Bereichen zu einer stetigen Abnahme der jährlichen Kollektivdosen geführt.

8) Überwachung der Kernkraftwerke (Abb. 8 und 9; Tabelle 1)

In der Schweiz sind an vier Standorten Kernkraftwerke in Betrieb: **Beznau** (KKB; 2 x 364 MWe; DWR, Inbetriebnahme 1969 und 1971), **Mühleberg** (KKM; 1 x 336 MWe; SWR, Inbetriebnahme 1972), **Gösgen-Däniken** (KKG; 1 x 970 MWe; DWR, Inbetriebnahme 1979) und **Leibstadt** (KKL; 1 x 1045 MWe; SWR, Inbetriebnahme 1984).

Bei den Kernkraftwerken (KKW) werden in der Betriebsbewilligung strenge Auflagen bezüglich Abgaben radioaktiver Stoffe über Abluft und Abwasser an die Umwelt gemacht. Inbesondere wird auch eine dauernde Bilanzierung und eine radiologische Umgebungsüberwachung verlangt. Die Aufsichtsbehörde (HSK) überwacht die Anlagen zusätzlich durch eigene Messungen und Kontrollen. Die radiologische Umgebungsüberwachung wird gemäss einem von HSK und KUER aufgestellten Programm durchgeführt (vergl. Tabelle 1). An diesem Programm sind nebst diesen beiden genannten Stellen auch das Werk und weitere Laboratorien des Bundes und der Kantone beteiligt. Gegenwärtig ist für jede Anlage ein automatisches Fernüberwachungsnetz für die Ortsdosisleistung (ODL) in Planung, das auch meteorologische Messwerte und eine Auswahl von Anlageparametern übertragen wird (MADUK).

Die Maximalwerte für die Radioaktivitätsabgaben aus KKW werden von der Genehmigungsbehörde so festgelegt, dass keine Person der Umgebungsbevölkerung, auch unter ungünstigsten Voraussetzungen, mehr als 0.2 milli-Sievert/Jahr durch die Emissionen des Werkes akkumulieren kann (HSK-Konzept R-11). Das Konzept des quellenbezogenen Dosisrichtwertes, gemäss dem ein Betrieb nur einen Teil des Immissionsgrenzwertes (die Belastung über Atemluft und Trinkwasser zusammen soll gemäss SSVO bei der Umgebungsbevölkerung 1 milli-Sievert/Jahr nicht überschreiten) für sich ausschöpfen darf, ist hier bereits in die Praxis umgesetzt. Die bei dieser Festlegung verwendeten Ausbreitungs- und Dosis-Berechnungsmodelle stimmten weitgehend mit denjenigen in der Bundesrepublik Deutschland überein. Im weiteren darf eine allfällige Direktstrahlung am Zaun der Anlage zu einer Ortsdosisleistung (ODL) von höchstes 0.1 milli-Sievert/Woche führen. Bei Zwischen- und Unfällen soll gemäss HSK-Konzept das Produkt aus maximaler Bevölkerungsdosis und Eintretenswahrscheinlichkeit pro Jahr den Wert von 0.01 milli-Sievert/Jahr nicht übersteigen.

Die Strahlendosen der Umgebungsbevölkerung werden, basierend auf

den Emissionen der KKW, mittels der obgenannten Rechenmodell bestimmt. Dabei handelt es sich um konservative Rechnungen, die die maximal möglichen Dosen unter den ungünstigsten Voraussetzungen angeben; die tatsächlichen Personendosen in der Nahumgebung dürften etwa eine Grössenordnung tiefer sein. Die Werte (vergl. Abb. 9) zeigen insgesamt, wenn man vom Harz-Zwischenfall im KKW Mühleberg vom September 1986 absieht, einen stetigen Rückgang der Dosen der Umgebungsbevölkerung als Folge einer laufenden Verbesserung von Anlage und Brennstoffhüllen und der Anpassung an den neuesten Stand der Technik.

Im Rahmen der ***Deutsch - Schweizerischen Kommission für die Sicherheit kerntechnischer Einrichtungen*** (DSK) findet ein regelmässiger Informations- und Erfahrungsaustausch statt zwischen deutschen und schweizerischen Fach- und Amtsstellen.

9) Überwachung der Umweltradioaktivität im allgemeinen

Die Überwachung der Radioaktivität der Umwelt erfolgt in der Schweiz seit 1956 gemäss dem Mess- und Probenahmeplan der Eidg. Kommission zur Überwachung der Radioaktivität (KUER). Anfangs galt es, die Auswirkungen der Kernwaffenversuche (radioaktiver Fallout) in Luft, Niederschlägen, Boden, Pflanzen, Nahrung und im menschlichen Körper zu verfolgen. Später trat dann die Überwachung von Kernanlagen und Betrieben, die radioaktive Stoffe verarbeiten in den Vordergrund. Dennoch wird auch heute die grossräumige Radioaktivitätsüberwachung im ganzen Lande weitergeführt. Sie hat insbesondere nach dem Reaktorunfall Tschernobyl ihre Notwendigkeit und Zweckmässigkeit bewiesen.

Der Überwachungsplan für die Umweltradioaktivität umfasst im wesentlichen (mit Ausnahme gewisser Spezialmessungen und der Programme, die in der Nahumgebung der Kernanlagen und anderen Betrieben durchgeführt werden) die folgenden regelmässigen Untersuchungen:

1) Die Radioaktivität der **Aerosole** der Luft wird durch kontinuierlicher Sammlung auf Filtern (ca. 30 - 50 m^3/h) mit direkter Gesamt-Beta-Messung an 6 Standorten z.T. in der Nähe der Landesgrenze (Morges/VD, Fribourg, Saignelégier/JU, Stein/AG, Romanshorn/TG, Davos-Weissflujoch/GR und Locarno-Monti/TI) überwacht, ergänzt durch zwei automatische Schrittfiltergeräte mit direkter und verzögerter Gesamt-Beta-Messung (Jungfraujoch und Zürich). Von gewissen Stationen werden die Filter zudem monatlich mittels Gamma-Spektrometrie analysiert. Eine Erneuerung dieser (z.T. 30 Jahre alten) Geräte und die Einrichtung einer Datenfernübertragung für die Gesamt-Beta-Aktivität ist in Planung. 1990 wurden zudem zwei Hochvolumenaerosolsammler (500 m^3/h) beschafft.

2) Die **Niederschläge** werden an 5 Stationen (Cernier/NE, La Valsainte/FR, Fribourg, Davos/GR und Locarno-Monti/TI) mit geheizten Regensammeltrichtern (Fläche = 1 m^2) wöchentlich gesammelt und monatlich mittels Gamma-Spektrometrie (früher

Gesamt-Beta-Messung) und auf Tritium analysiert.

3) Auf die gleiche Art untersucht werden kontinuierlich gesammelte **Wasserproben** aus dem Rhein (Schmitter/SG oberhalb Mündung in den Bodensee; Rekingen/AG oberhalb Aaremündung und Village-Neuf unterhalb Basel), der Rhone (Porte du Scex/VS oberhalb Mündung in den Genfersee und Chancy/GE unterhalb Genf) sowie dem Doubs bei St. Ursanne/JU. Von den übrigen Flüssen (Ticino, Inn, Tresa) werden nur Stichproben untersucht.

4) Stichproben von **Erde, Gras, Milch und Getreide** werden an 12 - 20 Stellen in der ganzen Schweiz halbjährlich oder jährlich erhoben und mittels Gamma-Spektrometrie und Sr-90-Messung überwacht. Dabei werden auch Proben aus der Alpenregion (Davos-Stillberg und Mürren/BE) untersucht.

5) Untersuchungen **weiterer Lebensmittel** (Gemüse, Fleisch, Wild, Fische, Pilze etc.), **Sr-90-Messungen an Knochen von Verstorbenen, Ganzkörpermessungen** (Cs-134- und Cs-137-Bestimmungen) sowie **weitere Spezialmessungen** (C-14 im Baumblättern, Kr-85 in der Luft etc.) werden nach speziellen Plänen durchgeführt.

Die bei der Umweltüberwachung angewendeten Probenahme- und Messverfahren sind weitgehend dieselben wie in der Bundesrepublik Deutschland. Im Rahmen des ***Fachverbandes für Strahlenschutz*** (Arbeitskreise ***Umweltüberwachung*** und ***Dosismessung externer Strahlung)*** besteht hierüber ein langjähriger und intensiver Erfahrungsaustausch und die entsprechenden Probenahme- und Messverfahren sind in der Loseblatt-Sammlung des AKU/FS beschrieben. An den Messungen sind in der Schweiz nebst den bereits genannten Fachstellen und Laboratorien des Bundes, der Eidg. Technischen Hochschulen in Zürich und Lausanne und deren Annexanstalten (Eidg. Anstalt für Wasserversorgung, Abwasserreinigung und Gewässerschutz [EAWAG] und Paul Scherrer Institut [PSI]) auch teilweise Laboratorien der Universitäten sowie kantonalen Laboratorien der Lebensmittelkontrolle (vor allem bei der Lebensmittelüberwachung) beteiligt. Die Ergebnisse, deren Interpretation sowie die sich daraus ergebenden Strahlendosen der Bevölkerung, sind u.a. in den regelmässig erscheinenden KUER-Berichten zuhanden des Bundesrates veröffentlicht.

Die moderne Computertechnik und die Möglichkeiten der Datenfernübertragung erlauben es heute, gewisse Überwachungsverfahren zu automatisieren. So besteht seit 1986 ein Netz zur Fernüberwachung der Ortsdosisleistung (NADAM; ausgerüstet mit GM-Zählrohren) mit heute 57 Stationen in der ganzen Schweiz, die ihren Messwert alle 10 Minuten automatisch an die ***Nationale Alarmzentrale*** (NAZ) übermitteln (via automatisches Wetterbeobachtungsnetz der Schweizerischen Meteorologischen Anstalt). Ein entsprechendes Netz für die automatische Überwachung der Radioaktivität der Aerosole an voraussichtlich 6 bis 10 Standorten durch Alpha/Beta-Messung ist in Planung (Erneuerung FWP-Netz), ebenso eine Daten-

fernübertragung mit zentraler Datenbank, die alle an den Radioaktivitätsmessungen beteiligten Laboratorien und Amtsstellen verbindet (PHOENIX).

10) Strahlenexposition der Bevölkerung (Abb. 11 uns 12)

Die mittleren Strahlendosen der Bevölkerung aus den verschiedenen natürlichen und zivilisationsbedingten Ursachen und deren Variationsbereiche sind in der Abb. 11 graphisch aufgetragen. Die gesamte, durchschnittliche Strahlenexposition der Schweizer Bevölkerung (effektive Dosis) beträgt somit rund 5 milli-Sievert pro Jahr. Davon entfallen je etwa ein Viertel auf die natürliche Strahlung und die Dosen durch medizinische Anwendungen, weitere etwa 6 % auf künstliche Strahlenquellen (inkl. Kernenergie und Auswirkungen des Reaktorunfalles Tschernobyl). Der grösste Anteil jedoch, nämlich durchschnittlich 46 %, entfällt auf die Strahlenexposition durch Radon im Wohnbereich. Dabei hebt sich dieser Beitrag nicht nur bezüglich des Mittelwertes sondern vor allem auch bezüglich der Extremwerte von bis 150 milli-Sievert pro Jahr deutlich von den andern Dosisbeiträgen ab, weshalb im folgenden noch darauf eingegangen wird. Eine Abschätzung der gesundheitlichen Auswirkungen der Strahlendosen durch künstliche Radioaktivität (incl. Auswirkungen des Reaktorunfalles in Tschernobyl) ergibt rein rechnerisch mit Hilfe der neuen ICRP-Risikofaktoren eine hypothetische Zunahme der Krebshäufigkeit von weniger als einem halben Prozent. Dies ist so wenig, dass es auch mittels grossflächiger epidemiologischer Untersuchungen nicht nachweisbar sein wird.

Radon im Wohnbereich dürfte jedoch für etwa einen Sechstel der in der Schweiz gegenwärtig auftretenden Lungenkrebsfälle verantwortlich sein und schon bei Voruntersuchungen in einzelnen Wohnhäusern wurden teilweise sehr hohe Konzentrationen gefunden. Der Schweizerische Bundesrat hat deshalb 1986 ein nationales Radon-Untersuchungsprogramm (RAPROS) genehmigt. Es beinhaltet nationale Radon-Erhebungsmessungen und bearbeitet unter Beteiligung aller entsprechenden Fachstellen des Bundes Fragen zur Geologie, Herkunft und Ausbreitung des Radons, zum Einfluss von Baumaterialen, Bautyp und Dichtheit der Gebäudehüllen sowie betreffend geeigneter Sanierungsmethoden für Häuser mit hohen Radon-Pegeln.

Die bisherigen Radon-Erhebungen (die noch nicht abgeschlossen sind) ergaben aus Messungen in über 2000 Wohnräumen, nach Gewichtung der Stichprobe bezüglich Haustyp und regionaler Bevölkerungsdichte, einen arithmetischen Mittelwert im Bereich von 80 Bq/m^3 (Abb. 12). Für den Radon-Pegel im Hausinnern spielt, nebst dem Radium-Gehalt im Erdboden, vor allem die Permeabilität des Bauuntergrundes für das Radon-Gas eine wichtige Rolle. Baumaterialien und Trinkwasser tragen dagegen in der Schweiz zum Radon-Gehalt im Hausinnern nicht wesentlich bei. In einigen Fällen konnten bereits Sanierungsversuche an Häusern mit hohen Pegeln erfolgreich abgeschlossen werden. Ein weiterer Schritt wird die Erarbeitung eines nationalen Radon-Konzeptes sein, das

es ermöglicht, die Radon-Konzentrationen in Wohnhäusern systematisch zu erfassen, die Häuser mit hohen Pegeln zu finden und durch geeignete Massnahmen zu sanieren. Auf der Abb. 12 sind als Beispiele einige der bisher in andern Ländern bzw. von internationalen Organisationen abgegebenen Empfehlungen für Radon-Interventionsschwellen eingezeichnet.

11) Schlussbemerkungen

Mit dem neuen Strahlenschutzgesetz, das nun von der "friedlichen Verwendung der Atomenergie" entkoppelt ist, wird der Strahlenschutz in der Schweiz auch vor dem Gesetz selbständig. Dank dem Einsatz und der guten Zusammenarbeit aller am Personenschutz und der Umweltüberwachung beteiligten Stellen konnte in unserem Lande trotz bescheidenem personellem und materiellem Aufwand eine effiziente Überwachung und ein optimaler Schutz sowohl der Berufstätigen wie auch der Öffentlichkeit vor Radioaktivität und Strahlung erreicht werden.

Mit der Anwendung der neuen Empfehlungen und Dosisfaktoren der ICRP in der Neufassung der SSVO wird auch die Ausführungsgesetzgebung auf den aktuellsten Stand der Wissenschaft gebracht. Dies ermöglicht zudem auch eine Annäherung an die entsprechenden Vorschriften im Europäischen Raum. So kann sichergestellt werden, dass auch in Zukunft das Risiko durch Anwendungen von Radioaktivität und Strahlung bei optimalem Nutzen so klein wie möglich gehalten wird.

12) Quellenangaben

1) Bundesgesetz über die friedliche Verwendung der Atomenergie und den Strahlenschutz vom 23. Dezember 1959.
2) Verordnung über den Strahlenschutz vom 30. Juni 1976 (SSVO).
3) Tätigkeitsberichte der Abt. Strahlenschutz des Bundesamtes für Gesundheitswesen.
4) Jahresberichte der Hauptabteilung für die Sicherheit der Kernanlagen (HSK) in Würenlingen (Bundesamt für Energiewirtschaft).
5) Ziele für den Schutz von Personen vor ionisierender Strahlung im Bereich von Kernkraftwerken (R-11). KSA/HSK/KUER vom Mai 1980.
6) Berichte der Expertengruppe Personendosimetrie des Eidg. Kommssion für Strahlenschutz (EKS). Veröffentlicht durch das BAG.
7) Jahresberichte der Eidg. Kommission zur Überwachung der Radioaktivität (KUER) zuhanden des Bundesrates (seit 1956).

13) Verdankungen

Der Autor möchte sich bei den Herren E. Elmer und Dr. W. Zeller (Abt. Strahlenschutz des BAG) für die Ergänzungen bzw. die Durchsicht des Manuskriptes sowie bei den Herren L. Baeriswyl und A. Gurtner für die Mithilfe bei der Herstellung der Abbildungen bedanken.

Tabelle 1: Umgebungsüberwachung der Kernkraftwerke in der Schweiz

Aktivitätsangaben bezogen auf Trockensubstanz (TS) bzw. Frischsubstanz (FS)

Überwachtes Medium	Messgrösse	Probenahme- und Messorte	Art und Häufigkeit der Messung	erreichbare Nachweisgrenze[1]	Bemerkungen
1. Luft					
1.1. Gammastrahlung	Ortsdosisleistung	1 bis 2 Stellen	kont. Registrierung	5 nSv/h	Ionisations-K.
1.2. Gammastrahlung	Ortsdosisleistung	ca. 15 Stellen	kont. Registrierung	-------	Projekt [2]
1.3. Gammastrahlung	Ortsdosisleistung	30 - 50 Stellen	jährliche Messfahrt	5 nSv/h	Ionisations-K.
1.4. Gammastrahlung	Ortsdosis am Zaun	10 - 20 Stellen	vierteljährlich	0.1 mSv/Jahr	TLD [3] [4]
1.5. Gammastrahlung	Ortsdosis Umgebung	20 - 30 Stellen	vierteljährlich	0.1 mSv/Jahr	TLD [3] [4]
1.6. Aerosole(Filter)	Gammaspektr.	1 Stelle	monatlich(ca.50m³/h)	1 mico-Bq/m³	kont. Sammlung
1.7. Niederschlag	Gammaspektr. [6]	1 Stelle	monatlich(Fl.=1m²)	2 - 10 mBq/L	kont. Sammlung
" "	H-3 [6]	"	" "	10 Bq/L	" " "
2. Ablagerungen auf Boden und Gras					
2.1. Vaselineplatten	Gammaspektr.	4 - 15 Stellen	monatlich	0.5 Bq/m²	kont.Sammlung [4]
2.2. Erdboden	Gammaspektr.	4 - 7 Stellen	jährlich	1 Bq/kg TS	0-5 cm Schicht
" "	Sr-90	" " "	" "	0.2-0.5 Bq/kg TS	" "
2.3. Gras	Gammaspektr.	4 - 7 Stellen	halbjährlich	1 Bq/kg TS	1. + 2. Schnitt
" "	Sr-90	" " "	" "	0.2-0.5 Bq/kg TS	" "
3. Ernährungskette auf dem Land					
3.1. Milch	Gammaspektr.	versch. Stellen	halbjährlich	0.2 Bq/L	Mischprobe
" "	Sr-90	" " "	" "	0.01-0.02 Bq/L	" "
3.2. Getreide	Gammaspektr.	versch. Stellen	jährlich	1 Bq/kg	Mischprobe
" "	Sr-90	" "	" "	0.02-0.05 Bq/kg	" "
3.3. andere pflanzliche Produkte	Gammaspektr.	nach Bedarf	nach Bedarf	0.2 - 1 Bq/kg FS	
3. Wasser und Ernährungskette Wasser					
3.1. Oberflächenwasser	Gammaspektr.	2 Stellen [5]	(2-)wöchentlich	5 - 10 mBq/L	kont.Sammlung [4]
	H-3	" " [5]	" "	20 Bq/L	" " [4]
3.2. Sedimente	Gammaspektr.	1 - 2 Stellen	halbjährlich	1 Bq/kg TS	Stichproben
3.3. Grundwasser	Gesamt-Beta	2 - 5 Stellen	halbjährlich	0.01-0.02 Bq/L	Stichproben
" "	H-3	" "	" "	10 Bq/L	" "
3.4. Fische	Gammaspektr.	1 - 2 Stellen	halbjährlich	0.3 - 1 Bq/kg FS	Stichproben
3.5. Wasserpflanzen	Gammaspektr.	1 - 2 Stellen	jährlich	0.2 - 1 Bq/kg TS	Stichproben
4. in-situ-Messungen				1 Bq/kg Erde; homogene Verteilung	
4.1. Gammaspektrum	tragbarer Ge-Det.	4 Stellen	jährlich	50 Bq/m² Bodenoberfläche [7]	
5. weitere Untersuchungen					
5.1. Buchenblätter	C-14-Aktivität	mehrere Stellen	jährlich	0.5-1 % bez. auf nat. C-14-Pegel	

[1]) bei Gamma-Spektrometrie: bezogen auf Co-60

[2]) Projekt: MADUK-Netz mit Datenfernübertragung (in Planung)

[3]) mit der Methode der Ortsspezifischen Parameter (OPS) können durch die KKW-Abgaben verursachte Nettodosen mit einer Nachweisgrenze von 0.02 mSv/Quartal bestimmt werden.

[4]) Messung durch den Betreiber des Werkes; von amtlichen Labors werden stichprobenweise Kontrollmessungen durchgeführt.

[5]) oberhalb und unterhalb des Werkes

[6]) ausser in der Umgebung des KKW Mühleberg [7]) bei ein Messzeit von zwei Stunden

Abb. 1: Überwachungsphilosophie BAG/SUER

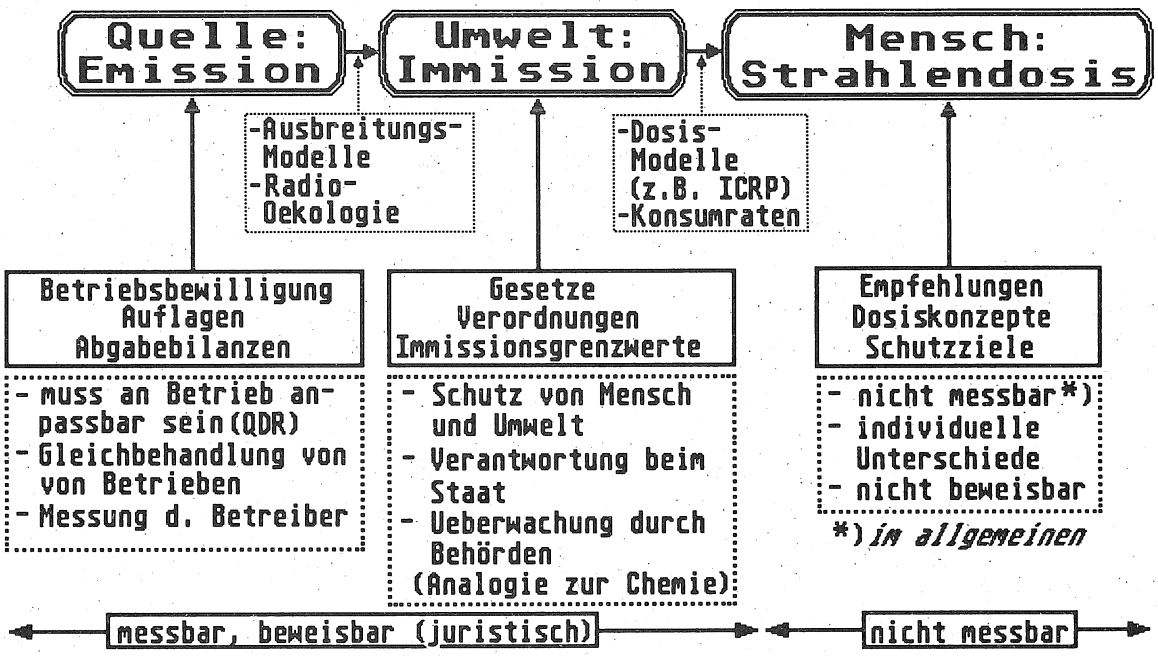


Abb. 2: Grenzwerte der Strahlendosen (SSVO)
BAG/SUER

	Ganz-/Teilkörperbestrahlung: milli-Sv:	Inkorporationsrichtwerte:
beruflich strahlenexpon. Personen:	Ganzkörper : 50/J (30/Q) akkumulierte Dosis : D ≤ 50(N-18) Extremitäten : 750/J (400/Q) Knochen,Schilddr.,Haut: 300/J (150/Q) alle übrigen Organe : 150/J (80/Q) Leibesfrucht : 10/Schwangersch.	Richtwerte für Atemluft u. Trinkwasser für berufstätige während Arbeitszeit für die gängigen Nuklide. (40 Std/Wo; 1.1 Lit./Tag)
Einzelpersonen der Bevölkerung:	1/10 der obigen Jahreswerte für Berufstätige	1/30 der obigen Werte für Berufstätige
öffentlichkeit:	keine expliziten Dosislimiten	Immissionen im öffentlich zugänglichen Bereich: 1/300 der Werte für Luft und Wasser f. berufstätige d.h. je 0.5 mSv/J für Luft und Wasser. Neu: Quellenbezogener Dosisrichtwert: z.B. KKW-Umgeb.:0.2 mSv/J
Ortsdosen:	Ortsdosen ausserhalb Bestrahlungsanlagen und Lagerstätten für rad. Quellen: ≤ 0.1 mSv/Woche (d.h. 5 mSv/Jahr)	

Abb. 3: Radioaktivität / Strahlendosen: Zuständigkeiten in der Schweiz

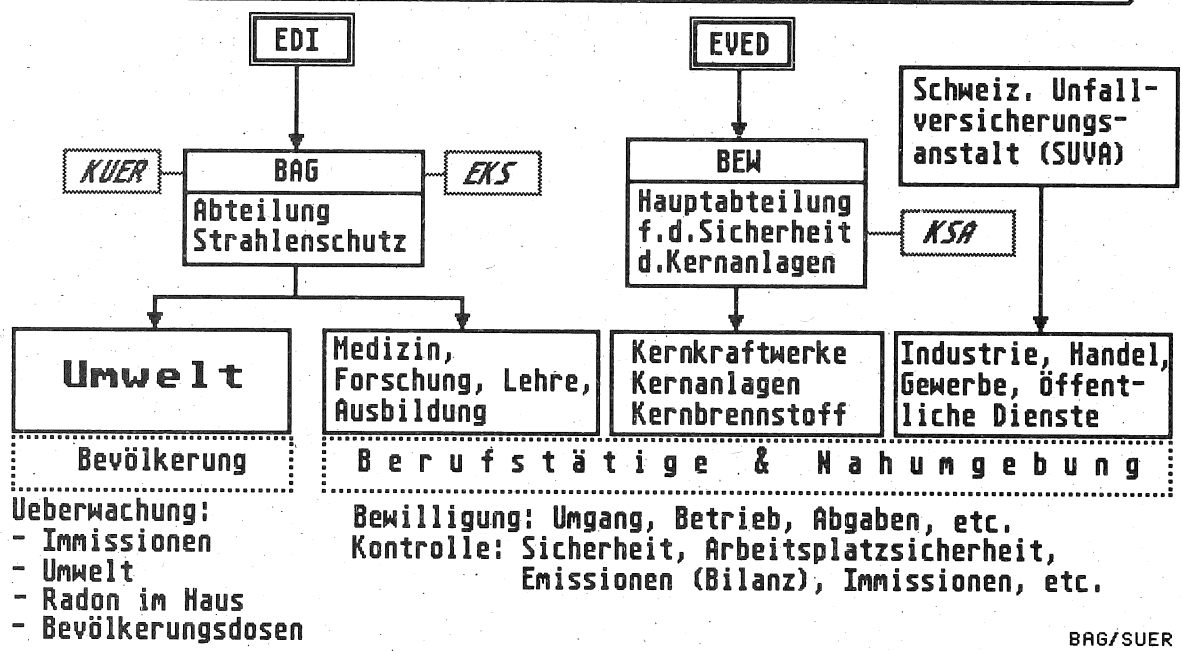


Abb. 4: Bewilligung/Kontrolle der Betriebe

BAG/SUER

Bundesamt für Gesundheitswesen: Abt. Strahlenschutz:

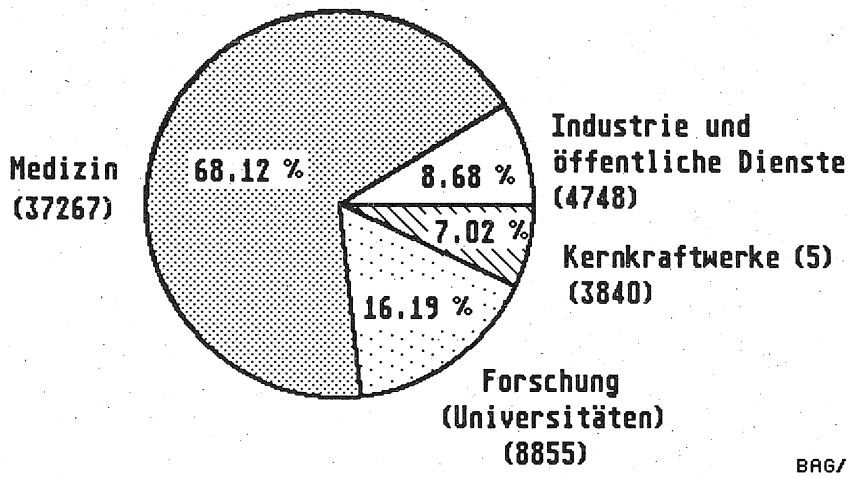
1) Bewilligung & Kontrolle: Röntgenanlagen, med. Bestrahlungsanlagen
   Umgang mit radioaktiven Stoffen
   Ein-/Ausfuhr, Transporte
2) Zulassung von Gebrauchsgegenständen
3) Sammlung radioaktiver Abfälle (Industrie, Forschung, Medizin)
4) Strahlenschutzausbildung
5) Aufbau Datenbank für Bewilligungs- u. Kontrollwesen
   Aufbau eines zentralen Dosisregisters (Datenbank)

Schweizerische Unfallversicherungsanstalt (SUVA):

1) Kontrolle bezügl. Umgang mit rad. Stoffen in Industrie, Handel, Gewerbe
2) Arbeitsplatzschutz
3) Spezialfälle:
   - Tritium-Leuchtfarbe (1400 TBq/J), Tritium-Gas-Lichtquellen (12000 TBq/J) (zwei Betriebe)
   - zahlreiche Tritium-Leuchtfarbensetzereien (Uhrenindustrie)
   - Sanierung ehemaliger Radium-Betriebe und Setzateliers und Deponien

Abb.5: berufliche Strahlendosen

Anzahl beruflich strahlenexponierte Personen in der Schweiz (1988)
(Total = 54710 Personen)

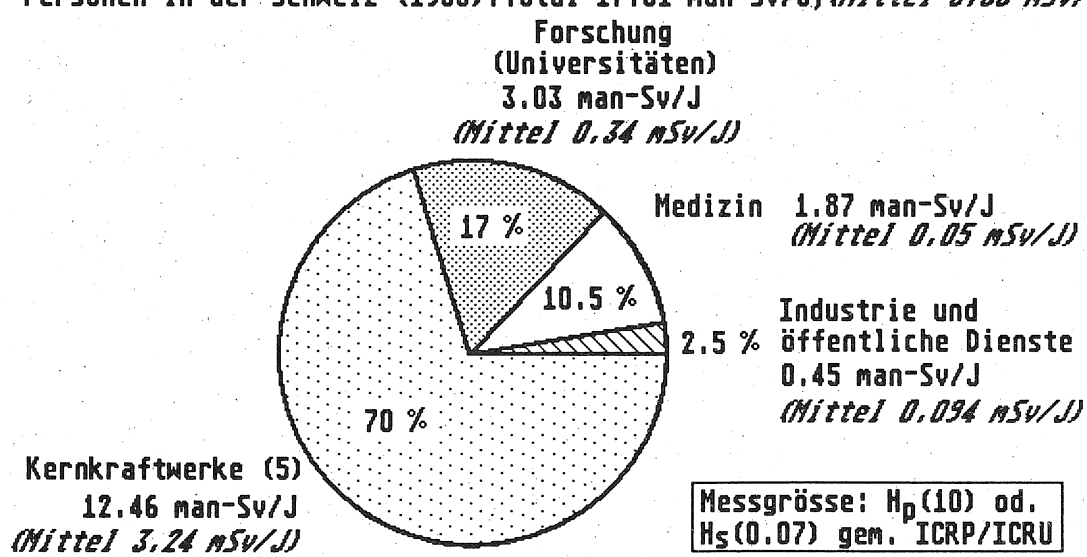


BAG/SUER

12 anerkannte Dosimetriestellen, davon 10 mit TLD und 2 mit Film.
bei 4272 Personen wurde eine Inkorporationsüberwachung durchgeführt.
Zentrales Dosisregister (Datenbank) in Aufbau.

Abb.6: berufliche Strahlendosen

Anteile an der Kollektivdosis der beruflich strahlenexponierten Personen in der Schweiz (1988): Total 17.81 man-Sv/J; *(Mittel 0.33 mSv/J)*



Messgrösse: $H_p(10)$ od. $H_S(0.07)$ gem. ICRP/ICRU

(Quelle: Expertengruppe Personendosimetrie der EKS)

BAG/SUER

Abb.7: Berufliche Strahlendosen

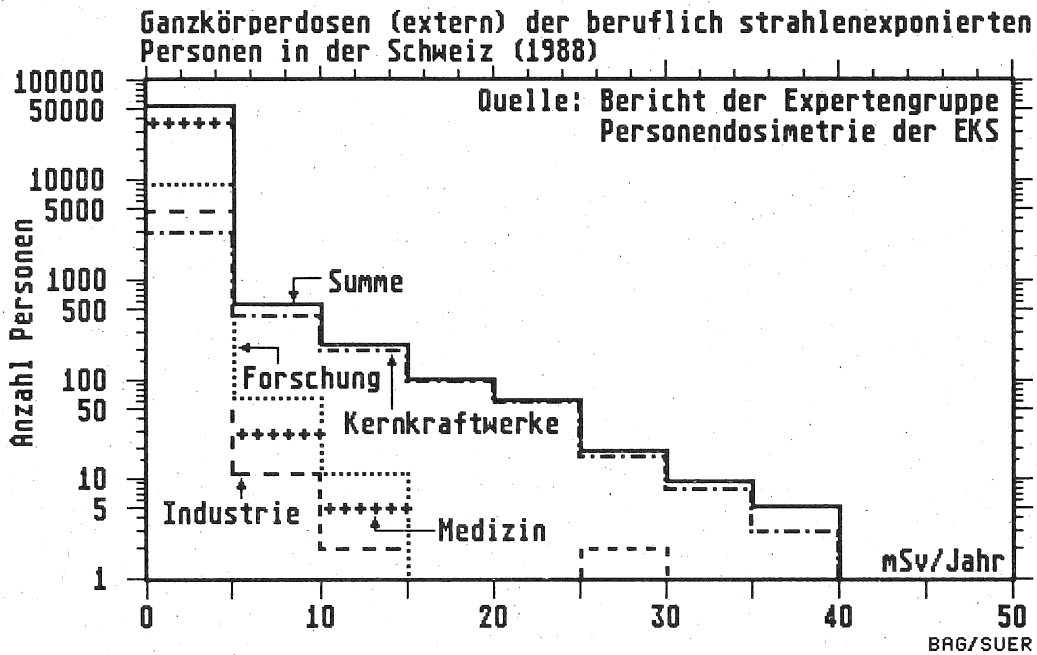


Abb.8: KKW-Schutzziele (HSK R-11)

BAG/SUER

1) Schutz des Personals	- höchstzulässige Dosen gemäss SSVO(Art.32-36) - ALARA anwenden - Kollektivdosis kleiner 4 man-Sv/J·Anlage - Zwischen-/Unfälle: maximaler Schutz

2) Schutz von Umgebung und Bevölkerung

- Emissionen werden (durch Behörde in Bewilligung) so limitiert, dass keine Person der Umgebungsbevölkerung mehr als 0.2 mSv/J erhält. (quellenbezogener Dosisrichtwert)
- Anpassung an den Stand der Technik
- Jahres- und Kurzzeitabgabelimiten
- Rechenmodelle ähnlich wie in Bundesrepublik Deutschland
- Direktstrahlung: ODL am Zaun maximal 0.1 mSv/Woche

3) Betriebszustände	Warsch. pro Jahr	Anlageschäden	Dosen d.Bevölkerung
- Normalbetrieb	---	keine	kleiner 0.2mSv/J
- Betriebsstörung	10^{-2}	keine	kleiner 0.2mSv/J
- Zwischenfall	10^{-2} bis 10^{-4}	ja	kleiner 1 mSv
- Unfall	kleiner 10^{-4}	ja	kleiner 100 mSv

Im Rahmen der DSK regelmässige gegenseitige Unterrichtung über kerntechnische Einrichtungen zwischen der Schweiz und der Bundesrepublik Deutschland.

Abb. 9: Dosen in der Umgebung KKW

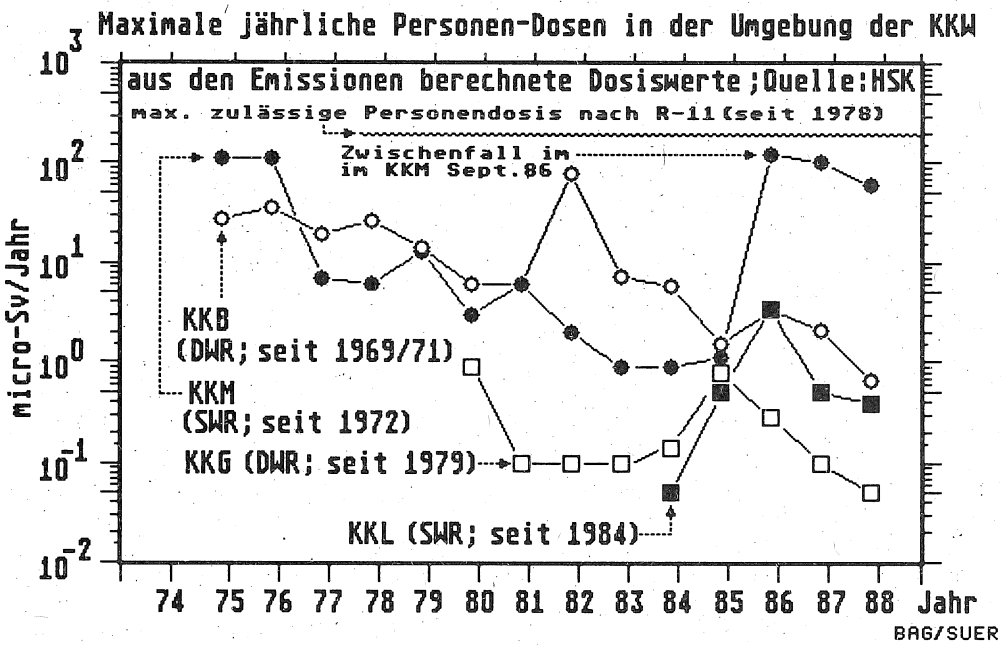


Abb. 10:

Überwachung der Umweltradioaktivität

(Überwachungsprogramm der KUER) BAG/SUER

1) Stichproben & Labormessung:	Erde, Gras, Milch, Getreide & and. Lebensmittel, Grundwasser, Wasserpfl., Flusssedimente, Fische, Sr-in Knochen, Ganzkörper, C-14 in Baumblättern
2) kontinuierliche Sammlung & Labormessung:	Aerosole, Niederschläge, Flusswasser, Ortsdosen (Umgebung KKW),
3) "in-situ-Messung":	Umgebung KKW und übrige Schweiz
4) kontinuierliche Sammlung & Direktmessung:	(Datenfernübertragung = DFÜ) NADAM: Ortsdosisleistung (57 Stationen); DFÜ o.k. MADUK: Ortsdosisleistung Umgebung KKW; DFÜ projektiert FWP: Aerosolüberwachung; DFÜ projektiert
5) zentrale Datenerfassung:	Datenübermittlungsnetz & zentrale Datenbank verbindete alle Labors und Behördenstellen (Projekt PHOENIX)
6) Veröffentlichung der Ergebnisse:	KUER-Berichte & weitere Publikationen
7) beteiligte Stellen:	Labor des Bundes und der Kantone (Lebensmittel)

Abb. 11: Bevölkerungsdosen

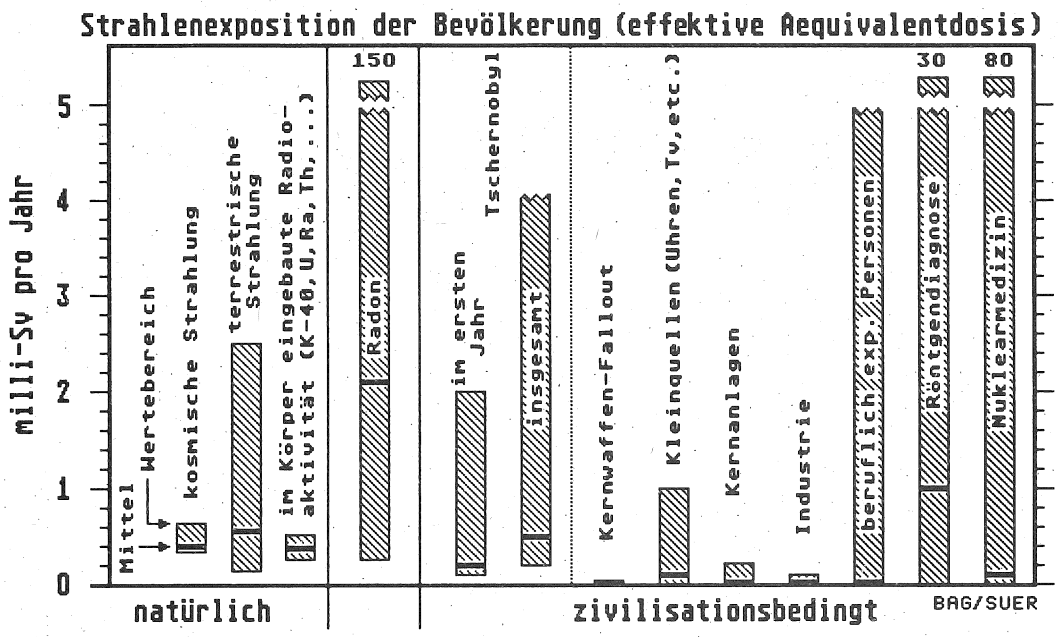
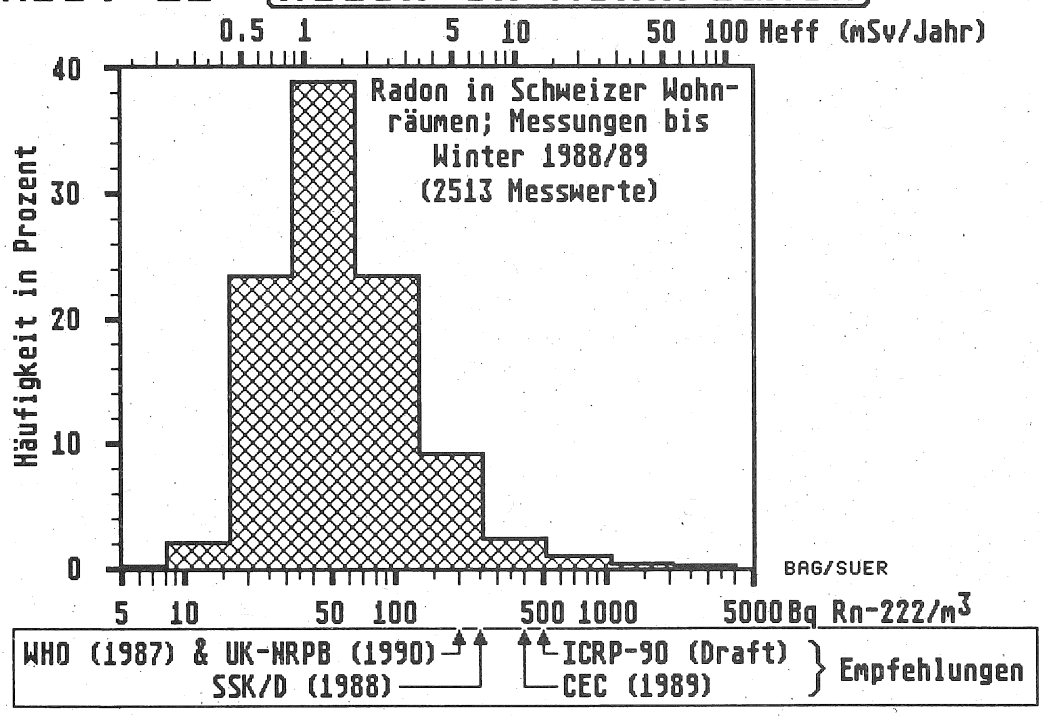


Abb. 12: Radon in Wohnräumen



Externe Dosimetrie zur physikalischen Strahlenschutzkontrolle in der Bundesrepublik Deutschland

E. Piesch
Kernforschungszentrum Karlsruhe GmbH, Hauptabteilung Sicherheit

1. Einleitung

Innerhalb der Strahlenschutzüberwachung hat die physikalische Strahlenschutzkontrolle die Aufgabe, Körperdosen zu ermitteln, die unmittelbar nicht meßbar sind und aus Überwachungsdaten bestimmt werden müssen. Bei äußerer Strahleneinwirkung beschränken sich die Verfahren der physikalischen Strahlenschutzkontrolle im Wesentlichen auf die Messung der Personendosis und Ortsdosis. Das hier zugrundegelegte Konzept soll innerhalb der Personenüberwachung zu einer konservativen Bewertung von Körperdosen führen, gleichzeitig aber auch die Einhaltung der Jahresgrenzwerte bei beruflich strahlenexponierten Personen gewährleisten.

Im Mittelpunkt der Regelungen zur Ermittlung der Körperdosis nach Strahlenschutzverordnung (§ 63 StrlSchV) (1) und Röntgenverordnung (§ 35 RöV) (2) steht die Vorschrift: "An Personen, die sich im Kontrollbereich aufhalten, sind Körperdosen (effektive Dosis H_E und Teilkörperdosen) zu ermitteln". Hierzu sind zwei Schritte vorgesehen:

- Die Ermittlung der Körperdosen mit geeigneten Verfahren der physikalischen Strahlenschutzkontrolle innerhalb der Arbeitsplatzüberwachung.
- Die Berechnung der Körperdosis bei Verdacht auf Überschreitung der Grenzwerte.

In der Richtlinie zur physikalischen Strahlenschutzkontrolle (3) werden die Regelungen der Strahlenschutzverordnung hinsichtlich der Ermittlung von Körperdosen näher erläutert und ergänzend beschrieben. Für die Röntgenverordnung liegen entsprechende Richtlinien vor (4, 5). Zur Berechnung von Körperdosen stehen zwei Empfehlungen bzw. Berechnungsgrundlagen zur Verfügung (12, 13).

Der vorliegende Beitrag zur externen Dosimetrie in der Bundesrepublik Deutschland basiert auf der Richtlinie zur physikalischen Strahlschutzkontrolle aus dem Jahre 1978. Die zwischenzeitliche Novellierung der Strahlenschutz- und Röntgenverordnung (1, 2) macht eine Neufassung der Richtlinien erforderlich, die dann auch die entsprechende Richtlinie über Anforderungen an die nach Landesrecht zuständige Meßstellen enthalten wird (10).

2. Richtlinie zur physikalischen Strahlenschutzkontrolle

Die Richtlinie zur physikalischen Strahlenschutzkontrolle gibt eine Zusammenstellung allgemein anwendbarer Grundsätze und Verfahren für die Strahlenschutzüberwachung. Die für die Genehmigungs- und Aufsichtsverfahren zuständigen Behörden erhalten damit Grundlagen für die einheitliche Gestaltung der Anforderungen an die physikalische Strahlenschutzkontrolle zur Ermittlung der Körperdosis nach StrlSchV und RöV. Aber auch der Strahlenschutzverantwortliche (SSV) bzw. Strahlenschutzbeauftragte (SSB) erhält damit Anhaltspunkte für die Planung von Strahlenschutzmaßnahmen im Hinblick auf die zu erwartenden Anordnungen und Auflagen der Behörden, sowie Hinweise und Erläuterungen für die Auswahl des Meßverfahrens und den Umfang der Personenüberwachung.

Die physikalische Strahlenschutzkontrolle ist anzuwenden bei einem Aufenthalt beruflich strahlenexponierter Personen im Kontrollbereich. Die Behörde kann darauf verzichten, wenn durch Abschätzung der Körperdosis auf der Grundlage der Expositionsbedingungen sichergestellt ist, daß die zu erwartende Ganzkörperdosis H_E einen Wert von 5 mSv pro Jahr nicht erreicht.

Zur physikalischen Strahlenschutzkontrolle werden folgende Verfahren angewandt:
(a) Messung der Personendosis
(b) Messung der Ortsdosis oder der Ortsdosisleistung
(c) Abschätzung der Körperdosis aus den Eigenschaften der Strahlenquelle oder des Strahlenfeldes (nur StrlSchV)

In der Regel wird die Personendosis gemessen. Die Behörde kann aber auch entscheiden, ob davon abweichend ein anderes Verfahren bzw. eine Kombination dieser Verfahren bestimmt wird. Grundlage für diese Entscheidung ist eine Übersicht über die Expositionsbedingungen an den Aufenthaltsorten der zu überwachenden Personen unter Berücksichtigung der festgelegten Betriebsbedingungen. Diese Übersicht enthält u.a. Angaben zu:

- Strahlenart, Quellenstärke, Kenndosisleistung,
- Bestrahlungsgeometrien, Bestrahlungszeiträume,
- Ortsdosisleistungen an zugänglichen Orten des Kontrollbereiches,
- Aufenthaltszeiten an verschiedenen Aufenthaltsplätzen.

3. Verfahren der physikalischen Strahlenschutzkontrolle im Kontrollbereich

3.1 Messung der Personendosis

3.1.1 Art der verwendeten Dosimeter

Zur Messung der Personendosis werden in der Strahlenschutz- und Röntgenverordnung Ganzkörperdosimeter und Teilkörperdosimeter vorgesehen. Die Personendosis ist grundsätzlich mit Dosimetern zu messen, die von der nach Landesrecht zuständigen Meßstelle anzufordern sind (Ganzkörperdosis bzw. effektive Dosis). Die Personendosis ist durch ein weiteres Teilkörperdosimeter an einem Körperteil zu messen, wenn vorauszusehen ist, daß die Körperdosis dort größer als 150 mSv pro Jahr sein kann (Teilkörperdosis an Extremitäten).

Amtliche Personendosimeter sind nach einem Monat auszuwerten. Die Behörde kann eine Tragdauer bis zu 6 Monate gestatten. Nach der RöV kann die Behörde die Tragedauer u.U. auch verkürzen, wenn nach Art des Betriebes der Röntgeneinrichtung eine besondere Gefährdung möglich erscheint.

Personendosis ist der Meßwert des amtlichen Dosimeters. Bei unterbliebener oder fehlerhafter Messung kann die Behörde in Ausnahmefällen eine Ersatzdosis festlegen.

Für "Fremdarbeiter" (§ 20 StrlSchV) ist eine Tätigkeit im Kontrollbereich nur erlaubt, wenn ein Strahlenpaß vorgelegt und ein amtliches Personendosimeter von der Meßstelle nach Landesrecht getragen wird.

Zusätzliche Personendosimeter, d.h. innerbetriebliche Messungen mit einem Dosimeter nach einem anderen geeigneten oder nach zwei voneinander unabhängigen Verfahren, kann die zuständige Behörde oder der SSB anordnen (Stabdosimeter, Warngeräte). Es ist aber auch vorgesehen, daß der zu überwachenden Person auf ihr Verlangen ein jederzeit ablesbares Dosimeter zur Verfügung zu stellen ist. Zusätzliche Dosimeter können erforderlich sein,

wenn eine Kontrolle in kürzeren Zeitabständen erforderlich wird oder wenn das amtliche Dosimeter die zu messende Strahlung hinsichtlich Strahlenart, Energie- oder Dosisbereich oder infolge Bauart nur unzureichend erfaßt.

Die bisherige Regelung sieht vor, daß als amtliches Personendosimeter in der Regel Filmdosimeter zu verwenden sind (10). Die Einführung einer neuen Dosimeterbauart durch eine amtliche Meßstelle bedarf der Zustimmung des Länderausschusses für Atomkernenergie (Strahlenschutz) (10).Die von Meßstellen nach Landesrecht ausgegebenen Personendosimeter zur Messung von Photonenstrahlung sind Filmdosimeter, Phosphatglasdosimeter und in Neutronenstrahlenfeldern Albedoneutronendosimeter mit Thermolumineszenzdetektoren. Zur Teilkörperdosimetrie werden Thermolumineszenz-Fingerringdosimeter eingesetzt. Bei der medizinischen Anwendung werden sterilisierbare Edelstahlfingerringe bevorzugt.

3.1.2 Konzept der Personendosimetrie

Personendosis und Körperdosis sind keine Körperdosen (16):

- Personendosis ist die Äquivalentdosis für Weichteilgewebe gemessen an einer für die Strahlenexposition repräsentativen Stelle der Körperoberfläche.
- Ortsdosis ist die Äquivalentdosis für Weichteilgewebe gemessen an einem bestimmten Ort.

Bei Einstrahlung aus dem vorderen Halbraum ist die Personendosis ("Maximalwert von H") im allgemeinen eine Überschätzung der Körperdosis H_E ("Mittelwert von H") (Personendosis > Körperdosis). Personendosimeter und Ortsdosimeter werden z.Zt. frei in Luft zur Messung der Photonen-Äquivalentdosis H_X kalibriert (Standard-Ionendosis unter Berücksichtigung des Umrechnungsfaktors 0,01 Sv/R).

Nach der StrlSchV und RöV ist der Meßwert des Personendosimeters ($H = N_0.M$) ein Maß für die Körperdosis, wenn er repräsentativ für die Strahlenexposition und nicht größer als die Überprüfungsschwelle ist. Erst bei Verdacht auf Überschreitung der Grenzwerte, u.U. schon bei Überschreitung von Überprüfungsschwellen, wird die Körperdosis berechnet.

Besondere Bedeutung kommt daher der Tragweise des Dosimeters in der Personendosimetrie zu (Körpervorderseite in Brusthöhe, unter der Schutzkleidung). Der Meßort an der Körperoberfläche soll auch hinsichtlich des Strahleneinfalls repräsentativ sein, um in nicht divergierenden Strahlenfeldern eine konservative Anzeige der Ganzkörperdosis bzw. Teilkörperdosis zu erhalten.

3.1.3 Überprüfungsschwellen

Zur Einhaltung der Jahresgrenzwerte (Kategorie A) werden Überprüfungsschwellen für Personendosen (Ganzkörperdosis , Teilkörperdosis) festgelegt, die auf den entsprechenden Überwachungszeitraum (1 Monat, 3 Monate, 12 Monate) bezogen werden (3).

Bei Überschreitung der monatlichen Überprüfungsschwelle von 5 mSv (Mitteilung durch die amtliche Meßstelle) muß der SSB die Expositions- und Meßbedingungen mit dem Ziel überprüfen, ob der Meßwert repräsentativ für die Strahlenexposition der Person ist. Diese Aufgabe ist nur vorzeitig mit Hilfe einer innerbetrieblichen, arbeitstäglichen Messung der Personendosis unmittelbar nach Feststellung einer erhöhten Strahlenexposition zu lösen. Der

SSB soll letztlich abschätzen, ob eine Überbewertung bzw. Unterbewertung der Körperdosis vorliegt.

Der Meßwert gilt als repräsentativ, wenn Fehlanzeigen bzw. Fehlexpositionen des Personendosimeters ausgeschlossen sind und aufgrund der Expositionsbedingungen abgeschätzt werden kann, daß die zugehörige Körperdosis kleiner ist als die gemessene Personendosis oder die umgerechnete Ortsdosis.

Die Berechnung der Körperdosis ist erforderlich, wenn (a) Zweifel bestehen , daß der Meßwert repräsentativ ist, (b) der Meßwert der Personendosis den entsprechenden Körperdosisgrenzwert überschreitet oder (c) bei zusätzlichen Inkorporationen der Gesamtwert der Körperdosis zu berechnen ist.

Besteht in Kontrollbereichen die Möglichkeit, daß Überprüfungsschwellen erreicht werden, dann müssen mit einem innerbetrieblichen Zweitdosimeter unvorhergesehene, hohe Strahlenexpositionen rechtzeitig, möglichst am Tagesende, erkannt werden, um die Expositionsbedingungen zu ermitteln. Die Berechnung der Körperdosis ist der Ausnahmefall. Hierzu werden der vorliegende Meßwert und die übrigen Informationen über die Expositionsbedingungen zugrundegelegt und die empfohlenen Berechnungsgrundlagen (12, 13) herangezogen (siehe auch Abschnitt 6).

3.2 Messung der Ortsdosis oder der Ortsdosisleistung

Innerhalb der physikalischen Strahlenschutzkontrolle wird die Messung der Ortsdosis bzw. der Ortsdosisleistung als Überwachungsverfahren unter Verzicht auf Personendosismessungen nur in Ausnahmefällen auf Anordnung der Behörden für Personen der Kategorie B in Kontrollbereichen zugelassen. Hierzu müssen folgende Voraussetzungen gleichzeitig erfüllt sein:

(a) Eine Überschreitung der Körperdosisgrenzwerte kann nicht auftreten.
(b) Aufenthaltsort und Strahlenfeld sind nur geringen zeitlichen Änderungen unterworfen und hinreichend genau bekannt.
(c) Ortsdosismessungen sind zu jeder Zeit repräsentativ für die Strahlenexposition der überwachten Person.

Dieses Verfahren wird insbesondere als Ergänzung von Personendosismessungen angewandt, wenn in gemischten Beta-Photonen- bzw. Neutronen Photonenstrahlenfeldern oder bei Photonenstrahlung oberhalb 3 MeV die amtlichen Personendosimeter oder zusätzliche Dosimeter die auftretende Strahlenart bzw. den interessierenden Energiebereich nicht vollständig erfassen.

3.3 Abschätzung der Körperdosis

Das Verfahren der Abschätzung der Körperdosis aus Eigenschaften der Strahlenquelle oder des Strahlenfeldes (nur StrlSchV) wird als Überwachungsmaßnahme unter Verzicht auf Orts- und Personenmessungen nur in Ausnahmefällen auf Anordnung der Behörden für Personen der Kategorie B in Kontrollbereichen angewandt. Hierzu müssen folgende drei Bedingungen erfüllt sein:

(a) Die abgeschätzten möglichen Körperdosen sind kleiner als die für die zu überwachende Person anzuwendenden Grenzwerte.
(b) Es ist sichergestellt, daß die Expositionsbedingungen zeitlich konstant sind.
(c) Die Abschätzung der möglichen Körperdosen ist durch Kontrollmessungen bestätigt worden: Vor Aufnahme der Tätigkeiten oder bei Änderungen der festgelegten Expositionsbedingungen.

4. Strahlenschutzkontrolle im betrieblichlichen Überwachungsbereich

Bei Einrichtung von Strahlenschutzbereichen werden in vielen Fällen anstelle eines Kontrollbereiches innerbetriebliche Überwachungsbereiche eingeführt, wenn auszuschließen ist, daß bei beruflich strahlenexponierten Personen der Jahreswert der Körperdosis H_E einen Wert von 15 mSv erreichen kann.

Die Ermittlung von Körperdosen wird bisher nur im Kontrollbereich, nicht jedoch im betrieblichen Überwachungsbereich gefordert. Die StrlSchV und die RöV verzichten hier auf die Anwendung der physikalischen Strahlenschutzkontrolle, insbesondere auf die Messung der Personendosis, aber auch auf die Aufzeichnungs- und Anzeigepflicht von Personendosen bzw. Körperdosen. Lediglich die Strahlenschutzverordnung (§61, Satz 3 StrlSchV) weist auf Ortsdosisleistungsmessungen hin, soweit diese aus Gründen des Strahlenschutzes erforderlich sind. Hier kann die Behörde die Stelle bestimmen, die die Messungen vorzunehmen hat (z.B. Aufsichtsbehörde). Zeitpunkt und Ergebnis der Messungen sind aufzuzeichnen, ohne daß eine personenbezogene Abschätzung der Körperdosis gefordert wird. Ist die Aufzeichnung vom Zeitpunkt und Ergebnis der Ortsdosis- bzw. Ortsdosisleistungsmessungen allein eine ausreichende Strahlenschutzmaßnahme?

Im betrieblichen Überwachungsbereich muß eine strahlenexponierte Person trotzdem in Kategorie B eingestuft werden, da der Jahreswert der Körperdosis H_E zwischen 5 mSv und 15 mSv betragen kann und die Möglichkeit besteht, daß Lebensalterdosen bis zu 600 mSv bzw. 400 mSv bei Dauerarbeitsplätzen auftreten können.

Beruflich strahlenexponierte Personen im Kontrollbereich, die "Priviligierten" der StrlSchV und RöV, werden mit amtlichen Personendosimetern überwacht und sollen demnächst auch in einem zentralen Personendosisregister geführt werden. Dies trifft jedoch nicht zu für Personen im betrieblichen Überwachungsbereich, falls nicht der SSB von sich aus eine innerbetriebliche Personendosimetrie anordnet, wozu wiederum eine nicht eichpflichtige Dosimeterbauart ausreichend ist (siehe Abschnitt 5). Kann die Behörde andererseits eine amtliche Personendosimetrie durchsetzen, welche der Gesetzgeber hier nicht vorsieht bzw. empfiehlt? Diese offensichtliche Inkonsistenz in den Strahlenschutzgrundsätzen der Verordnungen und Richtlinien sollte im Neuentwurf der Richtlinie zur physikalischen Strahlenschutzkontrolle richtiggestellt werden.

5. Meßtechnische Anforderungen an Personenendosimeter und Ortsdosimeter

Nach den Bestimmungen der Eichordnung (EO) (6) aus dem Jahre 1988 müssen Personen- und Ortsdosimeter für Photonenstrahlung bauartzugelassen und geeicht sein, wenn sie zur Messung der Personendosis bzw. Ortsdosis / Ortsdosisleistung innerhalb der physikalischen Strahlenschutzkontrolle eingesetzt werden. Vorgesehen ist hier eine wiederkehrende Eichung nach 2 Jahren.

Für amtliche bzw. nichtamtliche Personen- und Ortsdosimeter (Thermolumineszenzdosimeter, Photolumineszenzdosimeter, Exoelektronendosimeter, Filmdosimeter) wird die Eichung durch jährlich stattfindende PTB-Vergleichsmessungen ersetzt.Von der EO ausgenommen sind innerbetriebliche Personendosimeter, beispielsweise selbstablesbare Dosimeter und Warngeräte, wenn sie auf Anordnung des SSB getragen werden (6). Auch dosimetrische

Meßverfahren zur Umgebungsüberwachung fallen nicht unter die Eichordnung.

Dosimeter für Beta- und Neutronenstrahlung sind z. Zt. nicht eichpflichtig. Für amtliche Personendosimeter wird eine Überprüfung der dosimetrischen Eigenschaften im Rahmen einer PTB-Bauartzulassung angestrebt.

Sofern geeichte Dosimeter nicht vorgeschrieben werden, sind nach dem Stand von Wissenschaft und Technik geeignete Strahlenmeßgeräte zu verwenden, die den Anforderungen der entsprechenden DIN-Normen (14-16) bzw. der internationalen Normung genügen und die regelmäßig auf ihre Funktionstüchtigkeit geprüft und gewartet werden müssen (§ 72 StrlSchV).

Anstelle einer allgemeinen Bauartzulassung (7), die vom Gerätehersteller zu beantragen ist, gilt für amtliche bzw. nicht amtliche Personendosimeter als Sonderregelung eine Bauartzulassung aufgrund einer einmal durchgeführten erweiterten Vergleichsmessung (8). Dies betrifft Thermolumineszenz-, Photolumineszenz-, Exoelektronen- und Filmdosimeter zur Messung der Personen-bzw. Ortsdosis. Die Bauartprüfung ist von der Meßstelle bei der PTB zu beantragen. Die Bauartzulassung nach bestandener Prüfung ist nur für die betreffende Meßstelle gültig.

Zu den Bauartanforderungen gehört eine eindeutige Festlegung und Zuordnung der Komponenten des Dosimetriesystems. Hierzu gehören die Dosimetersonde, das Auswertegerät, die zugrundegelegte Meß- und Wärmebehandlungsvorschrift, der angeschlossene Rechner und die Datenausgabe.

Von besonderer Bedeutung sind die meßtechnischen Anforderungen an ein Dosimetriesystem (7, 8). Die zulässige Änderung des Ansprechvermögens F, bedingt durch Änderungen von Einflußgrößen innerhalb ihrer Nenngebrauchsbereiche, darf den Wert $F = 0{,}3$ für Ortsdosimeter und $F = 0{,}4$ für Personendosimeter nicht überschreiten. Hierbei ist F der Extremwert der Änderung des Ansprechvermögens bei Variation aller Einflußgrößen, dividiert durch das Ansprechvermögen beim Bezugswert derselben Einflußgrößen.

Der maximal zulässige Wert von $F = 0{,}3$ für ein Ortsdosimeter ($F = 0{,}4$ für ein Personendosimeter) wird beispielsweise schon erreicht bei einer Energie- und Richtungsabhängigkeit von $\pm 10\%$ ($\pm 28\%$), einer Linearitätsabweichung von $\pm 10\%$, einem Fading von $\pm 5\%$ und dem größten zulässigen Wert der relativen Zufallsunsicherheit von $\pm 15\%$.

Amtliche bzw. nichtamtliche Personendosimeter müssen gemäß Eichordnung an regelmäßigen PTB- Vergleichsmessungen teilnehmen (9). Für eine einmal jährlich stattfindende Vergleichsmessung erhält die PTB pro Bauart jeden dritten Monat (Filmdosimeter monatlich) Dosimeter zur Bestrahlung. Nach Bestrahlung erfolgt die Auswertung bei der Dosimetriestelle innerhalb eines Tages im Beisein eines Eichbediensteten. Festgelegte maximal zulässige Meßwertabweichungen für die Nenngebrauchsbereiche der Einflußgrößen sind in mindestens 90% der Fälle im Geltungsbereich $H \geqq 0{,}2$ mSv für Ganzkörperdosimeter und $H \geqq 10$ mSv für Teilkörperdosimeter einzuhalten.

6. Berechnung von Körperdosen

Körperdosen (effektive Dosis oder Teilkörperdosen) sind unmittelbar nicht meßbar und müssen aus den Überwachungsdaten und sonstigen zusätzlichen Informationen über die Expositionsbedingungen berechnet werden. Die Berechnung der Körperdosen ist nur in Ausnahmefällen bei Verdacht auf Überschreitung der Grenzwerte der entsprechenden Körperdosen unter be-

rücksichtigung der Expositionsbedingungen zu ermitteln (siehe auch Abschnitt 2). Ein Berechnungsmodell legt hierzu standardisierte physikalische Bedingungen und Methoden zur Ermittlung von Äquivalentdosen und Dosisverteilungen im menschlichen Körper fest. Dies betrifft das mathematische Phantom, die geometrischen Beziehungen zwischen Strahlenquelle und Phantom, die Berechnungsmethodik, sowie die interessierenden Expositionsparameter. Das Verfahren der Berechnung von Körperdosen wird in den Berechnungsgrundlagen näher beschrieben (12, 13).

7. Ausblick

Kennzeichnend für die externe Dosimetrie in der Bundesrepublik Deutschland ist die Festlegung von Meßstellen nach Landesrecht, welche zur physikalischen Strahlenschutzkontrolle beruflich strahlenexponierter Personen amtliche Personendosimeter mit einer Tragdauer von einem Monat ausgeben. Genehmigungs- und Aufsichtsbehörden entscheiden u.U. über eine zusätzliche innerbetriebliche Personenüberwachung und die Anwendung anderer Verfahren der physikalischen Strahlenschutzkontrolle.

Ein Neuentwurf der Richtlinie zur physikalischen Strahlenschutzkontrolle (3) wird z. Zt. im Auftrag des BMU vom Arbeitskreis "Dosimetrie externer Strahlung" des Fachverbandes für Strahhlenschutz erarbeitet. Der Neuentwurf soll auch für innerbetriebliche Überwachungsbereiche gelten und allgemeine Anforderungen an Personendosimeter und Dosimetriemeßstellen enthalten.

Eine Besonderheit der Strahlenschutzüberwachung in der Bundesrepublik Deutschland ist zweifellos die Eichpflicht von Strahlenschutzdosimetern. Die Bestimmungen der EO und die entsprechenden Anforderungen an die Bauartzulassung von Personen- und Ortsdosimetern haben in den letzten Jahren zu einer Vereinheitlichung und Vergleichbarkeit der angewandten Meßverfahren geführt und damit die Strahlenschutzüberwachung verbessert.

Die Einführung neuer Meßgrößen durch die ICRU (17) und die in Kürze zu erwartende Ablösung der bisherigen Meßgröße Photonen-Äquivalentdosis H_X durch eine rezeptorbezogene Meßgröße in 10 mm Tiefe eines gewebeäquivalenten Phantoms wird für die meisten Personen- und Ortsdosimeter eine Änderung des Energieansprechvermögens bzw. der Energiekompensationsfilter notwendig machen. Hier wird insbesondere die neue Kalibriergröße für Ortsdosimeter zu der gewünschten konservativen Anzeige der Körperdosis führen. Innerhalb einer Übergangszeit werden alte und neue Meßgrößen gleichzeitig gültig sein. Zur Einführung der neuen Meßgrößen muß langfristig mit Änderungen der Dosimeterbauart und neuen Bauartzulassungen gerechnet werden.

Literatur

(1) Verordnung über den Schutz von Schäden durch ionisierende Strahlen. Strahlenschutzverordnung - StrlSchV. BGBl I, 30.06.89, 1989, S. 1322

(2) Verordnung über den Schutz von Schäden durch Röntgenstrahlen. Röntgenverordnung - RöV BGBl I, 08.01.87, 1987, S. 114

(3) Richtlinie für die physikalische Strahlenschutzkontrolle (§§ 62 und 63 StrlSchV) verabschiedet v. Länderausschuß für Atomkernenergie am 22. Februar 1978, Bek. d. BMI v. 05.06.1978 - RS II 2 - 515 503/1 (GMBl., S. 348)

(4) Richtlinien über die Bewertung der Personendosis nach § 40 der Röntgenverordnung, 2. Bek. d. BMJFG und des BMA v. 15.03.1974, - BMJFG 333-4552-04 und BMA III b 6-3882.4030-1519/74

(5) Richtlinien über Art und Umfang der Messung der Personendosis nach § 40 der Röntgenverordnung, 2. Bek. des BMJFG und des BMA III b 6-3882.4030-1519/74

(6) Eichordnung vom 12. Aug. 1988, BGBl I, Bonn 1988, S. 1657

(7) Anforderungen der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt an wiederverwendbare Orts- und Personendosimeter mit Detektoren aus Thermolumineszenz- und Photolumineszenz-Material. PTB-Mitteilungen 96, 2/86 (1986), S. 91-100

(8) Anforderungen an Thermolumineszenz-Dosimeter, Photolumineszenz-Dosimeter und Filmdosimeter zur Messung der Personen- und Ortsdosis für die Zulassung zur innerstaatlichen Eichung aufgrund einmal durchgeführter erweiterter Vergleichsmessungen. PTB-A 23.2.1, 1989

(9) Regeln für die Durchführung von Vergleichsmessungen von Dosimetern gem. § 2 Abs. 3 Satz 3 der Eichordnung, Bek. der PTB vom 1. Mai 1990

(10) Richtlinie über Anforderungen an die nach Landesrecht zuständige Meßstelle nach § 63 Abs. 3 Satz 1 StrlSchV und § 40 Abs. 2 Satz 4 RöV, Abschn. 1 bis 2.2, Bek. d. BMI v. 3.Juli 1979 (GMBl., S. 441)

(11) Strahlenschutz; Festlegung einer Ersatzdosis bei fehlerhafter oder fehlender Personendosismessung mit Dosimetern der nach Landesrecht bestimmten Stelle (Meßstelle). Gem. RdErl. d. MU. u. d. MW v. 12.06.1990 - 403 - 40 341/12, - GültL Mu 50/50 -

(12) Berechnungsgrundlage für die Ermittlung von Körperdosen bei äußerer Strahlenexposition durch Photonenstrahlen, BMI 1986, Red. G.H. Schnepl, Stuttgart, Veröffentlichung der Strahlenschutzkomission, Bd. 3, 1986

(13) Berechnungsgrundlage für die Ermittlung von Körperdosen bei äußerer Strahlenexposition durch Elektronen, insbesondere durch β-Strahlung, BMI 1986, Red. G.H. Schnepl, Stuttgart, Veröffentlichung der Strahlenschutzkomission, Bd. 3, 1986

(14) DIN 6818 Strahlenschutzdosimeter, Thermolumineszenzdosimetrie-Systeme, Teil 6, 1988

(15) DIN 6816, Filmdosimter nach dem filteranalytischen Verfahren zur Strahlenschutzüberwachung, 1984

(16) DIN 6814, Teil 3, Begriffe und Benennungen in der Radiologischen Technik; Dosisgrößen und Dosiseinheiten, 1985

(17) ICRU-Publication, Determination of dose equivalents for external radiation sources. Report 39, Bethseda, Maryland, 1985

Organisation und Methoden der personendosimetrischen Überwachung in der DDR auf externe Strahlenexposition

W. Will, H. Klucke, A. Rimpler, W. Kraus

1. Organisation und Schwerpunkte der Überwachung

Die amtliche personendosimetrische Überwachung der beruflich strahlenexponierten Personen erfolgte in der DDR bisher zentral durch die Meßstelle für Personendosimetrie des Staatlichen Amtes für Atomsicherheit und Strahlenschutz (SAAS). Die rechtliche Grundlage bildeten die

- Verordnung über die Gewährleistung von Atomsicherheit und Strahlenschutz vom 1.10.1984 (§ 6 Abs.3) und insbesondere die 1. Durchführungsbestimmung zu o.g. Verordnung (§§ 17 - 20) sowie die
- Richtlinie zur staatlichen filmdosimetrischen Überwachung von Strahlenwerktätigen vom 4.4.1986.

Dort sind auch die Prinzipien und die Grundzüge der Organisation der amtlichen personendosimetrischen Überwachung festgelegt.

Grundlage für die Einbeziehung der Personen in die Überwachung sind die in der Strahlenschutzgenehmigung des jeweiligen Betriebes getroffene Klassifikation der Arbeitsbedingungen und - daraus abgeleitet - die Kategorieeinteilung der Beschäftigten. Es wird hiermit der seit der Publikation 12 (1968) in allen diesbezüglichen Publikationen der ICRP gegebenen Empfehlung gefolgt, durch diese Klassifikation, eine "substantielle Ökonomie in Überwachungsprogrammen ohne Reduktion des Sicherheitsstandards" zu erreichen /1/. Demgemäß ist eine Überwachung nur dann erforderlich, wenn die jährliche Strahlenexposition 3/10 der Äquivalentdosisgrenzwerte für beruflich strahlenexponierte Personen überschreiten kann. Tatsächlich wurden allerdings in der DDR nur einige gering belastete Personengruppen, wie z.B. in der Stomatologie Beschäftigte, nicht überwacht. Außerdem wurde für Betriebe mit Beschäftigten beider Kategorien aus organisatorischen Gründen ein einheitlicher Überwachungsmodus festgelegt. Die Tragedauer der Dosimeter beträgt einen Monat für Personen der Kategorie A, ansonsten drei Monate, entsprechend der maximalen Einsatzzeit des Dosimeterfilms.

Seit Aufnahme der zentralen Überwachung im Jahre 1963 nahm die Anzahl der überwachten Personen bis zum Jahre 1975 kontinuierlich zu, seitdem gibt es nur noch geringe Schwankungen (Abb. 1). Zur Zeit befinden sich 37850 Personen aus 2100 Institutionen in der Überwachung. Dies sind etwa 2,4 Personen / 1000 Einwohner im Vergleich zu 4,8 Personen / 1000 Einwohner in den westdeutschen Ländern.

Tab. 1 enthält die Verteilung der überwachten Personen auf die Haupt-Anwendungsgebiete. Zwei Drittel der Personen arbeiten im Bereich der Medizin.

90 % der überwachten Personen können nur durch Photonenstrahlung exponiert werden, etwa 1 % auch durch Betastrahlung und weniger als 1 % durch Neutronen. Bei letztgenannten arbeitet die Mehrzahl

(über 70 %) ausschließlich mit Radionuklid-Neutronenquellen. Die restlichen Personen sind an Neutronengeneratoren oder an Beschleunigern tätig, an denen infolge der technischen und organisatorischen Schutzmaßnahmen das Expositionsrisiko sehr gering ist. An den älteren Druckwasserreaktoren vom Typ WWR-440/230, die bisher in der DDR betrieben wurden, braucht keine personendosimetrische Überwachng auf Neutronen zu erfolgen, ebenso nicht an den existierenden Forschungsreaktoren. Lediglich an dem neueren Reaktortyp WWR-440/213 erscheint die Überwachung bei bestimmtem Inspektions- und Instandsetzungsarbeiten erforderlich. Insgesamt tragen nur etwa 400 Personen ein Neutronendosimeter. Der Wert einer zentralen Überwachung auf Betastrahlung ist grundsätzlich äußerst fragwürdig. Durch die meist sehr inhomogenen Betastrahlungsfelder, durch die Abschirmwirkung der Kleidung u.a. ist die Anzeige des Personendosimeters schwer interpretierbar und hat nur eine Indikatorfunktion. Die dominierende Aufgabe der Personendosimetrie in der DDR besteht folglich in der Überwachung von Personen auf Expositionen durch Röntgen- oder Gammastrahlung.

2. Methoden

Während bei einer betrieblichen Überwachung spezielle Anforderungen berücksichtigt werden können, sind bei der zentralen Routineüberwachung größeren Umfangs ökonomische Faktoren so wichtig, daß die Überwachungsmethoden standardisiert und möglichst einfach sein müssen. Von der Personendosimetrie-Meßstelle werden die folgenden Meßsysteme zur zentralen Überwachung eingesetzt:

- bei Photonenstrahlung
  * für die Ganzkörperüberwachung das Filmdosimeter, ergänzt durch TLD
  * für die Überwachung auf Handbelastungen TLD
- bei Neutronenstrahlung Festkörperspurdetektoren

2.1. Filmdosimeter

Abb. 2 zeigt die SAAS-Filmdosimeterkassette, welche seit 1966 verwendet wird /2/. Anzahl und Art der Auswertefelder entspricht der Konfiguration, die sich international weitgehend einheitlich herausgebildet hat. Als Detektor hat sich der Doppelfilm ORWO RD-3/4 der Fotochemischen Werke Berlin langjährig bewährt. Gegenwärtig wird dort eine empfindlichere Emulsion mit niedrigem Schleier entwickelt, die mit dem AGFA-Dosimeterfilm weitgehend übereinstimmende Eigenschaften aufweist (Abb. 3). Die Filme werden jetzt noch in Tanks entwickelt, es laufen jedoch Vorbereitungen zur Umstellung auf die Entwicklung mit einem Automaten der Fa. AGFA Leverkusen. Die Auswertung der Filme erfolgt halbautomatisch bei ständiger paralleler Verfügbarkeit der Personen-Datensätze im Hintergrund. Nach einer visuellen Vorselektion wird die Schwärzung der benötigten Felder gemessen, über einen CAMAC-Datenweg digitalisiert und in die Dosis umgerechnet /3/. Die Dosisbestimmung ist mittels Filteranalyse oder Kompensationsmethode möglich, wobei für die Routineauswertung das letztgenannte Verfahren benutzt wird.

Die untere Nachweisgrenze beträgt für das bisher eingesetzte ORWO-Material im Energiebereich der maximalen Empfindlichkeit 0,2 mGy und für die neue Emulsion 0,1 mGy. Das Filmdosimeter erlaubt die Dosisbestimmumg für Photonenstrahlung im Energiebereich von 10 keV bis 3 MeV und für Betastrahlung mit Energien über 300 KeV bei einer Nachweisgrenze von 2 mGy.

2.2. Thermolumineszenz-Dosimeter

Ganzkörper-Exposition

Zur Prüfung eventueller Vorteile eines Ersatzes des Films durch TLD in der zentralen Personendosimetrie wurden in den 70er Jahren mehrjährige systematische vergleichende Untersuchungen mit TLD, Film- und Photolumineszensdosimetern durchgeführt. Angesichts widersprüchlicher Aussagen in der Literatur sollte vor allem die Genauigkeit und Zuverlässigkeit der verfügbaren Dosimetersysteme bei Simulation der Bedingungen eines Routineeinsatzes untersucht werden. Es zeigte sich, daß keines der Dosimetersysteme entscheidende Vorteile besaß. Diese grundsätzliche Schlußfolgerung wurde bei internationalen Vergleichen und nationalen Überprüfungen der Genauigkeit und Zuverlässigkeit von Personendosimetern in den letzten Jahren von vielen Autoren bestätigt. Um Erfahrungen beim Einsatz von TLD in der Routineüberwachung zu sammeln, wurden desweiteren 332 Personen, die unter Bedingungen eines erhöhten Belastungsrisikos arbeiteten, parallel mit dem Film- und einem Doppel-TL-Dosimeter (LiF-Tabletten im Offenfeld und hinter 1 mm Al) ein Jahr lang bei monatlichem Dosimeterwechsel überwacht. Parallel dazu wurden monatlich je 30 Dosimeter am Phantom mit bekannten Dosen bestrahlt. Die Ergebnisse sind detailliert in /4/ beschrieben. Als wesentliches Resultat ergab sich, daß die Abweichungen der Dosimeter im 95 % - Vertrauensintervall deutlich unter einem Fehlerfaktor 2 liegen. Damit wurde die Eignung der TLD für eine zentrale personendosimetrische Überwachung nachgewiesen.

Parallel mit der Erprobung der TLD erfolgte in Zusammenarbeit mit der Industrie die Weiterentwicklung der Detektoren. Im Vordergrund stand LiF:Mg,Ti in Teflon - Matrix und als gesinterte Tabletten (Handelsname Dohna-lum LiF-200-Ti) /5/. Tab. 2 gibt eine Übersicht über die wichtigsten Eigenschaften der gesinterten Tabletten im Vergleich mit den Produkten bekannter Hersteller /6/. Obgleich die untere Meßgrenze und das Fading der Detektoren nicht ganz den internationalen Standard erreichen, ergaben sich daraus keine wesentlichen Einschränkungen für die vorgesehenen Routineanwendungen. Bei mehreren internationalen Vergleichen haben die Detektoren ihre Eignung bestätigt /7/.

Da hinsichtlich Genauigkeit und Zuverlässigkeit der Dosisbestimmung keine entscheidenden Unterschiede zwischen Film- und TL-Dosimetern bestehen, erschien die Einführung der TLD in die zentrale Routineüberwachung nur gerechtfertigt, wenn sich ökonomische Vorteile oder wenigstens keine Nachteile ergeben (Kosten für Investitionen, Personal und laufende Aufwendungen, Abhängigkeit von Importen). Wie zwei in größeren zeitlichen Abständen angefertigte Studien zeigten, war unter den bisherigen Bedingungen in der DDR das Filmdosimeter in dieser Hinsicht

jedoch klar überlegen.

Seit mehreren Jahren werden TLD für zwei spezielle Anwendungszwecke eingesetzt. 3500 strahlenexponierte Personen an Arbeitsplätzen, wo bei Unfällen Dosen über 0,5 Gy möglich sind, tragen zusätzlich zum Film in der Plakette ein TL-Dosimeter. An weiteren 500 Arbeitsplätzen ist eine normale personendosimetrische Überwachung unnötig. Es besteht jedoch die potentielle Möglichkeit von Havarien, die Arbeiten mit einem Expositionsrisiko zur Folge haben (z.B. beim Einsatz hoch radioaktiver Gammaquellen zur Bestrahlung von Brunnenfiltern). Hier liegen TL-Dosimeter bereit. In beiden Fällen werden die TLD alle 5 Jahre ausgetauscht.

Extremitäten-Dosimetrie

Bei der Extremitäten-Dosimetrie wurden die früheren Film-Ring- und -Armbanddosimeter vollständig durch TLD abgelöst. Es werden jetzt die Handbelastungen von 700 Personen aus 150 Betrieben zentral überwacht. Da es sich meist um weniger als 10 Personen pro Betrieb handelt, ist hier die zentrale Überwachung besonders ökonomisch. Der verwendete Ring stellt notwendigerweise einen Kompromiß dar, der nicht alle speziellen Forderungen erfüllen kann (Bestimmung von Fingerkuppenbelastungen oder niederenergetischer Beta-Strahlung, geschlossene Ringform nicht für alle Arbeitsplätze zulässig u.a.).

Der Fingerring besteht aus Aluminium, ist 8 mm breit und 2 mm dick und enthält 2 Detektoren an gegenüberliegenden Stellen /8/ (Abb.4). Da etwa 60 % der überwachten Personen ausschließlich mit Röntgen- oder Gammastrahlung arbeiten, wurde der Ring in 2 Varianten gefertigt. Nur an den Arbeitsplätzen, an denen auch Betastrahlung auftreten kann, wird die Ausführung mit dem mechanisch empfindlicheren 11 mg/cm^2 dicken Plastfenster eingesetzt.

In der Routineüberwachung kommen handelsübliche 0,8 mm starke LiF-Sintertabletten zum Einsatz. Zur Unterstützung der betrieblichen Überwachung wurden auch Sonderdosimeter zur Verfügung gestellt, die spezielle Dünnschichttabletten enthalten. Diese Detektoren /9/ enthalten eine 20 mg/cm^2 dicke LiF-Teflon-Schicht auf einer Unterlage von 0,5 mm Aluminium. Ihre Empfindlichkeit für Betastrahlung ist ab 0,2 MeV (^{147}Pm) nahezu energieunabhängig, und auch niederenergetische Röntgenstrahlung kann bis zu mittleren Energien von 5 keV hinab innerhalb der zulässigen Fehlergrenzen gemessen werden.

Belastungsstudien an ausgewählten Arbeitsplätzen

Zur Vorbereitung von Entscheidungen über staatliche Überwachungsmaßnahmen oder von staatlichen Auflagen zur betrieblichen Strahlenschutzkontrolle im Rahmen des Genehmigungswesens wurden seit vielen Jahren gezielte Untersuchungen zur Belastungssituation an bestimmten Arbeitsplätzen mit Hilfe von TLD durchgeführt. Auch hierfür wurden bevorzugt Detektoren des Types LiF Dohna-lum

eingesetzt. Gegenstand und Ziel solcher Untersuchungen waren:

- Radiologische Untersuchungsverfahren mit erhöhtem Strahlenrisiko des Personals (Angiographie, Myelographie, Urologie), Kontakttherapie und Nuklearmedizin : gezielte Messung von Teilkörperbelastungen bei einzelnen Arbeitsschritten zur Erkennung von Belastungsschwerpunkten und zu deren Reduzierung

- Stomatologische Untersuchungsverfahren und CT-Untersuchungen: Messung der Belastungen im Schädelbereich unter Verwendung eines speziellen Phantomes

- Herstellung von Radiopharmaka : Ermittlung der Strahlenbelastung der Augen und der Hände des Personals mit Schlußfolgerungen für eine betriebliche Überwachung mit TLD

- Produktion radioaktiver Stoffe und umschlossener Strahlenquellen: Belastungsmäßige Optimierung spezieller Arbeitsgänge

- Typenprüfung von Strahlungseinrichtungen: Messung der Feldverteilungen von Störstrahlungen an neu gefertigten oder importierten Einrichtungen (z.B. CT, Therapiebeschleuniger) im Rahmen des staatlichen Zulassungsverfahrens

Die Empfindlichkeit der bisher eingesetzten TLD ist für den Nachweis der häufig geringen Strahlendosen nicht befriedigend. Deshalb erfolgten in den letzten Jahren verstärkt Bemühungen, strahlenempfindlichere Detektoren des Types LiF: Mg, Cu, P herzustellen. Die Eigenschaften des entsprechenden chinesischen Luminophors CR-200 wurden nahezu erreicht. In sehr komplexen Systemen des LiF wird jedoch mit der Erhöhung der Strahlenempfindlichkeit die Ausbildung stabiler Glowmaxima gestört . So werden beim LiF: Mg, Ti, P bereits bei Temperaturen über 250^0 C die Eigenschaften ungünstig beeinflußt und ist die Langzeitstabilität vom Einhalten präziser Aufbereitungsvorschriften abhängig. Diese empfindlichen Detektoren sind deshalb bisher nur für Sondermessungen, nicht jedoch für eine staatliche Routineüberwachung größeren Umfangs geeignet.

Die Auswertung aller TL-Detektoren einschließlich derjenigen, die für die Umgebungsdosimetrie und zur Überwachung der Strahlenbelastung infolge Inhalation von Radonfolgeprodukten eingesetzt werden, erfolgt in einem zentralen TLD-Labor. Hier stehen mehrere Auswertegeräte der Firma Harshaw vom 2000 A + B bzw. 2000 B + D (Atlas) zur Verfügung.

2.3. Festkörperspurdetektoren

Zu Beginn der 80er Jahre wurden als Ablösung der photographischen Kernspurplatten bei der Überwachung auf Neutronenexpositionen Festkörperspurdetektoren mit Radiatoren aus Spaltmaterial in die zentrale Personendosimetrie eingeführt. Bestimmend für diese Entscheidung war der Gesichtspunkt, daß Aufwand und Kosten dem geringen Belastungsrisiko durch Neutronen angemessen sein

sollten. Dementsprechend wurde ein einfaches und kostengünstiges kombiniertes Spaltspurdosimeter zur gleichzeitigen Anzeige schneller und intermediärer Neutronen entwickelt /10/. Das Dosimeter besteht aus einem Detektor aus Makrofol KG , der von zwei identischen Spaltradiatoren bedeckt und mit einer 0,5 mm dicken Cd-Hülle umgeben ist (Abb.5). Die kreisförmigen Radiatoren enthalten 99% ^{232}Th- und 1% ^{235}U-Oxid , eingebettet in einen Acrylbinder. Ihre Herstellung erfolgte mittels Siebdruck einer geeigneten Suspension auf 0,4 mm dicke Scheiben aus rostfreiem Stahl. Dabei werden ca. 40 µm dicke Spaltstoffschichten auf einer Fläche von 4,5 cm^2 abgeschieden. Die pro Dosimeter enthaltene Gesamtaktivität beträgt etwa 600 Bq (500 Bq ^{232}Th, 100 Bq ^{235}U). Daraus resultiert eine maximale jährliche Teilkörperdosis (in 5 cm Abstand) von ca. 50 µSv.

Die Ätzung der latenten Spaltspuren erfolgt durch einstündige Behandlung in 6 n KOH bei 60^{0}C. Die Spuren werden mittels eines konventionellen Funkenzählers gezählt (Spurerweitern bei 1000V, Zählen bei 550V). Aufgrund vernachlässigbarer Spontanspaltung ist die Untergrundspurdichte (0,5 $\pm$0.3) sehr gering und nicht von der Einsatzdauer abhängig.

Die Energieabhängigkeit des Dosimeters ist für Energien größer 10^5eV durch einen Faktor von etwa $\pm$3 gekennzeichnet und ist damit akzeptabel. In polyenergetischen schwach moderierten Spektren ist damit zu rechnen, daß sich Über- und Unterbewertungen teilweise kompensieren. In Feldern mit großen Anteilen epithermischer und intermediärer Neutronen wird die Dosis dagegen stark überbewertet (Tab.3). Dies kann jedoch in vielen Fällen, wie es bei Albedodosimetern üblich ist, durch Verwendung feld- bzw. arbeitsplatzbezogener Kalibrierfaktoren berücksichtigt werden. Einzelheiten der Kalibrierung sind anderweitig ausführlich beschrieben /10/. Die untere Nachweisgrenze bei der Personenüberwachung an Radionuklid-Neutronenquellen beträgt 0,7 mSv und an 14 MeV-Neutronengeneratoren 0,3 mSv bei einem zulässigen Maximalfehler von $\pm$50% für die Dosisbestimmung.

Seit Anfang 1990 werden, parallel zu methodischen Untersuchungen zum Neutronennachweis mit dem Detektormaterial CR-39, etwa 30 ausgewählte Personen mit Festkörperspurdetektoren dieses Typs überwacht. Die Detektoren werden zusätzlich in den Neutronen-Routinedosimetern getragen und nach elektrochemischer Ätzung ausgewertet.

3. Personendosimetrie-Zentraldatei

Die Zentraldatei der strahlenexponierten Personen wird in der DDR seit Beginn der routinemäßigen personendosimetrischen Überwachung geführt und ist nun auch in der BRD mit der Strahlenschutzregisterverordnung vom Jahre 1990 gesetzlich verankert. Nach der bisherigen Gesetzgebung war in der DDR eine Registrierung der Dosiswerte über einen Zeitraum von 50 Jahren gefordert. Die Zentraldatei stand auch den Strahlenschutzbeauftragten der Betriebe zur Verfügung und wurde vielfach für Gutachten abgefragt.

Im Jahre 1985 erfolgte die Umstellung auf elektronische Daten-

verarbeitung. Seitdem wird die Zentraldatei in einer relationalen Datenbank geführt. Tab.4 zeigt den Aufbau der Datensätze. Diese enthält Datensätze zum Betrieb, zur Person, zum einzelnen Dosiseintrag und zum Jahresdosiswert. Die Felder für die Art des Betriebes und des Arbeitsplatzes enthalten Angaben über den Umgang mit radioaktiven Stoffen oder Strahleneinrichtungen sowie über Art und Energie der auftretenden Strahlung. Die Daten aus der Zeit vor 1985 liegen auf Karteikarten vor und werden schrittweise in die EDV-geführte Datei übernommen.

Aus Abb.6 wird das Prinzip des Datenflusses ersichtlich. In der Arbeitsdatei , dem sogenannten Kurzzeit-Dosisspeicher werden die Primärdaten der drei Überwachungsformen gespeichert. Als Körperdosis wird die Dosis der Ganzkörperdosimeter infolge von Photonen- und von Neutronenstrahlung getrennt abgelegt. Die Ergebnisse der Fingerringüberwachung und die Anzeige des Filmdosimeters auf Grund von Betastrahlung werden ohne Interpretation gespeichert. Die Addition zu Jahresdosen erfolgt nach Ablauf eines Überwachungsjahres für alle Werte jeweils getrennt. Jährlich werden die Daten dann in die Zentraldatei übertragen.

4. Qualitätssicherung

Die Kalibrierung der Meßsysteme beruht auf der parallelen Auswertung von Detektoren der gleichen Charge, die an den Kalibrierquellen des SAAS bestrahlt wurden. Die amtliche Qualitätssicherung erfolgt durch regelmäßige Ausmessung der Kalibrierfelder mit Referenznormalen, die alljährlich im Amt für Standardisierung und Meßwesen der DDR kalibriert bzw. überprüft wurden. Zeitweise wurden auch definiert bestrahlte Kontrolldosimeter in die Routineauswertung eingeschleust.

Die Personendosimeter des SAAS nahmen an allen internationalen Meßvergleichen teil, die bis 1975 in einem gemeinsamen Arbeitskreis mit Polen und der Tschechoslowakei und danach im Rahmen des RGW organisiert wurden. Die fachliche und organisatorische Leitung der Vergleiche für Photonen- und Betastrahlung erfolgte dabei durch das SAAS. Die Meßsysteme schnitten im allgemeinen gut ab, insbesondere mit den TLD wurden sehr zufriedenstellende Ergebnisse erzielt /6,10 /. Dies zeigte sich auch bei einem von der IAEA organisierten Vergleich, der den Eignungstest der existierenden Systeme zur Bestimmung der neuen ICRU - Dosisgrößen zum Ziel hatte /12/.

5. Überwachungsergebnisse

Tab.5 enthält die Verteilung der Jahresdosen für das Jahr 1989, aufgeschlüsselt auf die wichtigsten Anwendungsbereiche. Diese Verteilung ist typisch für die Belastungssituation in der DDR. Die alljährlich ermittelten Verteilungen zeigen eine weitgehende Übereinstimmung. Insbesondere werden stets nur in wenigen Fällen die Jahresgrenzwerte überschritten. Im Jahre 1989 handelte es sich um drei Expositionen. Ermittlungen zur Ursache der Strahlendosis erfolgten bei 13 Einzeldosiswerten, die 10 mSv bei monatlicher bzw. 30 mSv bei dreimonatlicher Überwachung überstiegen. Dabei wurde festgestellt, daß drei Dosiswerte durch Lagerung der

Dosimeter im Strahlenfeld zustande kamen, ohne daß die Person exponiert wurde.

Abb.7 zeigt die Verteilung der Jahreskollektivdosis auf verschiedene Arbeitsbereiche in den letzten fünf Jahren. Der höchste Beitrag wird von den strahlenexponierten Personen in Kernanlagen erbracht. Die etwa 4000 dort beschäftigten Personen hatten eine Kollektivdosis von etwa 10 Mann-Sv. Dem stehen z.B. 23 000 Personen in der Röntgenanwendung mit etwa 2 Mann-Sv gegenüber.

Die Neutronenbelastungen lagen überwiegend unter der Nachweisgrenze der Dosimeter bzw. waren sehr gering. Nur bei ca. 3 % der überwachten wurden Jahresdosen registriert, die eine Einstufung als strahlenexponierte Personen rechtfertigen. Überschreitungen des Jahresgrenzwertes von 50 mSv wurden nicht festgestellt. Das höchste Belastungsrisiko durch Neutronen besteht bei der Anwendung von Neutronenquellen für Bohrlochmessungen.

6. Schlußfolgerungen

Die für die zentrale Strahlenschutzüberwachung eingesetzten Meßsysteme haben sich langjährig bewährt. Die in letzten Jahren im SAAS wieder diskutierte Möglichkeit des erweiterten Einsatzes von TLD für die Ganzkörper-Überwachung sollte unter den künftigen ökonomischen Bedingungen erneut geprüft werden. In diesem Zusammenhang ist nun auch der Übergang zu einem TL-Albedodosimeter für die Neutronendosimetrie zu erwägen.

Literatur

/1/ ICRP. General Principles of Monitoring for Radiation Protection of Workers
Publication 12 (1968)

/2/ Rothe, W. Messung der Personendosis mit mehrkomponentigen Dosimetersystemen in Strahlungsgemischen unbekannter Zusammensetzung
Kernenergie 10 (1967) 368-372

/3/ Pohl, K.P., Krey, W., Sowa, W., Klucke, H., Scheler, R. Automatisierung der filmdosimetrischen Überwachung in der DDR
Kernenergie 28 (1985) 355-357

/4/ Will, W., Kraus, W. Thermoluminescent LiF dosimeters in individual monitoring in the GDR (russ.)
Proc. CMEA Symp. New Methods of Individual Dosimetry, Hradec. Kralove, CSSR, 17 - 20 May 1977

/5/ Will, W., Edelmann, B.U., Walter, R. Entwicklung von LiF-Sinterdosimetern in der DDR
Report SAAS - 280, Vol. 2, p. 56 (1981)

/6/ Will, W., Friemert, R. Application of TLD for the centralized individual monitoring in the GDR (russ.)
Proc. CMEA Symp. Progress in Individual Monitoring for External Irradiation, Berlin, GDR, 12 - 15 November 1985.

/7/ Kraus, W., Will, W., Rothe, W., Rimpler, A. Personnel dosimetry and intercomparison studies in the GDR.
Personnel Radiation Dosimetry, IAEA TECDOC - 402 (1987) 87-100

/8/ Will, W., Kraus, W. Thermolumineszenz-Fingerringdosimeter zur zentralisierten Überwachung der Handbelastungen strahlenexponierter Personen.
Isotopenpraxis 16 (1980) 358-361

/9/ Will, W., Dünnschicht-Thermolumineszenzdetektoren zur Messung der Hautdosis bei der Personendosimetrie
Isotopenpraxis 19 (1983) 76-81

/10/ Guhr, A., Kraus, W., Rimpler, A., Sarenio, O., Lehmann, R. Use of Solid-State Nuclear Track Detectors in National Radiation Protection Monitoring Programmes
Proc. 9. Int. Conf. on Solid State Dosimetry. Vienna, 6 - 10 November 1989

/11/ Will, W. Zur Auswertegenauigkeit von Thermolumineszenzdosimetern für die Personen- und Umgebungsdosimetrie
Kernenergie 21 (1978) 110-112

/12/ Will, W. Evaluation Method and Intercomparison of a Thermoluminescence Dosemeter for Measuring Individual Dose Equivalents
Proc. Res. Co-ordination Meeting. Vienna 24 - 28 April 1989
IAEA-RC-408 (1989)

Tabelle 1: Verteilung der beruflich strahlenexponierten Personen auf Hauptanwendungsgebiete

Bereich	Anteil (%)
Medizin	66,5
Forschung/Lehre	9,4
Industrie (außer Kernanlagen)	11,9
Kernanlagen	9,5
Sonstige Bereiche	2,8

Tabelle 2: Eigenschaften von LiF-Sintertabletten der Typen Dohnalum LiF-200-Ti, Krakow MTS-N und Harshaw TLD-100

	Dohna	Krakow	Harshaw
Maße			
Querschnitt (mm)	4,8	4,5	3,2 x 3,2
Dicke (mm)	0,8	0,6	0,9
Masse (mg)	30	23	24
Empfindlichkeit			
relativ (pro Masse)	0,7	0,9	1,0
Chargeninhomogenitaet (%)	6	5	2
Untere Meßgrenze (mGy)			
Laboratorium	0,04	0,02	0,02
Routine	0,2	0,1	0,1
Fading (%) innerhalb eines Monats bei			
20°C	5	1	5
40°C	10	3	8

Tabelle 3: Kalibrierfaktoren und relative Fehler in typischen Neutronenspektren

Quelle	Abschirmung	Kalibrierfaktor (10^{-4} Sv/ Spur) berechnet	gemessen	Routine	Fehler (%)
^{252}Cf	ohne	1.23	1.20		-14
	5 cm Polyethylen	0.63	0.68		+58
	15 cm Polyethylen	0.55	0.60		+82
	50 cm Paraffin	0.36		1.0	+178
	5 cm Eisen	1.39	1.23		-28
	10 cm Blei	0.36	0.89		+16
$^{239}PuBe$	ohne	0.80	0.90		+25
14MeV	ohne	0.39	0.46		-3
	25 cm Blei	0.45		0.4	-11
	100cm Beton	0.30			+33
	25 cm Blei + 100cm Beton	0.20			+100

Tabelle 4: Aufbau der Datensaetze der Zentraldatei

Adresse

Feld	Feldname	Typ	Laenge	Inhalt
1	Ueb	Zeichen	1	Ueberwachung
2	Bnr	Zeichen	6	Betriebscode (Index)
3	Adr1	Zeichen	30	Adresse Zeile 1
4	Adr2	Zeichen	30	Adresse Zeile 2
5	Adr3	Zeichen	30	Adresse Zeile 3
6	Str	Zeichen	30	Straße Hausnummer
7	Ort	Zeichen	30	Ortsname
8	Plz	Zeichen	4	Postleitzahl
9	Artb	Zeichen	2	Codierung der Betriebsart

Person

Feld	Feldname	Typ	Lñnge	Inhalt
1	Uebp	Zeichen	1	Ueberwachung ja oder nein
2	Pkz	Zeichen	12	Personenkennzahl (Index)
3	Name	Zeichen	25	Name der Person
4	Vorname	Zeichen	20	Vorname der Person
5	Gname	Zeichen	20	Geburtsname der Person
6	Pnr	Zeichen	4	Betriebspersonalnummer
7	Bnnr	Zeichen	4	Betriebscode (Relation)
8	Art	Zeichen	2	Art des Arbeitsplatzes

Dosiseintrag (Film)

Feld	Feldname	Typ	Laenge	Inhalt
1	Filmnr	Zeichen	6	Eingepraegte Filmnummer
2	Doau	Numerisch	8	Dosis Photonen
3	Dobe	Numerisch	8	Dosis Elektronen
4	Delta	Datum		Beginn der Ueberwachung
5	Fbnr	Zeichen	4	Betriebscode (Relation)
6	Fpkz	Zeichen	12	Personenkennzahl (Relat.)

Jahresdosiseintrag

Feld	Feldname	Typ	Laenge	Inhalt
1	Dosisp	Numerisch	8	Dosis Photonen
2	Dosisb	Numerisch	8	Dosis Elektronen
3	Dosisn	Numerisch	8	Dosis Neutronen
4	Dosisf	Numerisch	8	Dosis Hand
5	Jahr	Datum		Ueberwachungsjahr
6	Jpkz	Zeichen	12	Personenkennzahl (Relat.)
7	Jbnz	Zeichen	4	Betriebscode (Relation)
8	Jart	Zeichen	2	Art der Arbeit

Tabelle 5: Verteilung der Jahresdosen 1989

Anwendungs-bereich	Anzahl	Dosis in mSv						
		0-5		5-15		15-50		>50
		abs.	%	abs.	%	abs.	%	abs.
Kernanlagen	5441	4804	88,3	408	7,5	229	4,2	/
Kontakt-therapie	445	435	97,8	8	1,8	2	0,4	/
Isotopen-produktion	141	98	69,5	29	20,6	14	9,9	/
Nuklear-medizin	1111	1100	99,0	8	0,7	3	0,3	/
Industrie	4215	4192	99,5	20	0,5	2	<0,1	1
Roentgen-diagnostik	22383	22333	99,8	40	0,2	5	<0,1	/
Wiss.-techn. Roentgen-anwendung	886	881	99,4	3	0,3	/	/	2
Andere	3226	3206	99,4	15	0,5	5	0,2	/
Gesamt	37848	37049	97,9	531	1,4	260	0,7	3

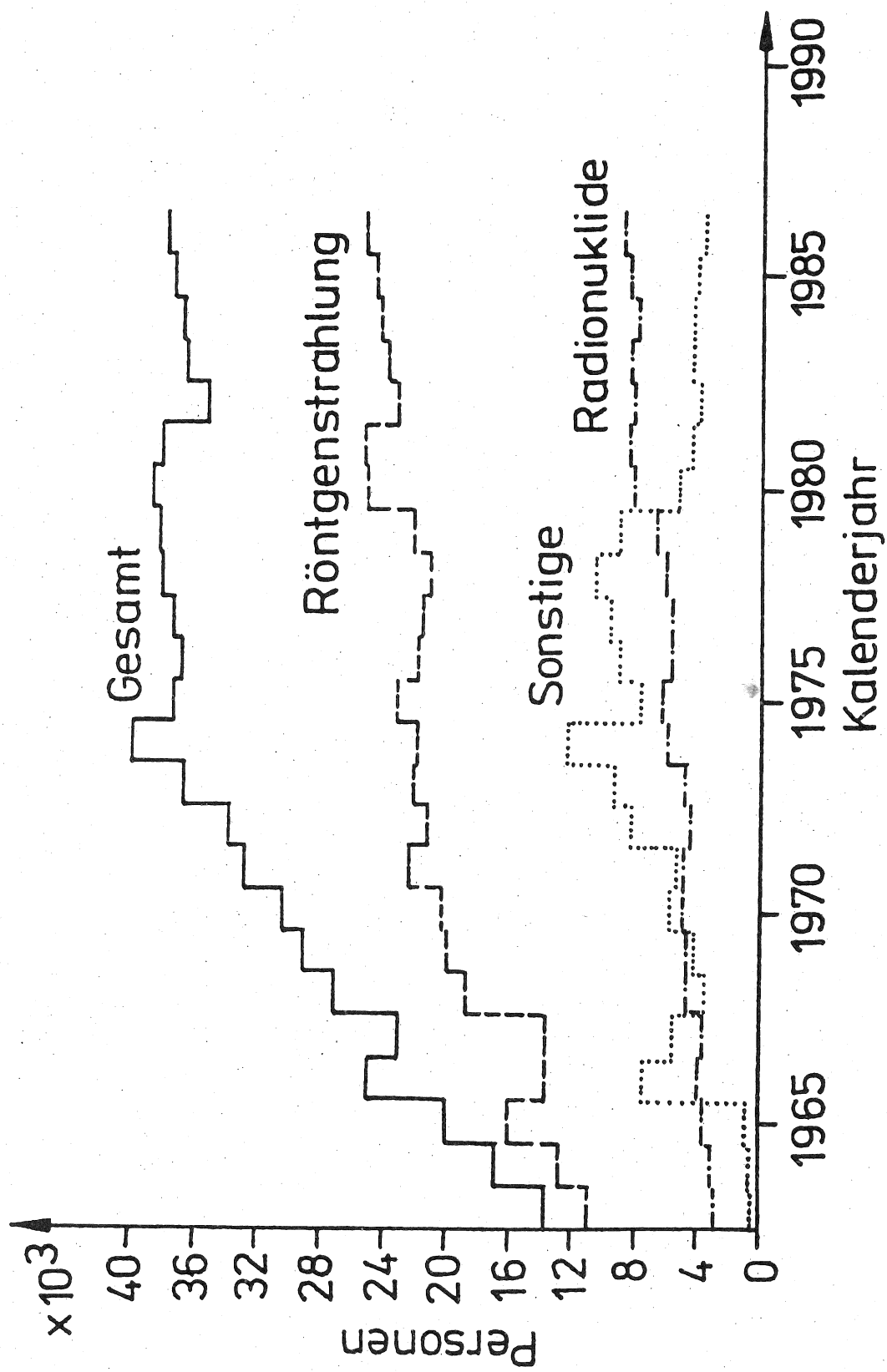


Abb.1: Anzahl der ueberwachten Personen

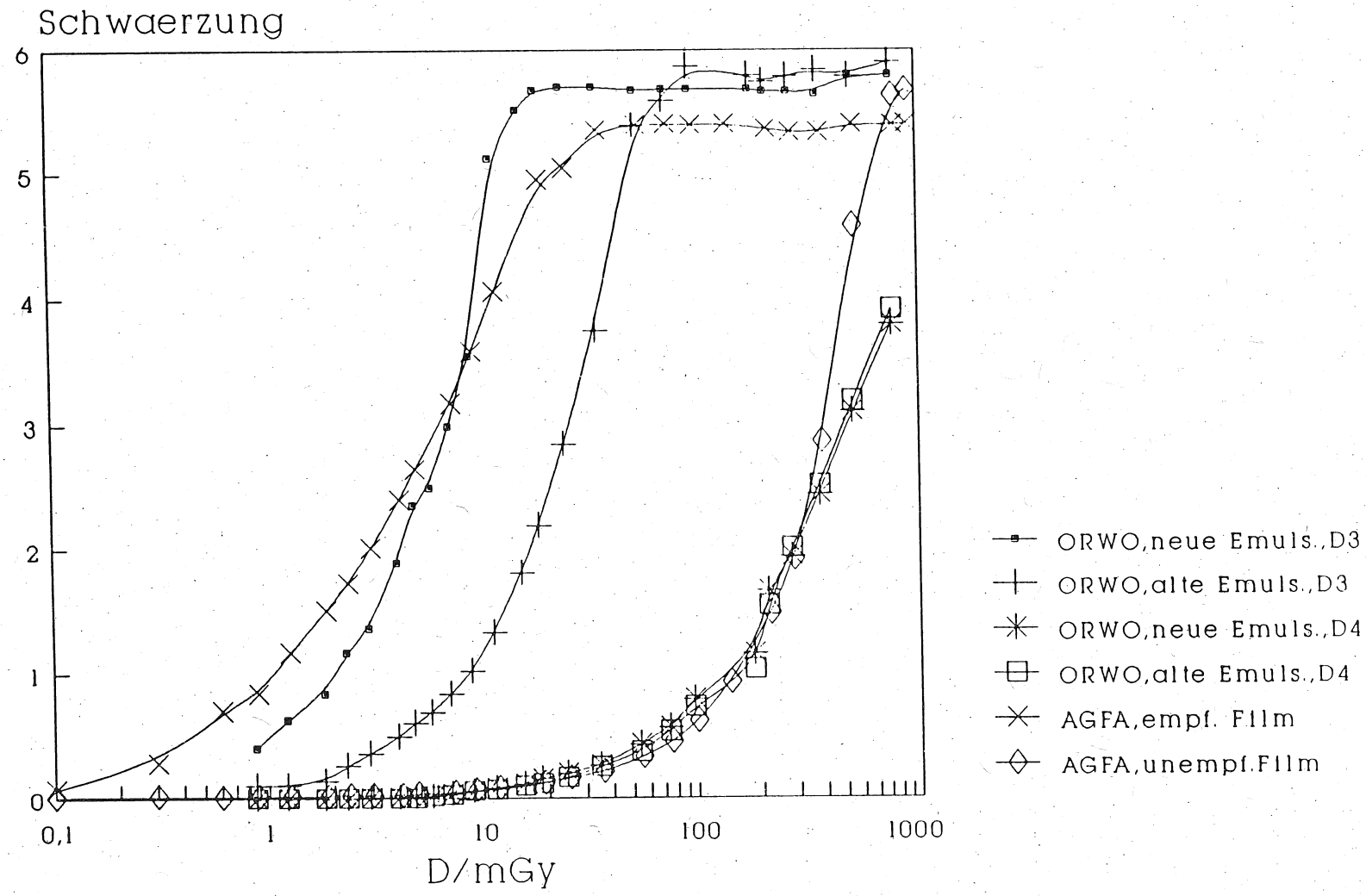


Abb.3: Empfindlichkeitsvergleich
ORWO - AGFA für Cs-137

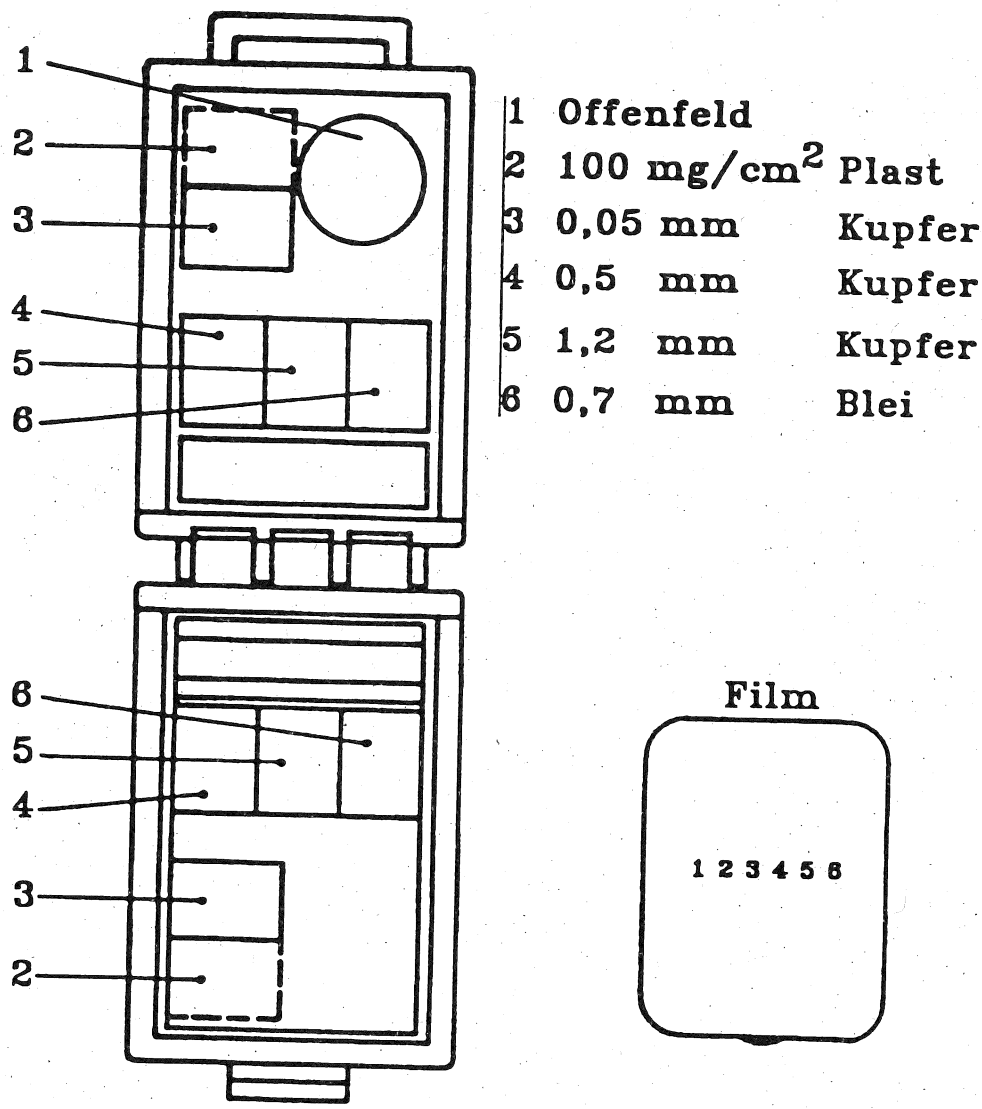


Abb.2: Kassette fuer das Filmdosimeter

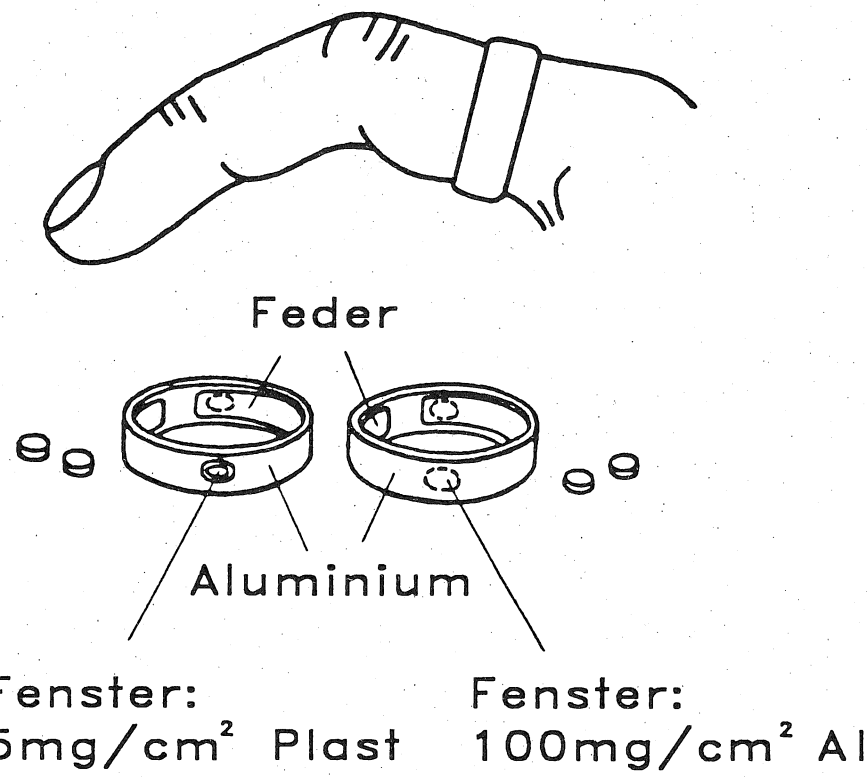


Abb.4:
Fingerringdosimeter fuer Beta- und Photonenstrahlung

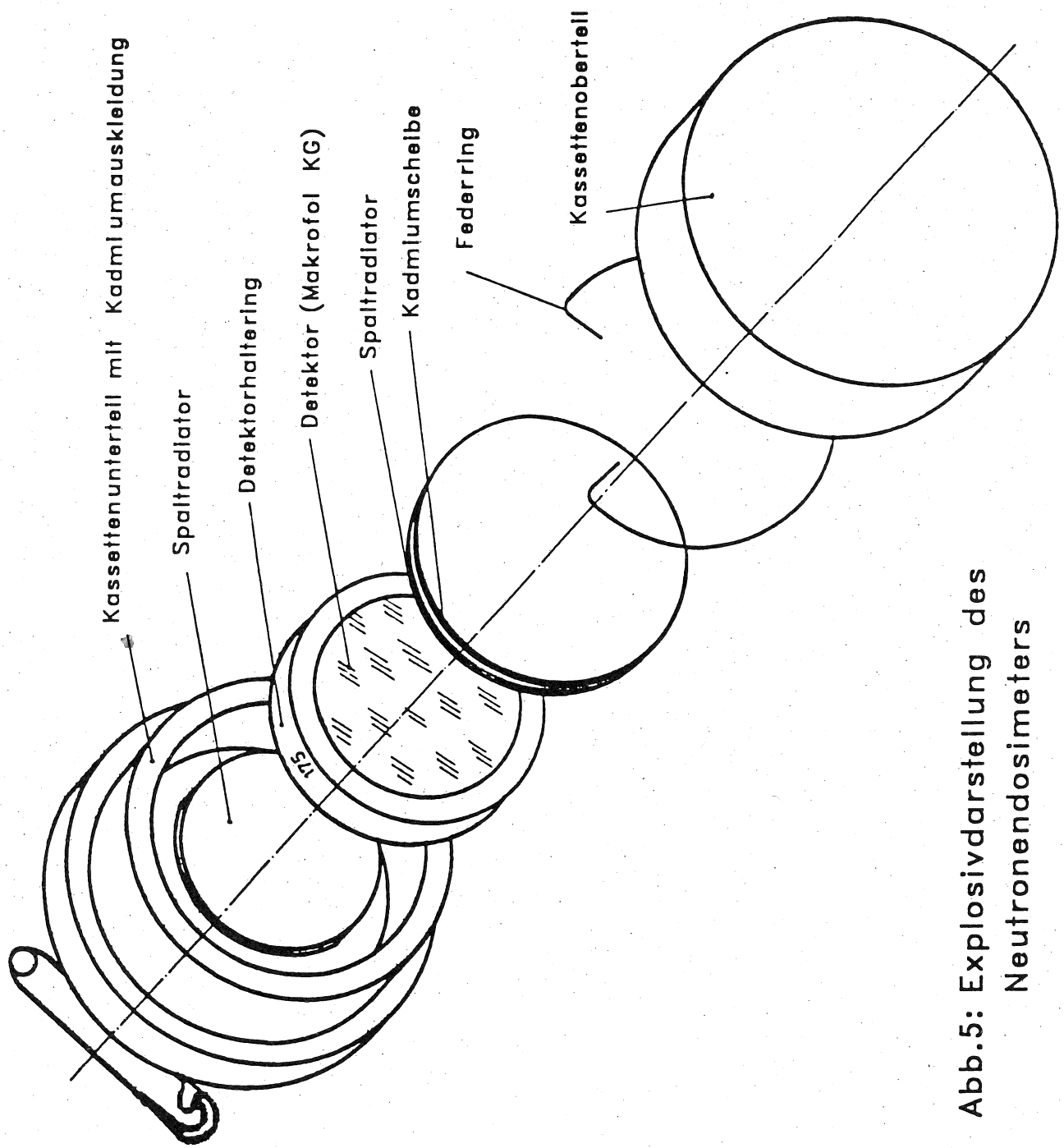


Abb.5: Explosivdarstellung des Neutronendosimeters

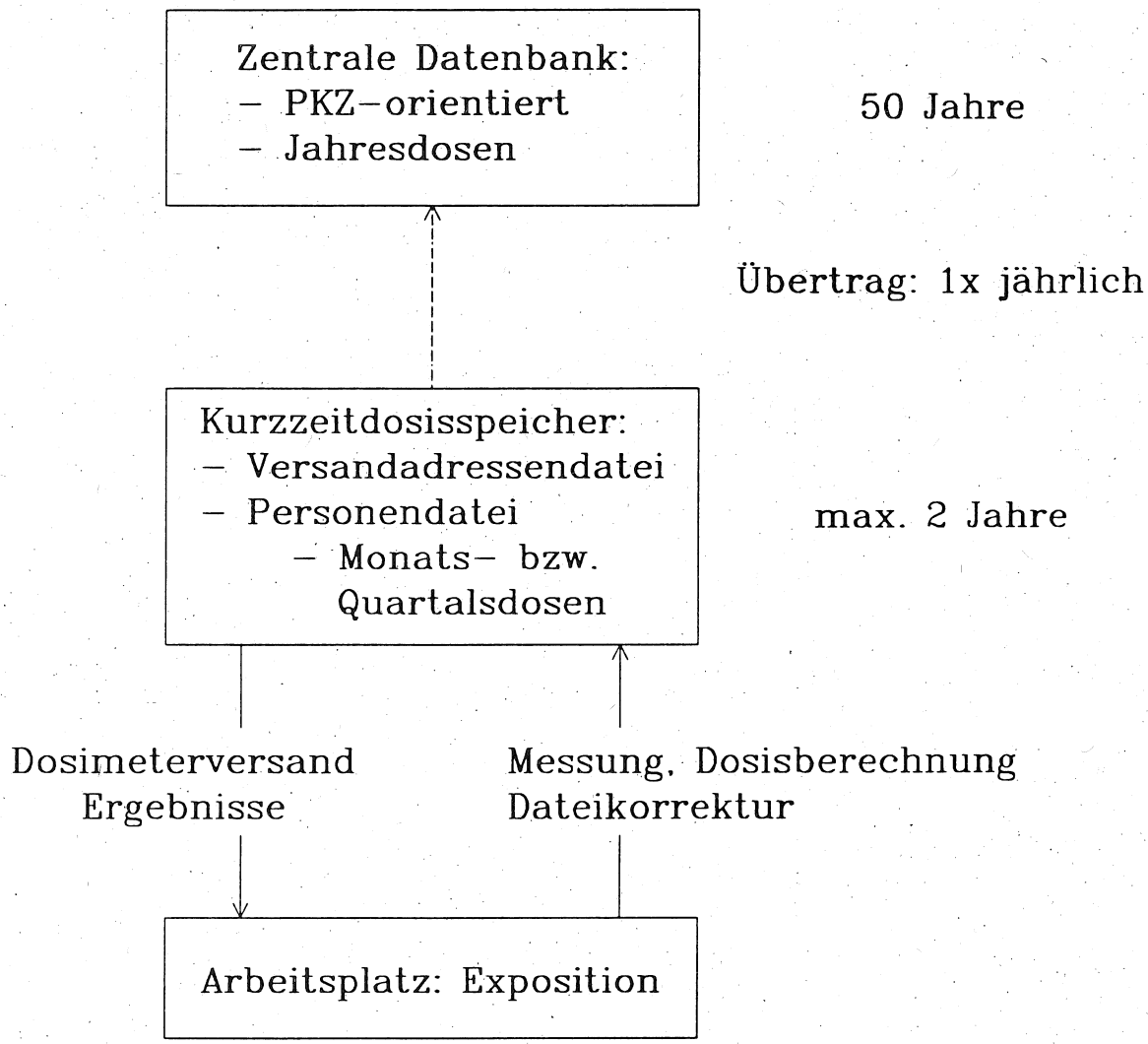


Abb.6: Schematische Darstellung des Datenflusses

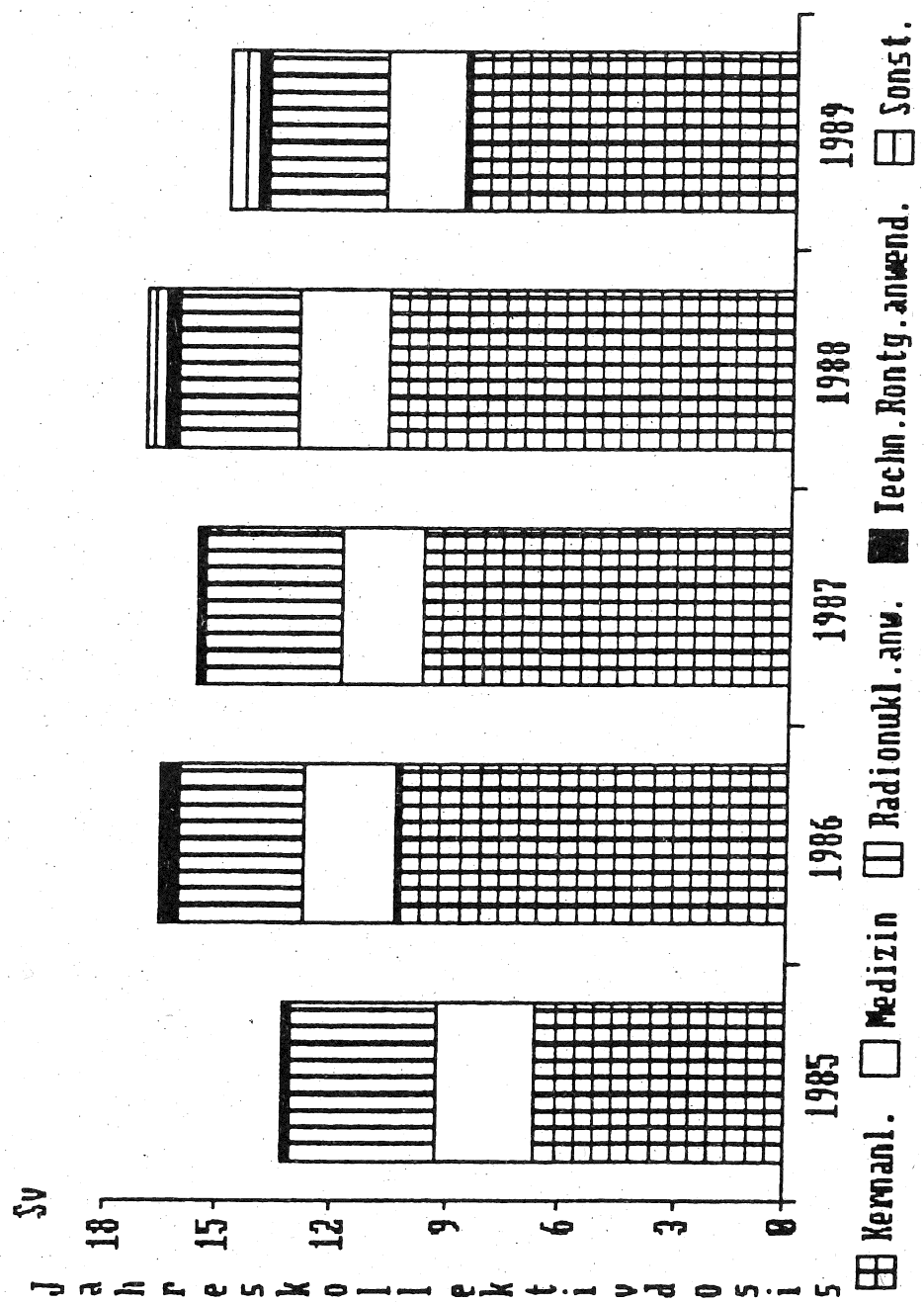


Abb.7: Verteilung der Jahreskollektivdosis

Inkorporationsüberwachung in der Bundesrepublik Deutschland

H.Schieferdecker
Kernforschungszentrum Karlsruhe GmbH

1. Gesetzliche Vorgaben

Ziel einer Inkorporationsüberwachung ist die Kontrolle der Einhaltung von Strahlenschutzgrundsätzen, mit denen auch beim Umgang mit offenen radioaktiven Stoffen die körperliche Unversehrtheit der betroffenen Personen sichergestellt werden soll. Voraussetzung dazu ist die Einhaltung der Grenzwerte der Körperdosis, die bei der Inkorporation radioaktiver Stoffe durch abgeleitete Grenzwerte der Jahres-Aktivitäts-Zufuhr (GJAZ) ersetzt werden müssen.

International sind diese Werte durch die Empfehlungen der Internationalen Strahlenschutzkommission (ICRP) vorgegeben [ICRP 79] und sind durch die Übernahme durch die Kommission der Europäischen Gemeinschaften (EG) in die Gesetzgebung der EG auch für die Bundesrepublik Deutschland verbindlich [BGBl 89]. Sie wurden jedoch wegen der bisher bereits strengeren Strahlenschutzgesetzgebung [BGBl 76] in diesem Sinne überarbeitet und dem höheren Sicherheitsstandard der Bundesrepublik angepaßt. Dadurch gelten in Deutschland GJAZ-Werte, die zum Teil niedriger sind, als in den Europäischen Grundnormen [BGBl 89].

Während international als Bezugswert für die Ableitung der GJAZ die stochastische Wirkung einer effektiven Körperdosis von 50 mSv/a und die nicht-stochastischen Wirkungen von Organdosen von 500 mSv/a angenommen werden, werden in Deutschland für die nicht-stochastischen Wirkungen reduzierte Organdosiswerte angenommen, die in der StrlSchV in der Tabelle X aufgeführt sind (siehe Abb.1).

Organ	Grenzwerte im Kalenderjahr
Keimdrüsen, Gebärmutter, rotes Knochenmark	Organdosis 0.05 Sv
Schilddrüse, Knochenoberfläche Haut	Organdosis 0.30 Sv
andere Organe	Organdosis 0.15 Sv
Gesamtkörper	effektive Dosis 0.05 Sv

Abb.1 Grenzwerte der Körperdosis

Die Berechnung der Grenzwerte der Jahres-Aktivitätszufuhr aus den Grenzwerten der jeweiligen Körperdosis wird deshalb in Deutschland zwar unter Benutzung der metabolischen Modelle der ICRP für beide Wirkungsmechanismen, aber unter Bezug auf unterschiedliche Organdosisgrenzwerte durchgeführt. Der GJAZ-Wert, der bei dieser Berechnung dann am niedrigsten ist, wird ebenso wie bei den Empfehlungen der ICRP als Grenzwert angenommen.

Zusätzlich gilt für beruflich strahlenexponierte Personen, daß die Berufslebensdosis auf eine effektive Dosis von 400 mSv begrenzt ist. Aus dieser Besonderheit erwächst die Forderung, sowohl die Organdosen, als auch die effektiven Dosen zu bestimmen und sie mit den jeweiligen Grenzwerten zu vergleichen.

In der deutschen Strahlenschutzverordnung wird zum Ausdruck gebracht, daß es sich bei Festlegung der GJAZ um abgeleitete Grenzwerte handelt, mit deren Hilfe die Einhaltung des primären Dosisgrenzwerts sichergestellt wird. Ihre Besonderheit in Deutschland liegt darin, daß sie auch dann einzuhalten sind, wenn die dadurch hervorgerufene Körperdosis den Grenzwert der jährlichen Körperdosis nicht erreicht.

2. Durchführung der Inkorporationsüberwachung

Die Inkorporationsüberwachung radioaktiver Stoffe kann nach den in Deutschland geltenden Richtlinien durchgeführt werden durch

- Abschätzung einer Zufuhr aus der Art der Tätigkeit und der Umgangsaktivität
- Bestimmung der Zufuhr aus Atemluftkonzentrationsmessungen
- Direktmessung der Körperaktivität mit Ganzkörper- oder Teilkörperzähler
- Ausscheidungsmessungen

2.1. Abschätzung der Zufuhr aus der Umgangsart

Beim Umgang mit offenen radioaktiven Stoffen kann angenommen werden, daß unter normalen Arbeitsbedingungen nur ein bestimmter Bruchteil der gehandhabten Aktivität inkorporiert wird. Wenn durch regelmäßige Wischtests der Arbeitsplätze sowie durch Kontaminationskontrolle der Hände und Füße keine Aktivitäten festgestellt werden, kann abgeschätzt werden, daß dieser Anteil gering ist. Beim Umgang mit kurzlebigen Radionukliden wird dieses Verfahren aus technischen Gründen das einzige sein, bei langlebigen Nukliden und größeren Umgangsmengen sowie bei außergewöhnlichen Ereignissen müssen andere Verfahren zusätzlich herangezogen werden.

2.2. Abschätzung der Zufuhr durch Raumluftüberwachung

Aus der Aufenthaltsdauer in einem Bereich mit einer gemessenen Atemluft-Aktivitätskonzentration kann direkt auf die Höhe einer Inkorporation geschlossen werden, indem das Zeitintegral über die Aktivität bestimmt wird. Dies ist definitionsgemäß nach dem Konzept der ICRP möglich, weil die Zufuhr einer Aktivität in Höhe des Grenzwerts der Jahres-Aktivitätszufuhr unter Berücksichtigung der Verteilung dieser Aktivität im Körper gerade diejenige Dosis verursacht, die dem Grenzwert der Körperdosis entspricht. Dabei ist als Zufuhr diejenige Aktivität zu verstehen, die über Körperöffnungen (Nase, Mund, Haut) in den Körper eintritt. Die anschließende Verteilung wird für die besondere Art der Radionuklidverbindung (Löslichkeit, Aerosolgröße) nach dem Modell der ICRP berücksichtigt.

Richtwerte der Atemluftkonzentration können somit zum Strahlenschutz aus den Grenzwerten der Jahres-Aktivitätszufuhr für eine maximale Aufenthaltsdauer und eine bestimmte Atemrate abgeleitet werden.

Sie werden als Schwellenwerte eingesetzt, wobei auch noch ausreichend kleine Bruchteile des GJAZ erkennbar sein sollten. Sie errechnen sich für eine Arbeitszeit von 200 Tagen/Jahr mit einer täglichen Arbeitszeit von 8 Stunden/Tag und für eine Atemrate von 1,2 m^3/Stunde bei normaler Arbeitsleistung. Durch Luftprobensammler, die an repräsentativer Stelle angebracht sind, kann schnell und sehr empfindlich eine Aussage über die Höhe einer Inhalation gemacht werden.

Das Verfahren hat seine Grenzen dort, wo durch wechselnde Arbeitsbedingungen die feste Montage von Luftprobensammlern nicht mehr als eine repräsentative Probenahme

angesehen werden kann. Der Einsatz von persönlichen Probennehmern, mit denen die Atemluft in der Nähe des Mundes und der Nase gesammelt wird, hat den Nachteil, daß aus technischen Gründen nur ein kleiner Luftdurchsatz möglich ist und dadurch meist nicht die erforderliche Empfindlichkeit erreicht wird.

2.3. Direktmessung der Körperaktivität

Die direkte Messung einer inkorporierten Aktivität mit Ganz-oder Teilkörperzählern ist bei denjenigen Nukliden möglich, deren emittierte Strahlung außerhalb des Körpers in ausreichender Höhe nachweisbar ist. Als Meßgeräte kommen Teilkörperzähler (z.B. für Schilddrüsen-, Lungen-, Leber- oder Knochenmessungen) oder Ganzkörperzähler zur Anwendung.

Aus dem Meßergebnis der Inkorporationsüberwachung muß die Zufuhr durch Extrapolation auf einen Inkorporationszeitpunkt ermittelt werden. Dies ist mit Hilfe bekannter Retentionsfunktionen durch Extrapolation möglich.

Zusätzlich besteht aber auch nach Angaben einer Richtlinie [GMBl 81] die Möglichkeit, aus den im Körper gemessenen Aktivitäten direkt die Dosis zu berechnen, wenn aus den Verlaufsmessungen eine effektive Halbwertszeit bestimmbar ist. Dieses Verfahren hat den Vorteil, daß unter Umständen individuelle Besonderheiten bei der Inkorporation berücksichtigt werden können.

2.4. Ausscheidungsmessungen

Wenn aus festgestellten Aktivitäten im Urin oder Stuhl auf eine Zufuhr zurückgeschlossen werden soll, dann müssen auch hierbei die Ausscheidungsfunktionen der Radionuklidverbindungen bekannt sein, mit denen auf einen bestimmten Zufuhrzeitpunkt extrapoliert werden kann. Mit diesen Daten ist eine Zufuhrbestimmung relativ gut berechenbar, wenn diese nur wenige Tage zuvor erfolgt ist. Sie wird jedoch zunehmend unsicherer, wenn die Zufuhr längere Zeit zurückliegt oder überhaupt unbekannt ist.

3. Durchführungsbestimmungen

Eine Inkorporationsüberwachung wird in der Bundesrepublik Deutschland durch die Vorgaben der Strahlenschutzverordnung [BGBl 89] sowie durch Richtlinien [GMBl 78] und Ausführungsbestimmungen [GMBl 81], [GMBl 79], [GMBl 80] geregelt. Sie sind Empfehlungen des Bundesinnenministeriums bzw. des Bundesumweltministeriums, die von den einzelnen Ländern nach eigenem Ermessen angewandt werden.

3.1. Richtlinie zur physikalischen Strahlenschutzkontrolle

Zur Erfüllung der §§ 62 und 63 der Strahlenschutzverordnung sind in einer Richtlinie [GMBl 78] allgemein anwendbare Grundsätze und Verfahren für eine Strahlenschutzüberwachung angegeben. Sie umfassen neben der Kontrolle bei äußerer Exposition auch die Kontrolle der inneren Exposition bei Inkorporationen radioaktiver Stoffe.

Diese Überwachung ist so durchzuführen, daß in einem bestimmten Überwachungszeitraum noch eine Zufuhr radioaktiver Stoffe in Höhe von 1/20 der Grenzwerte der Jahresaktivitätszufuhr erkannt werden kann. Der Zeitraum der Überwachung muß so ausgewählt werden, daß eine Zufuhr in der angegebenen Höhe auch dann erkannt wird,

wenn eine einmalige Zufuhr am folgenden Tag nach der letzten Überwachung erfolgt ist (in Abb.2 gestrichelt dargestellt). Damit ist bei unbekanntem Inkorporationszeitpunkt eine Überschätzung verbunden, die bei längeren Zeitabständen mehrere Größenordnungen betragen kann.

In den Empfehlungen der ICRP [ICRP 88] ist dieser Mangel dadurch behoben, daß bei der Extrapolation zu einem Inkorporationszeitpunkt eine maximale Unsicherheit um den Faktor 3 nicht überschritten werden sollte. Als Bezugszeitpunkt für die Festlegung einer unbekannten Zufuhr wird dabei die Mitte des Überwachungsintervalls festgelegt (in Abb.2 durchgezogen dargestellt).

Es ist ersichtlich, daß mit zunehmendem Überwachungsintervall die extrapolierte Zufuhraktivität Z_i und die Unsicherheit dieses Wertes größer wird. Einer zunehmenden Unsicherheit muß deshalb durch kleinere Überwachungsintervalle Rechnung getragen werden.

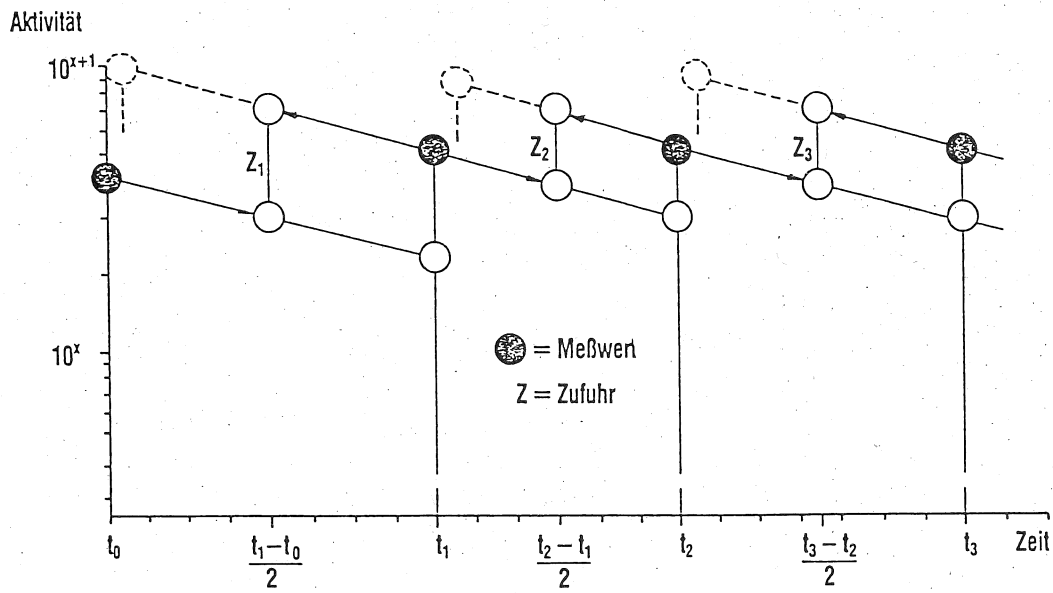


Abb.2
Berechnung unbekannter Inkorporationen

Nach der Richtlinie [GMBl 78] wird der Inkorporationsüberwachung die Feststellung eines Erfordernisses vorangestellt. Diese Maßnahme geht von einem Optimierungsverfahren aus, das den Aufwand einer Inkorporationsüberwachung dem Risiko einer Körperdosis gegenüberstellt.

Es wird davon ausgegangen, daß beim häufigen Umgang mit radioaktiven Stoffen eine regelmäßige Inkorporationsüberwachung nicht erforderlich ist, wenn mit Aktivitätsmengen unterhalb einer Aktivitätsschwelle umgegangen wird. Als Schwellenwert wird das zehnfache des Grenzwerts der Jahresaktivitätszufuhr angenommen.

Auf eine regelmäßige Überwachung kann aber auch verzichtet werden, wenn die Arbeitsbedingungen beim Umgang mit offenen radioaktiven Stoffen so ausgelegt werden, daß eine Gefährdung der Person ausgeschlossen werden kann. Dies soll mit einem Vorschlag für Überwachungsmaßnhmen verbunden werden und kann auf Antrag von der Behörde genehmigt werden.

Als weitere Möglichkeit für den Verzicht auf eine regelmäßige Inkorporationsüberwachung kann nach der Richtlinie eine Entscheidungshilfe benutzt werden. Diese besteht darin, daß die im Wochenmittel arbeitstäglich gehandhabte Aktivität mit einer Aktivität verglichen wird, die sich als Kriterium aus der Masse des gehandhabten Stoffs, dem Grenzwert der Jahresaktivitätszufuhr und einem Umgangsfaktor mit Hilfe einer Formel errechnen läßt. Als Umgangsfaktor wird dabei eine Zahl angegeben, deren Größe je nach Schwierigkeit der Arbeitsbedingungen zwischen 0.01

und 1000 liegt.

Die Richtlinie ist in der Vergangenheit sehr unterschiedlich ausgelegt worden. Die großzügige Befreiung von der Überwachung ist ebenso angewandt worden, wie die konsequente Durchsetzung des Minimierungsprinzips. Meist gab jedoch die Willensentscheidung des Strahlenschutzbeauftragten letztlich den Ausschlag.

Zur Erfüllung der Richtlinie für die physikalische Strahlenschutzkontrolle [GMBl 76] hat es sich als nützlich erwiesen, die Arbeitsbedingungen unter Benutzung eines Formulars formalisiert zu erheben. Für die Belange der Kernforschungszentrum Karlsruhe GmbH (KfK) wurde ein Erhebungsbogen erarbeitet (siehe Anhang 1), der für jede einzelne Person angelegt wird. Der im KfK benutzte Bogen hat einen Anhang, in dem die nach der Richtlinie vorgesehenen Auswahlkriterien erläutert sind (s.Anhang 2). An Hand der ausgefüllten Bögen wird von den Meßstellen die Art der Inkorporationsüberwachung festgelegt.

Diese besteht in einer routinemäßigen Inkorporationsüberwachung, deren Häufigkeit sich aus der Art des Nuklids und seiner effektiven Halbwertszeit ergibt.

Bei monatlichen Überwachungen eines größeren Personenkreises wird das Verfahren der rollierenden Überwachung angewandt. Dabei werden jeweils nur eine oder mehrere Personen als Referenzpersonen für die gesamte Arbeitsgruppe überwacht und diese im monatlichen Wechsel ausgetauscht. Als Beispiel für eine derartige Überwachung ist das Verfahren für Plutonium in Abb.3 aufgeführt.

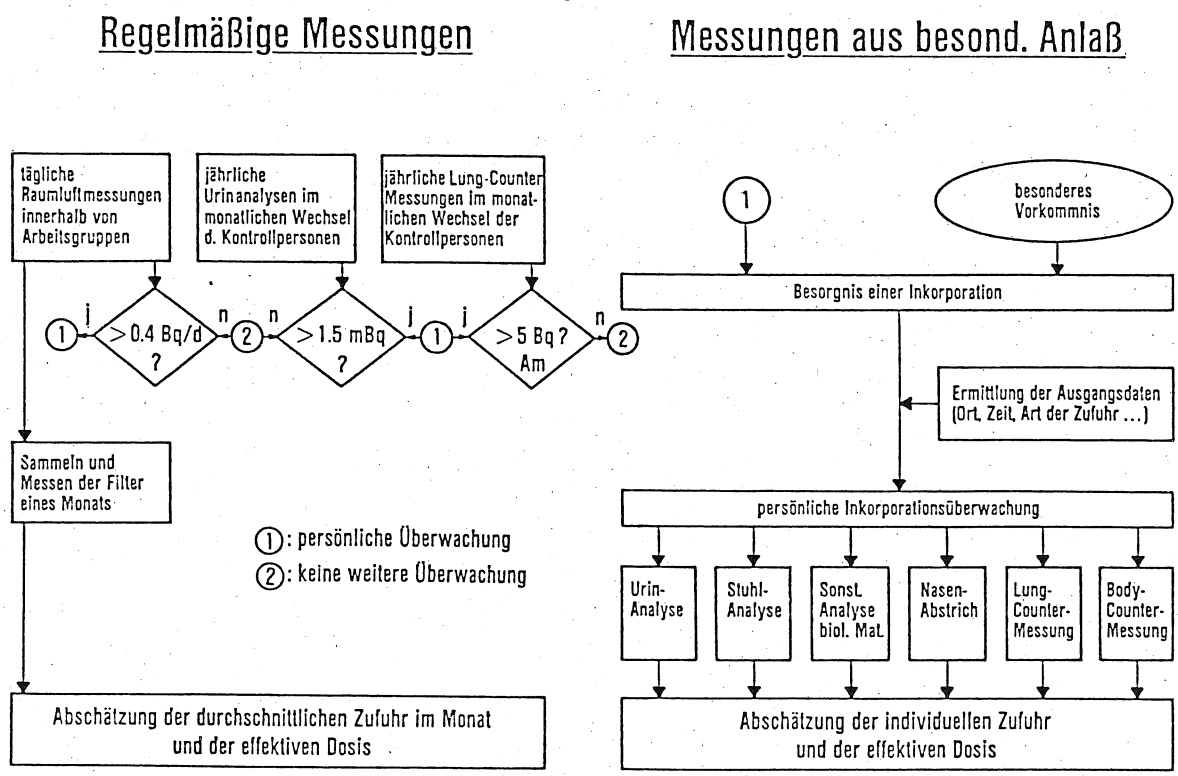


Abb.3: Inkorporationsüberwachung auf Plutonium

Es besteht aus einer Kombination der Überwachungsverfahren Raumluftüberwachung, Ganzkörpermessung und Urinanalyse. Für die Ganzkörpermessung wird die Messung von Am-241 als Referenznuklid benutzt, da Plutonium und Americium in einem meist bekannten Verhältnis auftritt. Wenn bei der täglichen Raumluftmessung Werte oberhalb von Schwellenwerten der Raumluftmessungen oder bei der Ganzkörper- oder Ausscheidungsmessungen Ergebnisse ermittelt werden, die oberhalb der Schwellenwerte lie-

gen, werden umgehend individuelle Zusatzmessungen der Person und der Gruppe ausgeführt.

Die gleichen Maßnahmen werden getroffen, wenn aufgrund eines besonderen Anlasses eine Inkorporation zu besorgen ist, werden zusätzliche individuelle Messungen veranlasst, wie sie in Abb.3 unter 2 beschrieben sind. Sie bestehen aus einer Ganzkörper- und Lungenmessung, sowie aus der Untersuchung von Urin und Stuhl der folgenden drei Tage. Diese Messungen werden gegebenfalls über längere Zeit fortgesetzt und als Verlaufsmessungen wiederholt.

Zur Dokumentation dieser Messungen aus besonderem Anlaß wird im KfK ein Durchschreibe-Formblatt verwendet, auf dem die zur Aufklärung der Inkorporation erforderlichen Fakten von der jeweiligen Meßstelle sukzessive eingetragen werden (siehe Anhang 3). Das vollständig ausgefüllte Exemplar dient zur endgültigen Beurteilung der Exposition.

3.2. Berechnungsgrundlagen zur Ermittlung der Körperdosis

In der Berechnungsgrundlage [GMBL 81] sind die Anweisungen zu finden, nach denen aus den durch Direktmessung oder Ausscheidungsmessung ermittelten Meßwerten die Dosis zu berechnen ist. Zur Anwendung sind die Allgemeinen Berechnungsgrundlagen [GMBL 79], [GMBL 80] heranzuziehen, in denen die dazu erforderlichen Dosisfaktoren aufgeführt sind.

Nach Ermittlung der Zufuhr ist die Berechnung der Körperdosis sehr einfach mit Hilfe von Dosisfaktoren durchzuführen, die bereits von Noßke u.a. [No 85] nicht nur für Erwachsene, sondern von Henrichs u.a. [He 85] auch für Säuglinge, Kleinkinder und Jugendliche publiziert worden sind. Sie sind jetzt zum Teil durch die im Bundesanzeiger [BU 89] überarbeiteten Dosisfaktoren der Strahlenschutzverordnung ersetzt worden.

Für eine Dosisberechnung bei einer Inkorporation über eine Wunde sind in [GMBl 81] Dosisfaktoren tabelliert, die noch nach dem Konzept der ICRP [ICRP 59] berechnet wurden und bei einer Neufassung mit einem neuen Modell überarbeitet werden müssen.

Eine Berechnung der Körperdosis ist immer bei Auftreten eines begründeten Inkorporationsverdachts (aussergewöhnliches Ereignis) auszuführen. Dazu werden im KfK die Angaben auf dem Begleitzettel (siehe Anhang 3) benutzt, auf dem neben den personenbezogenen Daten, der Ort und die Art des Zwischenfalls, die ersten Meßwerte und die getroffenen Erstmaßnahmen beschrieben sind.

Um die Berechnung der Körperdosen aus den ermittelten Meßwerten der Überwachung einheitlich und vollständig zu erfassen, ist im KfK ein Formblatt entworfen worden, mit dem die zur Berechnung notwendigen Daten formalisiert festgehalten werden (siehe Anhang 4). Die Ergebnisse der Abschätzung werden von den einzelnen Meßstellen (Raumluftmessung, Ganzkörperzähler, Ausscheidungsmessung) eingetragen. Aus den gesamten Ergebnissen wird eine endgültige Zufuhr- und Dosisabschätzung vorgenommen, wobei die einzelnen Ergebnisse bei modellbedingten Abweichungen gewichtet werden müssen. Das Endergebnis wird in einer zentralen Personen-Dosiskartei gesammelt. Diese Art der Dokumentation ist nach Inkrafttreten der StrlSchV im Jahr 1989 wegen der vorgeschriebenen Beachtung der Berufslebensdosis notwendig geworden.

4. Anforderungen an Inkorporationsmeßstellen

Eine Richtlinie über die Anforderungen an Inkorporationsmeßstellen liegt vom Bundesumweltministerium als Entwurf vor. Die darin beschriebenen Anforderungen

werden jedoch bereits inoffiziell angewandt. So ist eine Einteilung in drei verschiedene Klassifikationen (Meßstellen vom Typ A, B und C) vorgesehen, die eine amtliche Meßstelle, eine behördlich anerkannte und eine behördlich zugelassene Meßstelle unterscheidet. Hier soll speziell der Betreiber eine verantwortliche Aufgabe übernehmen können.

In der Bundesrepublik Deutschland sind in jedem Bundesland Meßstellen vorhanden, die in Eigenverantwortung Messungen durchführen. Eine die Ländergrenzen überschreitende Organisation von Meßstellen ist von den Berufgenossenschaften (BG) in Form der Regionalen Strahlenschutzzentren der BG geschaffen worden (Anhang 5).

Eine Qualitätskontrolle der Meßstellen ist durch vorgesehene Vergleichsmessungen durch eine übergeordnete Stelle vorgesehen, bei der eine minimal feststellbare Aktivität nachgewiesen werden muß.

Die Art der Datenübertragung ist im Hinblick auf ein zentrales Dosisregister vorgeschrieben und die personelle und apparative Ausstattung ergibt sich für die einzelnen Typen aus den Anforderungen. Eine wesentliche Aufgabe der Meßstelle wird der Dosisberechnung zukommen.

4.1. Dosisermittlung

Nach der Berechnungsgrundlage [GMBl 81] ist in Deutschland die Ermittlung auf zwei verschiedenen Wegen zulässig:

- Ermittlung der Zufuhr und Berechnung der Dosis mit den Dosisfaktoren der Strahlenschutzverordnung, wobei die Modelle der ICRP mit drei verschiedenen Lungenretentionsklassen (D,W und Y) und eine normierte Korngrößenverteilung angenommen werden und

- Berechnung der Dosis aus den gemessenen Körperaktivitäten unter Benutzung der spezifischen Energien pro Zerfall sowie einer individuell gemessenen effektiven Halbwertszeit.

Die nach beiden Verfahren erhaltenen Ergebnisse können sich unterscheiden, weil bei der Zufuhrbestimmung die fest vorgegebenen Lungenretentionsklassen nicht in jedem Fall mit den individuell ermittelten Daten übereinstimmen werden. Hier müssen Plausibilitätsbetrachtungen herangezogen werden, um einen realistischen Wert zu erhalten.

In der Praxis werden verschiedene Rechenprogramme angewendet, mit denen aus den Meßwerten eine Zufuhr und die zugehörende Dosis errechnet werden kann. Sie gehen von dem Modell der ICRP aus, haben aber durch Modifikationen die Möglichkeiten einer individuellen Anpassung.

Zur Bestimmung der Zufuhr werden in der Praxis Rechenprogramme benutzt, mit denen aus den Meßdaten sowohl die Zufuhr, als auch die Dosis (50-Jahre-Folgedosis) berechnet werden kann. Handelsübliche Programme sind REMEDY und RETEX, von denen das letztere im KfK in einer Version 5.1 benutzt wird. Ein weiteres Programm (INDOS 1) zur Interpretation von Ganzkörpermessungen mit der Möglichkeit zur Variation von Modellparametern ist kürzlich im KfK entwickelt worden. In Hanau wird von Siemens eine RETEX-Version INKO zur Berechnung der Körperdosis aus längere Zeit zurückliegenden Meßwerten angewandt.

4.3. Nachweisgrenze der Überwachungsverfahren

Die Nachweisgrenze eines Überwachungsverfahrens stellt ein empfindliches Kriterium bei der Inkorporationsüberwachung dar. Sie wird bestimmt durch die Nulleffektzählrate und die Meßzeit, wobei kleine Untergrundzählraten und lange Meßdauern die Voraussetzung für eine empfindliche Messung sind.

Bis vor kurzem gab es keine verbindliche Vorschrift für eine einheitliche Definition der Nachweisgrenze. Der Meßstelle war es freigestellt, was sie als Nachweisgrenze ansah.

Dies hatte die Folge, daß Werte unterhalb dieses nicht definierten Wertes nicht vergleichbar waren, solange sie nicht unter den gleichen Bedingungen ermittelt wurden.

Mit der Aufstellung einer DIN-Norm [DIN 89] zur Definition der Nachweisgrenze bei Kernstrahlungsmessungen ist diese Forderung jetzt erfüllbar. Unter Einbeziehung der Fehler 1.und 2.Ordnung und der Festlegung der Größe dieser Fehler bei der Messung bietet sich die Möglichkeit, eine Nachweisgrenze aus den Nulleffektzählraten und der Meßdauer zu definieren. Damit ist die Voraussetzung geschaffen, bei der Inkorporationsüberwachung einheitliche Nachweisgrenzen festzulegen und diese dann allgemein zu fordern.

Insbesondere kann überprüft werden, inwieweit ein Meßverfahren zur Inkorporationsüberwachung überhaupt geeignet ist. Bestimmend sind dabei die in der Norm genannten Richtwerte, die sich aus Grenzwerten der Strahlenschutzverordnung ergeben.

5. Tätigkeit des Fachverbands für Strahlenschutz e.V.

Der Fachverband für Strahlenschutz hat sich seit Jahren in Arbeitskreisen für die praktische Durchführung der Inkorporationsüberwachung eingesetzt. In Form von Loseblattsammlungen sind Grundlagen und Arbeitsanweisungen geschaffen worden, nach denen eine einheitliche Inkorporationsüberwachung möglich geworden ist.

Die im Raum der Bundesrepublik Deutschland erfaßbaren Ganzkörpermeßgeräte sind in einer Loseblattsammlung [Ku 80] zusammengestellt und deren Leistungsfähigkeit in einheitlicher Darstellung veröffentlicht. Sie enthält Angaben über die Größe und Art der verwendeten Detektoren und die damit erreichbare Nachweisempfindlichkeit der Anlagen.

Nachweisverfahren für den Nachweis von verschiedenen Radionukliden sind in Loseblattsammlungen publiziert worden und werden durch die Arbeitskreise auf den aktuellen Stand gebracht. Bisher sind veröffentlicht worden die Nachweisverfahren für Tritium [Sch 90], für Uran [Schi 80], für Jod [Bur 81], für Plutonium [Gü 87] und für Promethium [Rie 87].

Allgemeine Angaben zum biokinetischen Verhalten von Radionukliden, die bei der Inkorporationsüberwachung wichtig sind, wurden in [Sch 82] veröffentlicht. Sie enthält unter anderem Ausscheidungs- und Retentionsfunktionen, die zur Abschätzung einer Zufuhr aus den Meßdaten notwendig sind.

Mitglieder des Fachverbands für Strahlenschutz haben in der Vergangenheit an der Ausarbeitung der Richtlinien von Bundesministerien mitgearbeitet, und der Fachverband hat z.Zt. den Auftrag, die bestehenden Richtlinien in Hinblick auf die novellierte Strahlenschutzverordnung zu überarbeiten.

6. Literatur

[BGBl 76] Verordnung über den Schutz vor Schäden durch ionisierende Strahlen (Strahlenschutzverordnung - StrlSchV)
Bundesgesetzblatt 1976 Teil 1, Nr.125, 2905-2995 und Nr.6, 184-195, sowie Nr.9, 269

[BGBl 89] Verordnung über den Schutz vor Schäden durch ionisierende Strahlen (Strahlenschutzverordnung - StrlSchV)
Bundesgesetzblatt 1989 Teil 1, Nr.34, 1321-1375

[BU 89] Bekanntmachung der Tabelle IV 1 und der Dosisfaktoren
Bundesanzeiger 1989 41 Nr.185a vom 30.Sept.1989

[Bur 81] W.Burkart, B.Glöbel, W.Görlich, Ch.Wernli
Inkorporationsüberwachung auf Jod
FS-81-21-AKI - Nov. 81

[DIN 89] Nachweisgrenze und Erkennungsgrenze bei Kernstrahlungsmessung
DIN 25482 Teil 1 1989

[GMBl 78] Richtlinie für die physikalische Strahlenschutzkontrolle (§§ 62 u.63 StrlSchV)
Gemeinsames Ministerialblatt 1978 Nr.22, 348-354

[GMBl 79] Allgemeine Berechnungsgrundlagen für die Bestimmung der Strahlenexposition durch Emission radioaktiver Stoffe mit der Atemluft
Gemeinsames Ministerialblatt 1979 Nr.21, 367-435,

[GMBl 80] Allgemeine Berechnungsgrundlagen für die Bestimmung der Strahlenexposition durch Emission radioaktiver Stoffe mit der Atemluft Korrekturen
Gemeinsames Ministerialblatt 1980 Nr.30, 576-577

[GMBl 81] Berechnungsgrundlage für die Ermittlung der Körperdosis bei innerer Strahlenexposition
Gemeinsames Ministerialblatt 1981 Nr.23, 321-336,

[Gü 87] R.Güldner, D.Beyer, K.Buijs, W.Burkart, H.Dilger, H.Doerfel, K.Henrichs, H.Schieferdecker, W.Wagner, V.Volf
Inkorporationsüberwachung auf Plutonium
FS-87-45-AKI - Nov.87

[Ha 89] Handbuch für Regionale Strahlenschutzzentren
Berufsgenossenschaft der Feinmechanik und Elektrotechnik
Köln 1989

[He 85] K.Henrichs, U.Elsasser, Ch.Scholota, A.Kaul
Dosisfaktoren für Inhalation oder Ingestion von Radionuklidverbindungen (Altersklassen 1, 5, 10, 15 Jahre)
ISH-Hefte 78-81 (November 1985)

[ICRP 59] Permissible Dose for Internal Radiation
ICRP Publ.2 (1959)

[ICRP 79] ICRP Publ.30
Limits for Intakes of Radionuclides by Workers,
Annals of the ICRP Vol.2 No.3/4(1979), Part 1, Vol.6 No.2/3(1981),
Part 3, including Addendum to Parts 1 and 2, Vol.3 No.1-4(1979),
Supplement to Part 1 Pergamon Press

[ICRP 88] ICRP Publ.54
Individual Monitoring for Intakes of Radionuclides by Workers:
Design and Interpretation
Annals of the ICRP Vol.19, 1988, No.1-3

[Ku 80] R.Kunkel, A.Böhne, H.Doerfel, P.Koeppe, E.Rose, H.Schieferdecker, E.Werner
Inkorporationsüberwachung durch Direktmessung der Körperaktivität
FS-80-24-AKI - Nov.80

[No 85] D.Noßke, B.Gerich, S.Langner
Dosisfaktoren für Inhalation oder Ingestion von Radionuklidverbindungen (Erwachsene)
ISH-Heft 63 (April 1985)

[Rie 87] W.Riedel, H.Doerfel, U.Elsasser, K.Henrichs, G.Kistner, F.Peter, H.Schieferdecker
Inkorporationsüberwachung auf Promethium
FS-87-46-AKI - Nov.87

[Schi 80] F.Schinzer, D.Beyer, H.Doerfel, E.Günther, H.Schieferdecker
Inkorporationsüberwachung auf Uran
FS-80-23-AKI - Sept.80

[Sch 82] H.Schieferdecker, D.Beyer, B.Glöbel, E.Günther, K.Henrichs, R.Rose, V.Volf, E.Werner
Biokinetisches Verhalten von radioaktiven Stoffen bei Inkorporation
FS-82-22-AKI - Febr.82

[Sch 90] H.Schieferdecker, D.Beyer, E.Günther, L.Widua
Inkorporationsüberwachung auf Tritium
FS-90-49-AKI - März 90

Anhang 1: Formblatt Erhebungsbogen zur Inkorporationsüberwachung (KfK)

Anhang 2: Erläuterungen zum Erhebungsbogen des KfK (2 Seiten)

Anhang 3: Formblatt Begleitzettel bei Messungen aus besonderem Anlaß

Anhang 4: Formblatt zur Dosisberechnung

Anhang 5: Meßstellenverzeichnis

Erhebungsbogen

zur Einstufung beruflich strahlenexponierter Personen in Überwachungskategorien

Organisationseinheit ☐ SSB ☐ Kategorie ☐

☐ Neueinstellung ☐ Änderung der Arbeitsplatzverhältnisse ☐ Abmeldung

ab:

1. Angaben zur betroffenen Person

Name ☐ Vorname ☐

Geb.-Datum ☐ KfK-Pers.-Nr. ☐ Kostenstelle ☐

wenn nicht KfK, Firma ☐ Strahlenpaßinhaber? ☐

☐ bereits früher überwacht bei ☐ Kategorie ☐

2. Angaben zum Arbeitsplatz

Der ständige Arbeitsplatz befindet sich

☐ bei der KfK, im Gebäude Nr. ☐

☐ in einer anderen Anlage in der Bundesrepublik

☐ im Ausland

Die berufliche Tätigkeit wird ganz oder zeitweise ausgeübt im/an

☐ Kontrollbereich ☐ Sperrbereich ☐ Röntgenanlagen

Im Rahmen der Tätigkeit kommt es zum Umgang mit

☐ umschlossenen radioaktiven Stoffen ☐ offenen radioaktiven Stoffen näh. Ang. unter 4 erf.

☐ offenen Transuranen oberhalb der 10^3-fachen Freigrenze

☐ α - ☐ β - ☐ γ - ☐ n - ☐ - Strahlern

3. Angaben zur äußeren Strahlenexposition

Art des Arbeitsplatzes	zu erwartende Jahres-Äquivalentdosis in cSv (rem)			
	Ganzkörper	Haut	Extremitäten	n-Anteil
Beschleuniger				
Handschuhkasten				
Heiße Zelle				
Labor				
Technikumshalle				
Röntgenanlage				

4. Angaben zur inneren Strahlenexposition

Nuklid	Aktivität A in Bq	Masse M in g	Sicherheits faktor F	Umgang		Schutzvor-richtung
				häufig	selten	
H-3						
Sr-90						
Uran (nat.)						
Uran (anger.)						
Plutonium						

5. Einstufungsvorschlag durch SSB

Die Einstufung erfolgt überwiegend aufgrund von

☐ Körperdosis ☐ Strahlenpaß ☐ Röntgenanlagen

☐ Einsatz bei Interventionsarbeiten Überwachungskategorie ☐ A ☐ B

Datum, Unterschrift des SSB für die Angaben unter Ziffer 1 bis 5 _____ _____

6. Hinweise für die zentrale Erfassung bei HS/AS

Aufgrund der Angaben des SSB und der Prüfung durch HS sind in die Datei aufzunehmen:

Überwachungskategorie ☐ A ☐ B

☐ n-Dosimetrie

Überwachung nach § 67 StrlSchV ☐ jährlich ☐ einmalig ☐ keine

Datum, Unterschrift HS/AS u. HS/Ü _____ _____

7. Festsetzung der Inkorporationsüberwachung

Nuklide	Kategorie		Überwachungsart			Überwachungshäufigkeit
	I1	I2	BC	LC	Aa	

Datum, Unterschrift HS/D _____

Datum, Unterschrift (Med/Tox) _____

Erläuterungen zum Erhebungsbogen

Einzustufender Personenkreis

1. Mitarbeiter der KfK-GmbH.

2. Angehörige der Universität **Karlsruhe**, die

   a) ihren ständigen Arbeitsplatz in Einrichtungen der KfK-GmbH haben,

   b) vom Strahlenschutz der KfK ständig betreut werden, sich den Anweisungen der Strahlenschutzbeauftragten der KfK unterwerfen und deren Strahlenschutzkartei im Kernforschungszentrum geführt wird.

3. Ausländische Gastwissenschaftler, entsprechend den Bedingungen unter 2., sofern sie innerhalb der Bundesrepublik Deutschland nur bei der KfK-GmbH tätig werden.

4. Fremdfirmenangehörige, soweit sie Umgang mit offenen radioaktiven Stoffen haben und nicht nur gelegentlich tätig sind.

Hinweise zur Verwendung des Erhebungsbogens

- Legen Sie für jede unter Ihrer Verantwortung als SSB stehende beruflich strahlenexponierte Person einen Erhebungsbogen an.
- Füllen Sie die Abschnitte 1 bis 5 sorgfältig aus und senden Sie den ausgefüllten Erhebungsbogen an HS/TSB.
- Die Abschnitte 6 und 7 werden von HS und Med bearbeitet.
- Nach Bearbeitung der Abschnitte 6 und 7 werden der SSB und alle betroffenen Stellen mit einer Kopie des vollständig ausgefüllten Erhebungsbogens zur Einleitung der erforderlichen Überwachungsmaßnahmen unterrichtet.
- Die Beendigung der Tätigkeit als beruflich strahlenexponierte Person teilen Sie HS/TSB schriftlich mit.
- Wesentliche Veränderungen der Angaben zu den Ziffern 2, 3 und 4 des Erhebungsbogens teilen Sie durch Ausfüllen eines neuen Bogens HS/TSB mit.

Hinweise zum Ausfüllen des Erhebungsbogens

zu 2. Angaben zum Arbeitsplatz

Es sollen die überwiegenden Tätigkeitsmerkmale aufgeführt werden.

zu 3. Angaben zur äußeren Strahlenexposition

Hier sind gegebenenfalls Angaben für mehrere Arbeitsplätze erforderlich.

zu 4. Angaben zur inneren Strahlenexposition (siehe Strahlenschutzordner Register Nr. 8/2)

Wählen Sie für die Angaben in der Tabelle den für ein bestimmtes Nuklid risikoreichsten Umgang aus, d. h. den Umgang mit der höchsten gehandhabten Aktivität bei gleichzeitig kleinster Masse und kleinstem Sicherheitsfaktor.

Spalte „Aktivität A"

Geben Sie bei dem in Frage kommenden Umgang die höchste gehandhabte Aktivität an. Bei häufigem Umgang kann ein über die Woche gemittelter Wert angegeben werden.

Spalte „Masse M"

Geben Sie die Masse des Stoffes an, in dem die Aktivität A enthalten ist, also die Masse der Aktivität plus der Masse der Matrix.

Spalte „Sicherheitsfaktor F"

Der Faktor F repräsentiert die Beschaffenheit des radioaktiven Stoffes sowie die speziellen Gegebenheiten der Handhabung. Seine Verwendung ergibt sich aus der folgenden Zusammenstellung (Auszug aus der Richtlinie für die physikalische Strahlenschutzkontrolle, GMBl Nr. 22/1978)

Die Faktoren sind im folgenden zusammengestellt:

	fest (kompakt) geringer Abrieb	fest (körnig) flüssig	gas-, dampf- oder pulverförmig
einfache Manipulation in Gefäßen (z. B. Aktivität bestimmen, Umfüllen, Verdünnen)	1 000	100	10 - 1
schwierige Manipulation (z. B. Zerlegen, Zerkleinern)	100	10	1 - 0,1
sehr schwierige Manipulation (z. B. chem. Reaktion unter erhöhter Temperatur, Ausglühen, Verdampfen, Kochen)	10	1	0,1 - 0,01

Die angegebenen Faktoren gelten für die Handhabung ohne besondere Schutzmaßnahmen; der Faktor F kann bei Benutzung besonderer Schutzvorrichtungen (z. B. Abzüge) bis zum 100-fachen erhöht werden.

Spalte „Umgang"

Die Angaben in dieser Spalte haben Einfluß auf die Durchführung der Überwachung. Sollte ein Mitarbeiter häufig oder gelegentlich mit radioaktiven Stoffen umgehen, ordnen Sie ihn der Spalte „häufig" zu. Eine Zuordnung zur Spalte „selten" sollte nur erfolgen, wenn im Jahr nur in wenigen und zeitlich abgrenzbaren Fällen mit offenen radioaktiven Stoffen umgegangen wird. Eine eventuell erforderliche Inkorporationsüberwachung wird in diesen Fällen nur auf Veranlassung des SSB durchgeführt.

Spalte „Schutzvorrichtungen"

K: keine; A: Abzug; G: Glove-Box; H: Heiße Zellen; F: Arbeit mit Filtermaske; P: Preßluftatmer mit Gesichtsmaske; V: belüfteter Vollschutzanzug.

zu 5. Einstufungsvorschlag durch SSB

- Bei der Einstufung in die Überwachungskategorien sind ausschließlich die in der StrlSchV festgelegten Merkmale, die sich auch aus der den Erläuterungen beigefügten Übersichtstabelle auf Seite 3 entnehmen lassen, unter Berücksichtigung von Inkorporationsmöglichkeiten anzuwenden.

  Nicht durch Meßwerte oder andere Strahlenschutzgesichtspunkte begründbare Einstufungen verursachen unnötigen Arbeitsaufwand und sind nicht gerechtfertigt.

- Zu beachten sind folgende zusätzliche Einstufungskriterien für die Kategorie A:

  a) Mitarbeiter, bei denen die durch den Anteil an Röntgenstrahlung bewirkte **Körperdosis** im Kalenderjahr 0,5 cSv (0,5 rem) überschreiten kann.

  b) Mitarbeiter, für die wegen ihres Einsatzes in einer KfK-GmbH-fremden, genehmigungsbedürftigen Anlage ein Strahlenpaß benötigt wird (gilt nicht bei ausschließlicher Tätigkeit im Ausland).

  c) Mitarbeiter, bei denen im Rahmen von Interventionsarbeiten (z. B. Einsätze in Heißen Zellen) Tagesdosen von > 0,2 cSv (200 mrem) auftreten können.

Anmerkungen

Rückfragen zu den Ziffern 2 und 3 des Erhebungsbogens sind an HS/Ü (Dr. Dilger, Tel. 4863) zu richten.
Rückfragen zu Ziffer 4 des Erhebungsbogens sind an Med./Tox (Dr. Schieferdecker, Tel. 2077) bzw. HS/D (Dr. Doerfel, Tel. 2083) zu richten.

Kernforschungszentrum
Karlsruhe GmbH

Begleitschein

zur Personendekontamination und Inkorporationsüberwachung und zur Erfassung gemäß §§ 64, 66 StrlSchV

Lfd. Nr. .....

Name ..... Vorname ..... Geb.-Datum ..... ID.-Nr. .....

Inst./Abt./Fremdfirma .....

Überwachungskategorie: A ☐ B ☐ nicht überwacht ☐
(Zutreffendes ankreuzen)

Ort des Zwischenfalls (Inst./Abt.) ..... Geb.-Nr. ..... Raum-Nr. ..... Datum des Zwischenfalls ..... Uhrzeit .....

Zwischenfallursache: .....

Personenkontamination

ja ☐ nein ☐

Verletzung

ja ☐ nein ☐

Betroffener Körperteil:

	α	β
Kopf	..... Bq/cm² (Maximaler Meßwert)	..... Bq/cm²
Hand re *) / li *)	..... Bq/cm² (Maximaler Meßwert)	..... Bq/cm²
Verletzung	..... Bq/cm² (Maximaler Meßwert)	..... Bq/cm² *

Kleiderkontamination
beim Verlassen des Kontrollbereichs

ja ☐ nein ☐

Betroffener Teil:

	α	β
.....	..... Bq/cm² (Maximaler Meßwert)	..... Bq/cm²
.....	..... Bq/cm² (Maximaler Meßwert)	..... Bq/cm²

Inhalationsverdacht ja ☐ nein ☐

war Atemschutz vorgeschrieben? ja ☐ nein ☐

geeigneter Atemschutz getragen? ja ☐ nein ☐

Meßwerte werden nachgereicht ja ☐

Raumluftinterventionsschwelle I überschritten (in Bqh/m³):
($\alpha = 4 \cdot 10^{-1}$, $\beta = 4 \cdot 10^{2}$, $I = 4 \cdot 10^{3}$, $HTO = 1 \cdot 10^{7}$)

	α	β	I	HTO		α	β	I	HTO
ja	☐	☐	☐	☐	nein	☐	☐	☐	☐

Raumluftinterventionsschwelle II überschritten (in Bqh/m³):
($\alpha = 8$, $\beta = 8 \cdot 10^{3}$, $I = 8 \cdot 10^{4}$)

	α	β	I		α	β	I
ja	☐	☐	☐	nein	☐	☐	☐

Nuklid: ..... Form: .....

Wischtest an HS/D abgeschickt? ja ☐ nein ☐

Datum ..... Uhrzeit ..... Bearbeiter HS/Ü ..... Telefon .....

Nach Personendekontamination:

Nuklid: .....

Restaktivität:	α	β
Kopf	..... Bq/cm²	..... Bq/cm²
Hand re *) / li *)	..... Bq/cm²	..... Bq/cm²
Verletzung	..... Bq/cm²	..... Bq/cm²

Nasenabstrich: α ..... Bq β .....

Maßnahmen: Überweisung an HS/D ☐

Meldepflichtiges Ereignis: Urin ☐ Tage Stuhl ☐ Tage
ja ☐ nein ☐ Stufe ☐

Datum ..... Uhrzeit ..... Med. Ambulanz .....

Body-Counter-Messung: ..... Datum ..... Uhrzeit .....

Lung-Counter-Messung: ..... Datum ..... Uhrzeit .....

Meldepflichtiges Ereignis: ja ☐ nein ☐ Stufe ☐

Ergebnisse Inkorporationsüberwachung

nicht abgeschätzt ☐

Dosisabschätzung aus besonderem Anlaß siehe Beiblatt

Datum ..... HS/D .....

Ausscheidungsproben vollständig abgegeben: ja ☐ am .....
nein ☐

Meldepflichtiges Ereignis: ja ☐ nein ☐ Stufe ☐

Ergebnisse Inkorporationsüberwachung

nicht abgeschätzt ☐

Dosisabschätzung aus besonderem Anlaß siehe Beiblatt

*) Nichtzutreffendes streichen

Datum ..... Med/Tox .....

Erhältlich bei HS/Ü Verteiler: weiß. Med/Tox rosa. HS/D grün. Med/Amb gelb. HS/Ü-Bereich Kopie von weiß. HS/AS und HS/Ü

Med/Tox HS/D HS/Ü

Kernforschungszentrum Karlsruhe GmbH

KfK, den .....

An den SSB .....

Lfd. Nr. .....

Betr.: **Dosis- und Zufuhrabschätzung aus besonderem Anlaß** am .....

Name ..... Vorname ..... Geb.-Datum ..... ID-Nr. .....

Grund der Abschätzung: ☐ Personenkontamination ☐ Verletzung ☐ Inhalationsverdacht ☐ erhöhter Routinewert

1. Zufuhr- und Dosiswerte aus Urin- und Stuhlausscheidungsmessungen

Nuklid / Ret.-Klasse						**Summe**
Zufuhr aus Stuhl	(Bq)					
Urin	(Bq)					
Effektive Dosis	(mSv)					
Knochenobfl.-Dosis	(mSv)					
.....	(mSv)					

2. Zufuhr- und Dosiswerte aus Ganz- und/oder Teilkörpermessungen

Nuklid / Ret.-Klasse						**Summe**
Zufuhr Direktmessung	(Bq)					
Leitnuklid	(Bq)					
Effektive Dosis	(mSv)					
Knochenobfl.-Dosis	(mSv)					
.....	(mSv)					

3. Zufuhr- und Dosiswerte aus Raumluftmessungen

Nuklid / Ret.-Klasse						**Summe**
Zufuhr	(Bq)					
Effektive Dosis	(mSv)					
Knochenobfl.-Dosis	(mSv)					
.....	(mSv)					

4. Auf Grund der unter 1. bis 3. ermittelten Werte wird festgelegt: Zufuhrdatum: .....

Nuklid / Ret.-Klasse						**Summe**
Zufuhr	(Bq)					
Effektive Dosis	(mSv)					
Knochenobfl.-Dosis	(mSv)					
.....	(mSv)					

Meldepflichtiges Ereignis: ja ☐ nein ☐ Stufe ☐

Verteiler (nach Unterschrift von HS/Ü):
Med/Tox
HS/D
HS/Ü
Med
HS/AS

..... Med/Tox ..... HS/D ..... HS/Ü

Anhang 5

ADRESSEN / TELEFONNUMMERN DER MESSSTELLEN DER BERUFSGENOSSENSCHAFT [Ha 89]

Spezial-abteilung
Berufsgenossenschaftliche Unfallklinik
Ludwigshafen
Ludwig-Guttmann-Straße 13
W-6700 Ludwigshafen 25 (Oggersheim)
Telefonnummer: (0621) 68101

RSZ
Abt.Strahlentherapie und Abt. Nuklearmedizin
im Allgemeinen Krankenhaus St.Georg
Lohmühlenstraße 5
W-2000 Hamburg 1
Telefon: (040) 2488-2371 und 2488-2362 von 8.00 bis 16.00 h
(040) 2488-2256 von 16.00 bis 18.00 h

RSZ
Medizinische Hochschule Hannover
Abt.IV: Nuklearmedizin und spezielle Biophysik
Konstanty-Gutschow-Straße 8
W-3000 Hannover 61
Telefonnummer: (0511) 532-3197

RSZ
Institut für Medizin des Forschungszentrums Jülich GmbH
W-5170 Jülich 1
Telefonnummer:(02461) 61-5763, 61-5852, 61-5222

RSZ
Behandlungszentrum für Strahlenverletzte
Städtisches Krankenhaus Schwabing
W-8000 München 80
Telefonnummer: (089)3068-541/444

RSZ
Abt.für Nuklearmedizin der Radiologischen Klinik
-Universitätskliniken im Landeskrankenhaus-
W-6650 Homburg/Saar
Telefon: (06841) 16-2201 Montag bis Freitag von 8.00 bis 17.30 h
16-3305 zu allen übrigen Zeiten

RSZ
Kernforschungszentrum Karlsruhe
W-7500 Karlsruhe 1
Telefonnummer: (07247) 82-3333

RSZ
Gesellschaft für Strahlen- und Umweltforschung
Ingolstädter Landstraße 1
W-8042 Neuherberg
Telefonnummer: (089) 3187-333

RSZ
Klinikum Steglitz der Freien Universität Berlin
Abteilung für Nuklearmedizin
Hindenburgdamm 30
W-1000 Berlin 45
Telefonnummer: (030) 798-3992/-2845

BG
Institut für Strahlenschutz
Postfach 51 05 80
W-5000 Köln 51
Dr.rer.nat.K.Renz / Dr.rer.nat.G.Seitz Telefonnummer: (0221) 3778-1

Inkorporationsüberwachung in der ehemaligen DDR

P. Sahre [1], R. Scheler[2]

[1] Zentralinstitut für Kernforschung Rossendorf
8051 Dresden Psf. 19
[2] Bundesamt für Strahlenschutz,1157 Berlin Waldowalle 117

1. Festlegungen zur Inkorporationsüberwachung in der VOAS

Die Inkorporationsüberwachung in der ehemaligen DDR war Bestandteil der staatlichen personendosimetrischen Überwachung. Durch Festlegung in der Verordnung vom 11.Oktober 1984 über Atomsicherheit und Strahlenschutz (VOAS) oblag die Durchführung der Überwachung dem Staatlichen Amt für Atomsicherheit und Strahlenschutz (SAAS) und damit einer Meßstelle vom Typ A gemäß den Anforderungen an Inkorporationsmeßstellen (Entwurf Richtlinie zum Paragraph 63 der StrlSchV) für das gesamte Territorium der ehemaligen DDR.
Die in der VOAS vorgesehene Möglichkeit der Übertragung von Aufgaben der Inkorporationsüberwachung durch das SAAS auf Betriebe wurde mit der Errichtung von Meßstellen im ZfK Rossendorf und in den beiden Kernkraftwerken Lubmin und Rheinsberg wahrgenommen. Da diese Meßstellen ausschließlich zur Eigenüberwachung der Mitarbeiter konzipiert sind, haben sie Typ C Charakter.
Zum Verständnis der Aussagegenaugkeit der in den Abbildungen und Tabellen zusammengefaßten Ergebnisse der Inkorporationsüberwachung werden einige der spezifischen Bedingungen dargestellt, unter denen diese Ergebnisse erhalten wurden.
In der Funktion als Erlaubnis- und Vollzugsbehörde legte das SAAS in der Genehmigung zum Verkehr mit radioaktiven Stoffen die zutreffende Art der personendosimetrischen Überwachung (Dosimetrie externer Exposition und/oder Inkorporationsüberwachung) fest. Gleichzeitig war das SAAS auch für den Vollzug der Messungen und die Kontrolle des Überwachungsprogramms der betrieblichen Inkorporationsmessungen zuständig.
Die Inkorporationsmeßstelle des SAAS regelte entsprechend dieser Kompetenz in einem Samplingprogramm für die in der zentralen Meßstelle zu überwachenden Personen

- das Überwachungserfordernis für den einzelnen Werktätigen
- die Überwachungsmethode
- die Überwachungshäufigkeit, einschließlich der Terminvergabe für Direktmessung und Probensammlung
- die Interpretation der Meßwerte (als Zufuhr bzw. Körper/Organdosis)

2. Überwachungserfordernis

Das Erfordernis zur regelmäßigen Inkorporationskontrolle wurde dann ausgesprochen, wenn aus dem geplanten Umgang mit radioaktiven Stoffen ein individuelles Zufuhrrisiko > 10% des Jahresgrenzwertes der Aktivitätszufuhr ALI abgeleitet werden konnte. Das Zufuhrrisiko wurde nach einem ähnlichen Verfahren ermittelt wie es gemäß der Richtlinie für die physikalische Strahlenschutzkontrolle für die Bestimmung der im Wochenmittel arbeitstäglich gehandthabten Aktivität angewandt wird.

3. Überwachungshäufigkeit

Mit einem Ganzkörperzähler und Laboratorien zur Aufbereitung und

Messung der Radionuklidaktivität in Ausscheidungen bzw. exhalierter Atemluft besitzt die Meßstelle gute meßtechnische Voraussetzungen.
Diesen Vorteilen und der Sachkompetenz in der zentralen Meßstelle stehen in der Regel der erhebliche zeitliche und materielle Aufwand, insbesondere durch Fahrten zur zentralen Meßstelle im Falle von Direktmessungen nachteilig gegenüber. Angestrebt war ursprünglich ein Überwachungszyklus in der Größenordnung von vier effektiven Halbwertszeiten der zu kontrollierenden Radionuklide, solange diese Halbwertszeiten nicht kleiner als 8 Tage sind.
So gab es bei Einbestellungen zur Messung sowohl bei verantwortlichen Leitern als auch bei den aufgeforderten Personen Unverständnis für die notwendige Meßhäufigkeit, vor allem dann, wenn durch die bisherigen Messungen nur geringfügige Radionuklidinkorporationen nachgewiesen wurden. Nicht selten wurde trotz weiter Überwachungabstände den Aufforderungen zur Messung nicht nachgekommen.

4. Funktion der Ausscheidungsanalyse im Samplingprogramm

Ähnlich war auch die Situation auf dem Gebiet der Ausscheidungsanalyse, die im Samplingprogramm zusätzlich die Funktion von Indikatormessungen für direkt meßbare Radionuklide hatte.
Diese Funktion hat insbesondere dann große Bedeutung, wenn durch Ganzkörperzählermessungen von Radionukliden mit kurzer und mittlerer effektiver Halbwertszeit der Nachweis einer Aktivitätszufuhr in der Höhe 1/20 ALI zu Beginn der Überwachungsperiode aus genannten Gründen nicht in vollem Umfange möglich ist. Der Vorteil dieser Indikatormessungen liegt darin, daß bei Änderungen bzw. deutlich erkennbaren Aktivitätszufuhren sofort die erforderlichen Direktmeßverfahren aktiviert werden, sich aber bei Meßergebnissen ohne deutliche Trendänderung kein Handlungsbedarf für eine Überwachungsintensivierung ergibt.
So besteht das Samplingprogramm in der Regel aus quartalsweisen bis halbjährigen Ganzkörperzählermessungen und der monatlichen Sammlung von 50 ml-Urinproben, aus deren Aktivitätsmeßergebnissen unter Verwendung radionuklidbezogener Referenzschwellen weitere Maßnahmen bzw. Überwachungsmessungen abgeleitet werden (Abb. 1). Das kann im Einzelfall neben der Einholung zusätzlicher Informationen weitere Probennahmen, Ganzkörperzählermessungen und Retentionsmessungen beinhalten.

5. Meßwertinterpretation

Jedes Meßergebnis und die Meßergebnisbewertung wird in einer personenorientierten Datei abgelegt. Wenn aus dem Meßergebnis keine Überschreitung der unteren Referenzschwelle von 5 % ALI abgeleitet werden kann, erfolgt ausschließlich Bewertung und Aufzeichnung des Meßergebnisses. Meßergebnisse unterhalb der Nachweisgrenze des verwendeten Meßverfahrens werden nicht bewertet. Im Fall, daß die Nachweisgrenze des Meßverfahrens oberhalb des 5 % Kriteriums liegt, bestimmt die Nachweisgrenze die untere Referenzschwelle. Dies ist typisch für die Überwachung von Radionukliden mit kurzer effektiver Halbwertszeit. Zum Beispiel entspricht die Nachweisgrenze für Probenmessungen unter Routinemeßbedingungen für I-131 auch bei Einhaltung der monatlichen Probensammlung nur ca. 20 % ALI zu Beginn der Überwachungsperiode.
Die im Samplingprogramm gewonnenen Inkorporationsmeßwerte haben daher bezogen auf die effektive Halbwertszeit der zu bestimmenden Radionuklide Stichprobencharakter. Sie stützen nur in Einzelfällen den zeitlichen Verlauf der Aktivitätszufuhr, so daß die Meßwertbewertung überwiegend mit relativ groben Modellannahmen zum zeitlichen Verlauf und zum Zeitpunkt der Zufuhr vorgenommen

werden muß.
In der Regel wurden alle Meßwerte bezüglich ihrer dosimetrischen Bedeutung auf der Basis generalisierender Stoffwechsel- und Dosisberechnungsmodelle, insbesondere der Modelle in den ICRP-Empfehlungen 10,10a und 30 bewertet (Abb.2). In den meisten Fällen wurde aus dem Meßwert die Aktivitätszufuhr ermittelt und danach unter Verwendung der Dosis-Zufuhr-Faktoren aus der ICRP-Empfehlung Nr. 30 die 50 Jahre-Folgeäquivalentdosen. Im Fall der Interpretation einer Ganzkörperzählermessung wurde dazu eine aus den metabolischen Daten der ICRP-30 abgeleitete und auf die Zufuhr bezogene Retentionsfunktion benutzt; Probenmeßwerte wurden weitestgehend nach der Richtlinie des BMI - Berechnungsgrundlage für die Ermittlung der Körperdosis bei innerer Strahlenexposition interpretiert.
Soweit keine anderen Informationen zur Verfügung standen, wurde kurzzeitige Inhalation der radioaktiven Stoffe in der Mitte der Überwachungsperiode angenommen. Bei Gewährleistung der monatlichen Probensammlung wurde deshalb mit einem Inkorporationszeitpunkt gerechnet, der im Mittel etwa 15 Tage vor der Probensammlung lag. Der gleiche Inkorporationszeitpunkt wurde zur Interpretation einer Ganzkörperzählermessung verwendet, wenn diese nach Überschreitung der Proben-Referenzschwelle eingeleitet wurde. In allen anderen Fällen mußten weitere Informationen zum Inkorporationsverlauf eingeholt (z.B. durch Befragen der Meßpersonen) bzw. mußte bei Beibehaltung des 15 Tage Kriteriums ein Anrechnungsverlust möglicher Strahlenbelastungen in unbewerteten Zeitintervallen in Kauf genommen werden.
In Anwendungsgebieten, in denen die kontinuierliche Zufuhr radioaktiver Stoffe wahrscheinlicher war, wurde die Meßwertinterpretation diesem Zufuhrverlauf angepaßt. Dies trifft z.B. auf kleine Personengruppen im Prozeß der Herstellung und Anwendung iodmarkierter Verbindungen zu. Mit Ausnahme eindeutig überdurchschnittlicher Kurzzeitzufuhren wurden die Körper- bzw. Probenmeßwerte in definierten Zeitintervallen zu Mittelwerten zusammengefaßt und als in diesen Zeitintervallen konstanter Radionuklidgehalt im Körper interpretiert. Im Bereich der Nuklearmedizin wurde außerdem mit der Probensammlung nach dem Wochenende vor Arbeitsbeginn versucht, die Messung der schnellen Stoffwechselkomponente in den Ausscheidungsproben und damit Fehlinterpretationen zu vermeiden.

6. Ergebnisse der Meßstellen im SAAS und im ZfK

In den Tabellen 1.1 bis 1.3 sind die Meßergebnisse der SAAS-Meßstelle für Ganzkörperzählermessungen und Ausscheidungsanalysen in den Referenzgruppen Forschung, Medizin und Kernkraftwerke für die Jahre 1988/1989 zusammengefaßt. Aufgenommen wurden solche Radionuklide, die in den Anwendungsgebieten typisch sind und häufig nachgewiesen wurden. Dargestellt ist die Summe der Aktivitätsmeßwerte und die Mittelwerte der Körperaktivität und der Aktivitätskonzentration in den Ausscheidungsproben. In die Mittelwertbildung wurden keine Messungen mit Meßwerten unterhalb der Nachweisgrenze einbezogen. Die deutlichen Probenmeßwerte für I-131 und I-125 in der Nuklearmedizin können dadurch etwas relativiert werden, doch deuten sie im Vergleich zu den anderen Anwendungsgebieten auf ein höheres umgangsbedingtes Zufuhrrisiko beim nuklearmedizinischen Umgang mit Iod-Radionukliden hin.
Die Abbildungen 3.1 und 3.2 gestatten den Vergleich der in den Referenzgruppen durch Ganzkörperzählermessungen bestimmten Mittelwerte und Maximalwerte der Körperaktivität. Die obige Aussage zur Nuklearmedizin ist hier nicht so deutlich gestützt, da die Ganzkörperzählermeßwerte im Forschungsbereich durch Meßwerte einer Personengruppe mit vergleichbaren Umgang (Produktion von Iodradionukliden) überlagert sind.

Die Häufigkeitsverteilung der aus den Meßwerten interpretierten 50-Jahre-Folgeäquivalentdosen in den Jahren 1987-1989 zeigen die Abbildungen 4.1 bis 4.3. Überwiegend liegen die individuellen Strahlenbelastungen unterhalb 1 % der primären Grenzwerte. Nur in Einzelfällen konnten Strahlenbelastungen im Bereich oberhalb 10 % der primären Grenzwerte festgestellt werden. Überschreitungen der individuellen Dosisgrenzwerte von 50 mSv für die effektive Äquivalentdosis bzw. von 500 mSv für Organe gab es nicht. Verdeutlicht wird dies durch die in den Abbildungen 5.1 bis 5.3 dargestellten höchsten Individualdosen in den Referenzkollektiven.
Insgesamt einen Überblick über dem Umfang der Inkorporationsmessungen sowie die als Pro-Kopf-Dosis und Kollektivdosis interpretierten Meßwerte im SAAS in den Jahren 1987- 1989 und 1989 im ZfK Rossendorf geben die Tabellen 2.1 bis 2.3.
Zu den ZfK-Werten in Tabelle 2.3 sind noch zwei Erläuterungen notwendig, die beide die Interpretation der Meßwerte betreffen. Zum ersten sei darauf hingewiesen, daß aus der Kürze des Überwachungsintervalls im ZfK Rossendorf (bis herab zu einer Woche) wesentlich mehr Meßwerte pro Person existieren. Dem ist das Modell der Meßwertinterpretation angepaßt, das im folgenden kurz dargestellt wird.
In Abbildung 6 ist das Schwellenwertsystem zur Dosisberechnung dargestellt. Die zuerst erreichte Schwelle ist das sogenannte "Derived Dose Determination Level", das vom Ziel dem "Recording Level" der ICRP nahe kommt und der subjektivitätsfreien Behandlung von Meßwerten dient. Der quantitative Wert ist niedriger als das ICRP-Recording Level und entspricht für Direktmessungen z.B

$$DDL = \frac{1}{30} ALI * \frac{C_1}{365}$$

C_1: Sättigungswert der Körperaktivität (Bq) pro Bq/d Zufuhr

Dabei wird eine kontinuierliche Zufuhr angenommen. Sind alle Meßwerte kleiner als DDL, dann wird keine Dosis berechnet. Ist nur ein Meßwert größer als DDL, so erfolgt eine Interpretation der Meßwerte als Dosis bzw. als Zufuhr. Die Interpretation basiert für belastungsrelevante Inkorporationen (I-131, I-125, C-14, H-3) auf dem Modell der quasikontinuierlichen Zufuhr, d.h. die Dosis ergibt sich aus Multiplikation des arithmetischen Mittelwertes der Aktivität im betrachteten Zeitraum mit einem Dosiskonversionsfaktor. Die Verwendbarkeit dieses - auch als Mittelwertkonzept bezeichneten - Modells wurde untersucht und nachgewiesen /SA-87/.
Nur bei Überschreitung des zweiten Schwellenwertes, des "Derived Single Intake Levels" (DSL) wird in jedem Fall die Dosis entweder nach dem Maximummodell oder beim Vorliegen exakterer Informationen (Inkorporationszeitpunkt, chemische Verbindung, gemessene Retentions- oder Exkretionsfunktion) mit realistischen Daten ermittelt. Der Wert des DSL beträgt abhängig von langjährigen Mittelwerten der Belastungshöhe des nachgewiesenen Nuklids das 15 oder 45 fache des DDL-Wertes des Nuklides.
Um bei Verwendung des Mittelwertkonzepts eine Sicherheit beim Vorliegen von wenigen Meßwerten zu haben, wird bei weniger als 3 Meßwerten pro Quartal die Meßwertverteilung visuell beurteilt und eventuell die Bemerkung "unsicher" an den Meßwert angefügt.
Die zweite notwendige Erläuterung betrifft den Wert von 8,0 mSv für den Maximalwert der effektiven Folgeäquivalentdosis bzw. zum großen Teil die Kollektivdosis und ebenso die Anzahl der Überschreitungen von 5 % des Grenzwertes. Der Wert resultiert aus der Inkorporation von markierten organischen C-14-Verbindungen. Obwohl die ICRP in ihrer Empfehlung Nr. 30 die Daten für mar-

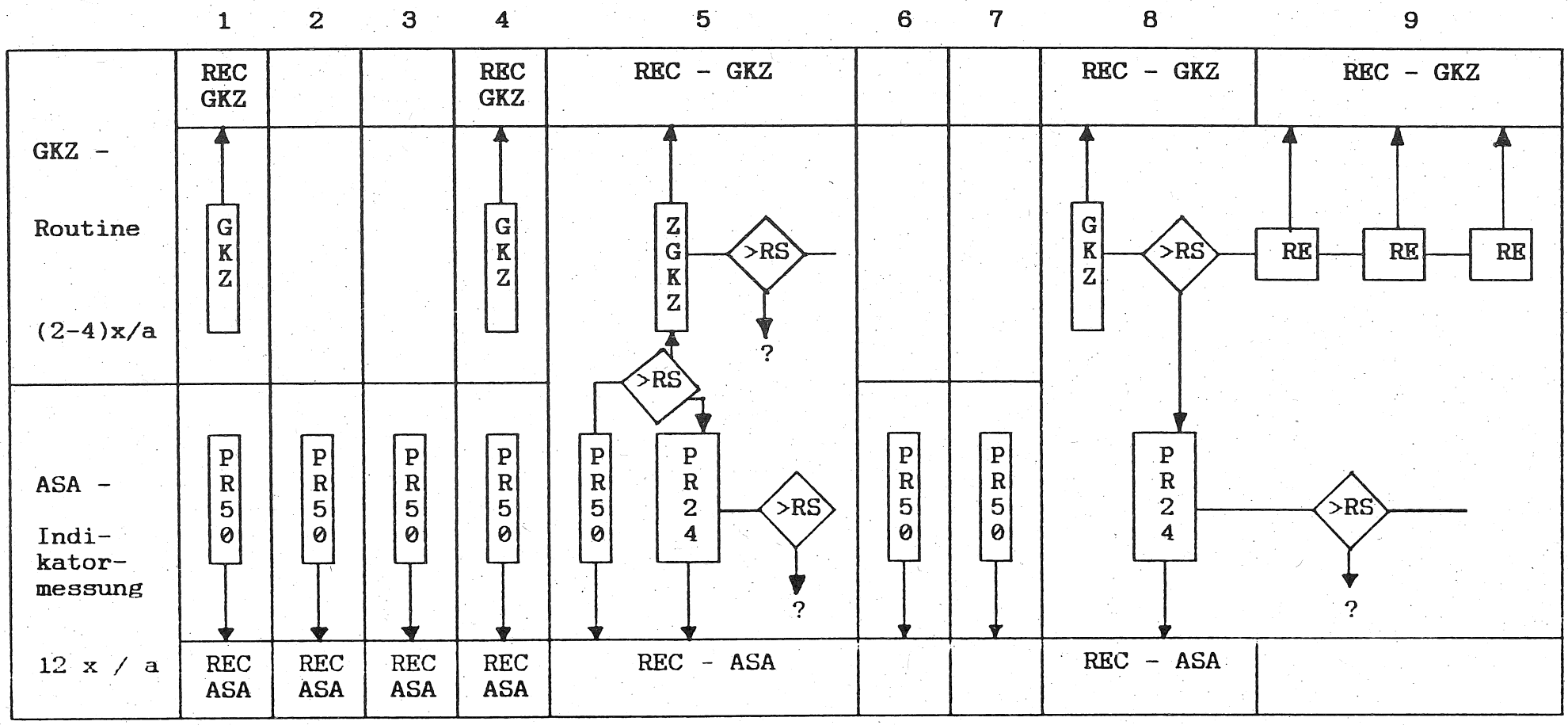
zeit von 40 Tagen, Teilnahme der gesamten Zufuhr am Stoffwechsel) sehr kritisch beurteilt und für markierte organische Verbindungen eine Überschätzung der Ganzkörperdosis prophezeit, sind die ICRP-Daten in der "Strahlenschutzverordnung der BRD" und in der bis zum 1.7.90 auf dem Gebiet der ehemaligen DDR gültigen "Verordnung über Atomsicherheit und Strahlenschutz" enthalten und Inkorporationen markierter organischer Verbindungen müssen zunächst damit bewertet werden. Unter Anwendung dieser Daten und des ICRP-10-Wertes von 3,6 % für den Anteil der Urinausscheidung an der Gesamtausscheidung entstanden der 8,0 mSv-Dosiswert und auch ca. 70 % der Kollektivdosis. Daß dieser Wert aber nicht realistisch ist, zeigten die C-14-Meßdaten über vier Jahre, in denen - zumindestens für den überwiegenden Anteil der zugeführten Aktivität - nie biolgische Halbwertszeiten größer als 10 Tage, oft jedoch wesentlich kürzere beobachtet wurden. Fallanalysen nach signifikanten Inkorporationen erhärteten diese Annahme.
In Abbildung 7 sind beispielhaft die normierten C-14-Urinaktivitätskonzentrationen dreier beruflich strahlenexponierter Personen nach Inkorporation von C-14-markiertem Methyljodid dargestellt. Die Abbildung enthält zum Vergleich die Exkretionsfunktionen der ICRP-30, ICRP-10 und eine weitere nach CRAWLEY /CR-77/. Es ist ersichtlich, daß die Ausscheidung der Aktivität über den Urin - vor allem während der ersten Tage - wesentlich schneller als lt. ICRP-30 erfolgt und durch die CRAWLEYsche Exkretionsfunktion am besten gefittet wird. Mittels dieser Funktion wurde auch die effektive Folgeäquivalentdosis berechnet. Der berechnete Wert ist mehr als zwei Größenordnungen geringer als der unter Verwendung des ICRP-Modells ermittelte Wert. Das zeigt, wie unrealistisch der in Tabelle 2.3 angeführte maximale individuelle Wert und ebenso die Kollektivdosis ist. Als realer Maximalwert der Einzelbelastung wird deshalb der aus Iodinkorporationen resultierende Schilddrüsendosiswert von 152 mSv betrachtet.
Der zeitliche Verlauf der inneren Strahlenbelastung in den Jahren 1986 bis 1989, dargestellt als Pro-Kopf-Wert der effektiven 50-Jahre-Folgeäquivalentdosis in den Referenzkollektiven, ist der Abb. 8 zu entnehmen. Die Pro-Kopf-Werte weisen auf ein niedriges Niveau der inneren Strahlenbelastung im gesamten Kollektiv der beruflich strahlenexponierten Personen hin.
Die vergleichbar hohen Pro-Kopf-Werte des ZfK resultieren aus der geringen Anzahl der einbezogenen Personen, da nur Dosiswerte oberhalb der DDL berücksichtigt wurden. Im Gegensatz dazu sind in der Berechnung der Pro-Kopf-Werte im SAAS auch die Personen enthalten, deren Belastungswerte im Vergleich zum ZfK unterhalb der DDL-Werte lagen sowie solche Personen, bei denen möglicherweise Anrechnungsverluste im Nachweis der Strahlenbelastung in Betracht gezogen werden müssen.
Aus den Inkorporationsmessungen in den Referenzgruppen wurde die obere Grenze des Beitrages der inneren Strahlenbelastung an der Gesamtbelastung beruflich strahlenexponierter Personen zu 0.5 MannSv abgeschätzt.

Literatur

/SA-87/ Sahre, P.; Fietz, J.
"Meßprogramm der Inkorporationsüberwachung im ZfK Rossendorf", September 1987

/CR-77/ Crawley, F.E.; Goodard, E.A.
"Internal dose from carbon-14 labelled compounds.
The metabolism of carbon-14 labelled potassium cyanide in the rat", Health Physics 32, 135-142 (1977)

Abb. 1 Organisation der Inkorporationsmessungen im SAAS



GKZ Ganzkörperzählermessung
ZGKZ zusätzliche GKZ - Messung
RE Retentionsmessung
PR50 50 ml - Probenmessung

RS Referenzschwelle für weitere Untersuchungen (I : 5% ALI, II : ALI)

PR24 24 h - Urinanalyse

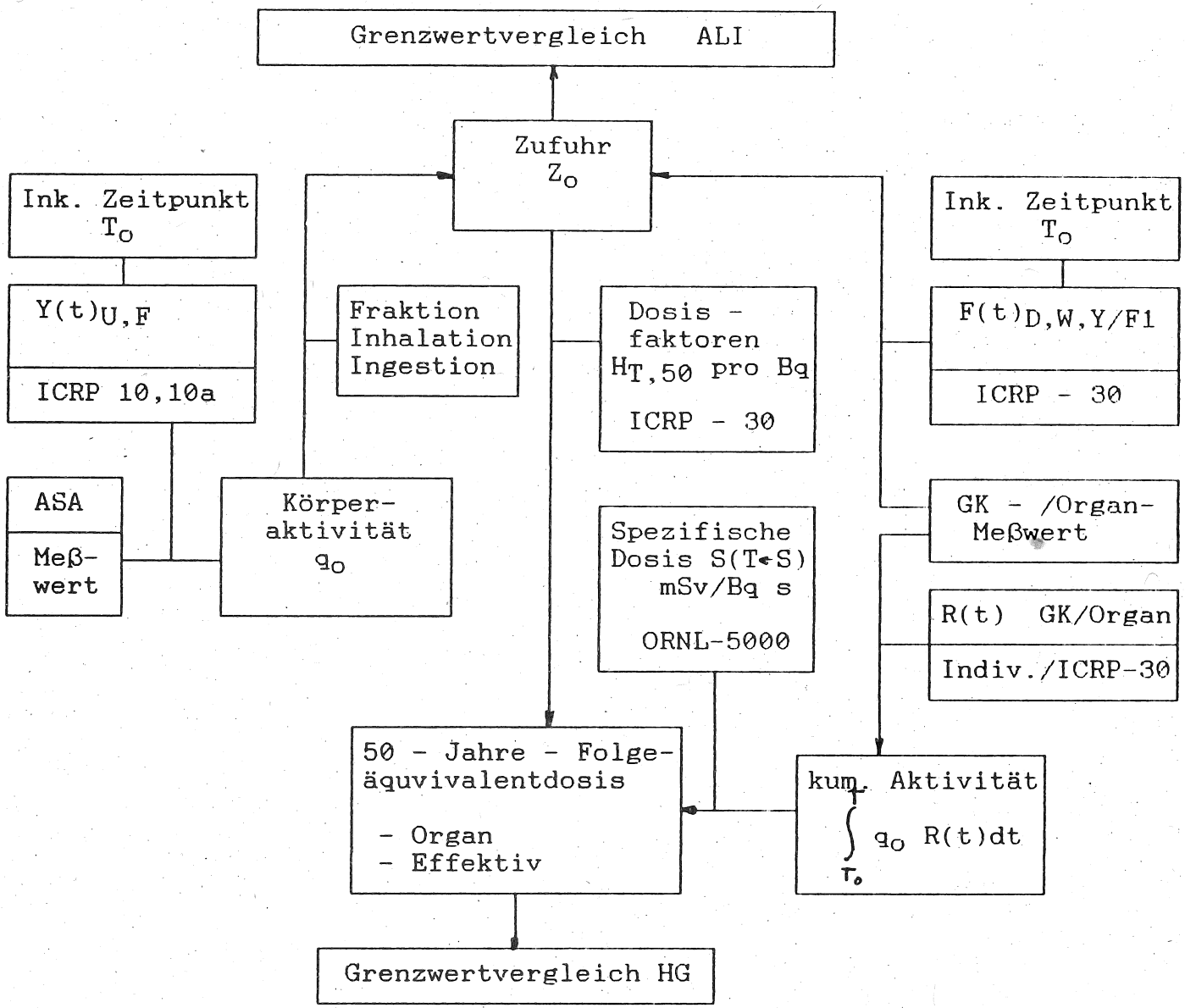


Abb. 2 Meßwertinterpretation in der zentralen Meßstelle

Radionuklidbezogene Mittel- und Maximalwerte der Körperaktivität im Jahre 1989

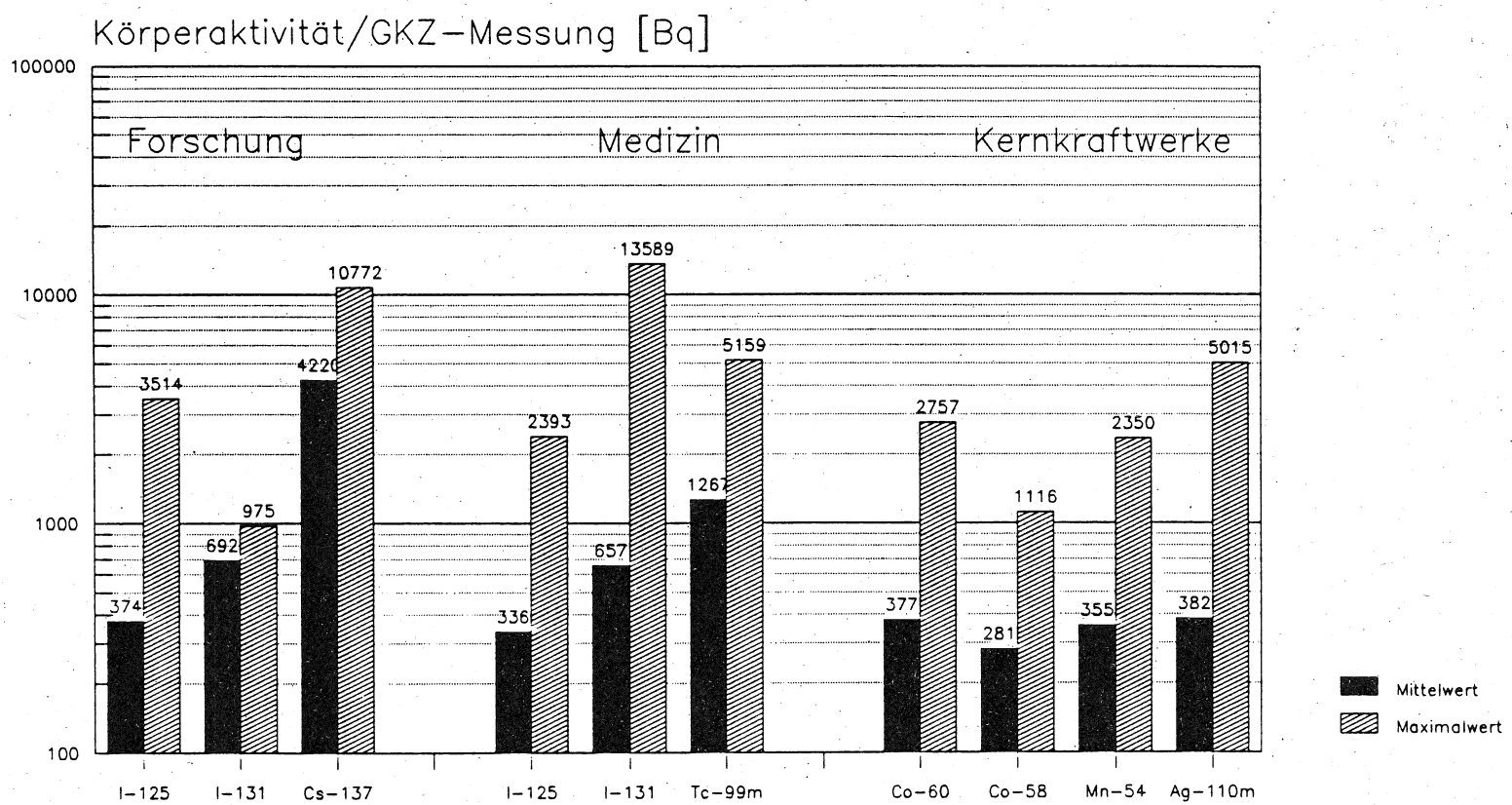


Abb. 3.1

Radionuklidbezogene Mittel- und Maximalwerte der Körperaktivität im Jahr 1989

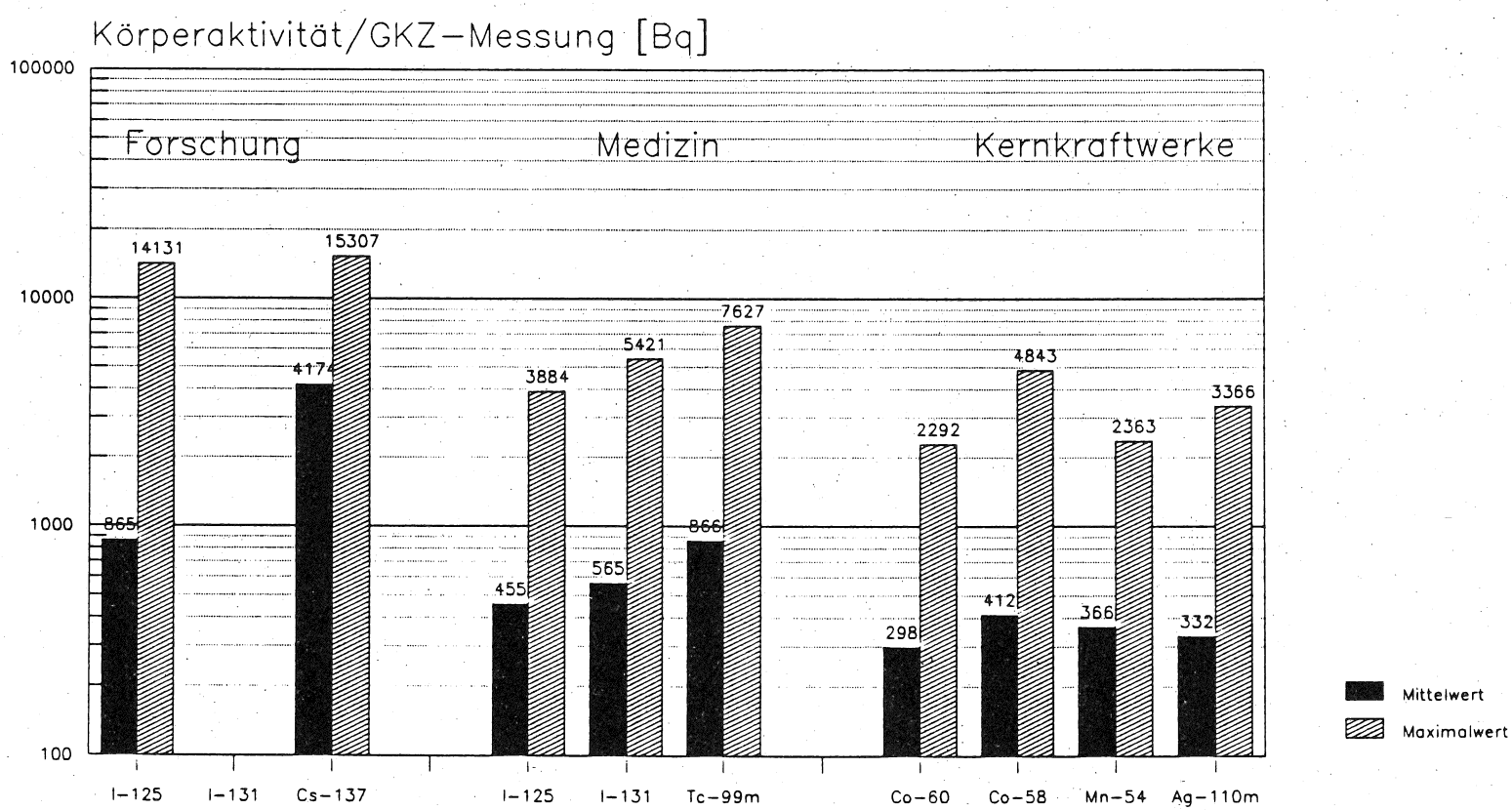
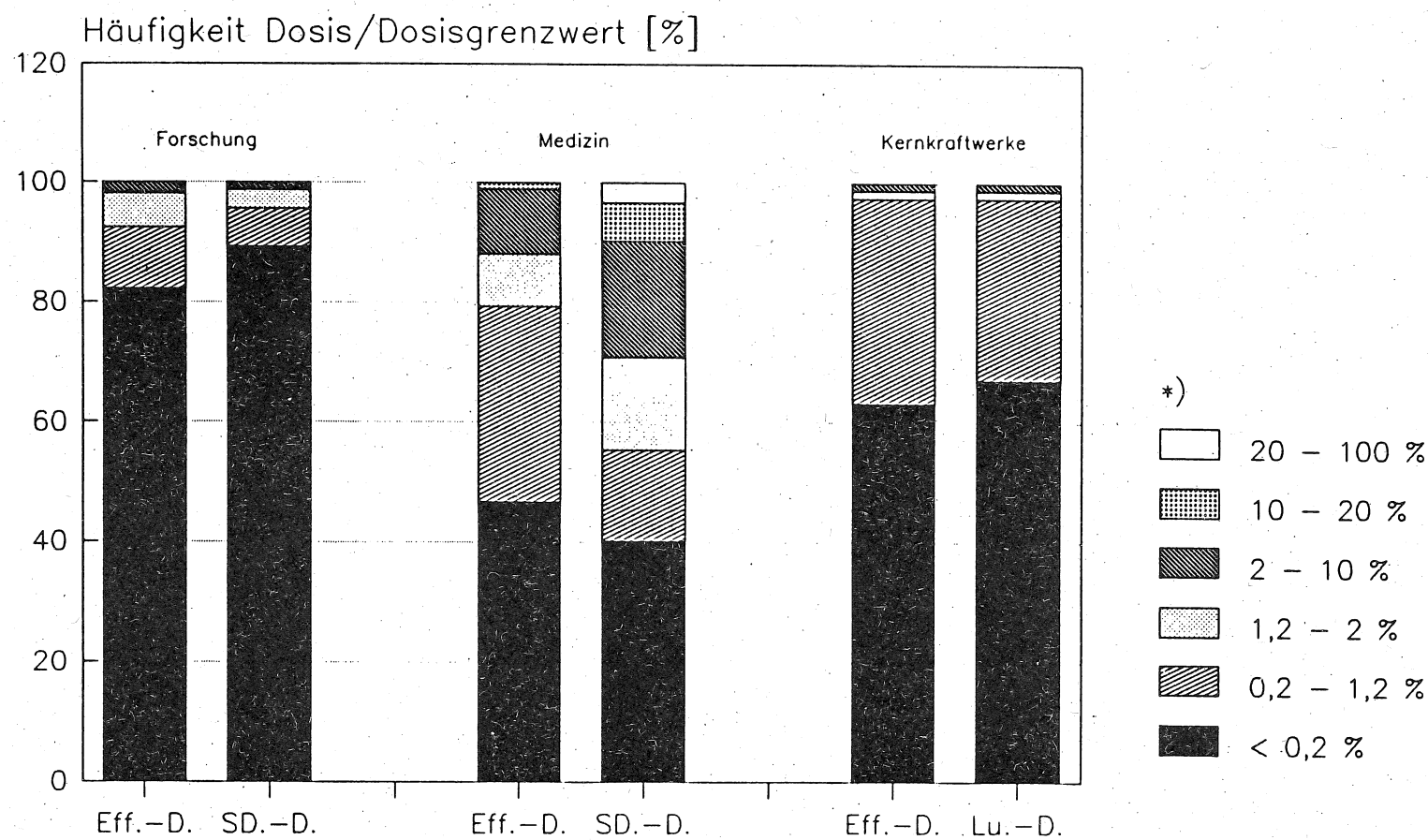


Abb. 3.2

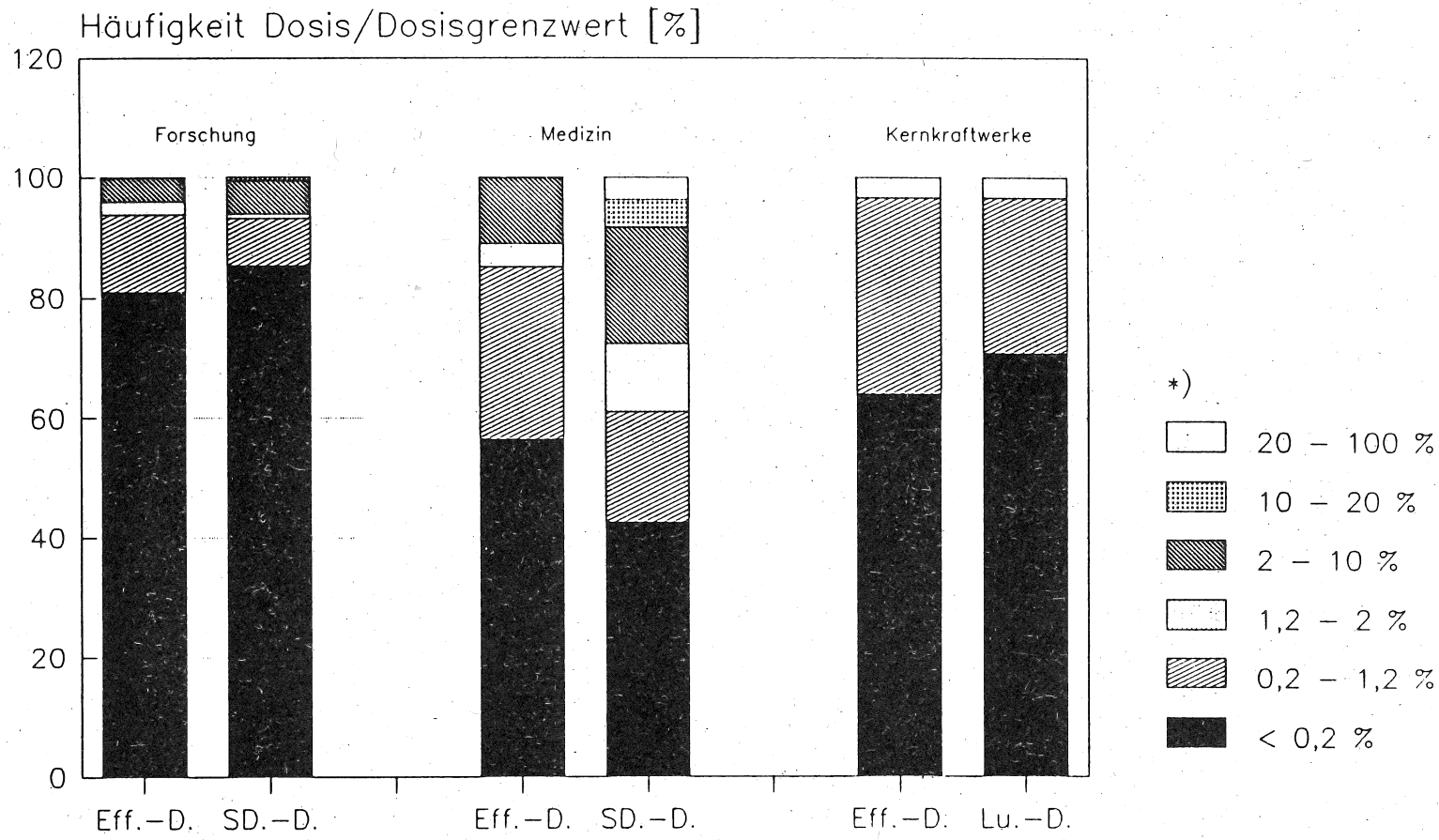
Häufigkeitsverteilung der Folgeäquivalentdosen im Jahre 1987



*) Verhältnis Dosis/Dosisgrenzwert

Abb. 4.1

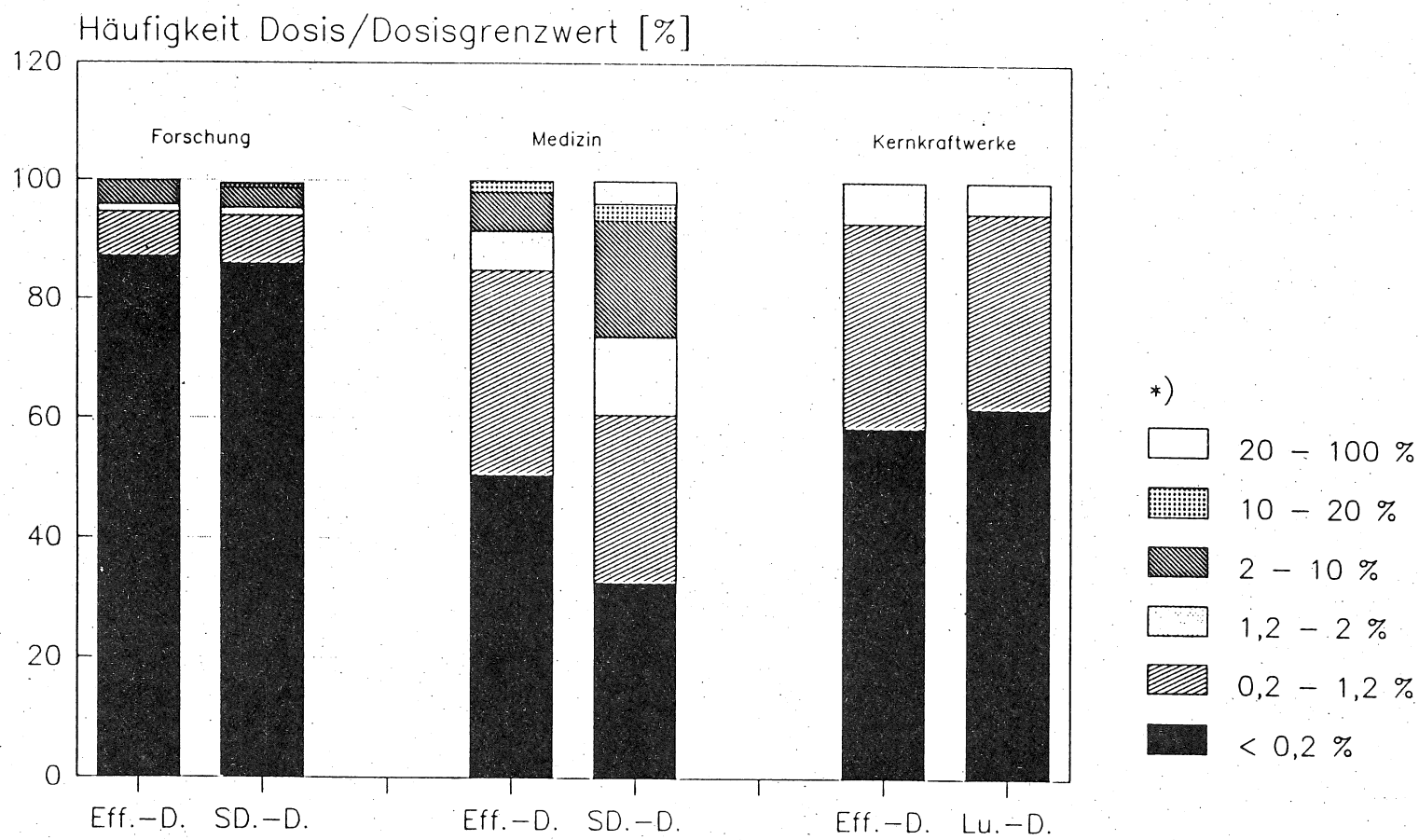
Häufigkeitsverteilung der Folgeäquivalentdosen im Jahre 1988



*) Veräitnis Dosis/Dosigrenzwert

Abb. 4.2

Häufigkeitsverteilung der Folgeäquivalentdosen im Jahre 1989



*) Veräitnis Dosis/Dosigrenzwert

Abb. 4.3

Pro-Kopf- und Maximalwerte der Folgeäquivalentdosen im Jahre 1987

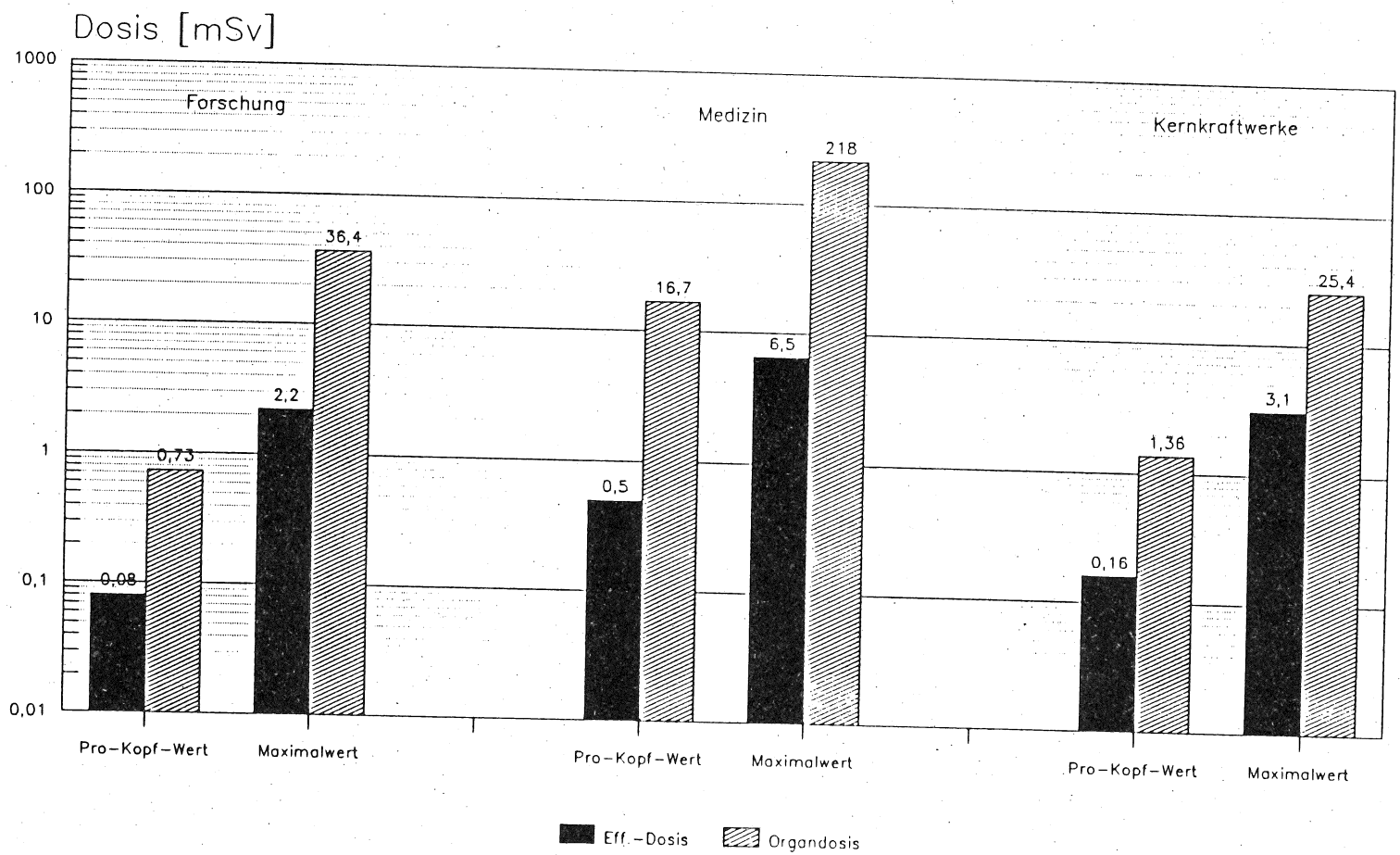


Abb. 5.1

Pro-Kopf- und Maximalwerte der Folgeäquivalentdosen im Jahre 1988

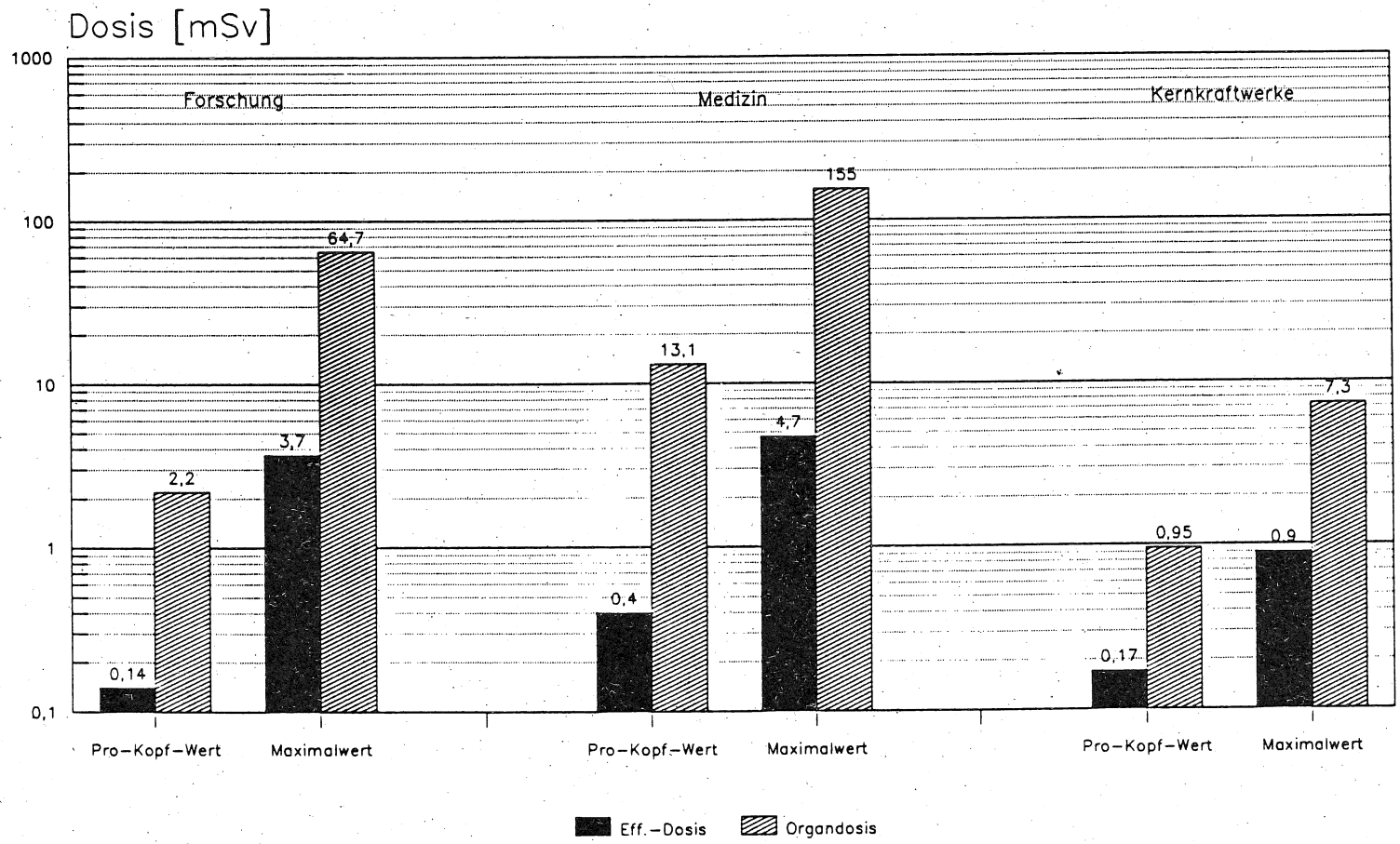


Abb. 5.2

Pro-Kopf- und Maximalwerte der Folgeäquivalentdosen im Jahre 1989

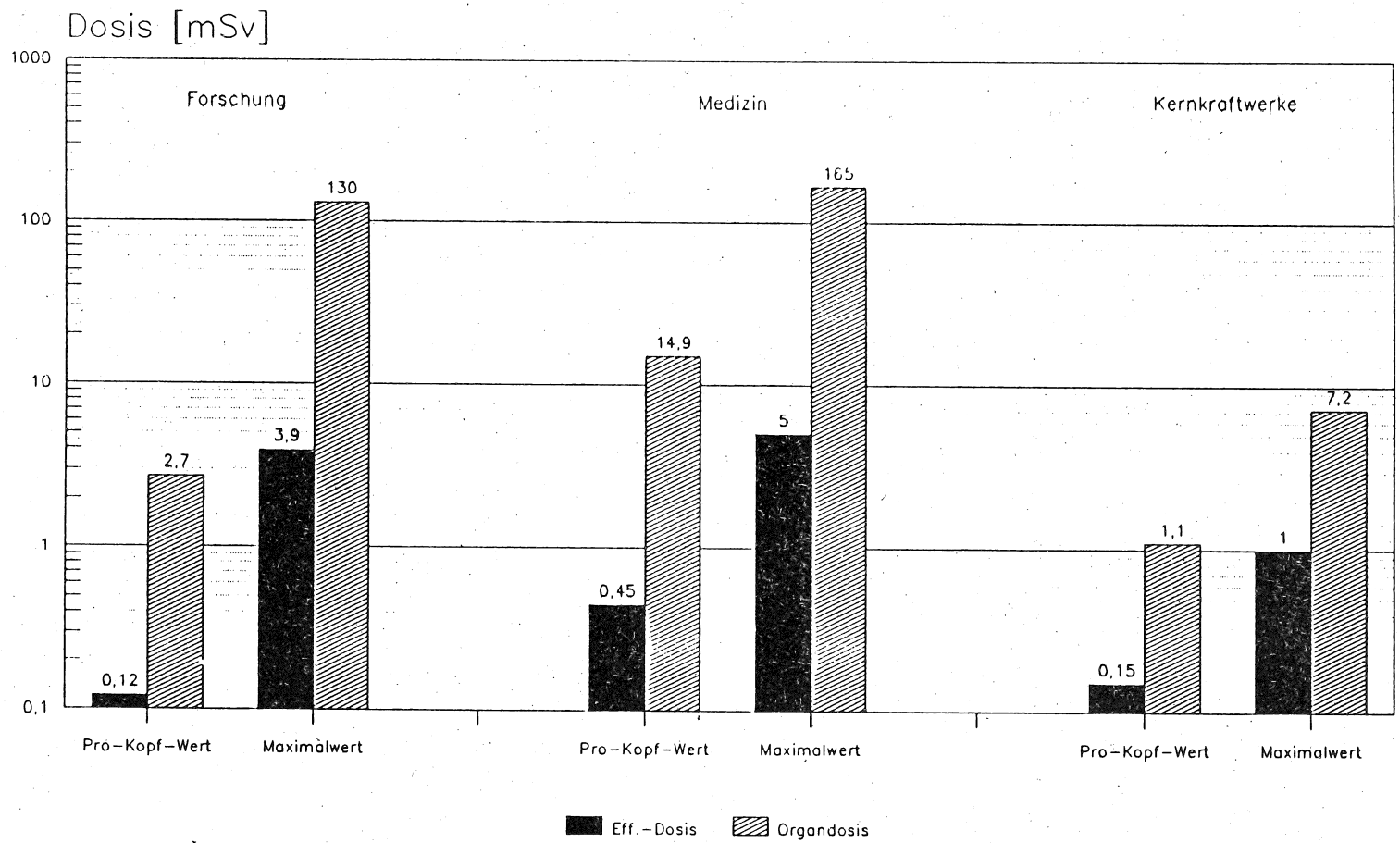


Abb. 5.3

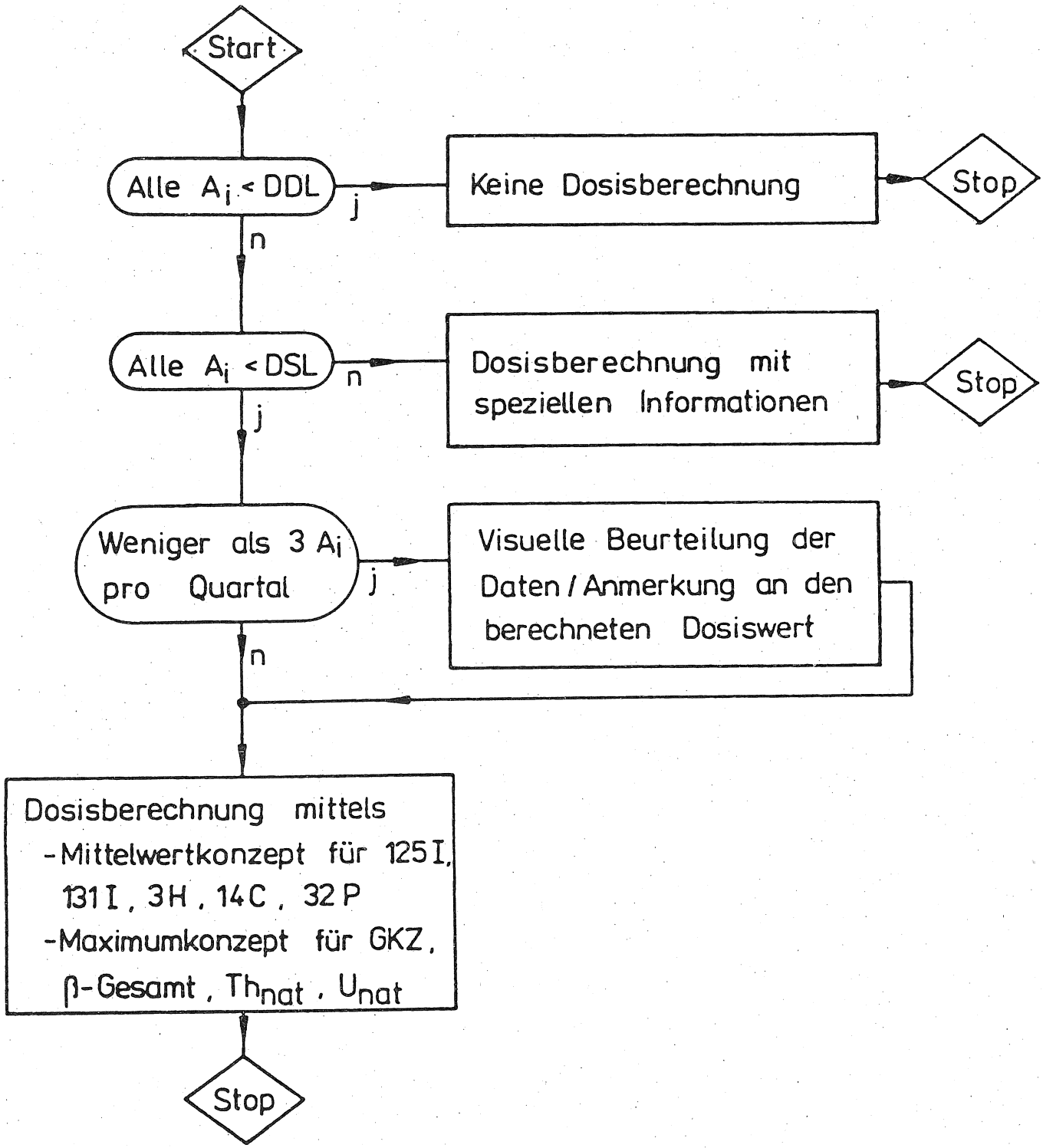


Abb. 6: Schema der Dosisberechnung im ZfK Rossendorf

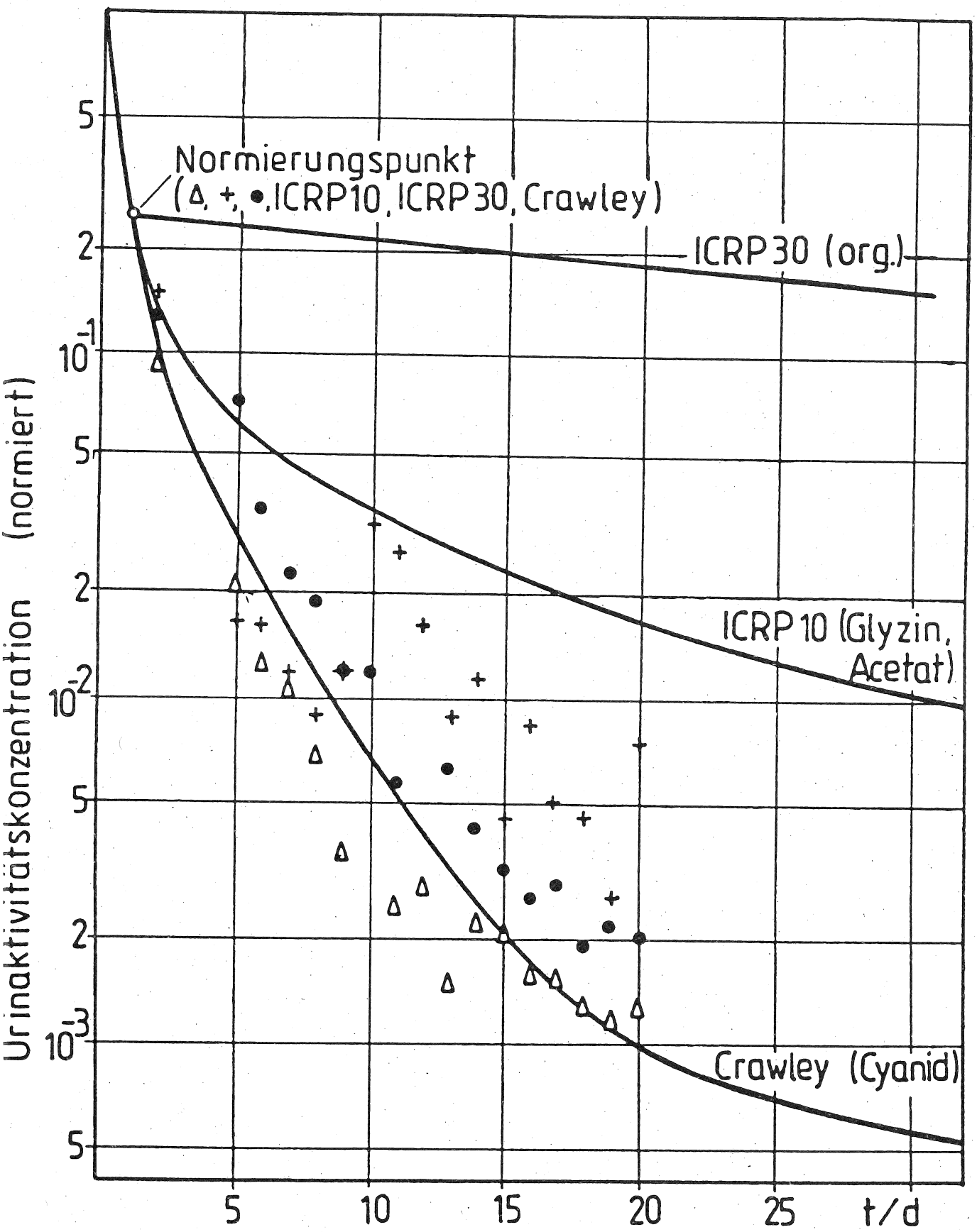


Abb.7: Vergleich der gemessenen Urinaktivitätskonzentrationen der drei strahlenexponierten Personen (•, +, Δ) mit analytischen Exkretionsfunktionen

Zeitlicher Verlauf der Dosis in den Jahren 1986 – 1989

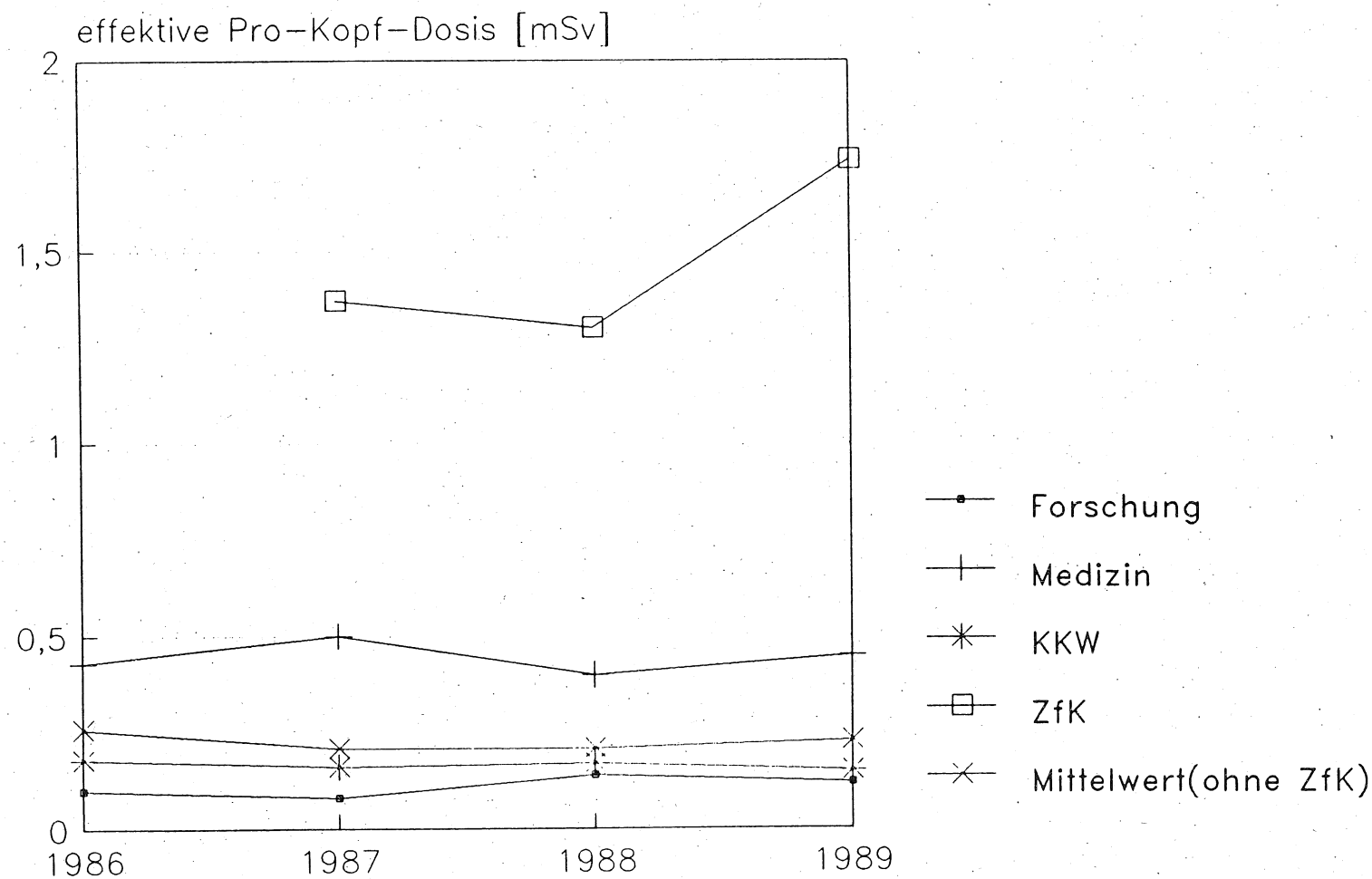


Abb.8

Tab.1.1 Mittelwerte der Organ-/Körper-/Probenaktivitäts-meßwerte für beruflich strahlenexponierte Personen der Referenzgruppe Forschung 1988/1989

Methode	Radio-nuklid	Summe der Aktivitäts-meßwerte [**]		Mittelwerte * pro Messung [**]		pro Person [**]	
		1988	1989	1988	1989	1988	1989
GKZ	I -125	39776	20935	865	374	1326	616
	I -131	-	2077	-	692	-	692
	Cs-137	58435	42203	4174	4220	11687	8441
ASA	I -125	4584	9349	148	203	255	425
	I -131	505	1285	168	161	252	257
	Cs-137	727	490	105	98	364	490
	H - 3	1.0E06	2.4E06	16263	36711	50415	1.7E05
	C - 14	2253	2124	451	303	563	354

* : ausschließlich aus Meßwerten > MNA
** : GKZ (Bq); ASA (Bq/l)

Tab.1.2 Mittelwerte der Organ-/Körper-/Probenaktivitäts-meßwerte für beruflich strahlenexponierte Personen der Referenzgruppe Medizin 1988/1989

Methode	Radio-nuklid	Summe der Aktivitäts-meßwerte [**]		Mittelwerte * pro Messung [**]		pro Person [**]	
		1988	1989	1988	1989	1988	1989
GKZ	I -125	32275	15780	455	336	751	478
	I -131	47464	42048	565	657	863	934
	Tc-99m	21658	11407	866	1267	1140	1267
ASA	I -125	13007	27143	161	554 (155) (2325)	407	1508
	I -131	35375	44612	426 (193) (2960)	357 (177) (2988)	823	910
	P - 32	263	270	132	135	132	135

* : ausschließlich aus Meßwerten > MNA
** : GKZ (Bq); ASA (Bq/l)
( ) ( ) : getrennte Mittelung der Meßwerte oberhalb bzw. unterhalb 1kBq/l

Tab.1.3 Mittelwerte der Organ-/Körperaktivitäts-meßwerte für beruflich strahlenexponierte Personen der Referenzgruppe KKW 1988/1989

Radio-nuklide	Summe der Aktivitäts-meßwerte [**]		Mittelwerte * pro Messung [**]		pro Person [**]	
	1988	1989	1988	1989	1988	1989
Co- 60	20884	24116	298 (260)	377	486	588
Co- 58	14414	7576	412 (282)	281 (249)	554	344
Mn- 54	11713	13847	366 (302)	355 (303)	488	477
Ag-110m	11291	14532	332 (240)	382 (257)	434	581

* : ausschließlich aus Meßwerten > MNA
** : GKZ (Bq); ASA (Bq/l)
( ) : Mittelwerte ohne Verwendung der Maximalwerte

Tab.2.1 Ergebnisse der Inkorporationsüberwachung beruflich strahlenexponierter Personen im Jahre 1987

Referenz-gruppe aus	Kontr. Betr.	Kontr. Pers.	Anzahl Messgn.	> 2 % GJAZ in %	> 10 % GJAZ in %	Höchste Einzel-dosis [mSv]	Kollektiv-dosis [Mann Sv]	Pro-Kopf Dosis [mSv]	Dosis-art
Forschung	11	157	846	1.9	-	2.2	0.013	0.08	E
				2.3	-	36.4	0.116	0.73	SD
Medizin	10	92	535	12.0	1.1	6.5	0.046	0.5	E
				29.3	9.8	218.0	1.537	16.7	SD
Kern-anlagen	3	76	141	1.3	-	3.1	0.012	0.16	E
				1.3	-	25.4	0.104	1.36	LU
Industrie Sonstige	3	11	22	-	-	-	-	-	
								0.21	

GJAZ: Grenzwert der Jahresaktivitätszufuhr
E : Effektive 50-Jahre-Folgeäquivalentdosis
SD : 50-Jahre-Folgeäquivalentdosis für Organ Schilddrüse
LU : 50-Jahre-Folgeäquivalentdosis für Organ Lunge

Tab.2.2 Ergebnisse der Inkorporationsüberwachung beruflich strahlenexponierter Personen im Jahre 1988

Referenz-gruppe aus	Kontr. Betr.	Kontr. Pers.	Anzahl Messgn.	> 2 % GJAZ in %	> 10 % GJAZ in %	Höchste Einzel-dosis [mSv]	Kollektiv-dosis [Mann Sv]	Pro-Kopf Dosis [mSv]	Dosis-art
Forschung	15	158	1155	4.1	-	3.7	0.022	0.14	E
				6.3	0.6	64.7	0.349	2.2	SD
Medizin	13	108	852	1.1	-	4.7	0.041	0.4	E
				27.8	8.3	155.0	1.418	13.1	SD
Kern-anlagen	3	58	106	-	-	0.9	0.007	0.17	E
				-	-	7.3	0.055	0.95	LU
Industrie Sonstige	3	13	31	-		-	-	-	
								0.21	

GJAZ: Grenzwert der Jahresaktivitätszufuhr
E : Effektive 50-Jahre-Folgeäquivalentdosis
SD : 50-Jahre-Folgeäquivalentdosis für Organ Schilddrüse
LU : 50-Jahre-Folgeäquivalentdosis für Organ Lunge

Tab. 5.3.3 Ergebnisse der Typprüfungen durchgeführt an Kabelgarnituren

Bezogen im Jahre 1988

Kabelgarnituren-hersteller	Bauart	Kontr.-stufe	Betr.-spann.	Kontr.-spann.	Verlust-faktor tan δ	Grenz-frequenz	Grenz-leistung	Kalt-Kopf-Prüfung	Hochspannungs-Impulsprüfung	Kurzzeit-Wechsel-spannung	Teilentladungs-messung	Dauer-prüfung
			[kV]	[kV]	< 5 % [µF]	< 10 % [µF]	[MVA]	[MVA]	[kV]	[kV]	[pC]	[a]
ABB	Verbund-muffe	1	20	12	0.4	0.4	0.3	0.3				E
		2	20	12	0.4	0.4	0.3	0.3				E
		3	20	12	0.4	0.4	0.3	0.3				E
Brugg	Kabel-garnitur	1	20	12	0.4	0.4	0.3	0.3	75	30	5	E
		2	20	12	0.4	0.4	0.3	0.3	75	30	5	E
		3	20	12	0.4	0.4	0.3	0.3	75	30	5	E
Felten & Guilleaume	Kabel-garnitur	1	20	12	0.4	0.4	0.3	0.3	75	30	5	E
		2	20	12	0.4	0.4	0.3	0.3	75	30	5	E
		3	20	12	0.4	0.4	0.3	0.3	75	30	5	E
Kerschenbaumer	Verbund-muffe	1	20	12	0.4	0.4	0.3	0.3	75	30	5	E
		2	20	12	0.4	0.4	0.3	0.3	75	30	5	E
		3	20	12	0.4	0.4	0.3	0.3	75	30	5	E
Meister	Kabel-garnitur	1	20	12	0.4	0.4	0.3	0.3	75	30	5	E
		2	20	12	0.4	0.4	0.3	0.3	75	30	5	E
		3	20	12	0.4	0.4	0.3	0.3	75	30	5	E
Kerpen-kabel	Kabel-garnitur	1	20	12	0.4	0.4	0.3	0.3	75	30	5	E
		2	20	12	0.4	0.4	0.3	0.3	75	30	5	E
		3	20	12	0.4	0.4	0.3	0.3	75	30	5	E

Typ : Freiluftendverschluß für Ölgefüllte Kabel

2D : 20-Jahre-Lebensdauerprüfung mit Ölgefüllten Endverschlüssen

E : Freiluftendverschluß 20-Jahre-Lebensdauerprüfung mit Ölgefüllten Endverschlüssen

CSAZ: Cross-Sectional Area of Zinc Sheath

Radiologischer Arbeitsschutz in Kernkraftwerken

D. Sommer, Kernkraftwerk Obrigheim

1. Allgemeines Schutzziel - gesetzliche Grundlagen

Der Betrieb von Kernkraftwerken zur Erzeugung von thermischer und elektrischer Energie ist eine der wesentlichen Anwendungen der friedlichen Nutzung der Kernenergie. In dem "Gesetz zur friedlichen Verwendung der Kernenergie und den Schutz gegen ihre Gefahren (Atomgesetz)" werden die Ziele für die Strahlenschutzarbeit im Kernkraftwerk in allgemeiner Form dargestellt.

Im § 1 heißt es zur Zweckbestimmung des Atomgesetzes u. a.:
"Zweck dieses Gesetzes ist: Leben, Gesundheit und Sachgüter vor den Gefahren der Kernenergie und der schädlichen Wirkung ionisierender Strahlen zu schützen ...".

Dieses Schutzziel gilt sowohl für die Bewohner in der Umgebung von Kernkraftwerken als auch für die in diesen Anlagen beschäftigten Personen. Übergreifend ist für beide Personengruppen die wichtigste Verordnung zur Ausführung des Atomgesetzes die Strahlenschutzverordnung.

Ergänzend hierzu gibt es spezielle Richtlinien, Durchführungsanweisungen seitens des Bundes und Anordnungen der zuständigen Genehmigungsbehörde des betreffenden Bundeslandes. Hierdurch werden besondere Teilaspekte der Strahlenschutzverordnung vertieft oder spezielle Randbedingungen zum Erreichen des eingangs genannten Schutzzieles näher definiert.

Entsprechend dem Thema des Vortrages werde ich im folgenden ausschließlich den radiologischen Strahlenschutz nur für die Beschäftigten in Kernkraftwerken behandeln.

2. Umsetzung der Schutzziele in die Praxis

Die allgemeinen Schutzziele und Vorschriften des Atomgesetzes und der Strahlenschutzverordnung werden überwiegend in Form einer Strahlenschutzanweisung auf

die realen Gegebenheiten der jeweiligen Anlage übertragen. Ergänzt wird diese Strahlenschutzanweisung durch besondere betriebliche Anweisungen, die z. B. kurzfristige und einmalige Strahlenschutztätigkeiten bestimmter Personengruppen regeln.

Neben diesen kurzfristig und begrenzt geltenden Anweisungen sind folgende Schwerpunkte bei der effektiven Umsetzung der Schutzziele der StrlSchV in den praktischen Strahlenschutz zu beachten:
- personelle Strahlenschutzorganisation
- technische Konzeption der Anlage
- administrative Maßnahmen zur Reduktion der Personendosen.

2.1 Personelle Strahlenschutzorganisation

Zu den Pflichten des Betreibers eines Kernkraftwerkes gehört es dafür zu sorgen, daß die mit der Leitung und Beaufsichtigung der Anlage verantwortlichen Personen die hierfür erforderliche Fachkunde besitzen. Dies gilt insbesondere für die Personen, welche für den Strahlenschutz verantwortlich sind. Durch die Verknüpfung der Fachkunde mit dem innerbetrieblichen Entscheidungsbereich soll gewährleistet werden, daß die in der Anlage tätigen Mitarbeiter Kenntnisse über den sicheren Betrieb und über die möglichen radiologischen Gefahren erhalten. Weiter wird auf diese Weise sichergestellt, daß die zum Strahlenschutz erforderlichen Schutzmaßnahmen auch angewandt werden. Die für die radiologische Arbeitssicherheit des in der Anlage tätigen Mitarbeiters erforderliche Kenntnis der Gefahr setzt eine Organisation voraus, mit der wirkungsvoll und damit einsichtig Fachwissen an die richtige Stelle weitervermittelt werden kann.

Unter Berücksichtigung des innerbetrieblichen Entscheidungsbereiches definiert die Strahlenschutzverordnung "Strahlenschutzverantwortliche" und "Strahlenschutzbeauftragte" und regelt deren Verantwortlichkeit und Pflichten.

Strahlenschutzverantwortlicher ist der Betreiber eines Kernkraftwerkes. Namentlich wird hierzu meist der technische Geschäftsführer benannt. Er hat insbesondere durch die Bereitstellung von ausgebildetem Personal und von geeigneten Räumlichkeiten und Schutzvorrichtungen die technischen Voraussetzungen für einen wirkungsvollen Strahlenschutz zu schaffen.

Zur Leitung oder Beaufsichtigung der genehmigungspflichtigen oder anzeigebedürftigen Tätigkeiten, entsprechend dem Atomgesetz, bestellt der Betreiber des Kernkraftwerkes meist mehrere Strahlenschutzbeauftragte.

2.2 Technische Konzeption der Anlage

Die Festlegung von Auslegungskriterien eines Kernkraftwerkes hinsichtlich der radiologischen Arbeitssicherheit erfordert die Kenntnis der wesentlichen Strahlenquellen in der Anlage. Durch geeignete technische Maßnahmen wird die Strahlendosisleistung soweit wie möglich im Arbeitsbereich reduziert und eine Überwachung der Ortsdosisleistung bzw. der Personendosisleistung sichergestellt.

Neben der Verteilung der Strahlenquellen im Kraftwerk wird die bauliche Auslegung zur Reduzierung der örtlichen Dosisleistung und der Strahlendosis durch Inkorporation radioaktiver Raumluft auch von der Notwendigkeit der Begehbarkeit des betreffenden Anlagenteiles bestimmt.

Im folgenden soll am Beispiel des Siemens-DWR die Anlagenkonzeption im Hinblick auf die radiologische Arbeitssicherheit dargestellt werden. Grundlegend ist hierbei die räumliche und lüftungstechnische Trennung zwischen dem nuklearen und konventionellen Teil der Anlage. Bei einer Bewertung der Strahlenquellen aus der Sicht des personellen Strahlenschutzes kann man sich deshalb auf das Reaktorgebäude, das sogenannte Hilfsanlagengebäude sowie auf das Lager für radioaktive Abfälle beschränken.

Beispielhaft für die technische Konzeption des Kernkraftwerkes im Hinblick auf den Strahlenschutz sollen die Anlagenräume des Sicherheitsbehälters beschrieben werden. Hierbei wird zwischen dem Betrieb des Reaktors und der Revisionsphase unterschieden.

2.2.1 Anlagenräume

2.2.1.1 Betrieb des Reaktors

Das Kernkraftwerk ist so ausgelegt, daß ein Betreten der Anlagenräume im Betrieb nicht erforderlich ist. Bei der Auslegung der Abschirmung der um den Reaktor liegenden Räume wird die bei Betrieb durch Aktivierung entstehende γ-Aktivität des kurzlebigen Nuklids N16 zugrunde gelegt.

Die Anlagenräume sind durch eine Unterdruckhaltung von 5 - 10 mm WS lüftungstechnisch von den Betriebsräumen im SBH getrennt.

Sie stellen bei Vollastbetrieb in der Regel kein besonderes Problem der rad. Arbeitssicherheit dar.

2.2.1.2 Abgeschalteter Reaktor

Nach Abschalten des Reaktors sind die Anlagenräume des Sicherheitsbehälters nach entsprechender Belüftung betretbar. Der genannte Raumbereich umfaßt im wesentlichen den Reaktorraum (Reaktorgrube), die Dampferzeugerräume, den sogenannten Reaktorsumpf und den Druckhalterraum. Die Ortsdosisleistungen können auch bei abgeschaltetem Reaktor hohe Werte annehmen.

Während die beim Reaktorbetrieb in den Anlagenräumen für den Strahlenschutz bestimmende γ-Aktivität weitgehend der dem Neutronenfluß proportionalen N16-Produktion entspricht, werden nach Abschaltung des Reaktors insbesondere die an der Innenoberfläche der Primärleitungen eingelagerten Korrosions- und Spaltprodukte bedeutsam. Die Abschirmungen sind für den beim Betrieb auftretend den sehr harten γ-Strahler N16 (6 - 8 MeV) ausgelegt und decken im Hinblick auf die Dimensionierung den bei Korrosions- und Spaltprodukten im Stillstand zu erwartenden Energiebereich der γ-Strahlen ab.

Die Ortsdosisleistung in den Anlagenräumen ist sehr stark ortsabhängig. Durch planerische Maßnahmen konnte sie in den letzten Jahren stark reduziert werden. Unmittelbar am Reaktorkühlsystem beträgt die Dosisleistung im neuen Siemens-DWR etwa 0,1 - 0,3 mSv/h.

Zur Verminderung der externen Personendosis werden besondere betriebliche Maßnahmen getroffen, um die Dosisleistung stark strahlender Komponenten zu reduzieren.

Dies geschieht u. a. durch Freispülen und ggf. durch Dekontamination der strahlenden Rohrleitungen und Komponenten. Eventuell ist es erforderlich, hierzu einen gesonderten Reinigungskreislauf unter Verwendung geeigneter chemischer Zusätze aufzubauen. In modernen DWR-Anlagen sind diese Einrichtungen bereits fest installiert.

Bei Bedarf muß durch eine zusätzliche Abschirmung die Dosisleistung im Arbeitsbereich vermindert werden. Hierzu ist in der Anlagenkonzeption die Möglichkeit einer Verwendung von mobilen Abschirmungen (z. B. Bleimatten) vorgesehen. Oft ist es erforderlich, die Aktivität führenden Rohrleitungen und Behälter selbst mit Deionat aufzufüllen. Bei den Dampferzeugern ist die Aktivität überwiegend in den U-Rohrbündeln konzentriert. Hier bietet es sich an, den Sekundärteil der Dampferzeuger mit Deionat aufzufüllen, um den Arbeitsbereich in den Anlagenräumen um die Dampferzeuger vor dieser Strahlenquelle zu schützen.

Neben der beschriebenen äußeren Strahlenexposition kann sich für das Personal, welches sich in den Anlagenräumen bei abgeschaltetem Reaktor aufhält, eine zusätzliche innere Strahlenbelastung durch radioaktive Bestandteile in der Atemluft ergeben.

Hervorgerufen wird die Verunreinigung der Atemluft vorwiegend durch Austreten radioaktiver Stoffe aus den Anlagen, z. B. Rohrleitungen und Behälter.

Bei der Revision der Anlage wird der Aktivitätsanteil in der Raumluft deshalb durch eine zusätzliche Belüftung aus den Betriebsräumen stark reduziert.

Trotzdem kann es insbesondere beim Öffnen von Rohrleitungen, Behältern und Komponenten zum Austritt von Aktivität in die Raumluft und zur Kontamination kommen.

Um in solchen Fällen Inkorporationen zu vermeiden werden, wenn möglich, örtliche Absaugungen der Atmosphäre im Arbeitsbereich und eine Ableitung der kontaminierten Luft über Filter in die Gebäudeabluft vorgesehen.

Trotz dieser Maßnahmen ist es zum Schutz des Mitarbeiters oft erforderlich, besondere Atemschutzgeräte zu tragen. Die internen Richtwerte für die Aktivitätskonzentration in der Raumluft leiten sich aus der StrlSchV ab. Für einzelne Radionuklide werden hierzu die Grenzwerte der Jahresaktivitätszufuhr auf ein Luftvolumen von 2400 m^3 (jährliches Atemvolumen bei 40 Stunden Wochenarbeitszeit) bezogen. Obwohl somit bei Erreichen des Richtwertes besonders für die kurzzeitige Strahlenexposition kein Grenzwert der Strahlenschutzverordnung überschritten wird, werden als Präventivmaßnahmen Atemmasken getragen.

Bei hohen Aktivitätskonzentrationen werden Preßluftatemgeräte, Vollschutzanzüge oder Atemmasken mit Preßluftversorgung verwendet.

Bei der Bewertung der radiologischen Arbeitssicherheit im Bereich der Anlagenräume eines Druckwasser-Reaktors muß auf die besondere Bedeutung der Dampferzeugerinspektionen und -reparaturen hingewiesen werden.

Um eine kurze Expositionszeit der Mitarbeiter bei der Dampferzeuger-Reparatur zu erhalten, werden hierbei möglichst zuverlässige automatisch arbeitende Geräte mit Fernüberwachung eingesetzt. Dies gilt bei der Dampferzeugerreparatur sowohl für die Lecksuche als auch für das Verschließen des defekten Heizrohres. Die Montage der Arbeitsgeräte und die notwendige Kontrolle in den primärseitigen Ein- und Austrittsstutzen der Dampferzeuger werden an einem 1 : 1 Modell ausgiebig geübt, um unnötige Aufenthaltszeiten zu vermeiden.

Der in die Primärkammern einsteigende Mitarbeiter wird mit einem Vollschutzanzug ausgerüstet und ist über eine Sprechfunkverbindung ständig in Kontakt sowohl mit seinen Arbeitskollegen als auch mit dem Strahlenschutz.

Bei neu entwickelten Geräten ist der Einstieg in die DE-Kammer nicht mehr erforderlich.

2.3 Administrative Maßnahmen zur Reduktion der Personendosen

Die Anlage ist in verschiedene Strahlenschutzbereiche unterteilt. Wir unterscheiden den Sperrbereich, den Kontrollbereich sowie den betrieblichen und außerbetrieblichen Überwachungsbereich. Die Abgrenzung der Bereiche ist anlagenabhängig. Weiter können die Bereichsabgrenzungen ständig oder mit dem Betriebszustand der Anlage variabel sein. Die Definitionen für die Strahlenschutzbereiche sind durch die StrlSchV festgelegt und orientieren sich meist an der für eine vorgegebene Aufenthaltszeit festgelegten Grenze der Körperdosis. Eine Ausnahme bildet hierbei nur der Sperrbereich, der durch eine Ortsdosisleistung größer 3 mSv/h definiert ist.

2.3.1 Kontrollbereich

Im Hinblick auf die radiologische Arbeitssicherheit kommt dem Kontrollbereich eine zentrale Bedeutung zu.

Bei Revision der Anlage können temporär auch abgegrenzte Gebiete von Werkstätten und Lagerhallen als Kontrollbereich eingerichtet werden.

Neben der regelmäßigen Überwachung und Dokumentation der externen Strahlenquellen muß der Strahlenschutz eine Kontrolle der luftgetragenen Aktivität am Arbeitsplatz bzw. an besonders für Kontamination und Inkorporation bedeutsamen Raumbereichen innerhalb des Kontrollbereiches durchführen. Dies geschieht durch regelmäßige Auswertung der auf Filter angesammelten Aktivität oder durch direkt die Aktivitätskonzentration anzeigende Geräte. Im Zweifelsfall oder beim Öffnen von Aktivität führenden Rohrleitungen oder Behältern werden von den Mitarbeitern als Präventivmaßnahme Atemmasken angelegt.

Zur Erfassung der Körperdosis wird am Eingang zum Kontrollbereich jedem Mitarbeiter ein ablesbares Dosimeter übergeben. Zusätzlich trägt er ein Dosimeter, das durch eine von der zuständigen Überwachungsbehörde bestimmten Meßstelle ausgewertet wird.

Vor der Dosimeterausgabe am Kontrollbereichseingang ist durch umfangreiche Kontroll- und Freigabeprozeduren sichergestellt, daß die von dem Mitarbeiter

auszuführende Arbeit sowohl hinsichtlich der radiologischen als auch der konventionellen Arbeitssicherheit keine Gefahr für die betroffene Person und für den sicheren Betrieb der Anlage darstellt. Je nach der radiologischen Bedeutung der durchzuführenden Arbeit sind Festlegungen zum Strahlenschutz schriftlich durch den Strahlenschutzbeauftragten zu treffen und die Einhaltung der vorgesehenen Schutzmaßnahmen zu überwachen.

Beim Eintritt in den Kontrollbereich wird der augenblickliche Stand der Körperdosis des Mitarbeiters erfaßt und mit den in der Strahlenschutzanweisung festgelegten Grenzwerten verglichen.

Die bei der Durchführung der Arbeit im Kontrollbereich erhaltene Dosis wird beim Verlassen des Kontrollbereiches erfaßt und der Wert der Körperdosis des Mitarbeiters aktualisiert. Nach Vorliegen (meist monatlich) der sogenannten "amtlichen Dosis" durch die oben genannte Auswertestelle der zuständigen Überwachungsbehörde werden die erfaßten Dosiswerte des Mitarbeiters korrigiert.

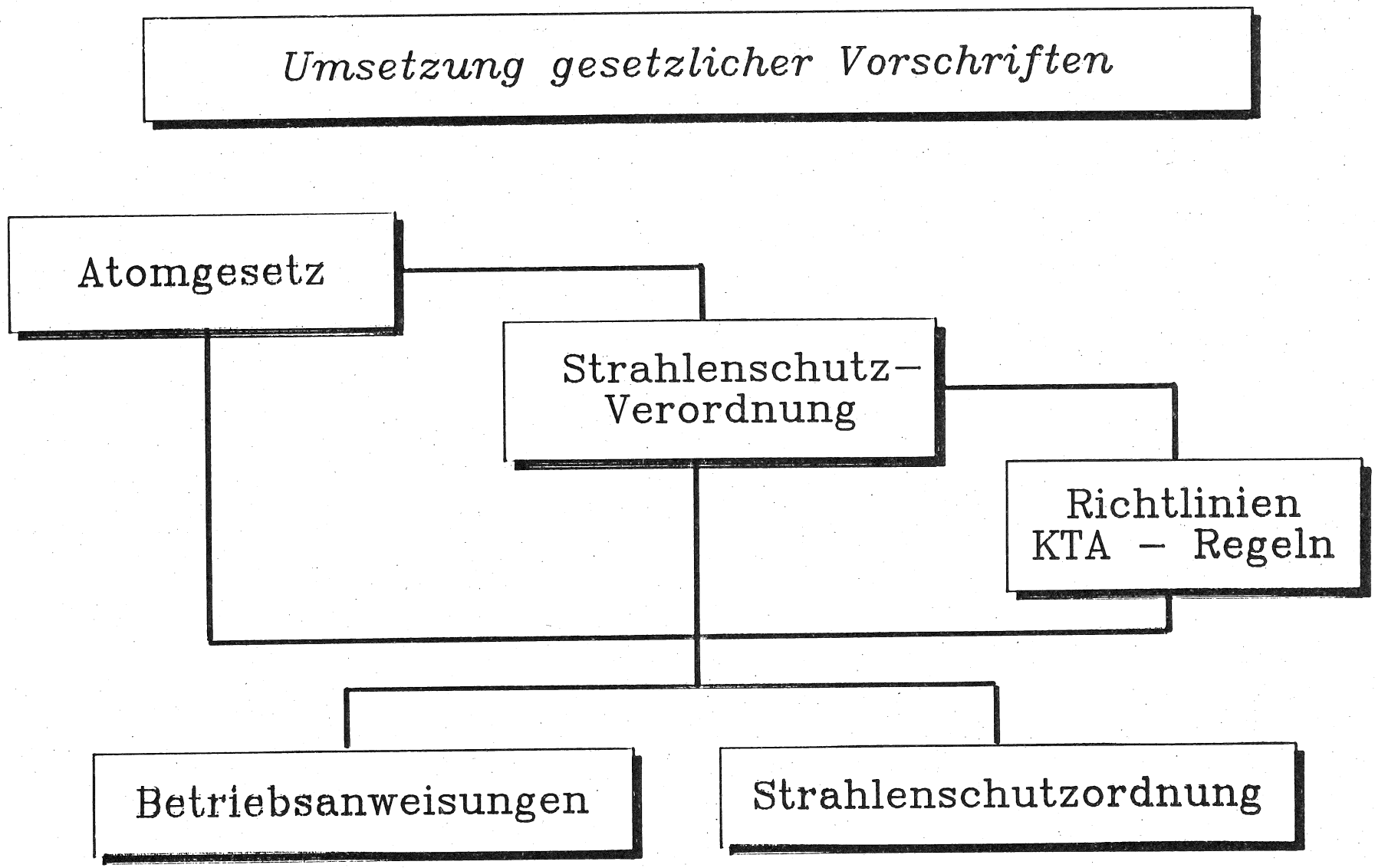
3. Zusammenfassung

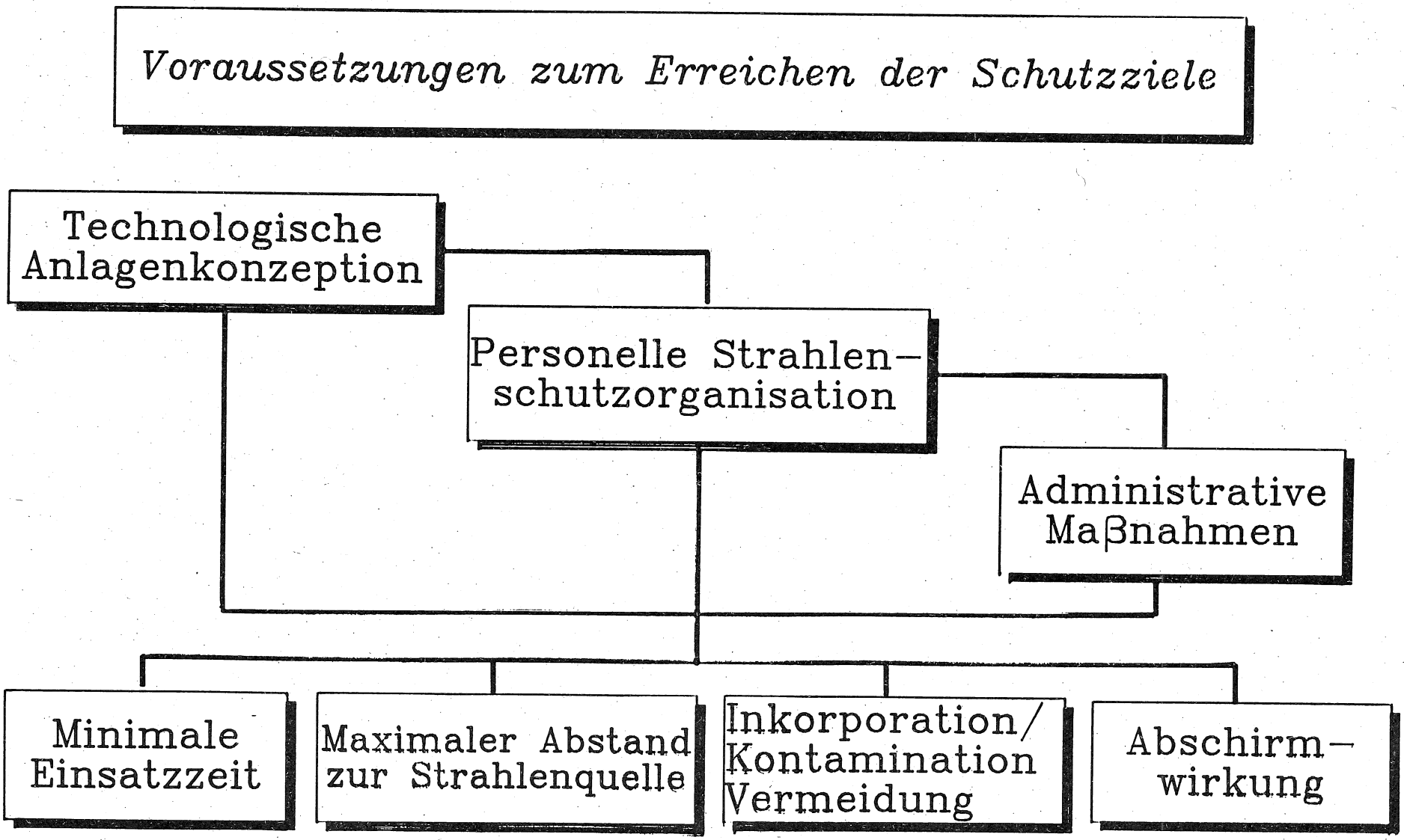
Durch eine sorgfältige Organisation des Strahlenschutzes wird sichergestellt, daß die für den Strahlenschutz verantwortlichen Mitarbeiter das für die Durchführung der Arbeiten erforderliche Fachwissen auch weitergeben können.

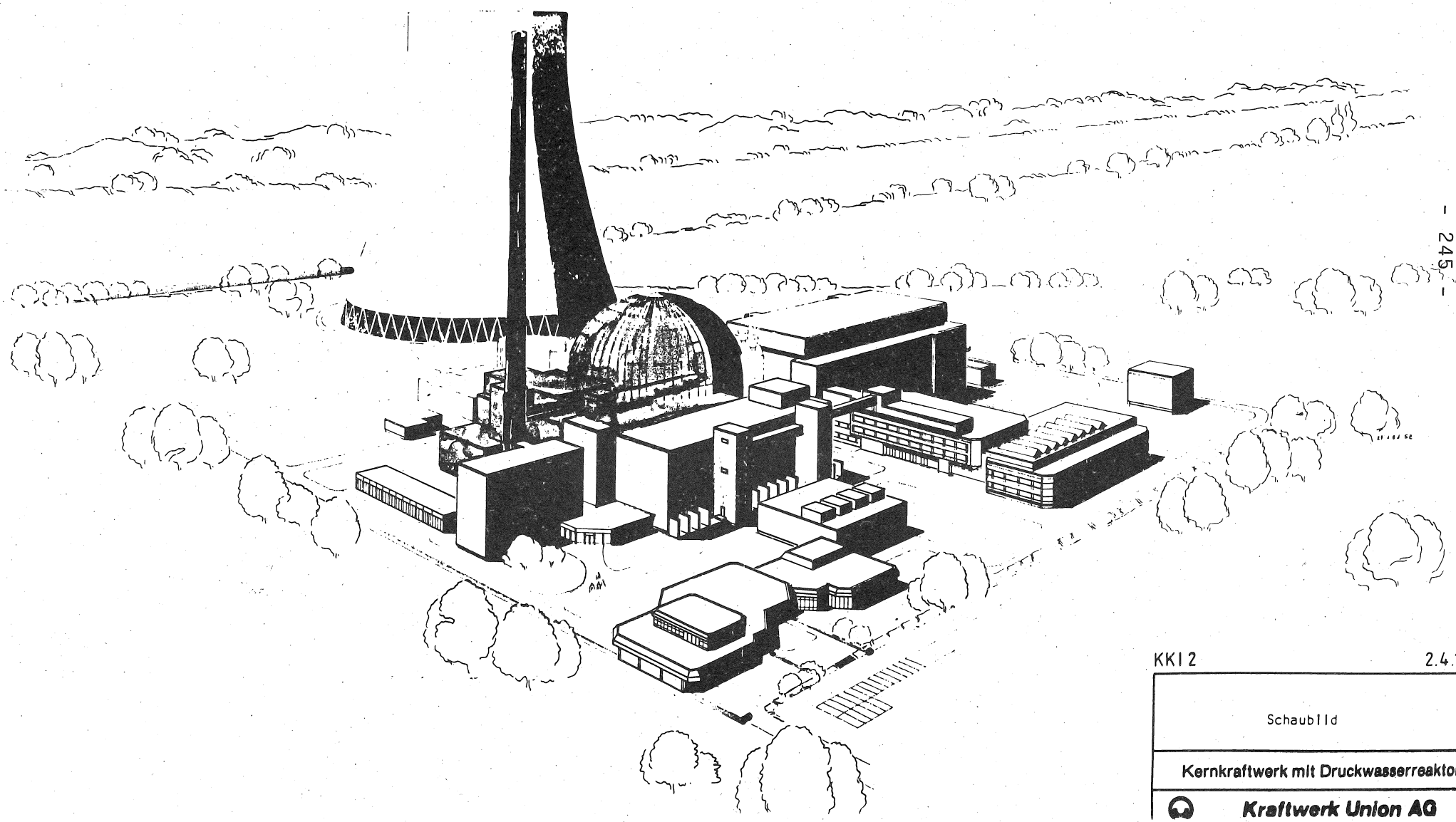
Die baulichen und verfahrenstechnischen Voraussetzungen für einen effektiven Strahlenschutz setzen eine Anlagenkonzeption voraus, die eine überschaubare Unterteilung in Strahlenschutzbereiche ermöglicht.

Die beschriebenen zusätzlichen administrativen Maßnahmen ermöglichen es, sich auf geänderte Randbedingungen möglichst flexibel einzustellen.

Ich hoffe Ihnen unsere Bemühungen zur radiologischen Arbeitssicherheit verständlich gemacht zu haben.


Umsetzung gesetzlicher Vorschriften
Atomgesetz
Strahlenschutz–
Verordnung
Richtlinien
KTA – Regeln
Betriebsanweisungen
Strahlenschutzordnung


Voraussetzungen zum Erreichen der Schutzziele
Technologische Anlagenkonzeption
Personelle Strahlen-schutzorganisation
Administrative Maßnahmen
Minimale Einsatzzeit
Maximaler Abstand zur Strahlenquelle
Inkorporation/ Kontamination Vermeidung
Abschirm-wirkung

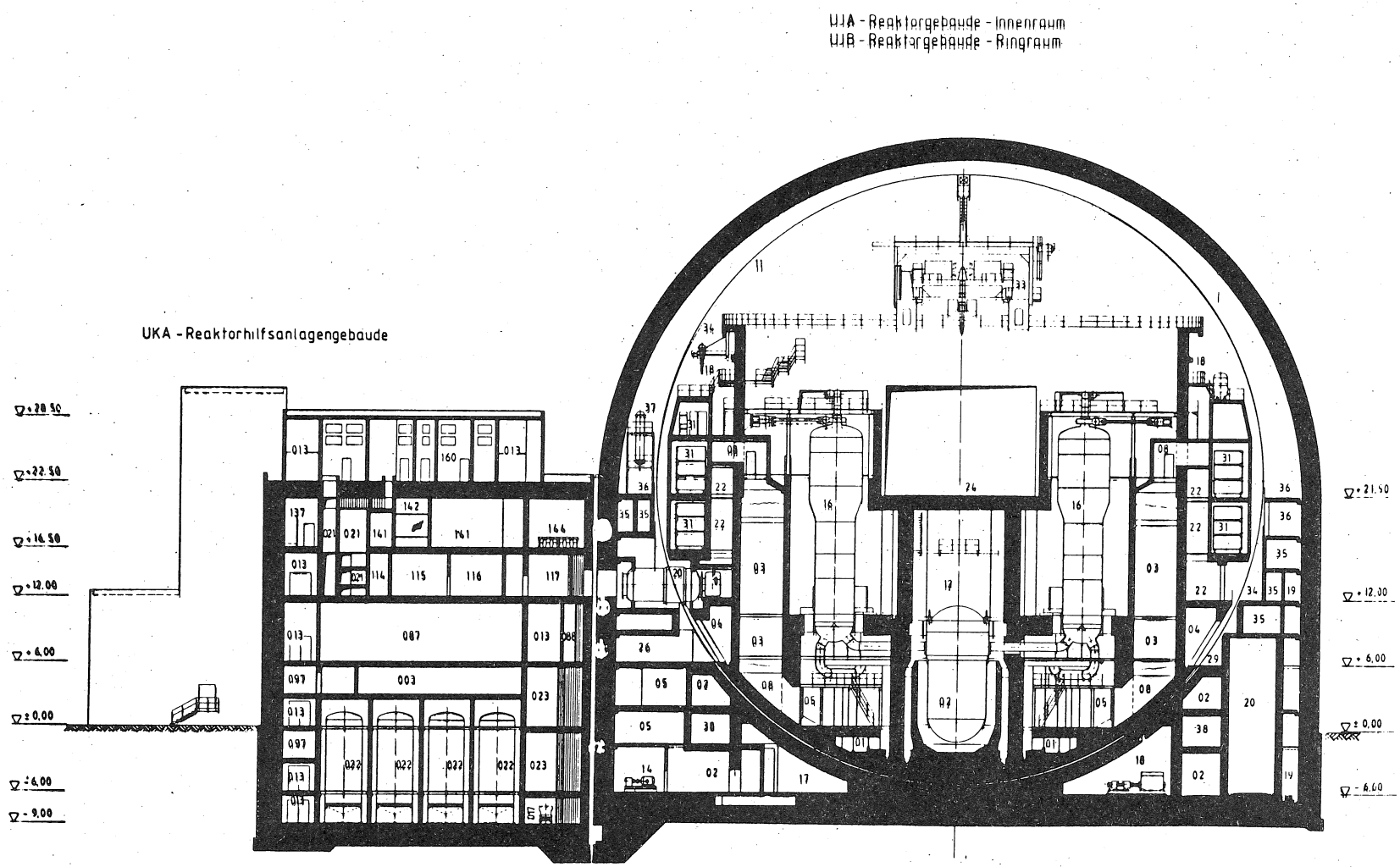


KKI 2 2.4.1/2

Schaubild

Kernkraftwerk mit Druckwasserreaktor

Kraftwerk Union AG



UJA 01 Pumpensumpf
02 Reaktordruckbehalter
03 Armaturenraum
04 Rohrkanal
05 Unterer Dampferzeugerraum
08 Zuluftkanal
11 Sicherheitsbehalter
12 Reaktorraum
16 Dampferzeuger
18 Ringbuhne
20 Personenschleuse
22 Verbindungsgang
24 Beckenflur
31 Umluftanlage
33 Reaktorgebaudekran
34 Konsolkran

UJB - 02 Verbindungsgang
05 Armaturenraum
14 Borierpumpe
17 Nukleares Nachkuhlsystem
18 Sicherheitseinspeisepumpe
19 Kabelschacht
20 Flutbecken
26 Rohrleitungsdurchfuhrung
29 Ringspalt
34 Kabeldurchfuhrung
35 Kabelkanal
36 Ringbuhne
37 Ausgleichsbehalter fur nukl Zwischenkuhlkreise
38 Rohrkanal

UKA - 003 Armaturenraum
013 Verbindungsgang
017 Faßtransportbahn
021 Zuluftschacht
022 Abwassersammelbehalter
023 Rohrkanal
087 Fortluftanlage
088 Abluftschacht
097 Kabel-, Luftungs- und Rohrleitungsverteilung
114 Lagerraum
115 Dekontraum fur Kleinteile
116 Auswerteraum
117 Raum vor der Personenschleuse
137 Heiße Dusche
141 Stauraum vor Kontrollbereich
142 Kontrollposten
144 Aufenthaltsraum
160 Außenluftanlage

24.2/8

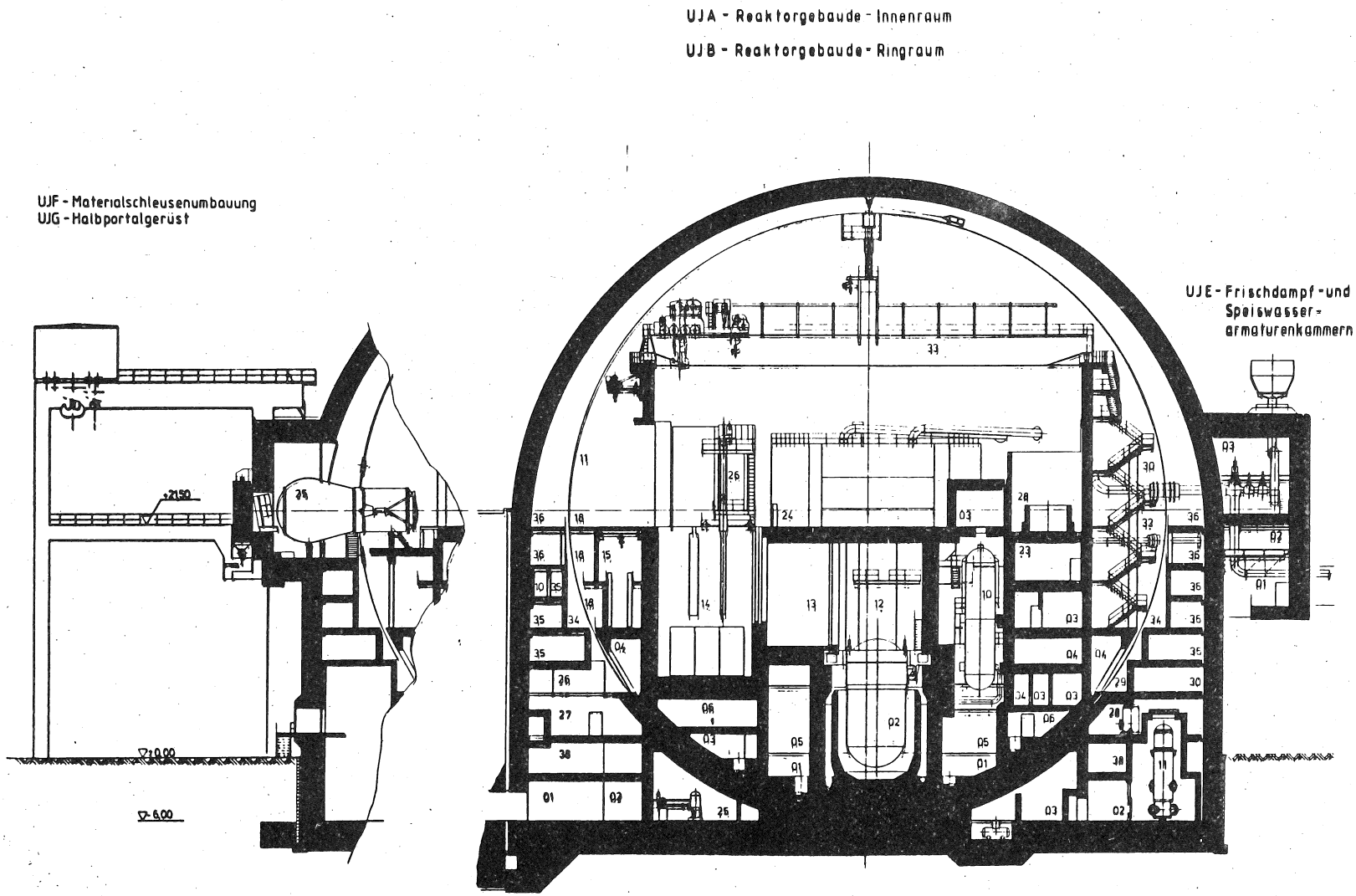
REAKTORGEBAUDE UND
REAKTORHILFSANLAGENGEBAUDE
SCHNITT B-B

KERNKRAFTWERK MIT DRUCKWASSERREAKTOR

Kraftwerk Union AG

DWR 1300 06.80

321-V491E-11-20508
01.10.1980



UJA
01 Pumpensumpf
02 Reaktordruckbehälter
03 Armaturenraum
04 Rohrkanal
05 Unterer Dampferzeugerraum
06 Meßumformer
10 Druckhalter
11 Sicherheitsbehälter
12 Reaktorraum
13 Abstellposition für Kerneinbauten
14 Brennelementbecken
15 Lager für neue Brennelemente
18 Ringbühne
23 Meßtischraum
24 Beckenflur
25 Materialschleuse
26 Lademaschine
28 Abstellplatz für Reaktordruckbehälter
30 Frischdampfleitung
32 Speisewasserleitung
33 Reaktorgebäudekran

UJB
01 Zugang vom Reaktorhilfsanlagengebäude
02 Verbindungsgang
03 Anlagenentwässerung
10 Treppenraum
11 Nuklearer Zwischenkühler
25 Leckabsaugung
26 Rohrleitungsdurchführung
27 Rohrleitungsverteilung
28 Borierbehälter
29 Ringspalt
30 Montageraum
34 Kabeldurchführung
35 Kabelkanal
36 Ringbühne
38 Rohrkanal

UJE
01 Verbindungsgang
02 Speisewasserarmaturen
03 Frischdampfarmaturen

2.4 2/7

REAKTORGEBAUDE UND
REAKTORHILFSANLAGENGEBAUDE
SCHNITT A - A

KERNKRAFTWERK MIT DRUCKWASSERREAKTOR

Kraftwerk Union AG

DWR 1300 06 80

321-V401E-11-20587
01.10.80

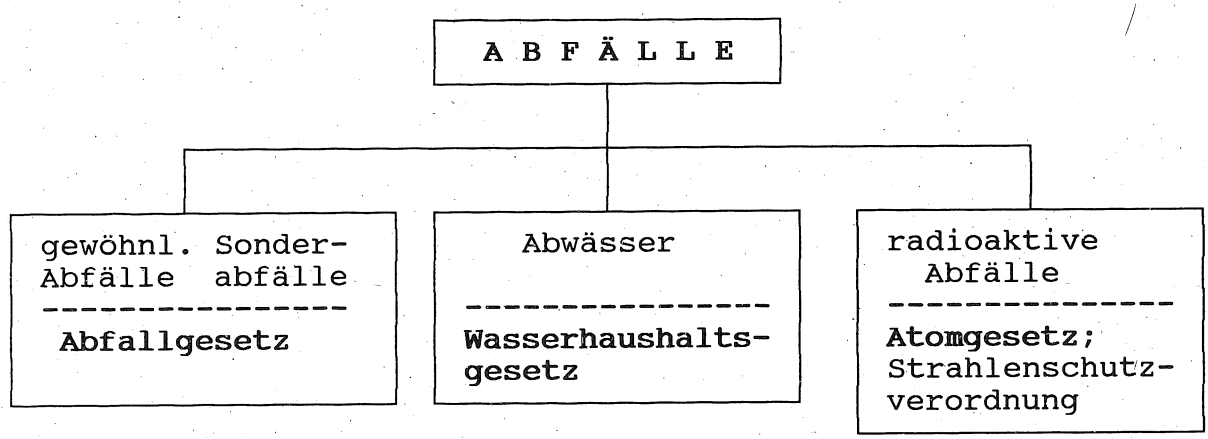
Strahlenschutz bei der Entsorgung radioaktiver Abfälle

(H. - J. Reinecke)

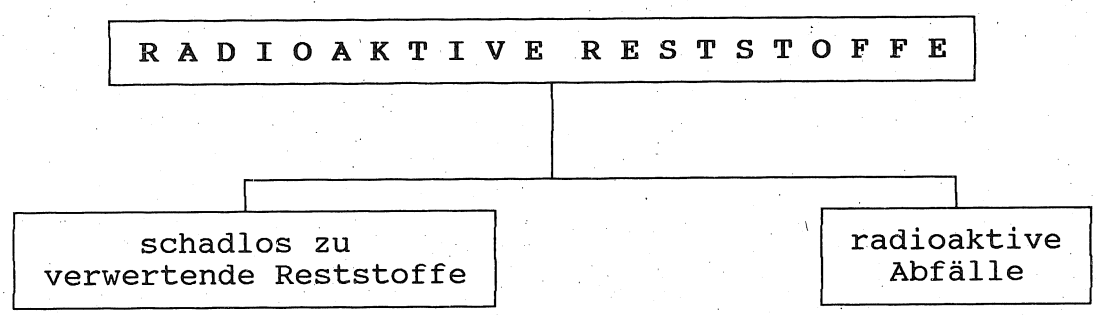
1. Einleitung

Es wird über die Berücksichtigung des Strahlenschutzes bei der Entsorgung radioaktiver Abfälle in Westdeutschland berichtet. Bewertende Ausführungen sind als die Meinung eines Abfallverursachers zu verstehen.

Auf Grund ihrer Besonderheiten sind die radioaktive Abfälle im Abfallgesetz der Bundesrepublik ausdrücklich ausgeklammert.



Beim Umgang mit radioaktiven Stoffen entstehen zunächst radioaktive Reststoffe, die entsprechend ihrem weiteren Weg in schadlos zu verwertende Reststoffe und radioaktive Abfälle unterteilt werden.



Der Gesetzgeber räumt der schadlosen Verwertung der Reststoffe gegenüber der Beseitigung als radioaktive Abfälle erste Priorität ein, dennoch bildet sie im nichtkerntechnischen Bereich die Ausnahme. Es wird im folgenden deshalb nur über die Entsorgung von radioaktiven Abfälle gesprochen.

Es handelt sich hierbei auf Grund der Begriffsbestimmung der Strahlenschutzverordnung um radioaktive Stoffe im Sinne des § 2 Abs. 1 des Atomgesetzes (AtG), die nach § 9a Abs. 1 Nr. 2 AtG geordnet beseitigt werden müssen, weil sie nicht schadlos zu verwerten sind.

Die radioaktiven Abfälle sind an eine Landessammelstelle abzuliefern, die die bei ihr zwischengelagerten Abfälle grundsätzlich an eine Anlage des Bundes zur Sicherstellung und zur Endlagerung abführt. Deshalb sind die Länder angewiesen, Landessammelstellen zu errichten, die die anfallenden radioaktiven Abfälle zwischenzulagern haben, bis sie an eine Endlagerstätte des Bundes abgegeben werden können. Sowohl der Bund wie auch die Länder können sich zur Erfüllung dieser Aufgaben Dritter bedienen.

Die Einzelheiten zum Schutz vor ionisierender Strahlung bei der Entsorgung sind in der Strahlenschutzverordnung festgeschrieben. So bezieht sich eine Ausnahme und Befreiung von der Ablieferungspflicht an Landessammelstellen auf radioaktive Abfälle, soweit

1. deren Beseitigung nach einem genehmigungsfreien Umgang auf Grund § 4 Abs.4 Satz 1 Nr. 2 Buchstabe e nicht genehmigungsbedürftig ist,

2. deren Ableitung über die Luft, das Abwasser oder in den Boden nach § 46 zulässig ist oder

3. deren anderweitige Beseitigung oder Abgabe angeordnet oder genehmigt worden ist.

Um die Umgehung der Ablieferungspflicht für radioaktive Abfälle zu verhindern, dürfen radioaktive Abfälle aus einer genehmigungsbedürftigen Tätigkeit nicht ohne Genehmigung unter Inanspruchnahme der Vorschriften über den nicht genehmigungsbedürftigen Umgang oder aus einem anzeigebedürftigen Umgang durch Verdünnen oder Aufteilung in Freigrenzmengen beseitigt werden.

Das Beseitigungsverbot soll die absichtliche Verdünnung verhindern. Die unvermeidliche Verdünnung, z. B. bei der Abgabe von radioaktiven Stoffen mit dem Abwasser und mit der Abluft, ist in § 46 StrlSchV ausdrücklich als zulässig erwähnt und im § 83 StrlSchV als Ausnahme von der Ablieferungspflicht zugelassen.

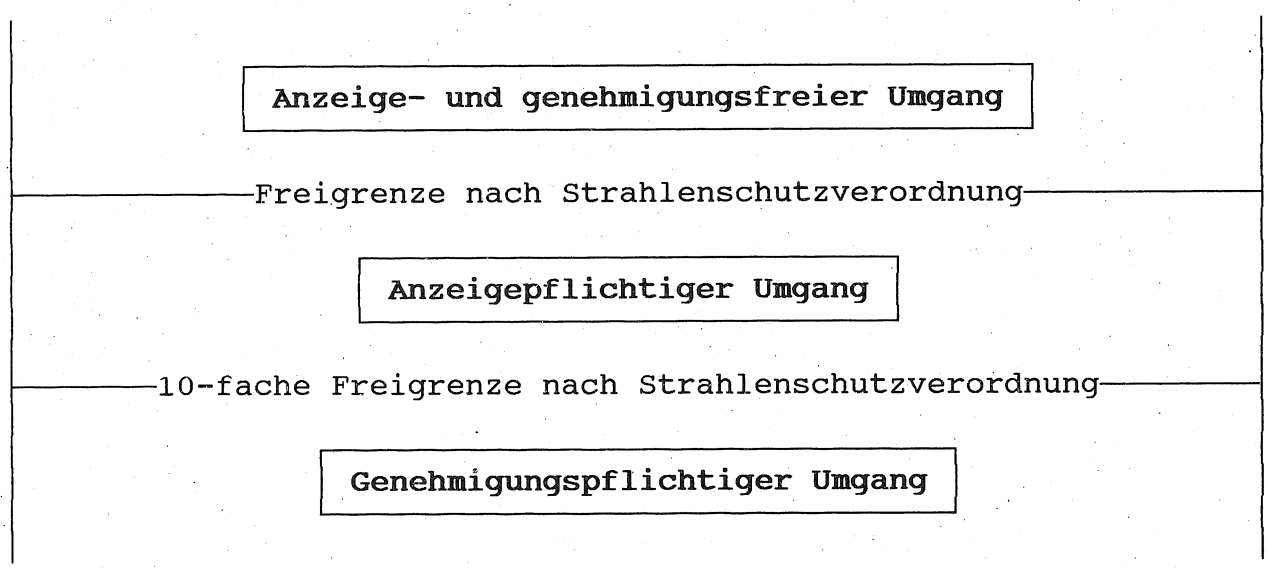
Die Problematik bei der Entsorgung radioaktiver Abfälle ergibt sich in Westdeutschland aus dem Fehlen einer definierten Unterscheidung zwischen radioaktivem und gewöhnlichem Abfall.

§ 2 Abs. 2 des Atomgesetz stellt fest :

" Nicht als radioaktive Stoffe im Sinne dieses Gesetzes gelten solche radioaktiven Abfälle, die nicht an Anlagen nach § 9 a Abs. 3 abzuliefern sind und für die wegen ihrer geringfügigen Aktivität keine besondere Beseitigung zum Schutz von Leben, Gesundheit und Sachgütern vor den Gefahren der Kernenergie und der schädlichen Wirkung ionisierender Strahlen nach § 9 a Abs. 2 Satz 2 bestimmt, angeordnet oder genehmigt worden ist."

Diese unbestimmte Begriffsbeschreibung, die mit anderen Worten in Anlage I der StrlSchV wiederholt wird, kann nicht als eine Definition betrachtet werden. Der Versuch zur Erläuterung einer "geringfügigen Aktivität" wurde von BMI 1979 unternommen. Danach kann eine spezifische Aktivität unterhalb des 10^{-4}-fachen einer Freigrenzmenge je Gramm als "Indiz" für eine geringfügige Aktivität angesehen werden. Die in dieser Erläuterung des BMI noch enthaltene Unbestimmtheit insbesondere des Begriffs "Indiz" hat die Genehmigungsbehörden bisher nur zögerlich ermuntert, die Möglichkeiten des § 2 Abs. 2 des AtG auch für den genehmigungspflichtigen Umgang auszuschöpfen, damit ein solcher Abfall entsprechend den Vorschriften des Abfallgesetzes wie gewöhnlicher Abfall beseitigt werden kann.

Die geltenden Vorschriften über Ablieferungspflichten und Beseitigungsverbote für radioaktive Abfälle orientieren sich in erster Linie an der Menge an radioaktiven Stoffen, mit denen umgegangen wird. Es werden die drei im folgenden Schema aufgeführten Bereiche unterschieden.



Es bestehen für die Abfälle aus dem Umgang mit radioaktiven Stoffen unterhalb der Freigrenze keine Ablieferungspflichten und praktisch keine Beseitigungsverbote. Der Gesetzgeber ist der Überzeu-

gung, daß Aktivitätsmengen unter einer Freigrenze keiner staatlichen Aufsicht bedürfen - weder beim Umgang noch hinsichtlich der bei diesem Umgang entstehenden Abfälle - weil sie unter den Gesichtspunkten des Strahlenschutzes als vernachlässigbar gelten können.

Diese Freizügigkeit wird für den Umgang mit radioaktiven Stoffen über der Freigrenze bis zu maximal 10 Freigrenzen durch die Verpflichtung zur Anzeige eingeschränkt. Da aber auch Aktivitätsmengen unter dem 10-fachen einer Freigrenze keine Gefahr für den Einzelnen oder für die Umwelt darstellen, verzichtet der Gesetzgeber gemäß § 4 Abs. 4 Satz 1 Nr. 2 Buchstabe e der StrlSchV auch in diesem Fall auf eine Ablieferungspflicht bzw. ein Beseitigungsverbot für radioaktive Abfälle aus dem **anzeigepflichtigem Umgang**, wenn die spezifische Aktivität dieser Abfälle das 10^{-4}-fache der Freigrenzen je Gramm nicht überschreitet.

Die bei einem **genehmigungsbedürftigen Umgang** entstehenden radioaktiven Abfälle unterliegen solange der Ablieferungspflicht nach § 82 StrlSchV, soweit nicht nach § 83 StrlSchV eine anderseitige Beseitigung oder Abgabe angeordnet oder genehmigt worden ist. Die Erleichterungen des erwähnten § 4 StrlSchV können nur mit behördlicher Genehmigung in Anspruch genommen werden.

Wird im Bereich der Medizin und Forschung beim Umgang mit radioaktiven Stoffen für die Entsorgung der anfallenden Abfällen die diskutierte spezifische Grenzaktivität des "10^{-4}-fachen der Freigrenzmenge" berücksichtigt, ergeben sich bei der Entstehung der Abfälle praktisch drei Gruppen:

ABFÄLLE AUS DEM UMGANG MIT RADIOAKTIVEN STOFFEN			
spez. Aktivität in Vielfachen der Freigrenzmengen der Anlage IV Tabelle IV Spalte 1 je Gramm	**> 10^{-4}-fach**		**< 10^{-4}-fach**
	langlebig HWZ > 100 Tage	kurzlebig HWZ < 100 Tage	langlebig, kurzlebig
Entsorgungsweg A	Landessammelstelle; Entsorgungsfirma	Abklingen= 10 HWZ und < 10^{-4}-fach; dann gemäß Abfallgesetz	gemäß Abfallgesetz
behördliche Genehmigung erforderlich ?	bei Abgabe an Entsorgungsfirma **ja**	**ja**	**ja**;bei genehmigungsfreiem Umgang, **nein**
Entsorgungsweg B	Ableitung nach § 46 StrlSchV		

Bezüglich ihres Entsorgungsziels ergeben sich aber nur zwei Gruppen:

-- radioaktive Abfälle, die für ein Endlager des Bundes bestimmt sind, und

-- radioaktive Abfälle, die auf Grund § 2 Abs. 2 AtG nicht der Ablieferungspflicht unterliegen (z. B. Abklinggenehmigungen, Entsorgungsgenehmigungen für Abfälle mit "geringfügiger Aktivität") und gemäß dem Abfallgesetz beseitigt oder gemäß § 46 StrlSchV abgeleitet werden können.

2. Endzulagernde radioaktive Abfälle

Diese Abfälle, die nur ca. 5-10 % des Abfallaufkommens im Bereich von Medizin und Forschung ausmachen, werden an eine Landessammelstelle für radioaktive Abfälle abgeliefert, die sie selbst konditioniert oder einer Konditionieranlage zuführt und sie nach der Konditionierung bis zur Abgabe an ein Endlager des Bundes bei sich zwischenlagert. Die Abgabe der Abfälle an die Landessammelstellen der Länder ist nicht bundeseinheitlich geregelt, wie im folgenden gezeigt wird.

Die **Landessammelstelle Baden-Württemberg** bedient sich zur Erfüllung ihrer Aufgaben eines Dritten (Kernforschungszentrums Karlsruhe) und läßt nur die für die Ablieferung erforderlichen Begleitpapiere über die Sammelstelle laufen. Die Ablieferung der radioaktiven Abfälle erfolgt direkt an das Kernforschungszentrum, welches dann nach Klärung der Verwertungsmöglichkeiten die zurückbleibenden radioaktiven Abfälle endlagerfähig konditioniert. Diese Landessammelstelle nimmt auch radioaktive Reststoffe an. Abklingabfälle werden dagegen nicht angenommen, sondern auf Grund einer behördlicher Genehmigung nach dem Abklingen beim Verursacher oder durch Abgabe an ein Abfallentsorgungsunternehmen entsorgt.

Die **Landessammelstelle Rheinland-Pfalz** übernimmt konditionierte Abfälle und konditioniert Rohabfälle von kurzlebigen Radionukliden, die sie nach einer entsprechenden Abklingzeit und nachfolgender Messung wie gewöhnlichen Abfall entsorgt.

Die **Landessammelstelle Niedersachsen** nimmt nur konditionierte Abfälle entgegen und stellt dem Abfallverursacher frei, wo er konditionieren läßt.

So unterschiedlich die Annahmebedingungen der einzelnen Landessammelstellen sind, so unterschiedlich sind auch ihre Ausstattungen und die angebotenen Leistungen und Gebühren für ihre Inanspruchnahme.

Das Konzept der Landesammelstelle Niedersachsen mit genauer Auslegung des § 9a Abs. 3 AtG für ihren Aufgabenbereich "zur Zwischenlagerung der radioaktiven Abfälle" und der zusätzlichen freien Wahl eines lizensierten Konditionierers trägt den Wünschen des Abfallverursachers und dem Strahlenschutz am besten Rechnung. Es wird auf die Zwischenschaltung der Landessammelstelle auf dem Weg der radioaktiven Abfälle vom Verursacher zum Konditionierer verzichtet. Es werden dadurch unnötige zusätzliche Transporte von radioaktiven Stoffen auf der Straße vermieden und Kosten eingespart. Letztere und die Sicherheitsanforderungen für Anlagen zur ausschließlichen Zwischenlagerung konditionierter radioaktiver Abfälle sind geringer als für Anlagen, die für sowohl konditionierte als auch unkonditionierte Abfälle lagern und diese gegebenenfalls umpacken und ausmessen.

Der Transport der radioaktiven Abfälle zur Landessammelstelle auf der Straße kann vom Abfallverursacher, geeigneten Transportunternehmen und den Landessammelstellen selbst durchgeführt werden. Er wird gemäß der Gefahrgutverordnung Straße abgewickelt und bedarf bei größeren Aktivitätsinventaren einer Transportgenehmigung. Diese Verordnung ist leider nicht mit der Strahlenschutzverordnung abgestimmt (beide Verordnungen wurden erst im letzten Jahr überarbeitet) und hat unnötige Probleme zur Folge.

Die beim Abfallverursacher entstandenen Rohabfälle können mit behördlicher Genehmigung auch einer Entsorgungsfirma für radioaktive Abfälle am Anfallort übergeben werden. Diese liefert die Abfälle nach der Konditionierung an eine Landessammelstelle ab und läßt ihre Konditionierungsprozesse von der Behörde routinemäßig überwachen.

Das größte Probleme in der Entsorgungskette bestehen in dem Fehlen einer benutzbaren Endlagerstätte des Bundes und damit verbunden, fehlenden endgültigen Anforderungen an die Endlagerabfallprodukte.

In Zukunft wird den chemischen und biologischen Eigenschaften der radioaktiven Abfälle, insbesondere aus Forschungsinstituten und Universitäten, eine größere Aufmerksamkeit bei der Konditionierung gewidmet werden müssen. Denn die alten Konditioniereinrichtungen sind in erster Linie für große Chargen von Abfällen aus der Kerntechnik mit ähnlichen chemischen Eigenschaften konzipiert und sind nicht in jedem Falle für kleine und kleinste Chargen von Abfällen mit problematischen chemischen und biologischen Eigenschaften geeignet.

3. Nicht endlagerwürdige radioaktive Abfälle

Der ganz überwiegende Teil der radioaktiven Abfälle aus Forschung und Medizin zeichnet sich durch eine sehr geringe spezifische Aktivität aus. Die gemäß § 83 Abs. 1 StrlSchV mögliche "anderweitige Beseitigung" von radioaktiven Abfällen im Sinne des § 4 Abs. 4 Satz 1 Nr. 2 Buchstabe e ist im Falle des genehmigungsbedürftigem Umgangs im Bundesgebiet sehr unterschiedlich geregelt.

In einigen Bundesländern wird von dieser Möglichkeit praktisch gar kein Gebrauch gemacht, sodaß auch diese Abfälle mit niedriger spezifischer Aktivität an die Landessammelstelle abzuführen sind, die dann über den weiteren Entsorgungsweg entscheidet.

In Baden-Würrtemberg wird von der "anderweitigen Beseitigung" wesentlich mehr Gebrauch gemacht. Im Falle von Abklingabfällen dürfen die Abfälle nach einer Lagerung von 10 Halbwertzeiten und Unterschreiten des 10^{-4}-fachen der Freigrenzmengen je Gramm entsprechend einer entsprechenden Verwaltungsvorschrift als nicht mehr radioaktive Stoffe im Sinne des Atomgesetzes zum gewöhnlichen Abfall gegeben werden. Es gibt in diesem Bundesland auch Entsorgungsgenehmigungen, in denen die Lagerzeit von 10 Halbwertszeiten entfällt, wenn vorher die Unterschreitung des festgelegten Grenzwertes durch Messung und Buchführung sicher festzustellen ist.

Außerdem existieren hier entsprechende Genehmigungen zur Freistellung aus dem Bereich des Atomgesetztes für Abfälle mit langlebigen Radionukliden "geringer Aktivität", so z.B. im Falle der Entsorgung von Polyethylenfläschchen, die mit Szintillatorcocktails gefüllt sind.

Durch die Entlassung radioaktiver Abfälle "geringfügiger Aktivität" aus dem Bereich des Atomgesetzes am Entstehungsort können diese Abfälle schon vor Ort entsprechend dem Abfallgesetz sortiert und später den wesentlich größeren Mengen der gleichen aber inaktiven Abfälle beigegeben werden. So ergeben ihre chemisch und biologisch oft sehr problematischen Eigenschaften prinzipiell keine neue Entsorgungsprobleme, weil die entsprechenden Entsorgungsmöglichkeiten für die inaktiven Abfälle schon bestehen.

Bisher hat sich das "10^{-4}-fache der Freigrenzmengen je Gramm Abfall" als "geringfügige Radioaktivität" als genereller Grenzwert für die meisten Nuklide als sinnvoll erwiesen. Ob dies auf Grund der jetzt gültigen Freigrenzen nach Inkraftreten der neuen Strahlenschutzverordnung beibehalten werden kann, ist zu prüfen. Denn einmal wurden die Freigrenzen durch die Umstellung von "Curie" auf "Becquerel" prinzipiell geändert, dann wurden speziell für einzelne Nuklide Freigrenzen geändert bzw. neu eingeführt.
Eine Gegenüberstellung der Grenzwerte ("10^-4-fache der Freigrenze je Gramm") nach der alten und neuen Strahlenschutzverordnung und von berechneten Grenzwerte nach den Gutachten von Wirth et al. (" Ableitung von Grenzwerten für schwach kontaminierte Abfälle" BGA, August 1988 und "Verbesserung und Neuentwicklung von radioökologischen Modellen zur Berechnung der Strahlenexposition bei der Beseitigung von schwach radioaktiv kontaminierten Abfällen" Bundesamt für Strahlenschutz 1990) sind in der nächsten Tabelle für eine Reihe von Nukliden gegenübergestellt.

Nuklid	berechnete Grenzwerte (Bq/g)	Grenzwerte neue StrlSchV (Bq/g)	Grenzwerte alte StrlSchV (Bq/g)
H 3	2,2 E+03	5 E+02	3,7 E+02
Be 7	8,7 E+00	5 E+02	3,7 E+0
C 14	5,7 E+02	5 E+01	3,7 E+01
Na 22	1,7 E-01	5 E+01	3,7 E+00
P 32	1,0 E+04	5 E+01	3,7 E+01
P 33	3,4 E+04	5 E+01	k.B.
S 35	1,8 E+03	5 E+01	3,7 E+01
Cl 36	2,3 E-02	5 E+01	3,7 E+00
K 40	2,1 E+00	5 E+02	k.B.
Rb 87	2,2 E+02	5 E+02	k.B.
Te 123	2,1 E+01	5 E+02	k.B.
La 138	3,0 E-01	5 E+02	k.B.
Pb 210	1,2 E+01	5 E-01	k.B
Pb 212	2,8 E-01	5 E+00	3,7 E+00
Bi 210	1,7 E+01	5 E+00	3,7 E+00
Po 210	1,7 E+01	5 E-01	3,7 E-01
Ra 223	2,8 E+00	5 E-01	3,7 E-01
Ra 224	2,8 E-01	5 E+00	3,7 E+00
Ra 226	2,5 E-01	5 E-01	3,7 E-01
Ra 228	2,8 E-01	5 E-01	3,7 E-01
Ac 227	2,4 E-02	5 E-01	3,7 E-01
Ac 228	4,3 E-01	5 E+00	3,7 E+00
Th 227	3,5 E+00	5 E-01	3,7 E-01
Th 228	2,8 E-01	5 E-01	3,7 E-01
Th 230	5,1 E-01	5 E-01	3,7 E-01
Th 231	1,2 E+01	5 E+00	3,7 E+01
Th 232	9,9 E-02	5 E+00	3,7 E+00
Th 234	3,3 E+01	5 E+01	3,7 E+00
Pa 231	2,4 E-02	5 E-01	3,7 E-01
U 234	1,2 E+00	5 E-01	3,7 E-01
U 235	1,3 E+00	5 E+02	3,7 E+00
U 238	1,4 E+00	5 E+02	3,7 E+02

k.B. = keine Begrenzung

4. Ableitung nach § 46 StrlSchV

Eine Ableitung radioaktiver Abfälle gemäß § 46 StrlSchV, wie in der obigen Tabelle aufgeführt, kommt in erster Linie für wäßrige Abfälle in Frage, wenn auf Grund der chemischen Inhaltsstoffe eine Einleitung in das örtliche Kanalnetz durch das Wasserhaushaltungsgesetz zugelassen ist.
Für die Abgabemengen einzelner Nuklide bzw. von Nuklidgemischen sind die Grenzwerte der Anlage IV Tabelle IV 1 Spalte 6 und IV 3

in Bezug zur abgegebenen Abwassermenge des jeweiligen Kontrollbereiches zu setzen, was beispielhaft in der nächsten Tabelle dargestellt ist.

Element	Radionuklid	Grenzwerte der Jahresaktivitätszufuhr über Wasser und Nahrung (Ingestion) in (Bq)	maximal zulässige Aktivitätskonzentration im Jahres Durchschnitt im Abwasser (Bq/m^3)
2	3	6	
Wasserstoff	H-3	3E+09	3E+07
Kohlenstoff	C-14	9E+07	9E+05
Phosphor	P-32	6E+06	6E+04
Technetium	Tc-99m	2E+09	2E+07
Jod	Jod-125 Jod-131	1E+06 7E+05	1E+04 7E+03
Plutonium	Pu-239	2E+04 2E+05 2E+06	2E+02 2E+03 2E+04
Beliebiges Gemisch Beliebiges Gemisch, wenn Gd-148, Gd-152, Ac-227, Th-228, Th-229, Th-230, Th-232, Th-nat, Pa-231, U-232, U-233, U-234, U-235, U-236, U-238, U-nat usw. (s. Tab. IV2) unberücksichtigt bleiben können		5E+02 1E+05	5E±00 1E+03

5. Ausblick

Auf Grund des geschilderten Situation bei der Entsorgung von radioaktiven Abfällen in Westdeutschland könnte die bestehende Entsorgungspraxis für diese Abfälle überdacht und verbessert werden. Wünschenswert sind vor allem einheitliche Regelungen, die für einen längeren Zeitraum Bestand haben, um dem Abfallverursacher eine längerfristige Planung zu ermöglichen.
Prinzipiell handelt es sich hierbei um ein zentrales und wichtiges Problem, dessen Lösung nicht den unterschiedlichen Meinungen von in Zukunft insgesamt 16 Bundesländern überlassen werden kann.

Beförderung radioaktiver Stoffe und Beseitigung radioaktiver Abfälle in der ehemaligen DDR (Zusammenfassung)

D. Zappe (Bundesamt für Strahlenschutz, Dienststelle Berlin)

Eine umfassende Darstellung aller mit der Entsorgung von radioaktiven Abprodukten in der ehemaligen DDR zusammenhängenden Fragen, d. h.

- Ziele und Prinzipien,
- Anlagen und Technologien,
- Genehmigungs- und Aufsichtsfragen,

einschließlich der Beförderung radioaktiver Abfälle ist in /1/ enthalten. Weitere, den Strahlenschutz betreffende Teile der landesweiten Sammlung und Endlagerung radioaktiver Abfälle enthält die Arbeit /2/.

In Vorbereitung auf die Vereinigung Deutschlands und unter Berücksichtigung der dafür speziell verabschiedeten Gesetze (Umweltrahmengesetz, Einigungsvertrag) mußten Mittel und Wege gefunden werden, bei Wahrung grundlegender und anerkannter Strahlenschutzprinzipien den Übergang von den bisher gültigen Rechtsvorschriften auf die atomrechtlichen, verkehrsrechtlichen und Verwaltungsvorschriften praktikabel zu gestalten. Dazu diente u. a. als Arbeitsgremium die Gemeinsame Kommission der für die kerntechnische Sicherheit und den Strahlenschutz zuständigen Behörden beider Staaten mit vier Arbeitsgruppen, von denen die Arbeitsgruppe 2 für die Fragen der "Ver- und Entsorgung" zuständig war. Im Vortrag werden einige der in diesem Zusammenhang zu lösenden Probleme diskutiert.

Zur Beförderung radioaktiver Stoffe wird speziell auf die Struktur der Rechtsvorschriften und auf die Ableitung strahlenschutzrelevanter Größen aus dem Q-System (siehe /3/) hingewiesen. Dadurch wird u. a. deutlich, daß der breite internationale Konsens zu Strahlenschutzfragen bei Transporten auch zu einem relativ problemlosen Übergang im Verkehrsrecht geführt hat, während auf dem Gebiet der Genehmigungen Übergangsregelungen zu finden waren.

Hinsichtlich der Endlagerung radioaktiver Abfälle ergaben sich viele fachlich interessante Diskussionspunkte bei der Prüfung der mit dem Endlager Morsleben seit 1978 praktizierten Verfahrensweisen der Beseitigung radioaktiver Abfälle im Kontext mit den 1983 herausgegebenen RSK-Sicherheitskriterien /4/ und den vielgestaltigen IAEA-Empfehlungen zur Endlagerung radioaktiver Abfälle unter Strahlenschutzgesichtspunkten einerseits und hinsichtlich der völlig unterschiedlichen Genehmigungsverfahren andererseits (etappenweise Genehmigungen für Standort, Errichtung, Inbetriebnahme, Dauerbetrieb und Stillegung nach Kernanlagen-Genehmigungsanordnung kontra Planfeststellungsverfahren nach Atomgesetz). Analysen und Bewertungen dazu werden unter der Leitung der Gesellschaft für Reaktorsicherheit im Auftrag des Bundesministers für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit seit Juli 1990 durchgeführt.

Literatur

/1/ "Die Entsorgung von radioaktiven Abprodukten aus der Anwendung der Atomenergie in der DDR"
Report SAAS-381 (1990)
(ISSN 0138-2551, 156 Seiten)

/2/ F.-M. Börst, C. Fasten, W. Körner, U. Oppermann, H.-J. Werner, D. Zappe
"Aufgaben des Strahlenschutzes bei der zentralen Erfassung und Endlagerung radioaktiver Abfälle"
Report SAAS-360 (1988), S. 12 - 67
(ISSN 0138-2551)

/3/ IAEA ed.,
Explanatory Material for the IAEA Regulations for the Safe Transport of Radioactive Material (1985 Edition), Safety Series No. 7, Second Edition, Vienna 1987, STI/PUB/769,(ISBN 92-0-123787-1)

/4/ RSK ed.,
Sicherheitskriterien für die Endlagerung radioaktiver Abfälle in einem Bergwerk
BAnz Nr. 2 vom 05. 01. 1983

Forschungsarbeiten auf dem Gebiet der Strahlenbiologie in der DDR

ABEL, H.
Zentralinstitut für Krebsforschung, Berlin-Buch

CONRADY, J., LAUßMANN, D.
Institut für Strahlenschutzmedizin, Berlin-Karlshorst,
im Zuständigkeitsbereich des Bundesministeriums für Jugend,
Familie, Frauen und Gesundheit

1. Einleitung

Die strahlenbiologische Forschung in der DDR wurde in den letzten 10 Jahren auf eine Kapazität reduziert, die der Bedeutung dieses Wissenschaftsgebietes in krasser Weise widersprach. Es existiert kein einziges Institut für Strahlenbiologie in der DDR und an keiner Universität wurde ein Lehrstuhl geschaffen, der dieses Gebiet vertritt.

Fast zeitgleich erfolgte anfangs der achtziger Jahre die Auflösung existierender Kapazitäten in der AdW, in deren Laboratorien, im Kernforschungszentrum Rossendorf und Dubna und im damaligen SAAS.

Eine gewisse Korrektur dieser Fehlentwicklung hat inzwischen stattgefunden.

Unsere nachfolgenden Berichte stellen eine Auswahl von Forschungen in Berlin-Buch und Karlshorst dar, in denen wir versuchen, in sehr gedrängter Form die aus unserer Sicht relevantesten Ergebnisse vergangener und gegenwärtiger Forschungsarbeiten vorzustellen und einen Ausblick auf zukünftige Forschungsvorhaben auf der Grundlage des erreichten Erkenntnisstandes zu geben. Trotz der zeitweise widrigen Umstände können wir feststellen, daß wesentliche strahlenbiologische Fragen des Strahlenschutzes bearbeitet werden. Die Forschungen konzentrieren sich dabei auf folgende Schwerpunkte:

a) Untersuchungen zur W_w zwischen ionisierender Strahlung und der DNA-Struktur

- Messung der DSB und SSB-Rate
- Charakterisierung der Reparatur (Restschaden)
- Einfluß von Strahlungsparametern (LET)

b) Arbeiten zu Fragen der biologischen Dosimetrie und Prognostizierung des Verlaufs der Strahlenkrankheit des Menschen

c) Untersuchungen zum stochastischen Risiko, insbesondere zum radonfolgeproduktbedingten Lungenkrebsrisiko

Ich möchte nun zum ersten Schwerpunkt kommen.

a) Untersuchungen zur W_w zwischen ionisierender Strahlung und der DNA-Struktur

Ergebnisse

Strahlenbedingte DNA-Schäden, Repair und Kanzerogenese

An den Anfang unserer Ausführungen zu diesem Kapitel möchten wir die Aussage stellen, daß infolge der weiteren Reduzierung der primären Grenzwerte die Probleme mit der Interpretation von Studien im "high background"-Gebieten, bei Zervix-Karzinompatientinnen (IARC 83) und bei Patienten nach 131-Jodapplikation (HOLM 80) zunehmen. Mit der Anwendung der höheren Risikofaktoren wird die Diskrepanz zwischen beobachteten und der auf Grund der

Strahlenbelastung zu erwartenden Anzahl stochastischer Effekte verstärkt. Die Strahlenschutzbiologie befindet sich hier in einem Dilemma, aus dem sie nur in dem Maße herauskommt, wie neueste Erkenntnisse zu molekulargenetischen Grundlagen der Kanzerogenese verknüpft werden mit molekularbiologischen Vorgängen der Stahlenwirkung an dem Target, daß Träger der genetischen Information für die Ausprägung des Phänotyps einer Krebszelle ist (Abb. 1). Das ist, wie inzwischen zweifelsfrei nachgewiesen worden ist, die DNA. Mit dem Einsatz neuer biotechnologischer und zytogenetischer Verfahren konnten inzwischen grundlegende Einsichten in die molekulargenetischen Ursachen der Zelltransformation gewonnen werden. Heute scheint sich immer deutlicher herauszustellen, daß der Verlust von Antionkogenen in Folge von kleinen Deletionen oder Inaktivierung die entscheidenden Initialereignisse sind (SINCLAIR 88). Eine wesentliche Voraussetzung für die Manifestierung dieser genetischen Schäden sind Doppelstrang bzw. Einzelstrangbrüche der DNA und die Effektivität ihres Repairs.

Erste Einschätzungen zur möglichen Kanzerogenität verschiedener Noxen können daher mit Methoden gewonnen werden, die Aussagen zur Induktionsrate und Repair von SSB und DSB gestatten.
Dazu werden seit Jahren in Berlin-Buch Untersuchungen mit Hilfe einer speziellen DNA-Sedimentationstechnik durchgeführt.
Die wesentlichsten dabei gewonnenen Ergebnisse sind in den folgenden Dias dargestellt:

Das erste Dia zeigt experimentelle Ergebnisse von BLÖCHER, der die Häufigkeit nach 24 stündiger Nachinkubation nach verbleibender Doppelstrangbrüche bei EAT-Zellen noch Röntgen und Alpha-Bestrahlung bestimmt hat (Abb. 2, 3). Für diese Daten wurden Kurven nach einem Modell berechnet, in das nur vorgegebene Parameter einbezogen werden. Damit sind diese Kurven objektive Reflexionen des Modells. Um die Richtigkeit dieses Modells zu verifizieren, sind aber weitere Untersuchungen vor allem mit verschiedenen Strahlenarten notwendig, die z. Zt. am Beschleuniger im Hahn-Meitner-Institut in Berlin-Wannsee vorbereitet werden.

Bemerkenswert ist die bisher abzuleitende Aussage, daß bei Alpha-Teilchen, auch bei gegen Null gehender Dosis, ein endlicher Anteil prinzipiell irreperabler Doppelstrangbrüche übrigbleibt.

Diese können als Favoriten für Chromosomenaberrationen angesehen werden. Obwohl hier die Schlußfolgerung naheliegt, daß somit jede auch noch so geringe Alpha-Strahlendosis einen Schaden verursacht, der zum Ansteigen der spontanen Mutationsrate führen muß, ist diese Annahme aus unserer Sicht zu trivial. Da bekannt ist, daß die spontane Mutationsrate die durch Strahlung bedingte um Größenordnungen übersteigt, und die viel häufiger durch Strahlung induzierten Einzelstrangbrüche repariert werden können. Die Reparatur erfolgt dabei stets auf eine solche Weise, daß beschädigte DNA-Abschnitte abgebaut und neu synthetisiert werden. In Folge dieser Reparatur werden etwaige andere DNA-Schäden, die in diesen Abschnitten lokalisiert sind, ebenfalls eleminiert, so daß einerseits durch die Strahlung ein irreversibler Anteil von dop-

pelstrangbruchbedingten Mutationen entsteht, die aber nicht zwangsläufig zu einem Nettozuwachs der Mutationsrate führen müssen.

Folgt man dieser These weiter, so führt sie zu der Schlußfolgerung, daß Beeinträchtigungen in der Fähigkeit zur Reparatur von Einzelstrangbrüchen nachteilige Folgen für den Organismus haben können.
Besonders eindrucksvoll lassen sich Defekte im Reparaturverhalten im Falle der Exisionsreparatur nach UV-induzierter Basendimerbildung nachweisen. Der entscheidende Schritt für die Effektivität dieses Reparatursystems ist die möglichst vollständige Erkennung aller Dimeren, gekoppelt mit der Inzision des DNA-Stranges und anschließender Neusynthese und Ligierung. Ein Maß für die Effektivität dieses Prozesses ist bei gleicher UV-Dosisbelastung, die Lage des Sedimentationsmaximums, wie in Abb. 4 für normale Humanlymphozyten dargestellt ist. Anhand der Kinetik der Wiederherstellung der DNA-Integrität ist eine Beurteilung der Effizienz der DNA-Reparatur möglich.

Inzwischen wurde gezeigt, daß bei Vorliegen bestimmter Erkrankungen z. B. Xeroderma Pigmentosum und Leukämie sowohl die Effektivität der Schadenserkennung als auch die Effizienz des Repairs beeinträchtigt ist. In Buch wurde eine erste Studie durchgeführt, die zum Ziel hatte, den Alterseinfluß auf die Exzisionsreparatur an Lymphozyten männlicher Spender zu untersuchen.

Es wurde eine bemerkenswerte Verschlechterung der Inzisionsrate in Abhängigkeit vom Lebensalter der Probanden gefunden, d. h. die Fähigkeit, Basendimere zu erkennen und damit zu eliminieren, verschlechtert sich (Abb. 5). Eine lineare Extropolation dieser Kurve liefert einen Wert für das Lebensalter von ca. 110 Jahren, wo die Inzisionsreparatur zum Erliegen kommt. Es wäre müßig darüber zu spekulieren, wie dieser Effekt mit der im Alter zunehmenden Krebsinzidenz korreliert sein könnte. Wir sind aber der Auffassung, daß die Einbeziehung derartiger Methoden in zukünftige epidemiologische oder Screening-Untersuchungen bei höher strahlenbelasteten Personengruppen erfolgen sollte.

b) Arbeiten zu Fragen der biologischen Dosimetrie und Prognostizierung des Verlaufs der akuten Strahlenkrankheit des Menschen

1. Einleitung

Die Entwicklung geeigneter Verfahren zur schnellen und sicheren Einstufung strahlengeschädigter Personen in Schweregrade der akuten Strahlenkrankheit und die Einschätzung ihrer Prognose ist nach wie vor eine aktuelle Aufgabe der Strahlenschutzmedizin und -biologie. Die Zahl der im Verlauf von Jahrzehnten dazu erschienenen Publikationen, der untersuchten Parameter und Effekte ist schon nicht mehr überschaubar. Trotzdem haben nicht zuletzt auch die Erfahrungen von Tschernobyl gezeigt, daß die Bewertung der Intensität und Dauer der Prodromalreaktion in Kombination mit einfachen Zellzahlbestimmungen im peripheren Blut effektive Hilfsmittel für die Lösung o. g. Aufgabe sind.

Dabei hat es sich gezeigt, daß die optimalsten Ergebnisse durch die auf das einzelne Individuum bezogene gleichzeitige Bewertung mehrerer Parameter erzielt werden, wie sie von THOMA und WALD (1960) und GUSKOVA und Mitarbeiter (1986) auf empirischer Basis erfolgte.
Neben diesen empirischen Methoden können auch multivariate Verfahren für die Klassifizierung und Zuordnung einzelner Personen in Diagnoseklassen, die z. B. Dosisbereichen oder Schweregraden der Strahlenkrankheit entsprechen können, eingesetzt werden.

Inzwischen liegen in der internationalen Literatur mehrere Mitteilungen vor, in denen Untersuchungen zur Dosiswirkungsbeziehung und zur Prognostizierung des Verlaufs der Strahlenkrankheit beschrieben werden, die mit Hilfe multivariater statistischer Verfahren durchgeführt wurden. (WAGNER u. a. 1980, DARENSKAYA u. a. 1986, ZAK u. a. 1975, NAKAMURA u. a. 1976).
Davon ausgehend und auf der Grundlage eigener tierexperimenteller Erfahrungen haben wir damit begonnen, diese Untersuchungen auf bestrahlte Personen auszudehnen.

2. Statistische Methode

Die statistische Analyse wurde mit der nichtelementaren linearen Diskriminanzanalyse durchgeführt.
Das Wesen der Methode besteht darin, aus einer Lernstichprobe mit bekannter Exposition (Strahlenbelastung) Diskriminanzfunktionen abzuleiten, die später für die Zuordnung strahlenbelasteter Personen, deren Strahlendosis unbekannt ist, in Dosisbereiche bzw. Schweregrade der Strahlenkrankheit benutzt werden können.

Die Diskriminanzfunktionen selbst sind Linearkombinationen der mit entsprechenden Koeffizienten zu multiplizierenden Originaldaten (Labor- und klinische Befunde). (Abb. 6)
Die Koeffizienten werden mit Hilfe entsprechender mathematischer Verfahren so bestimmt, daß sie eine optimale Zuordnung der Patienten in die entsprechende Diagnoseklassen ermöglichen. Im Rahmen dieser Berechnung kann die für die Zuordnung wesentliche Parameterkombination bestimmt und die Treffsicherheit bei der Zuordnung zukünftiger Fälle geschätzt werden.

Erhebung der Lernstichprobe und Parameterauswahl

Aus der medizinischen Fachliteratur wurden Einzelfallausstellungen akut ganzkörperbestrahlter Personen ausgewertet (n = 66). In die Analyse wurden folgende Parameter einbezogen:

- Prodromalreaktionen (Zeitpunkt des Einsetzens von Übelkeit und Erbrechen, Maximalwert der Körpertemperatur innerhalb 24 h p. i.)
- hämatologische Daten (Lymphozytenzahl, Anteil der Lymphozyten, Granulozytenzahl) 24 h bzw. 48 h p. i.

Das auf diese Weise gewonnene Datenmaterial wurde ergänzt durch Daten von Patienten, die infolge der Reaktorkatastrophe von Tschernobyl eine akute Ganzkörperbestrahlung erhalten haben und in deren Folge an unterschiedlichen Schweregraden der akuten Strahlenkrankheit erkrankten.

3. Ergebnisse

Im Ergebnis der Analyse der aus der Literatur gebildeten Lernstichprobe mit Hilfe einer Diskrimanzfunktion konnte eine deutliche Trennung der Gruppen mit verschiedenen Schweregraden der Strahlenkrankheit 24 h p. i. erreicht werden. (Abb. 7) Die mit der Methode der Kreuzvalidierung geschätzte Fehlklassifikationsrate bei der Zuordnung neuer Individuen beträgt ca. 20 %.

Von 66 Patienten der Lernstichprobe werden 13 fälschlich in jeweils benachbarte Dosisgruppen zugeordnet. Zwischen den Diskriminanzmerkmalen und der geschätzten Ganzkörperdosis besteht im Bereich von 0 - 10 Sv eine Dosiswirkungsbeziehung, die zur Dosisabschätzung genutzt werden kann.

Ein Vergleich der Häufigkeitsverteilung der Diskriminanzmerkmale der Patienten von Tschernobyl, die überlebten bzw. gestorben sind, zeigt deutliche Unterschiede (Abb. 8). Dieser Befund steht in Übereinstimmung mit entsprechenden tierexperimentellen Daten (Conrady und Laußmann 1986, Wagner u. a. 1980), die zeigen, daß bereits 4 h p. i. bzw. 24 h p. i. nach einer Ganzkörperbestrahlung von Ratten oder Hunden mit einer $LD_{50/30}$ und multivariater Auswertung der Daten, die überlebenden von den sterbenden Tieren getrennt werden konnten.

4. Diskussion

Obwohl die hier vorgestellten Ergebnisse noch vorläufigen Charakter haben, deutet sich damit die Möglichkeit an, mit einfachen Methoden frühzeitig schnell und für größere Zahlen von Strahlenunfallpatienten eine individuelle Einschätzung des Verlaufs der Strahlenkrankheit vorzunehmen.

Die Ergebnisse belegen erneut die Bedeutung der klinischen Prodromi und hämatologischen Frühreaktionen für die Abschätzung der Strahlendosis und die Prognostizierung des Verlaufs der Strahlenkrankheit.

Eine Verbesserung der bisher erreichten Ergebnisse ist möglich, durch eine Erweiterung des Stichprobenumfanges, durch neue Parameter und Parameterkombinationen und veränderte Klasseneinteilungen sowie durch bestimmte Korrekturen, die den anderen Charakter der Strahlenbelastung und den Einfluß kombinierter Schädigungen bei der Reaktorkatastrophe von Tschernobyl berücksichtigen.

(Literatur bei den Verfassern)

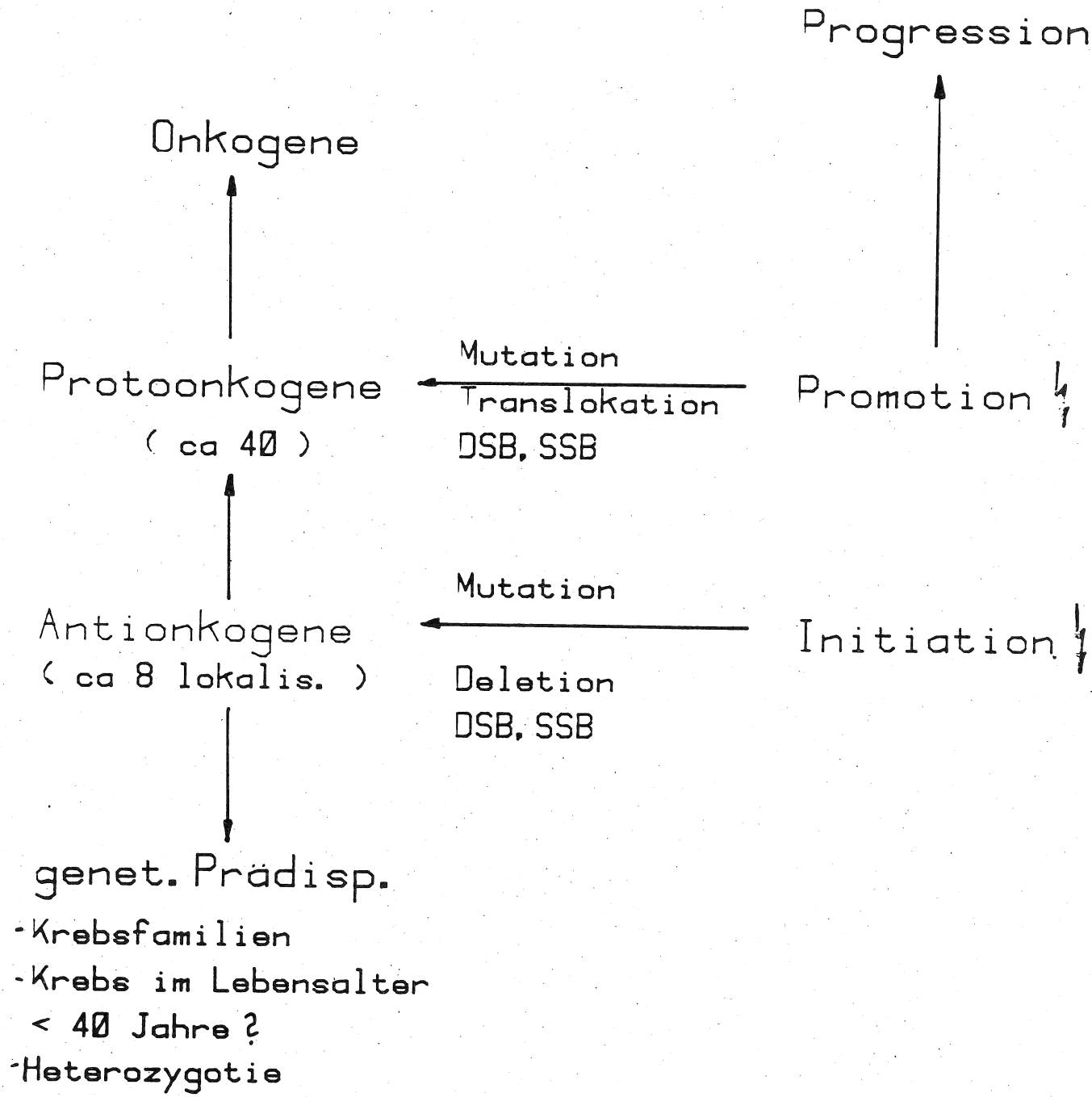


Abb. 1: Schema der Strahlenwirkung auf die DNA und Karzinogenese
DSB: Doppelstrangbruch, SSB: Einzelstrangbruch

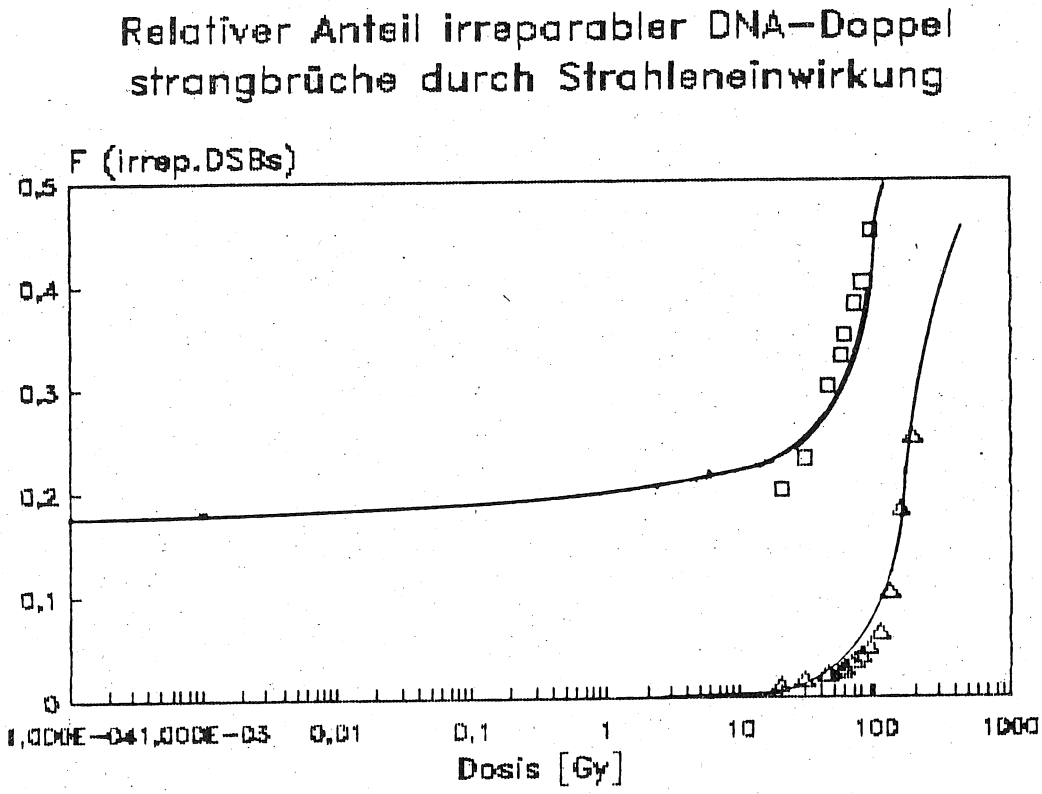


Abbildung 2: Der Anteil irreparabler DNA-Doppelstrangbrüche F(irrep.DSB) bezogen auf die Gesamtzahl der primären, strahleninduzierten Schäden in EAT-Zellen. Bestrahlt wurde mit unterschiedlichen Dosen 3.4 MeV alpha-(□) bzw. 140kV Röntgen-Strahlung (Δ). Die durchgezogenen Linien entsprechen den Berechnungen eines mikrodosimetrischen Reparaturmodells.

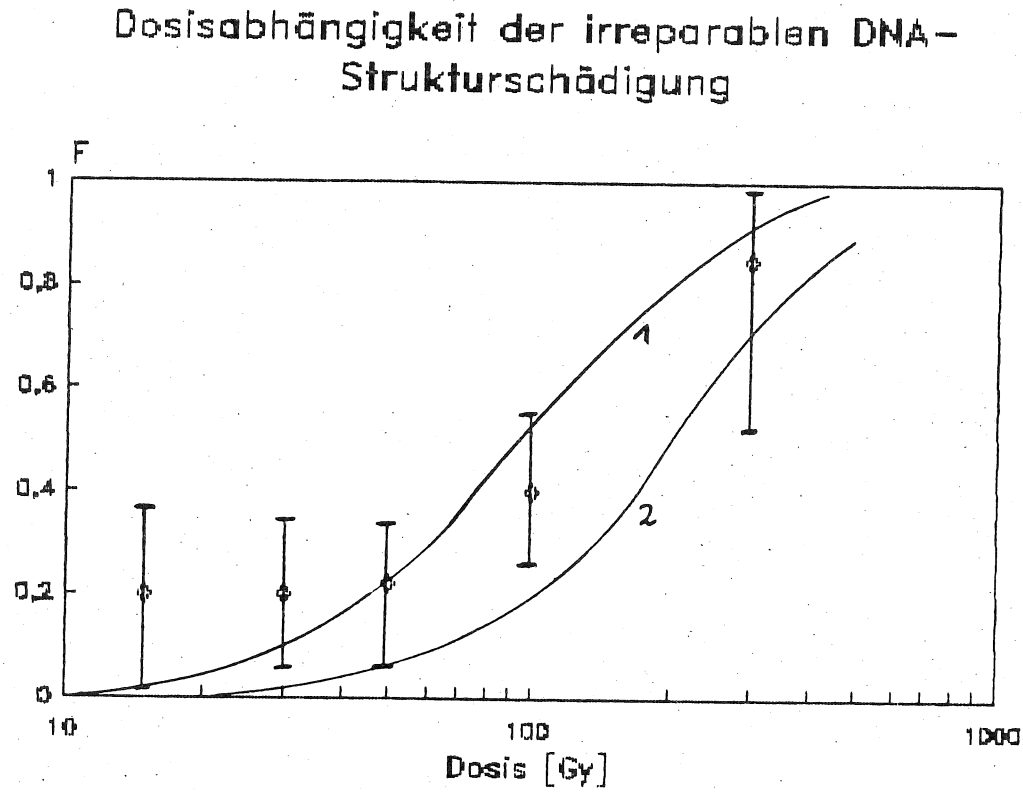


Abbildung 3: Der Anteil F der irreparabel geschädigten DNA-Struktur-Einheiten nach Bestrahlung mit unterschiedlichen Dosen ^{60}Co - gamma -Strahlung. Die experimentellen Daten (◊) wurden an V79-4 Zellen mittels Nukleoid-Sedimentation und einem speziellen Nachbestrahlungsregime ermittelt. Die durchgezogenen Kurven sind die Ergebnisse einer in der Abteilung exp. Strahlenbiologie ent-wickelten Modellrechnung für G1-, G2-, frühe S-Phase (1) bzw. für späte S-Phase (2).

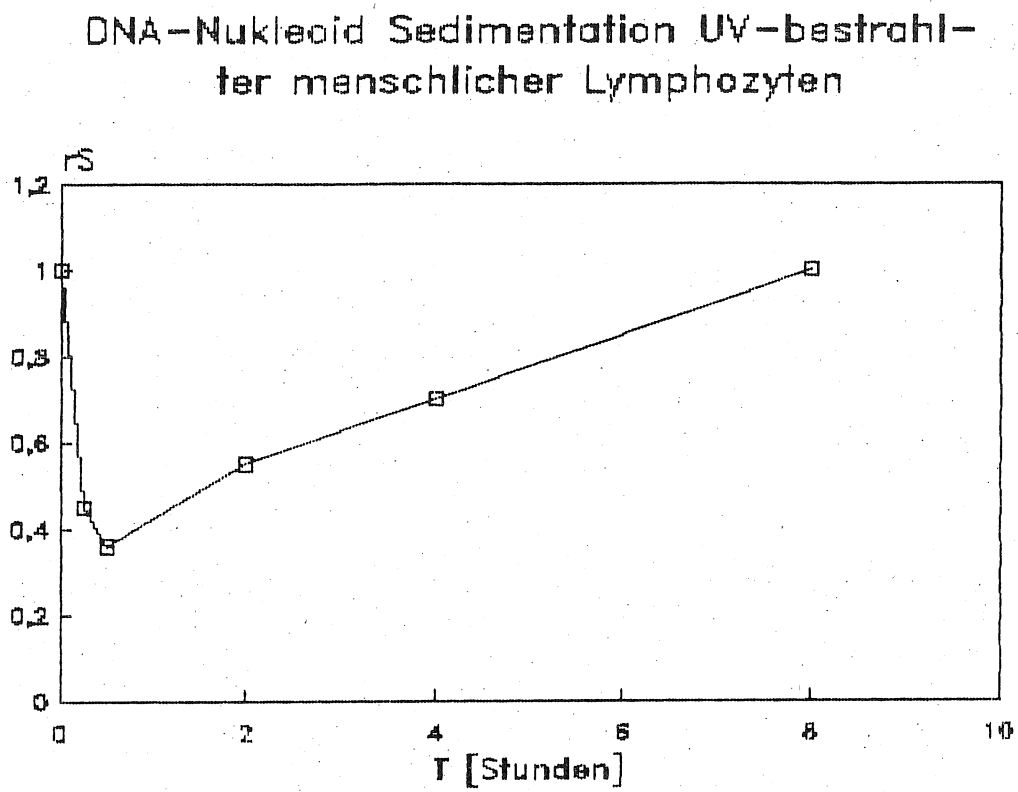


Abbildung 4 Die Abhängigkeit der relativen Sedimentationsgeschwindigkeit rS menschlicher Lymphozyten-DNA von der Nachinkubationszeit T. Die UV-Bestrahlung (10 J/m², 254 nm) erfolgte zum Zeitpunkt T=0. Die zeitliche Änderung von rS ist die Folge der durch die UV-Schäden ausgelösten DNA-Exisionsreparatur. Der Abfall von rS in den ersten Minuten nach T=0 erklärt sich aus der Wirkung von Inzisionsenzymen, deren Aktivität die Tiefe des rS-Minimums beeinflußt.

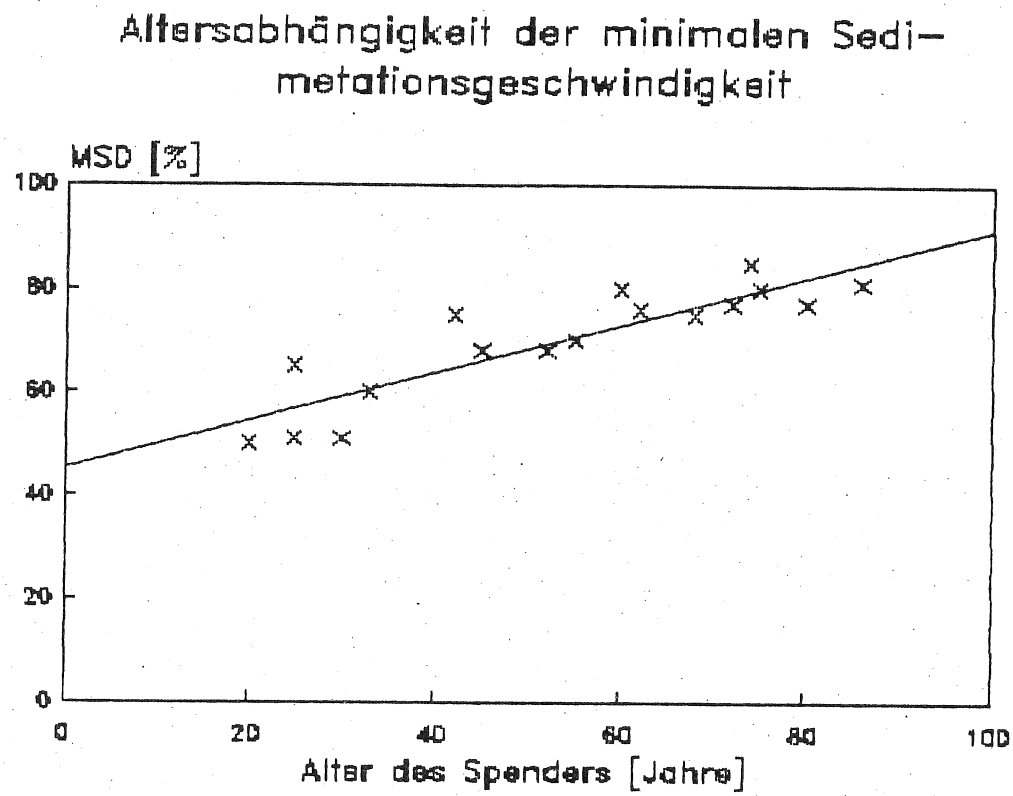


Abbildung 5: Der Minimalwert der relativen Sedimentations-geschwindigkeit MSD als Funktion des Alters der Lymphozyten-spender. Der Anstieg des Wertes von MSD deutet auf eine abnehmende Aktivität der Inzisionsenzyme mit zunehmendem Alter hin. Die Aktivität dieser Enzyme spielt eine wesentliche Rolle für die Beseitigung UV-induzierter DNA-Schäden.

FORM DER DISKRIMINANZFUNKTION

$$Y_i = a_1 X_{1i} + a_2 X_{2i} + a_3 X_{3i} + a_4 X_{4i} + a_5 X_{5i}$$

ZEITPUNKT ERBRECHEN (SCORE) : X_1

KÖRPERTEMPERATUR (SCORE) : X_2

% LYMPHOZYTEN : X_3

LYMPHOZYTEN (10^9/l) : X_4

GRANULOZYTEN (10^9/l) : X_5

DIE $a_1 \ldots a_5$ werden aus der LERNSTICHPROBE BERECHNET

Abb. 6: Form der Diskriminanzfunktion und verwendete Parameter

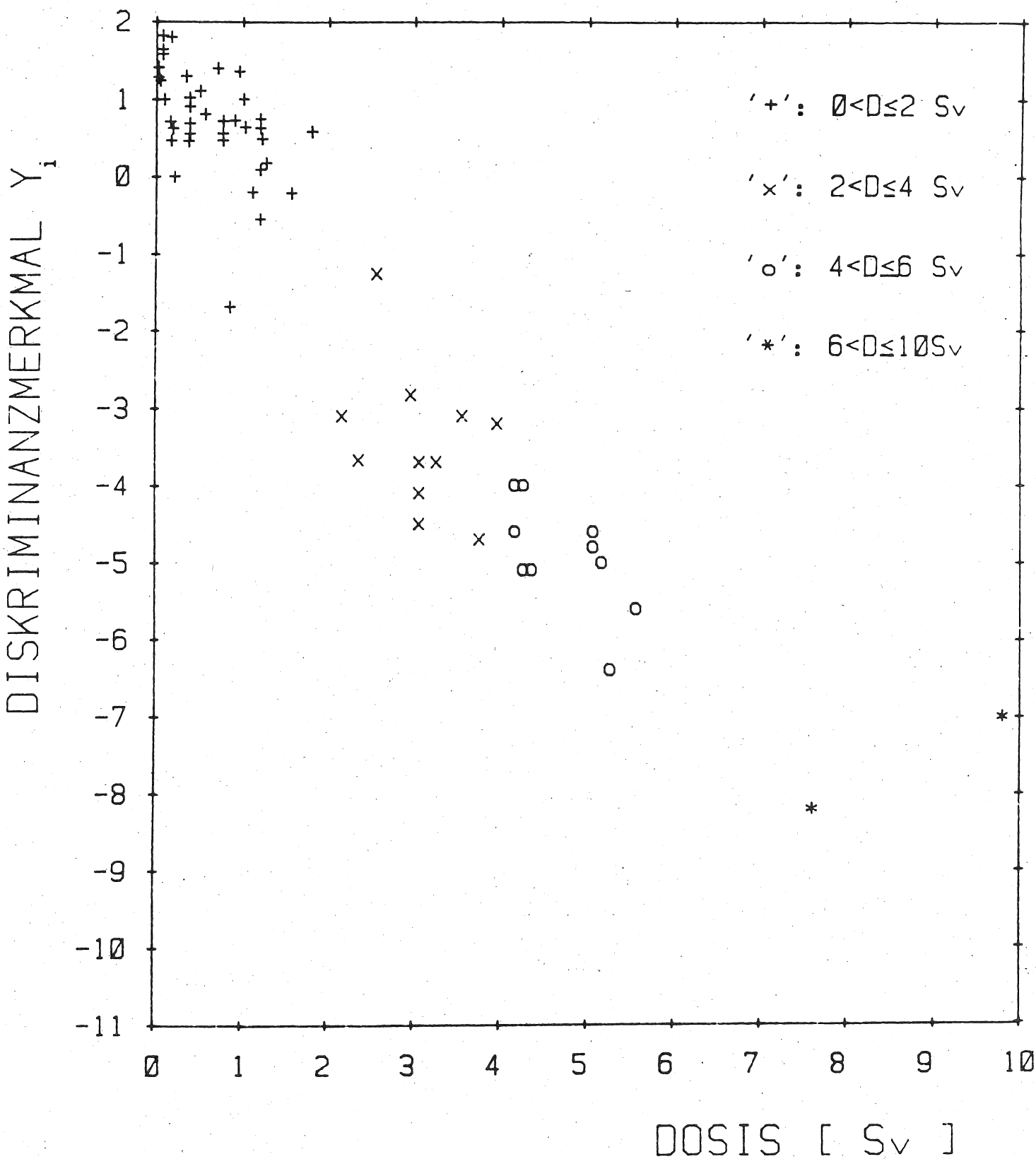


Abb. 7: Dosiswirkungsbeziehung zwischen Diskriminanzmerkmal und Ganzkörperdosis 24 Std. p. n.
(Lernstichprobe aus Strahlenunfallpatienten)

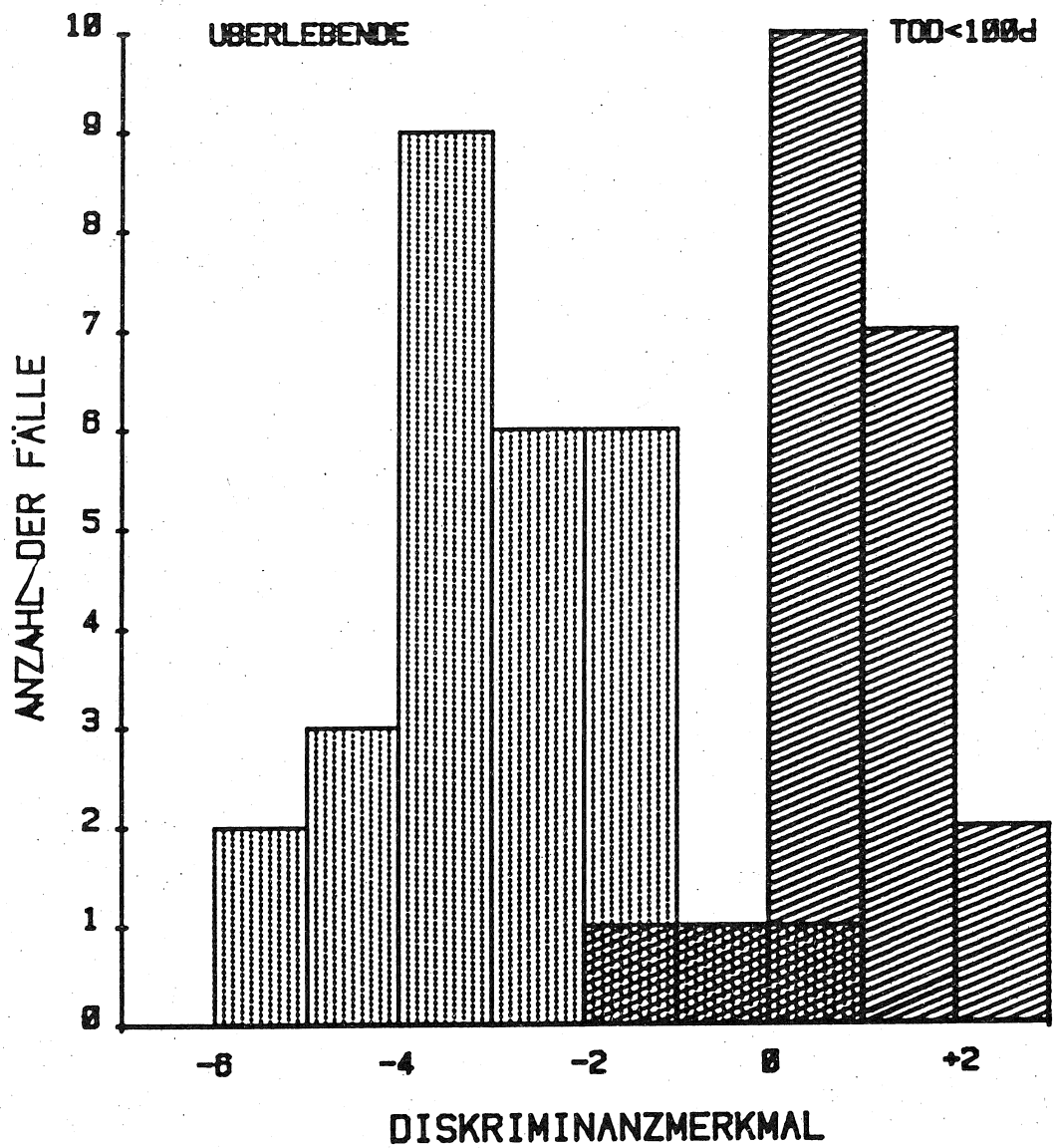


Abb. 8: Häufigkeitsverteilung der Diskriminanzmerkmale überlebender oder gestorbener Personen der Reaktorkatastrophe von Tschernobyl 48 Std. p. r.

Forschungsarbeiten auf dem Gebiet der Strahlenschutzphysik

B. Dörschel

Technische Universität Dresden, Wissenschaftsbereich Strahlenschutzphysik, Mommsenstr. 13, 8027 Dresden

1. Einleitung

Die Strahlenschutzphysik stellt ein Teilgebiet der Physik dar, das sich mit den physikalischen Grundlagen des Schutzes vor Strahlung, insbesondere vor ionisierender Strahlung, befaßt. Hierzu zählen die Charakterisierung von Strahlenquellen und -feldern, die Untersuchung der Wechselwirkung von Strahlung mit Stoffen, insbesondere mit Detektormaterialien und biologischem Gewebe, sowie Strahlungstransportuntersuchungen als Voraussetzung für die Bestimmung von Strahlenbelastungen. Zentrale Aufgaben der Strahlenschutzphysik bestehen in der Bestimmung der Strahlenbelastung des Menschen auf der Grundlage von Belastungsmodellen und Meßkonzeptionen und unter Berücksichtigung der biologischen Strahlenwirkung sowie in Untersuchungen zur Herabsetzung der Strahlenbelastung von Mensch und Umwelt.
Die Strahlenschutzphysik steht damit in sehr enger Wechselbeziehung zum Umweltschutz, zur Strahlenmedizin, zur Kernenergie sowie zur Strahlentechnik und schafft wesentliche physikalische Grundlagen auch für diese Disziplinen. Die künftige Entwicklung dieser Gebiete wird daher von großem Einfluß auf die Weiterentwicklung der Strahlenschutzphysik sein, wobei auch künftig ein hohes Tempo dieser Entwicklung zu erwarten ist. Daher müssen wissenschaftliche Aufgaben rechtzeitig erkannt werden, um praktische Lösungen, die relevant für verschiedene Anwendungen sind, auf einer exakten wissenschaftlichen Basis ableiten zu können.
Auf dem Gebiet der ehemaligen DDR resultieren strahlenschutzphysikalische Aufgaben in Forschungsinstituten, Kliniken, Meßstellen usw. meist aus Aufgaben des operativen Strahlenschutzes, während Grundlagenforschung nur in begrenztem Maße betrieben wurde und wird.
Daneben stellt der Wissenschaftsbereich Strahlenschutzphysik (voraussichtlich ab 1.11.1991 Institut für Strahlenschutzphysik) an der Technischen Universität Dresden eine in Deutschland unikale Hochschuleinrichtung dar, in der seit über 20 Jahren Grundlagenforschung und angewandte Forschung auf dem Gebiet der Strahlenschutzphysik betrieben wird. Im folgenden wird nach einer allgemeinen Trendanalyse

ein Überblick über die verschiedenen Forschungsrichtungen im Wissenschaftsbereich Strahlenschutzphysik gegeben. Ergänzt wird dies durch spezielle Forschungsaufgaben, die im Lehrgebiet Strahlenschutz der Fakultät Maschinenbau/Energietechnik an der Technischen Hochschule Zittau bearbeitet werden.

2. Allgemeine Trends in der Strahlenschutzphysik

Folgende Schwerpunkte bestimmen gegenwärtig die Entwicklung der Strahlenschutzphysik:

- Untersuchung von Strahlungsquellen natürlichen und künstlichen Ursprunges (zum Beispiel Radon- und Radon-Folgeprodukte, terrestrische Gammastrahlung, kosmische Strahlung, aus Kernanlagen freigesetzte Radionuklide - einschließlich Tschernobyl-Folgen)

- Charakterisierung biologischer Effekte in Abhängigkeit von physikalischen Größen (zum Beispiel Qualitätsfaktor als Funktion der linealen Energie, Strahlenrisiko als Funktion der Dosis)

- Entwicklung neuer Meßkonzepte und Interpretation von Meßgrößen (zum Beispiel Realisierung operationaler Meßgrößen, Zusammenhang mit primär limitierenden Größen)

- Strahlungstransportrechnungen (zum Beispiel Erhöhung der Flexibilität von Monte-Carlo-Programmen durch Implementierung auf PC's)

- Verbesserung der Strahlenschutzmeßtechnik (zum Beispiel Entwicklung von Detektoren mit neuen Wirkprinzipien, Detektorauswertung mit computergestützten Methoden, Computer-Integration in Detektoren und Dosimeter)

- Verbesserung von Transport- und Belastungsmodellen (zum Beispiel Nuklidausbreitung, Belastungspfade, Organbelastungen) .

3. Ausgewählte Forschungsaufgaben

Einen Schwerpunkt der Forschungsarbeiten an der Technischen Universität Dresden bildet die Untersuchung der physikalischen Grundlagen für Strahlungsdetektoren und Meßsysteme auf der Basis neuer Wirk- bzw. Auswerteprinzipien für die Strahlenschutzmeßtechnik.
Dazu zählen unter anderem

- die Untersuchung von Effekten im Ergebnis der Wechselwirkung von Strahlung mit Stoff, die zum Strahlungsnachweis ausnutzbar sind,
- die Aufklärung von Mechanismen bei der Erzeugung von Detektormeßeffekten,
- die Untersuchung der physikalischen Eigenschaften neu entwickelter Detektoren und Auswertesysteme und
- die Realisierung von Meßkonzeptionen des Strahlenschutzes mit den entwickelten Meßsystemen.

Dabei sind insbesondere folgende Richtungen vorgesehen:

. Untersuchungen mit CR-39 zum Nachweis schwerer geladener Teilchen und Neutronen
. Untersuchungen mit LiF:Cu,Mg,P- und anderen TL-Detektoren zum Nachweis von Photonen, Beta-Teilchen und schweren geladenen Teilchen
. Untersuchungen mit Elektretdetektoren für den Nachweis von Photonen, Neutronen und radioaktiven Gasen

Umfangreiche festkörperphysikalische Aufgaben müssen dazu bearbeitet werden. So läßt sich zum Beispiel die Bildung ätzbarer Spuren auf der Grundlage des Modells niederenergetischer Anregungen in glasartigen Festkörpern erklären und vorausberechnen [1].
Die Weiterentwicklung dieses Modelles soll zur umfassenden theoretischen Bestimmung der Meßeffekte von Festkörperspurdetektoren in Abhängigkeit von Teilchen-, Detektor- und Ätzparametern führen, die dann mit experimentellen Ergebnissen verglichen werden können (zum Beispiel [2]).
Abbildung 1 zeigt als Beispiel die Zunahme des Ätzporenradius von Spaltfragmentspuren in Polyethylenterephthalat mit wachsender Ätzzeit in der Anfangsphase der Spurbildung, die mit den Modellrechnungen sehr gut reproduziert werden konnte [1].
Ein weiteres Beispiel für Grundlagenuntersuchungen an Festkörperdetektoren stellt die Bestimmung der Lichtausbeute von TL-Detektoren

als Funktion von Teilchenart und -energie dar, die unter anderem die Bestimmung der Detektorempfindlichkeit in gemischten Strahlungsfeldern gestattet [3].
In Abbildung 2 sind Ergebnisse für LiF-Detektoren bei Protonenbestrahlung dargestellt.

Der Einsatz von Elektretfolien zur Realisierung von kleinen Ionisationskammern ohne äußere Spannungsversorgung erfordert eine genaue Kenntnis der Ladungsspeicherung im Festkörper und ihrer Abhängigkeit von Elektret- und Umgebungsparametern sowie der Lagerungszeit (zum Beispiel [4,5]).
Abbildung 3 veranschaulicht als Beispiel die Abhängigkeit der Empfindlichkeit einer Elektretionisationskammer von der Dicke der verwendeten FEP-Elektrete [6].

Einen weiteren Schwerpunkt der Forschungsarbeiten an der Technischen Universität Dresden stellen Strahlungstransportberechnungen auf der Grundlage der Monte-Carlo-Methode dar. Das Ziel der Arbeiten besteht in der Entwicklung eines Programmsystemes zur Berechnung des Strahlungstransportes, das sich durch einfache Handhabung und flexible Anwendung auszeichnet (CAD-System). Dabei sind die langjährigen Erfahrungen mit eigenen Neutronentransportprogrammen (siehe zum Beispiel [7]) sowie mit dem Programm MORSE für gekoppelten Neutronen-Gamma-Transport [8] zu nutzen.
Folgende Teilaufgaben wurden bzw. werden in Angriff genommen:

- Erstellung eines flexiblen Monte-Carlo-Programmes auf Multigruppenbasis
- Erfassung relevanter Quellverteilungen
- Berechnung von Strahlungsfeldveränderungen durch Abschirmungen und Moderatoren
- Berechnung von Detektor- und Dosimetermeßeffekten.

Insbesondere im letzten Falle sind zusätzlich Transportrechnungen für geladene Sekundärteilchen und die damit verbundene Energieübertragung an das Detektormaterial erforderlich.
In Abbildung 4 ist als Beispiel der Beitrag zur Empfindlichkeit von neutronen-induzierten Rückstoßprotonen, die aus einem äußeren Polyethylenradiator in einen CR-39-Detektor eindringen, als Funktion der primären Neutronenenergie dargestellt [9]. Die Berechnungen erfolgten mit dem Programm NRES [10].

Der dritte Schwerpunkt schließlich umfaßt die Untersuchung von Detektoren und Meßsystemen in verschiedenen Strahlungsfeldern, die Verifizierung theoretischer Ansätze und Modelle, die Erprobung von Verfahren für verschiedene Anwendungsaufgaben sowie Untersuchungen zur Interpretation von Meßgrößen.
Diese Richtung ist am stärksten praxisorientiert, wozu folgende Beispiele angeführt werden können:

- Entwicklung von Methoden und Verfahren zur Analyse von Strahlungsfeldern sowie zur Dosis- und Dosisleistungsbestimmung für die Personen- und Ortsdosimetrie (unter anderem theoretische und experimentelle Detektoroptimierung, Spektrenentfaltung, Kalibrierung)
- Umweltanalytik unter Einsatz radiometrischer, dosimetrischer und tracertechnischer Verfahren (unter anderem Messung von Radon- und Tritiumkonzentrationen in Luft, Messung niedriger Gammadosisleistungen, Low-level-Spektrometrie)
- Physikalische Untersuchungen zur Realisierung spezieller strahlentherapeutischer Verfahren (unter anderem Entwicklung von Präzisionsmeßverfahren für Strahlungsfeld- und Dosisgrößen, Untersuchungen zum Strahlungstransportmit hoher räumlicher Auflösung, Modelluntersuchungen zur Strahlenbelastung von Patienten und Personal)
- Strahlungsfelduntersuchungen und Dosimetrie bei kosmischen Flügen (Mitarbeit im INTERKOSMOS-Programm; unter anderem Bestimmung von Dosisverteilungen in oberflächennahen Schichten -siehe Abbildung 5-, Interpretation von Dosimetermeßeffekten und Abschätzung der Strahlenbelastung von Raumfahrern)

Neben diesen genannten Forschungsaufgaben an der Technischen Universität Dresden sind an der **Technischen Hochschule Zittau** folgende Arbeiten geplant:

- Überwachung der Ortsdosisleistung in der Umwelt (unter anderem Einsatz eines Meßfahrzeuges sowie transportabler Meßcontainer, meßtechnische Arbeiten an einem festen Meßpunkt der Technischen Hochschule Zittau)
- Projektierung von mehrschichtigen dicken Abschirmungen (unter anderem Messungen der Gamma- und Neutronenstrahlung hinter verschiedenen Abschirmkonfigurationen auf dem Reaktorkopf des Zittauer Lehr- und Forschungsreaktors)

. Entwicklung eines automatisierten Dosimetriesystems für den Zittauer Lehr- und Forschungsreaktor

Diese Arbeiten haben mehr den Charakter angewandter Forschung und sollen stellvertretend für ähnliche Aufgaben im Zentralinstitut für Kernforschung Rossendorf (mit allerdings wesentlich größerem Umfang) genannt sein.

4. Schlußfolgerungen

Die genannten Forschungsaufgaben umfassen ein relativ breites Spektrum. Für eine effektive Bearbeitung ist es erforderlich,

a) ein ausgewogenes Verhältnis zwischen Grundlagen- und angewandter Forschung zu finden, so daß die künftige Strahlenschutzpraxis auf einem hohen wissenschaftlichen Niveau aufbauen kann;

b) ein ausgewogenes Verhältnis zwischen theoretischen und experimentellen Arbeiten zu erreichen, so daß ein gegebenes Problem von beiden Seiten behandelt werden kann;

c) solche Konzepte für Strahlungstransportprogramme abzuleiten, daß eine hohe Flexibilität in der Anwendung auf verschiedene Probleme gegeben ist (vorzugsweise durch Implementierung von Monte-Carlo-Programmen auf Personalcomputern) und

d) die experimentellen Arbeiten in einer solchen Weise zu konzentrieren, daß mit einer begrenzten Zahl von Strahlungsnachweismethoden verschiedene Meßaufgaben in unterschiedlichen Anwendungsbereichen gelöst werden können.

Zur Bearbeitung der genannten Forschungsvorhaben existierten und existieren vielfältige Kooperationsbeziehungen mit Einrichtungen im Gebiet der ehemaligen DDR, mit Instituten im Ausland und seit einigen Monaten auch mit mehreren Einrichtungen in den bisherigen Ländern der Bundesrepublik Deutschland. Die Aufgaben der Zusammenarbeit werden in der nächsten Zeit weiter präzisiert, wobei vor allem das Zusammenspiel der universitären Grundlagenforschung mit der mehr praxisorientierten Strahlenschutzüberwachung in Forschungszentren, Kliniken, Meßstellen und ähnlichem zu einer höheren Qualität bei der Lösung der im Strahlenschutz generell anstehenden Aufgaben führen soll.

ABBILDUNGSLEGENDEN

Abb. 1 Ätzporenradius von Spaltfragmentspuren in Polyethylenterephthalat als Funktion der Ätzzeit (nach [1])

a) einzelne Teilchenspur : 1 m K_2CO_3, 80°C

b) Spurdichte $5 \cdot 10^8$ cm^{-2}: 1 n KOH, 70°C

Abb. 2 Relative TL-Ausbeute (bezogen auf ^{60}Co) für verschiedene TL-Materialien als Funktion der Protonenenergie (nach [3])

Abb. 3 Empfindlichkeit einer Elektretionisationskammer (Elektrodenabstand 10 mm, Bestrahlung mit ^{137}Cs) als Funktion der Dicke der FEP-Elektretfolie (nach [6])

Abb. 4 Beitrag der aus einem Polyethylen-Radiator (Sättigungsdicke) austretenden Rückstoßprotonen zur Empfindlichkeit von CR-39-Detektoren als Funktion der Neutronenenergie (nach [9])

Abb. 5 Tiefendosisverteilung (^{60}Co - äquivalente Energiedosis) in einem Stapel von 50 µm dicken CaF_2-TL-Detektoren (nach [11]). Bestrahlung an der äußeren Oberfläche des Biosatelliten COSMOS-1887

LITERATUR:

[1] M. Danziger; Description of the Universal Vitreous Behaviour of Solids with the Model of Low-Energy Excitations and its Application to the Processes in Polymer Materials Irradiated with Heavy Ions, Paper on the 15th Int. Conf. on Particle Tracks in Solids, Marburg 1990

[2] B. Dörschel, M. Mansy, P. Schmidt, G. Streubel, K. Kadner; Proton Detection Properties of CR-39 Made in GDR, Paper on the 15th Int. Conf. on Particle Tracks in Solids, Marburg 1990

[3] P. Schmidt, J. Fellinger; Experimentelle Untersuchungen zur relativen Nachweiseffektivität von Thermolumineszenzdetektoren bei Bestrahlung mit schweren geladenen Teilchen, TU-Informationen, Dresden 1987, 05-04-87

[4] B. Dörschel, K. Prokert, H. Seifert, C. Stoldt; Individual Dosimetry using Electret Detectors, Rad. Protect. Dosim., im Druck

[5] H. Seifert, B. Dörschel; Concepts for Development of Neutron Dosemeters using Electret Ionization Chambers, Kernenergie 31 (1988), 165

[6] S. Meister; Measuring Sensitivity of Electret Ionization Chambers using FEP Electrets, in Vorb.

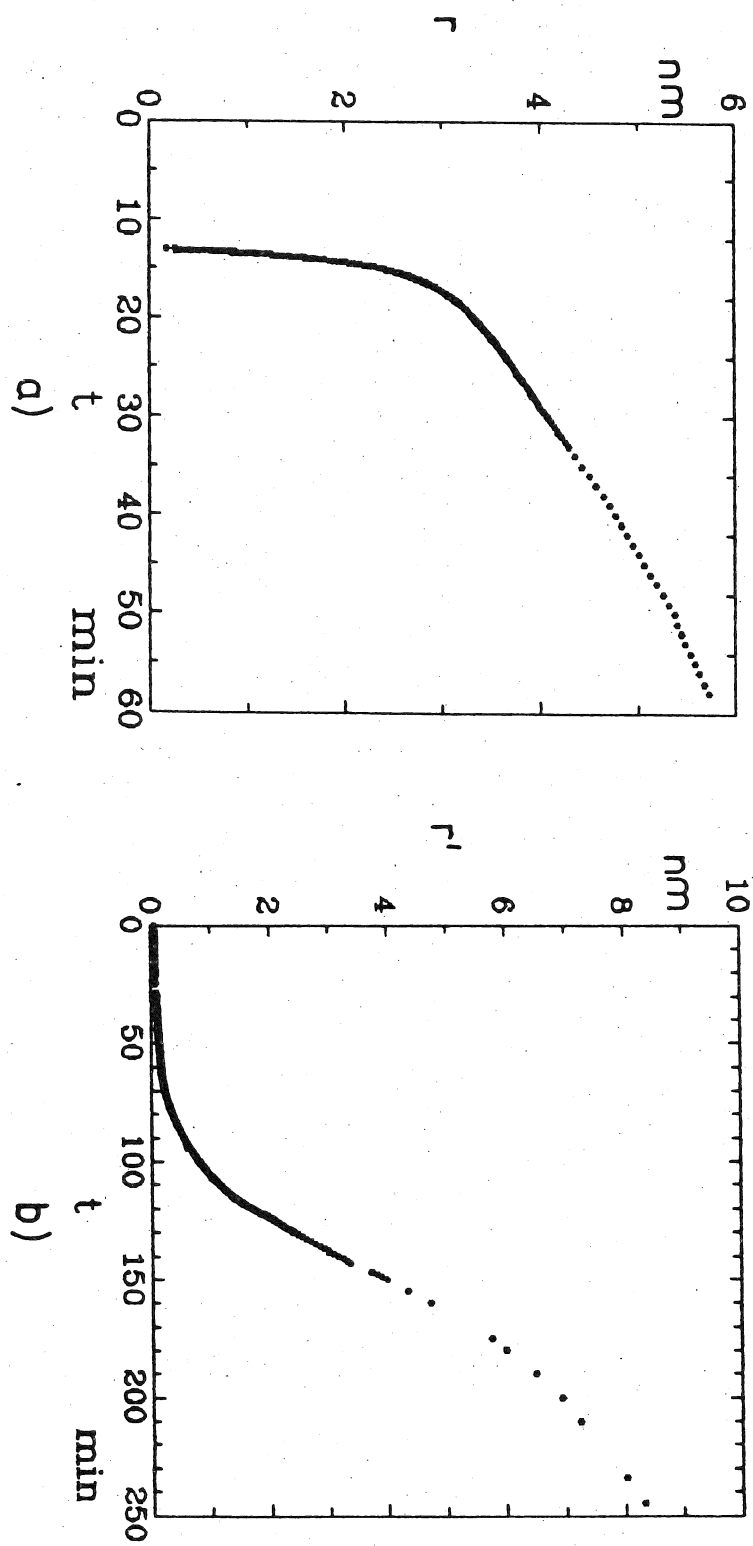
[7] B. Dörschel; Transmissions- und Reflexionseigenschaften von Eisen-, Wasser- und Betonabschirmungen in Neutronenfeldern verschiedener spektraler Zusammensetzung, Kernenergie 19 (1976), 60

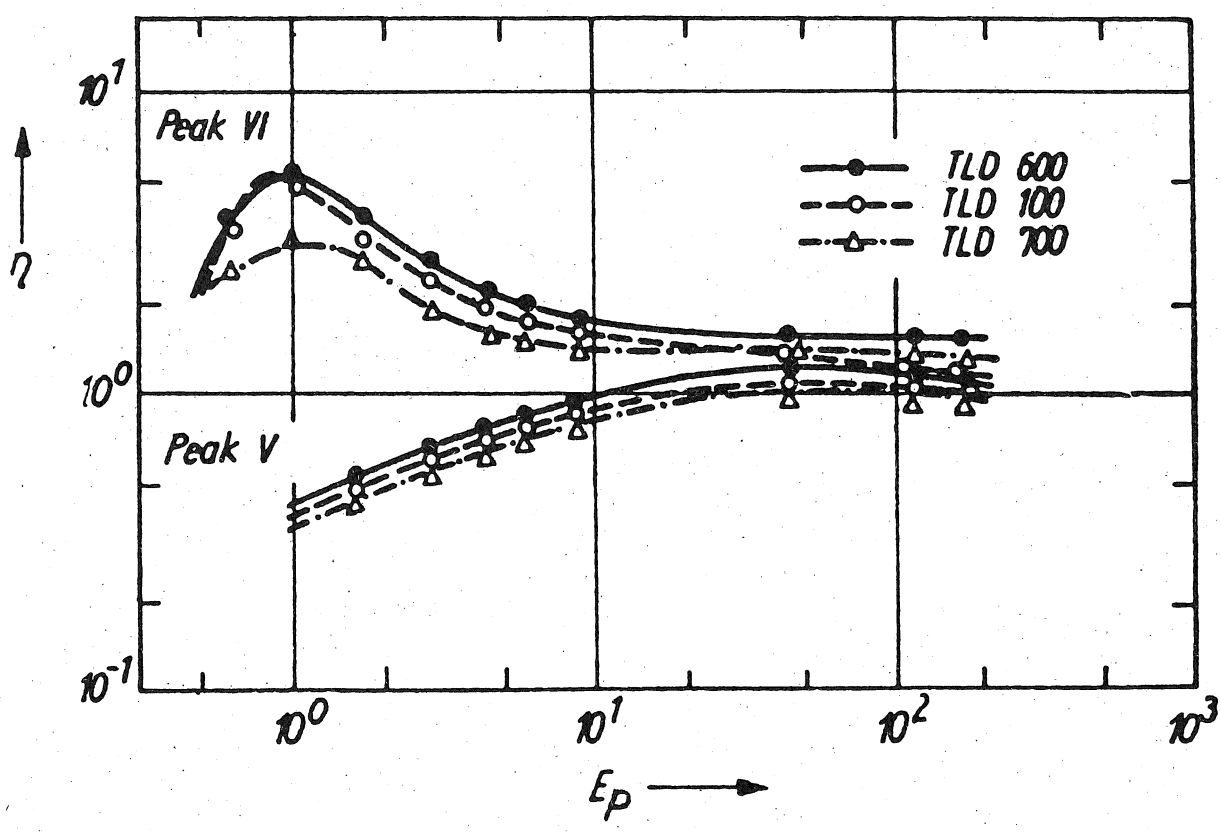
[8] J. Henniger; Multigruppen-Strahlungstransportrechnungen mit Monte-Carlo-Methoden, SAAS-Report, im Druck

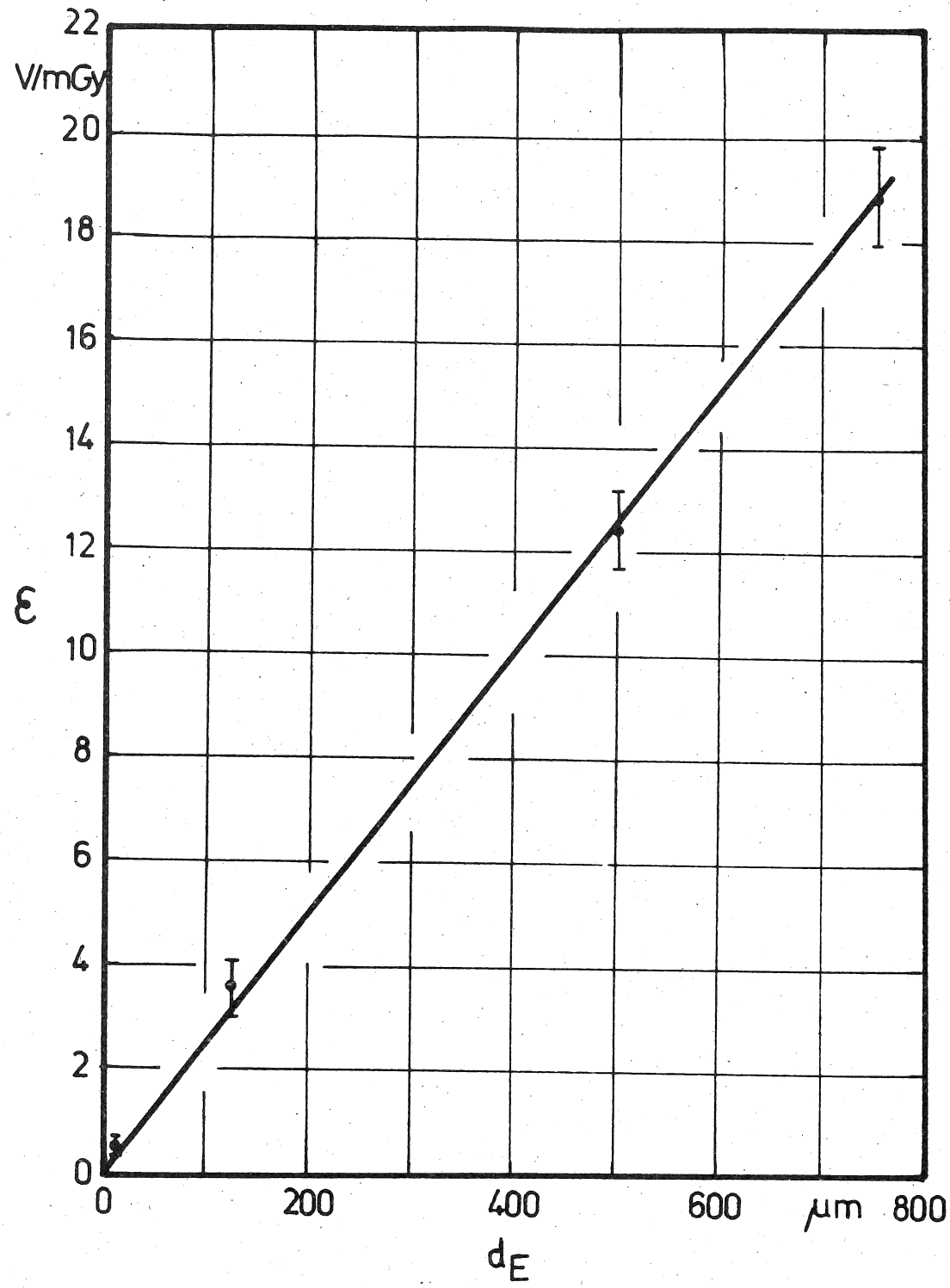
[9] G. Streubel, B. Dörschel, K. Kadner, M. Mansy, P. Rößler, P. Schmidt; Energy and Angular Dependence of Neutron Dosemeters on the Basis of Chemically Etched CR-39 PATRAS, in Vorbereitung

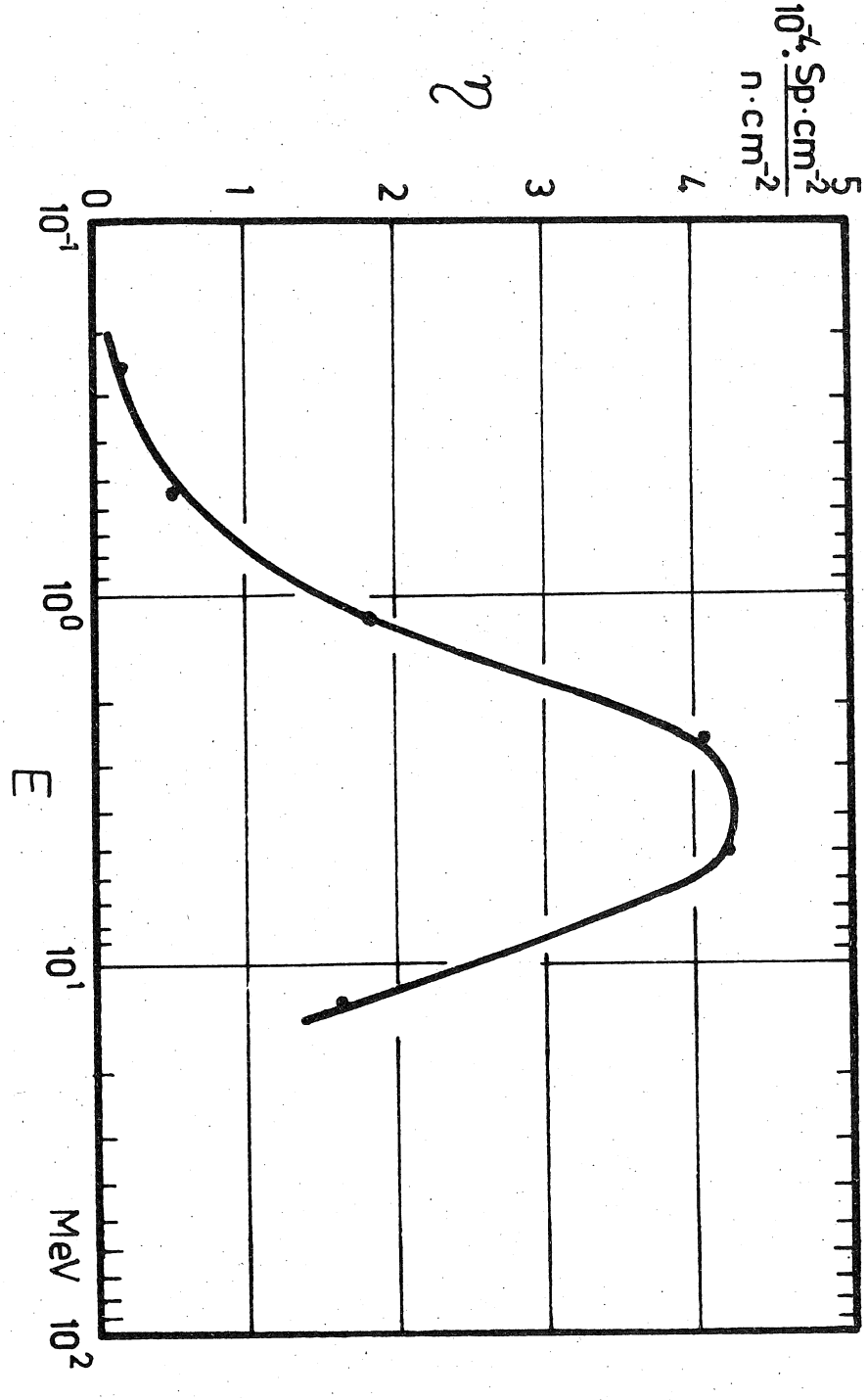
[10] T. Hahn, J. Henniger, K. Hübner; NRES - Ein Monte-Carlo-Programm zur Berechnung von Neutronen-Empfindlichkeiten, TU-Informationen, Dresden 1989, 05-05-89

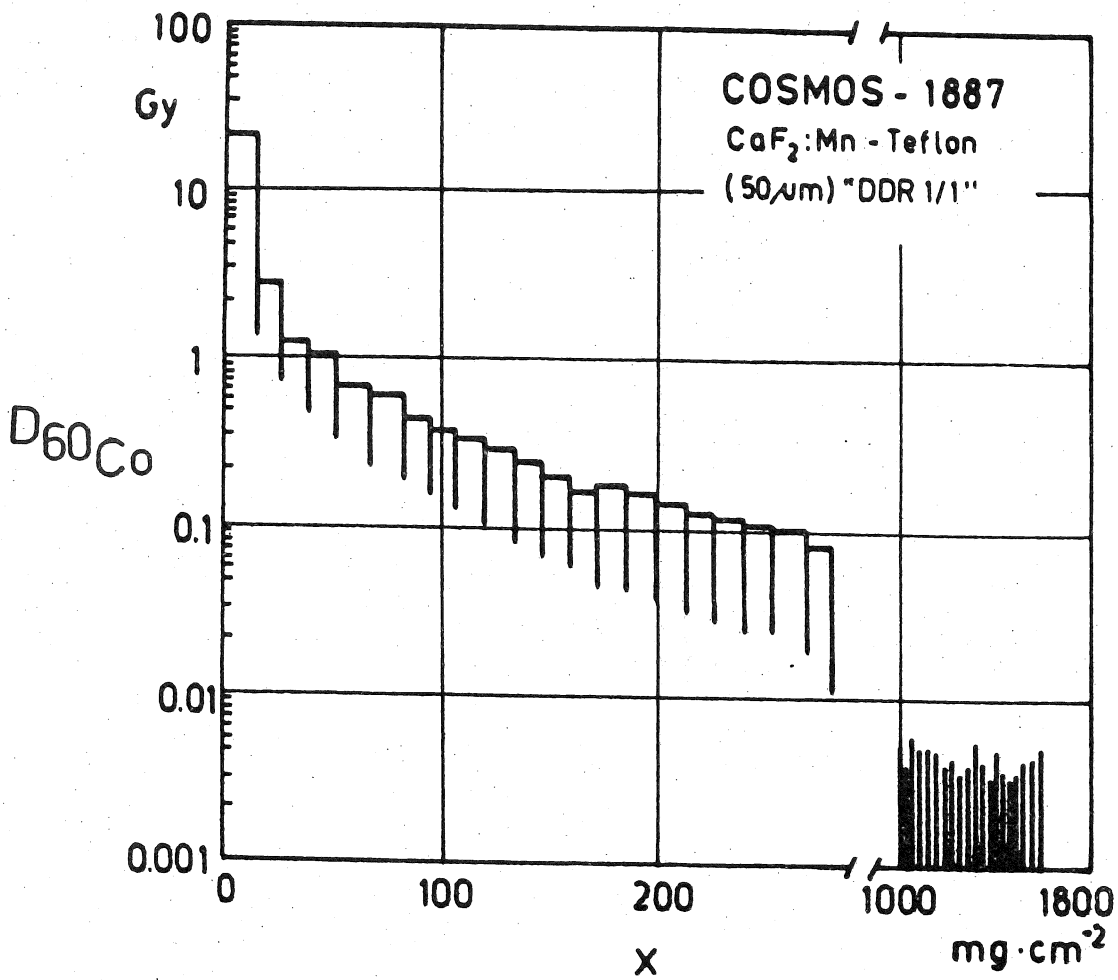
[11] P. Schmidt, J. Fellinger, K. Hübner; Determination of Dose Distribution of Cosmic Radiation behind Different Shielding Thicknesses, Nucl. Tracks Radiat. Meas. 17 (1990), 117


r
nm
0
2
4
6
0
10
20
30
40
50
60
t
min
a)
r'
nm
0
2
4
6
8
10
0
50
100
150
200
250
t
min
b)


Peak VI
Peak V
TLD 600
TLD 100
TLD 700
η
E_p
10^1
10^0
10^{-1}
10^0
10^1
10^2
10^3


22
V/mGy
20
18
16
14
12
ε
10
8
6
4
2
0
0
200
400
600
µm
800
d_E


$10^{-4} \cdot \frac{Sp \cdot cm^{-2}}{n \cdot cm^{-2}}$
0
1
2
3
4
5
10^{-1}
10^{0}
10^{1}
10^{2}
MeV
E
2


100
Gy
10
1
0.1
0.01
0.001
$D_{^{60}Co}$
COSMOS - 1887
CaF_2:Mn - Teflon
(50 µm) "DDR 1/1"
0
100
200
1000
1800
X
mg·cm^{-2}

Ausbildung auf dem Gebiet des Strahlenschutzes in der Bundesrepublik Deutschland

M. Urban
Kernforschungszentrum Karlsruhe GmbH
Hauptabteilung Sicherheit

Der folgende Vortrag gibt einen groben Überblick über die Ausbildung auf dem Gebiet des Strahlenschutzes, Teilgebiet ionisierende Strahlung, in den 11 Bundesländern der Bundesrepublik Deutschland vor dem 3. Oktober 1990. Die Strahlenschutzausbildung läßt sich prinzipiell in zwei unterschiedliche Teilbereiche aufteilen:

- Ausbildung zum Erwerb der Fachkunde gemäß den Fachkundenrichtlinien des Bundes
- Beruflich qualifizierende Ausbildung.

Erwerb der Fachkunde

Verwantwortlich für alle Strahlenschutzbelange eines Betriebes oder einer Einrichtung zeichnet nach § 29 StrlSchV der Strahlenschutzverantwortliche. Ist dieser selbst nicht fachkundig auf dem Gebiet des Strahlenschutzes, muß er einen oder mehrere Strahlenschutzbeauftragte bestellen. Der §29 (4) StrlSchV fordert für den Strahlenschutzbeauftragten neben der persönlichen Zuverlässigkeit den Nachweis der für den Strahlenschutz erforderlichen Fachkunde. Die Bestellung eines Strahlenschutzbeauftragten, ist zusammen mit dem zugehörigen innerbetrieblichen Entscheidungsbereich der zuständigen Behörde mitzuteilen. Diese überprüft den Nachweis. Wird dieser als nicht ausreichend angesehen, kann die Behörde der Bestellung widersprechen, was in der Praxis auch geschieht.

Mehrere Bundesrichtlinien präzisieren den Begriff der Fachkunde für unterschiedliche Anwendungsbereiche. Eigene aus der allgemeinen Fachkunderichtlinie (1) ausgenommene Richtlinien existieren für den Bereich medizinischer Anwendungen ionisierender Strahlung (2), für Personal von Kernkraftwerken (3) und für Personal von Forschungsreaktoren (4). Für Lehrer an Schulen gelten darüberhinaus durch die Kultusbehörden einzelner Bundesländer erlassene besondere Verwaltungsvorschriften (5). Die Richtlinien unterscheiden verschiedene

Fachkundegruppen entsprechend der jeweiligen Art und des Umfangs des Umgangs mit ionisierender Strahlung.

Die Fachkunde kann in Kursen von anerkannten öffentlichen und privaten Organisationen und Einrichtungen erworben werden. Grundlage für den Lehrinhalt dieser Kurse ist ein vom Fachverband erarbeiteter Lernzielekatalog (6, 7) für jede einzelne Fachkundegruppe. Die Kurse schließen mit einem Testat ab.

Die Richtlinie für die Fachkunde im Strahlenschutz von 1982 (1) unterscheidet beispielsweise im Einzelnen die folgenden Fachkundegruppen:

1.) Anzeigepflichtiger Umgang mit radioaktiven Stoffen geringer Aktivität

2.) Umgang mit umschlossenen radioaktiven Stoffen, soweit nicht unter 1.) enthalten

3.) Umgang mit umschlossenen radioaktiven Stoffen für die zerstörungsfreie Werkstoffprüfung

4.) Umgang mit offenen radioaktiven Stoffen und Betrieb von kerntechnischen Anlagen

5) Beschäftigung von Eigenpersonal als beruflich strahlenexponierte Personen in fremden Anlagen

6.) Anzeigepflichtige Verwendung, Lagerung und Betrieb von bauartzugelassene Vorrichtungen und Röntgeneinrichtungen

7.) Errichtung und Betrieb von Anlagen zur Erzeugung ionisierender Strahlung

8.) Aufsuchen, Gewinnen und Aufbereitung radioaktiver Mineralien

Zu jeder dieser Fachkundegruppen gehört eine Auflistung einzelner Lernziele aus geolgenden Bereichen:

- gesetzliche Grundlagen
- Empfehlungen und Richtlinien
- Aufgaben und Pflichten der Strahlenschutzbeauftragten
- Naturwissenschaftliche Grundlagen
- Strahlenschutzmeßtechnik
- Strahlenschutztechnik
- Strahlenschutzsicherheit

Die Tiefe des bei gegebener Fachkunde vorausgesetzten Wissens richtet sich nach Art und Umfang des Umgangs mit ionisierender Strahlung.

Hochschulausbildung

Einen eigenen Studiengang "Strahlenschutz" gibt es an bundesdeutschen Hochschulen nicht. Universitäten und Fachhochschulen bieten in den verschiedenen Fakultäten und Fachrichtungen einzelne Vorlesungen oder Kurse zu strahlenschutzrelevanten Themen an. An einigen Hochschulen gibt es ein Aufbaustudium "Strahlenschutz" im Anschluß des ordentliche Studium.

Die Berufsakademie Karlsruhe bildet mit dem Studiengang "Umwelt- und Strahlenschutz" eine Ausnahme. Zulassungsvoraussetzung für ein Studium an einer Berufsakademie ist das Abitur, sowie ein Ausbildungsvertrag in einem für die jeweilige Fachrichtung anerkannten Betrieb. Die Ausbildung (Abb. 1) erfolgt im Wechsel zwischen Theoriephase an der Berufsakademie in Form von Vorlesungen sowie Praxisphase im Ausbildungsbetrieb.

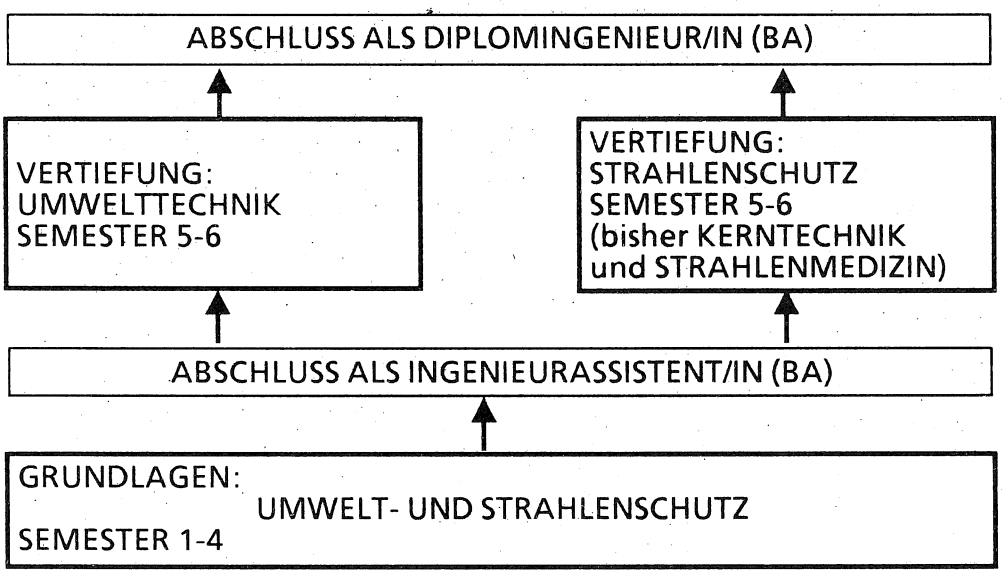


Abb. 1: Ausbildung zum Diplom-Ingenieur Fachrichtung Umwelt- und Strahlenschutz an der Berufsakademie Karlsruhe

Nach zwei Studienjahren erfolgt eine zum Ingenieurassistenten (BA) qualifizierende Zwischenprüfung, im dritten Jahr führen neben Klausuren schwerpunktsmäßig eine Studienarbeit und eine Diplomarbeit zum Abschluß Dipl.-Ing. (BA). Die Berufsakademie - Staatliche Studienakademie -, zunächst eine rein baden-württembergische Einrichtung, leidet an der noch ausstehenden formalen bun-

desweiten Anerkennung des Abschlusses. Diese steht im Gegensatz zu der bereits erfolgten europäischen Anerkennung.

An der Ausbildung Umwelt- und Strahlenschutz an der Berufsakademie Karlsruhe beteiligen sich zahlreiche Firmen und Institutionen aus dem gesamten Bundesgebiet und dem benachbarten Ausland wie ein Institut der Universität Straßburg und die Forschungszentren CERN in Genf und das ILL in Grenoble. De facto besteht derzeit für ausgebildete Strahlenschutzingenieure (BA) ein bundesweiter Bedarf auf dem Arbeitsmarkt.

Eine spezielle Vertiefung für die Teilgebiete "medizinischer Strahlenschutz" und "Strahlenschutz in der Kerntechnik" wurde beginnend mit dem Studienjahrgang 1989 zugunsten eines Schwerpunktes "Umwelttechnik" aufgegeben. Ein Überblick über die Lehrinhalte der Theoriephase gibt Abb. 2.

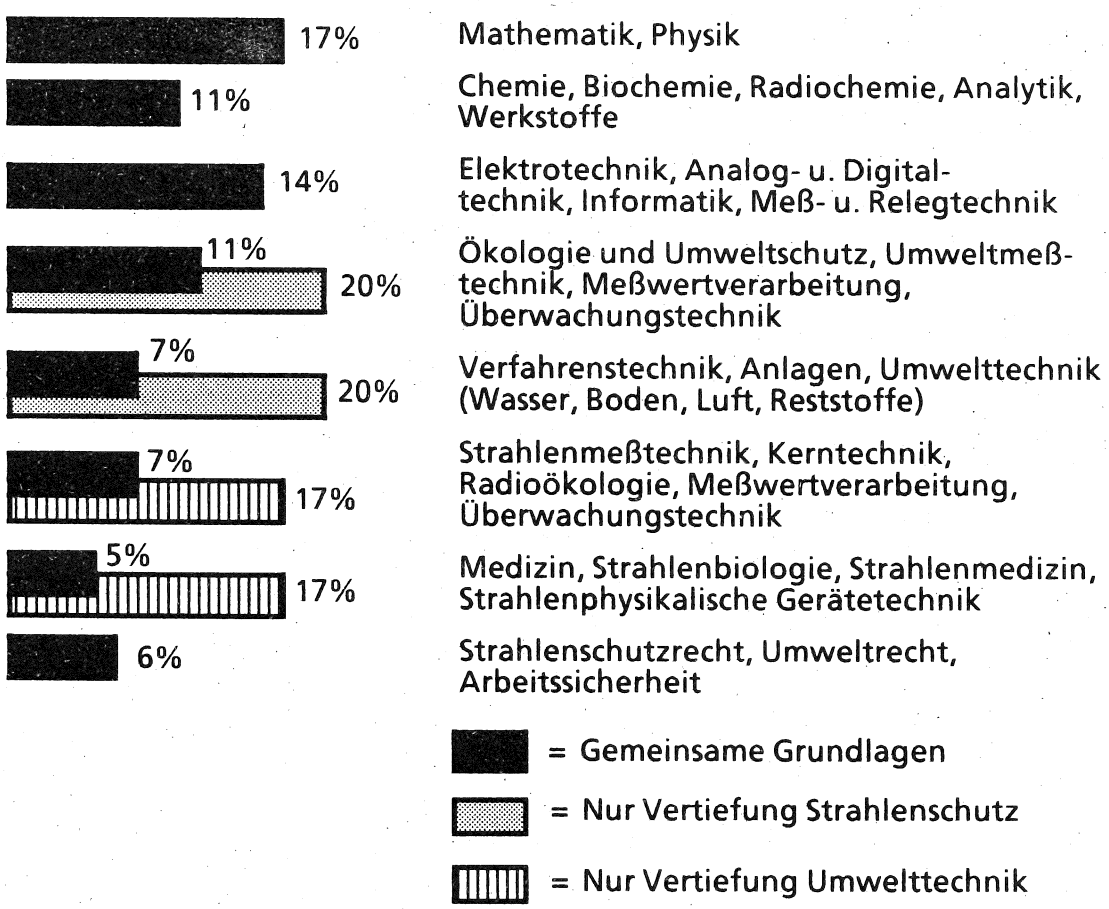


Abb. 2: Lehrinhalte des Studiengangs Umwelt- und Strahlenschutz an der Berufsakademie Karlsruhe

Ziel der betrieblichen Ausbildung ist das Aneignen von praxisbezogenen Kenntnissen und Fertigkeiten sowie Verhaltensweisen zu vermitteln, zur Erfüllung der Aufgaben zum Schutz von Mensch und Umwelt sowie. Lernziele der praktischen Ausbildung sind in Tab.1 dargestellt.

Tab. 1: Betriebliche Ausbildung: Umwelt- und Strahlenschutz

Sem.	Lernziele	Tätigkeitsbereiche
1-2	1. Kennenlernen einer verfahrenstechnischen, kerntechnischen Anlage 2. Kennenlernen von Funktionszusammenhängen, von Meß- und Auswertetechnik und Administration bei der Emissions- und Immissionsmeßtechnik 3. Arbeitsvorbereitung, Meßplanung	Produktionsbereich Kraftwerk, Klinik In einem geeignete betrieblichen Funktionsbereich wie z. B. Laborbereich, Betriebsbereich, Bereich Umweltschutz
3-4	1. Durchführen von Messungen und der Auswertungen von Emissionen und Immissionen 2. Kennenlernen von Geräten, Anlagen- und Verfahrenstechnik 3. Kennenlernen der Abwicklung von Genehmigungsverfahren 4. Kennenlernen des Umgangs mit Gefahrstoffen: Planung, Ablauf und Überwachung bei Lagerung, Transport, Entsorgung und Reststoffbehandlung	In einem geeigneten betrieblichen Funktionsbereich wie z. B. Laborbereich, Betriebsbereich, Planungsbereich, Bereich Umweltschutz
5	Kennenlernen ingenieurmäßiger Zusammenhänge: selbsständige Bearbeitung einfacher Teilaufgaben unter fachlicher Anleitung	In einem geeigneten betrieblichen Funktionsbereich
6	Anfertigen der Diplomarbeit: das Thema wird von der Ausbildungsstätte gestellt; es kann von theoretischer, chemisch-technischer, physikalisch-technischer und/oder verfahrenstechnischer Art sein.	

Ein Überblick über das Angebot an Ausbildungsplätzen einschließlich Anschriften der Ausbildungsstätten im Bereich des Strahlenschutzes gibt eine Broschüre der Bundesanstalt für Arbeit (8).

Literatur:

(1) Der Bundesminister des Innern
Richtlinie über die Fachkunde im Strahlenschutz
GMBl Nr. 29 1982 s.592ff.

(2) Richtlinie für den Strahlenschutz bei der Verwendung radioaktiver Stoffe und beim Betrieb von Anlagen zur Erzeugung ionisierender Strahlung und Bestrahlungseinrichtungen mit radioaktiven Quellen in der Medizin
GMBl Nr. 31 1979, S. 638ff.

(3) Richtlinie für den Fachkundenachweis von Kernkraftwerkspersonal
GMBl Nr. 18 1979, S. 233

(4) Richtlinie für den Fachkundenachweis von Forschungsreaktorpersonal
GMBl vom 18. März 1976

(5) Verwaltungsvorschrift des Ministeriums für Kultus und Sport über die Durchführung der Strahlenschutzverordnung
GAMBL Nr. 26 / 1983, S. 904 f.

(6) Fachverband für Strahlenschutz
Lernzielekatalog zur Fachkunde für Strahlenschutzverantwortliche oder Strahlenschutzbeauftragte im nichtmedizinischen Bereich
FS-81-26-AKA / Juni 1981

(7) Spang A.
Strahlenschutz - Fachkunde
Loseblattausgabe
Kohlhammer Verlag Stuttgart

(8) Bundesanstalt für Arbeit, "Umweltschutz / Arbeitsschutz" Bildung und Beruf Nr. 250 / 1990 zu Beziehen über die Arbeitsämter oder direkt von der Bundesanstalt für Arbeit

Strahlenschutzausbildung auf dem Gebiet der ehemaligen DDR

(B.U. Edelmann, Institut für Weiterbildung)

Die Anwendung von Strahlenquellen in vielen Gebieten der Medizin, Naturwissenschaft und Technik und der damit verbundenen Gefahren war und ist stets verbunden mit der Notwendigkeit, geeignete und qualifizierte Mitarbeiter mit dieser Aufgabe zu betrauen, die über die erforderliche Sachkunde, d.h. eine entsprechende Ausbildung und Berufserfahrung, verfügen und eine Strahlenschutzqualifikation nachweisen können.

Im Bereich der ehemaligen DDR begann die Strahlenschutzausbildung an Universitäten und Hochschulen, z.B. an der damaligen TH Dresden. Daneben erfogten Kurse für Dosimetristen und Kernkraftwerkspersonal in einigen Forschungszentren (Zentralinstitut für Kernforschung Rossendorf, Zentralinstitut für Isotopenforschung).
Mit Gründung der Staatlichen Zentrale für Strahlenschutz (SZS), dem Vorläufer des späteren Staatlichen Amtes für Atomsicherheit und Strahlenschutz (SAAS), begann 1962 eine kontinuierliche Ausbildung von Strahlenschutzfachkräften. Begonnen wurde mit der Durchführung von Grund- und praxisorientierten Spezialkursen in Dresden, Berlin und Leipzig. In den Strahlenschutzverordnungen der DDR von 1967 und 1984 wurden die Qualifikationsanforderungen für Strahlenschutzfachkräfte (Strahlenschutzbeauftragte und Strahlenschutzärzte) präzisiert und der Nachweis einer Strahlenschutzqualifikation auch für Leiter ausgewählter Einrichtungen (radiologische Kliniken, Großforschungszentren) sowie für die sogenannten verantwortlichen Mitarbeiter gefordert.

In Abhängigkeit vom Anwendungsgebiet mußten der zuständigen Behörde, dem SAAS

- eine einschlägige berufliche Qualifikation,
- spezielle Sachkenntnis und praktische Erfahrungen,
- ein Staatlicher Qualifikationsnachweis im Strahlenschutz

nachgewiesen werden.

Diese Qualifikationsnachweise wurden nach erfolgreiches Besuch von Grund- und Spezialkursen in den verschiedenen Anwendungsgebieten ausgegeben. In einer speziellen Anordnung über die Weiterbildung bestand für jede Strahlenschutzfachkraft die Pflicht, an Fortbildungen im jeweiligen Tätigkeitsfeld teilzunehmen.

Am Institut für Weiterbildung wurden von 1962 - 1990

- 1250 Grund- und Spezialkurse mit ca 25.000 Teilnehmern,
- 75 Grund- und Spezialkurse mit ca 2.000 Strahlenschutzärzten,
- 400 Fortbildungen mit mehr als 11.000 Teilnehmern

durchgeführt. Dem Institut oblagen noch eine Reihe von Aufgaben, so die

- Koordination und Gestaltung des postgradualen Studiums Atomsicherheit und Strahlenschutz (3 Semester),
- die Durchführung von Strahlenschutzkursen für Facharztkandidaten der medizinischen Radiologie sowie für mittleres medizinisches Personal,
- die Vorgabe von Musterprogrammen für die gesetzlich geforderte innerbetriebliche Strahlenschutzschulung sowie die Einflußnahme auf Lehrpläne in Hoch- und Fachschulen.

Zunehmend in den letzten Jahren verstärkte das Institut für Weiterbildung im Rahmen seiner Möglichkeiten die Öffentlichkeitsarbeit. Das betraf insbesondere die Gestaltung von Vorträgen und Diskussionen nach dem Reaktorunfall in Tschernobyl und Aspekte der Strahlenbelastung durch Radon-Folgeprodukte in Sachsen und Thüringen.

Mit der deutschen Einheit und der damit verbundenen Übernahme des Atomgesetzes, der Strahlenschutz- und Röntgenverordnung u.a. ergab sich die Notwendigkeit, Kurse zum Nachweis der Fachkunde im Strahlenschutz entsprechend den vorliegenden Richtlinien der Bundesrepublik durchzuführen. Dazu wurden die bisherigen Kurse an Hand dieser Richtlinien und entsprechend der Fachkundegruppe aktualisiert und den neuen Erfordernissen angepaßt. Beim Vergleich der früheren Kursprogramme mit dem im Fachkatalog geforderten Themen und Zeitbilanzen fiel auf, daß die Mehrzahl der Themen sowohl im Inhalt als auch im Zeitaufwand fast identisch waren (Strahlenschutzphysik, Meßtechnik, Dosimetrie). Stärkere Abweichungen ergaben sich bei der Vermittlung der Rechtskunde (ein Minus für unsere Kurse) und in der Gestaltung von Praktika und Übungen sowie Prüfungen (ein Plus für unsere Kurse). Alle Kurse ab September 1990 laufen entsprechend der neuen Kursprogramme.
Der Teilnehmer erhält nach erfolgreichen Abschluß eine Teilnahmebescheinigung, die zusammen mit weiteren Zeugnissen zur Anerkennung der Fachkunde der zuständigen Landesbehörde vorzulegen ist.

Neben dem Institut für Weiterbildung führen eine Reihe von weiteren Einrichtungen Kurse zur Anerkennung der Fachkunde im Strahlenschutz durch. Das sind teilweise langjährig bekannte Ausbildungsstätten wie die Zentralinstitute für Isotopenforschung in Berlin-Buch und Leipzig, (Kurse gemäß Fachkundegruppe 4) und die TU Dresden (2 und 4) sowie Ausbildungseinrichtungen der Kernenergie in Rheinsberg und Lubmin und der IHS Zittau (Fachkundegruppe 4) sowie der Fachhochschule in Potsdam und Erfurt (6). Auf dem Gebiet der Werkstoffprüfung (Fachkundegruppe 3) führen bereits seit Jahren die TU Magdeburg, DUS Engelsdorf und die

Ingenieurhochschule Hennigsdorf in Verbindung mit dem IfW und nun auch mit der BAM gemeinsame Kurse durch. Ausbildungen im Strahlenschutz gemäß Röntgenverordnung erfolgen bisher weitgehend von unserem Institut, weitere Ausbildungsstätten sind die TH Ilmenau und die Universität Leipzig.

Im Rahmen der Fortgeltung einer erworbenen Strahlenschutzausbildung gilt der Staatliche Qualifikationsnachweis des SAAS für das jeweilige Anwendungsgebiet (Fachkundegruppe) in Verbindung mit dem erfolgreichen Besuch eines Ergänzungskurses als Fachkunde im Strahlenschutz. Im Ergänzungskurs werden insbesondere die neuen rechtlichen Regelungen und die Übergangsregelungen gemäß Einigungsvertrag vermittelt.

Dem gemeinsamen Anliegen für die kontinuierliche Weiterführung einer qualifizierten Strahlenschutzausbildung galten eine große Zahl von Begegnungen von Kursleitern aus West und Ost. Mit Unterstützung kompetenter Fachleute wurden eine Reihe von Veranstaltungen insbesondere zu Rechtsfragen durchgeführt. Hervorzuheben ist die sehr gute Unterstützung durch Vertreter des BMU, des BfS und ganz besonders durch den Arbeitskreis Ausbildung im Fachverband Strahlenschutz.

Ausbildung von Strahlenschutzphysikern an der Technischen Universität Dresden

B. Dörschel

Technische Universität Dresden, Wissenschaftsbereich Strahlenschutzphysik, Mommsenstr. 13, 8027 Dresden

Die Ausbildung von Strahlenschutzphysikern an der Technischen Universität Dresden erfolgt seit 1972 und hat damit bereits eine lange Tradition. Träger der Ausbildung ist der Wissenschaftsbereich Strahlenschutzphysik, der bis vor wenigen Wochen der ehemaligen Sektion Physik angehörte und künftig als Institut für Strahlenschutzphysik dem neu gebildeten Fachbereich Physik der Fakultät für Naturwissenschaften und Mathematik an der Technischen Universität Dresden zugeordnet sein wird.
Die Ausbildung zum Strahlenschutzphysiker wird im Rahmen des Diplomstudienganges Physik durchgeführt und endet mit dem Erwerb des Grades "**Diplomphysiker**". Die Studenten absolvieren sämtliche Lehrveranstaltungen des Grund- und Hauptstudiums in Physik (Experimentalphysik, Theoretische Physik, Mathematik, Informatik usw.) und belegen im Hauptstudium und der Diplomarbeit das physikalische Wahlpflichtfach "Strahlenschutzphysik".
Im folgenden ist der Inhalt der Lehrveranstaltungen im 6. bis 8. Semester zusammengefaßt.

6. Semester

- Vorlesung "Strahlenschutzphysik I" (2 SWS*)
  - . Strahlungsquellen und Strahlungsfelder
  - . Biologische Wirkung ionisierender Strahlung
  - . Grundkonzept des Strahlenschutzes
  - . Strahlenbelastung des Menschen durch verschiedene Strahlungsquellen
  - . Berechnung der Strahlenbelastung des Menschen

* SWS = Semesterwochenstunden

- Vorlesung "Wechselwirkung Strahlung - Stoff" (2 SWS)
  - . Grundprozesse der Wechselwirkung
  - . Die Strahlungstransportgleichung und ihre Lösung
  - . Änderung des Strahlungsfeldes und Energieübertragung an Stoffe als Folge des Strahlungstransportes
  - . Effekte im Ergebnis der Energieübertragung an Stoffe

- Laborpraktikum (8 SWS)

7. Semester

- Vorlesung mit Praktikum "Strahlenschutzphysik II" (2 SWS)
  - . Meßgrößen zur Bestimmung der Strahlenbelastung des Menschen
  - . Aufgaben und Verfahren der Strahlenschutzmeßtechnik
  - . Detektoren in der Strahlenschutzmeßtechnik
  - . Physikalische Grundlagen zur Begrenzung der Strahlenbelastung

- Vorlesung "Kernstrahlungsmeßtechnik" (2 SWS)
- Spezialisierungsvorlesung "Kernenergiegewinnung - Konsequenzen für Mensch und Umwelt" (1 SWS)
- Spezialisierungsvorlesung "Strahlenbiologie" (2 SWS)
- Forschungsseminar (2 SWS)

8. Semester

- Rechenübungen "Strahlenschutzphysik" (2 SWS)
- Spezialisierungsvorlesung "Strahlenanwendung in der Medizin" (1 SWS)
- Spezialisierungsvorlesung mit Praktikum "Umweltüberwachung und Spektrometrie" (1 SWS)
- Spezialisierungsvorlesung "Moderne Methoden der Dosimetrie" (1 SWS)
- Mitarbeit in Forschungsgruppen (16 SWS)
- Forschungsseminar (2 SWS)

Parallel zu dieser Wahlfachausbildung laufen die übrigen Lehrveranstaltungen des Physikstudiums wie Kern-, Atom- und Festkörperphysik, Quantenphysik und statistische Physik. Nach Ablegung der Hauptprüfung wird mit Beginn des 9. Semesters die einjährige Diplomarbeit durchgeführt, wobei die Themen für die Diplomarbeiten generell aus dem Forschungsaufgabensprektrum des Wissenschaftsbereiches abgeleitet werden. Aufgrund der umfassenden Spezialausbildung im 6.-8. Semester, insbesondere der zweitägigen Mitarbeit in einer Forschungsgruppe im 8. Semester, benötigen die Studenten keine längere Einarbeitungszeit in das Thema der Diplomarbeit, so daß eine effektive Arbeit und wesentliche Beiträge zur Realisierung von Forschungsprojekten möglich sind.
Eine Lücke im derzeitigen Ausbildungsprogramm stellt - bedingt durch den Charakter einer Physikausbildung - die bisher nicht vorgesehene Vermittlung gesetzlicher Grundlagen des Strahlenschutzes dar. Entsprechende Ergänzungen des Vorlesungsangebotes sind jedoch in Vorbereitung. Diese Komplettierung erfolgt auch unter dem Gesichtspunkt, daß für die Studenten mit dem Studienabschluß als Diplomphysiker gleichzeitig der Erwerb der Fachkunde im Strahlenschutz möglich sein soll.
Zum anderen läßt sich das gesamte Ausbildungsprogramm mit geringer Modifizierung als Grundlage für die Durchführung von Kursen zum Erwerb der Sachkunde verwenden, die notwendiger Teil bei der Erlangung der Fachkunde im Strahlenschutz, zum Beispiel für Mediziner oder in der Medizin tätige Physiker oder Ingenieure ist. Die Durchführung der berufspraktischen Tätigkeit zur Erlangung der Fachkunde muß dabei in einer Partnereinrichtung, zum Beispiel der Medizinischen Akademie Dresden, erfolgen.

Insgesamt wurden seit nunmehr fast 20 Jahren mit der Ausbildung von Strahlenschutzphysikern im Rahmen des Diplomstudienganges Physik an der Technischen Universität Dresden sehr positive Erfahrungen gesammelt. Da eine derartige Ausbildung mit dem Abschluß als Diplomphysiker in Deutschland an einer Universität oder Hochschule sonst nirgends existiert, stellt der Wissenschaftsbereich bzw. das künftige Institut für Strahlenschutzphysik an der Technischen Universität Dresden seine Ausbildungsmöglichkeiten selbstverständlich allen Interessenten der Bundesrepublik Deutschland für Direktstudium, Zusatzstudium oder postgraduale Weiterbildung zur Verfügung.

KOMMISSION
DER EUROPÄISCHEN
GEMEINSCHAFTEN

GENERALDIREKTION
UMWELT, NUKLEARE SICHERHEIT
UND KATASTROPHENSCHUTZ

XI-A-1
STRAHLENSCHUTZ

Luxemburg, den 28.11.1990
HE/sk

PERSPEKTIVEN DES STRAHLENSCHUTZES IN DER EG

Dr. Hans ERISKAT
Leiter der Abteilung Strahlenschutz,
Generaldirektion Umwelt, Nukleare Sicherheit
und Katastrophenschutz
Kommission der Europäischen Gemeinschaften

Im Rahmen einer Erörterung der Perspektiven der Europäischen Strahlenschutzpolitik erscheint es sinnvoll, diesbezüglich zunächst kurz Rückblick zu halten:

Die Europäische Atomgemeinschaft (EURATOM) ist im Jahre 1957 durch den Vertrag von Rom mit dem Ziel einer schnellen Förderung der Kernindustrie geschaffen worden. Gleichzeitig ist EURATOM aber auch die wichtige Aufgabe der Aufstellung einheitlicher Sicherheitsnormen für den Gesundheitsschutz der Bevölkerung und der Arbeitskräfte übertragen worden, für deren Anwendung sie Sorge zu tragen hat.

Im Vertrag zur Gründung von EURATOM sind der Gemeinschaft zudem auf dem Gebiet des Strahlenschutzes klar umrissene Kompetenzen übertragen worden. Diese Befugnisse betreffen die Rechtssetzung und Rechtsangleichung, die Wahrnehmung technischer Überwachungs- und Kontrollfunktionen sowie die Durchführung von Forschungsprogrammen; sie beinhalten schließlich die gegenüber einem Mitgliedstaat bei Nichteinhaltung der EURATOM-Strahlenschutzvorschriften zu ergreifenden Maßnahmen.

Auch wenn bei der Konzeption einer europäischen Kernenergiepolitik ein gewisser Zielkonflikt zwischen Sicherheitsfragen einerseits und Problemen der technisch-industriellen Entwicklung andererseits unvermeidbar war, darf dennoch nicht übersehen werden, daß hier zum ersten Mal in der Geschichte - und zugleich im supranationalen Rahmen - zur Vermeidung eines industriellen Risikos Arbeits- und Gesundheitsschutzmaßnahmen geprüft und beschlossen worden sind, noch bevor die neue Technik den Übergang vom Forschungsstadium zum Stadium der industriellen Nutzung vollzogen hatte.

Das von der Europäischen Gemeinschaft ausgearbeitete und weiterentwickelte Strahlenschutzsystem beruht im wesentlichen auf den weltweit anerkannten wissenschaftlichen Empfehlungen der Internationalen Strahlenschutzkommission (ICRP). Auf diese Weise wird von vornherein eine grundsätzliche Übereinstimmung zwischen den EURATOM-Grundnormen und der Strahlenschutzbestimmungen der nicht der Europäischen Gemeinschaft angehörenden Staaten erleichtert.

Im Mittelpunkt der EURATOM-Strahlenschutzpolitik stehen - wie gesagt - die EURATOM-Grundnormen.

Diese Grundnormen sind bereits am 2.2.1959 auf Vorschlag der Kommission vom Rat in der Form von Richtlinien verabschiedet worden (1).

Die in diesen EURATOM-Richtlinien niedergelegten Arbeits- und Gesundheitsschutzprinzipien sowie die für die verschiedenen Personengruppen festgelegten Strahlendosisgrenzwerte richten sich jedoch nicht direkt an die Bürger der Mitgliedstaaten der Gemeinschaft, sondern an die Regierungen dieser Staaten. Die Vorschriften sind hinsichtlich des zu erreichenden Ziels verbindlich, überlassen den innerstaatlichen Stellen jedoch die Wahl der Form und der Mittel (Artikel 161, Absatz 3 des EAG-Vertrages).

So ist von Anfang an die Möglichkeit geschaffen worden, die in den Grundnormen niedergelegten Prinzipien und Werte in flexibler Weise und unter Berücksichtigung der in den einzelnen Mitgliedstaaten unterschiedlich gewachsenen Rechts- und Verwaltungsstrukturen sowie der unterschiedlichen Mentalitäten der Bürger dieser Länder in nationales Recht umzusetzen.

Rückblickend kann gesagt werden, daß es auf Grund gemeinsamer Anstrengungen der EURATOM-Mitgliedstaaten und der Institutionen der Gemeinschaft möglich gewesen ist, eine wirksame Strahlenschutzpolitik auf EG-Ebene zu entwickeln und fortzuschreiben.

Nunmehr, da die Kerntechnik Bestandteil unserer Wirtschafts- und Sozialordnung ist, kommt es darauf an, den Strahlenschutz überall dort zu vervollständigen und unter Berücksichtigung schlüssiger wissenschaftlicher Erkenntnisse zu aktualisieren, um der Bevölkerung und den Arbeitskräften auch in Zukunft einen optimalen Strahlenschutz zu gewährleisten.

Daß das EURATOM-Strahlenschutzsystem dringend einiger wichtiger Ergänzungen bedurfte, haben der Kernunfall von Tschernobyl und seine Folgen sehr deutlich gemacht. Dies gilt einerseits für die Festlegung von Radioaktivitätshöchstwerten in Nahrungs- und Futtermitteln; diesbezüglich sind seit 1987 mehrere Verordnungen ergangen (2) ; andererseits ist als Reaktion auf die anläßlich des Reaktorunfalls von Tschernobyl aufgetretenen Kommunikationsschwierigkeiten zwischen den einzelnen EG-Mitgliedstaaten und der EG-Kommission auf Vorschlag der Kommission am 14. Dezember 1987 vom Rat ein Gemeinschaftssystem für den beschleunigten Informationsaustausch verabschiedet worden, wodurch sichergestellt werden soll, daß bei radiologischen Zwischenfällen oder Unfällen schnellstmöglich auf Gemeinschaftsebene gezielt Gegenmaßnahmen ergriffen werden können (3).

Andererseits haben aber nicht nur der Unfall im Kernkraftwerk Tschernobyl, sondern auch die Ereignisse in der Wiederaufbereitungsanlage in Sellafield (Großbritannien) und die Affaire um Transnuklear dem Ansehen der Nuklearindustrie geschadet und dürften auch dazu beigetragen haben, daß - wie eine im Auftrag der EG-Kommission durchgeführte Meinungsumfrage in den 12 Mitgliedstaaten ergeben hat - die Ängste bei der Bevölkerung im Zusammenhang mit dem Strahlenrisiko nach wie vor relativ groß sind.

Da die Bürger der Gemeinschaft dem Gesundheits- und Umweltschutz eine sehr hohe Bedeutung beimessen, wird die weitere Entwicklung der Kernindustrie auch davon abhängen, inwieweit es gelingen wird, sie davon zu überzeugen, daß sie selbst und die Umwelt gegen das Strahlenrisiko hinreichend geschützt sind.

Da die EURATOM-Grundnormen-Richtlinie hinsichtlich der Information der Bevölkerung keine spezifischen Festlegungen getroffen hat, ist vom Rat am 27. November 1989 auf Vorschlag der Kommission eine Richtlinie erlassen worden, die darauf abzielt, die objektive und permanente Aufklärung und Information der Bevölkerung - nicht zuletzt zur Vermeidung von Mißverständnissen und unnötigen - Sorgen zu fördern (4).

Diese Richtlinie konzentriert sich schwerpunktmäßig auf die laufende Unterrichtung in der Normalsituation und die spezifische Unterrichtung bei einer konkreten radiologischen Notstandssituation.

In Bezug auf die Normalsituation fordert die Richtlinie, daß die Bevölkerung in angemessener Weise allgemeine Informationen über die Radioaktivität und mögliche Notstandssituationen erhält und außerdem über die für sie geplanten Notfallmaßnahmen und die Evakuierungspläne unterrichtet wird; im Falle einer konkreten radiologischen

Notstandssituation schreibt die Richtlinie vor, daß die betroffene Bevölkerung unverzüglich und danach wiederholt der Lage entsprechend über die Radioaktivität, die Notstandssituation und ihre Entwicklung sowie über die anzuwendenden Verhaltensregeln zu unterrichten ist.

Es ist zu hoffen, daß diese Gemeinschaftsregelung auch dazu beitragen wird, nicht nur ein verantwortungsvolles Verhalten und entsprechende Selbstschutzmaßnahmen zu fördern, sondern auch das Vertrauen der Bevölkerung in die zu ihrem Schutz ergriffenen Vorsorgemaßnahmen zu stärken.

Begleitend hierzu hat die Kommission Informationsbroschüren und Videocassetten erstellt und bereitet gegenwärtig ein Handbuch für den schulischen Unterricht vor; desgleichen werden auch Kurse zur Aus- und Weiterbildung im Strahlenschutz von der Kommission durchgeführt beziehungsweise gefördert; die Einrichtung einer Ständigen Konferenz über Gesundheitsschutz im Atomzeitalter, die bislang zweimal stattgefunden hat, soll den Erfahrungsaustausch über die Information der Öffentlichkeit und Medien in diesem sensiblen Bereich fördern.

Strahlenschutzprobleme besonderer Art ergeben sich für Arbeitskräfte, die gelegentlich Reparatur- und Wartungsarbeiten in Kernanlagen durchführen; in Anbetracht ihrer Mobilität, die über die Landesgrenzen hinausreichen kann, können sich für diese besondere Personengruppe tatsächlich praktische Probleme ergeben, und zwar insbesondere hinsichtlich der lückenlosen und schnellen Erfassung der je Einsatz erhaltenen Strahlendosen.

Grundsätzlich gelten die Vorschriften der Euratom-Grundnormen-Richtlinie auch für die strahlenexponierten Arbeitskräfte mit wechselnden Einsatzorten; dennoch hat die Erfahrung gezeigt, daß insbesondere die dosimetrische Überwachung dieser Arbeitskräfte, bedingt durch ihre Mobilität, in der Strahlenschutzpraxis verbesserungsbedürftig ist. Die Kommission hat daher einen Richtlinien-Vorschlag ausgearbeitet, mit dem sie auch einer nachhaltigen Forderung des Europäischen Parlaments entspricht (5). Dieser Vorschlag, der darauf abzielt, den Strahlenschutz dieser Arbeitskräfte qualitativ zu verbessern, liegt dem Rat seit längerem vor und dürfte in Kürze verabschiedet werden.

Die bereits angesprochene Transnuklear-Affaire hat deutlich werden lassen, daß es nicht immer möglich gewesen ist radioaktive Abfälle über ihre gesamte Lebensdauer lückenlos zu verfolgen und hat eine Gemeinschaftsregelung im Hinblick auf eine zufriedenstellende Kontrolle bei ihrer Beförderung notwendig werden lassen.

In Ergänzung zu der EURATOM-Grundormen-Richtlinie hat die Kommission am 25. Juli 1990 dem Rat einen Richtlinien-Entwurf für den Gesundheitsschutz der Bevölkerung und der Arbeitskräfte gegen die Gefahren ionisierender Strahlungen im Hinblick auf die vorherige Genehmigung der Verbringung radioaktiver Abfälle vorgelegt, durch den die Kontrolle der Verbringung radioaktiver Abfälle bis zu ihrer Endlagerung sichergestellt werden soll (6).

Das von der Kommission vorgeschlagene Genehmigungs- und Notifizierungssystem bezieht sich auf alle Verbringungen innerhalb der Gemeinschaft, einschließlich derer, die nur innerhalb eines Mitgliedstaates stattfinden und die Verbringungen aller radioaktiver Abfälle, die in die Gemeinschaft eingeführt und/oder aus der Gemeinschaft ausgeführt werden.

In der bisweilen heftig geführten Debatte über die friedliche Nutzung der Kernenergie wird häufig übersehen bzw. unterschätzt, welche unbestreitbaren Dienste uns die ionisierenden Strahlungen und radioaktiven Stoffe seit langem bei der Erkennung und Behandlung von Krankheiten erweisen.

Die vielfältigen Anwendungsmöglichkeiten ionisierender Strahlungen und radioaktiver Stoffe nehmen in der Tat einen festen Platz im öffentlichen Gesundheitswesen ein; auf sie könnte nicht verzichtet werden, ohne daß daraus Nachteile sowohl für Einzelpersonen als auch für die Gesamtbevölkerung entstünden.

Da jedoch, wie hinlänglich bekannt, Maßnahmen zur Verbesserung des Strahlenschutzes im medizinischen Bereich erforderlich sind, hat eine umfassende und verantwortliche Strahlenschutzpolitik dem Problem der Exposition gegenüber ionisierenden Strahlungen, denen die Bevölkerung bei ärztlichen Untersuchungen und Behandlungen ausgesetzt ist, eine besondere Beachtung zu schenken. Daher hat der Rat auf Vorschlag der Kommission in Ergänzung der Richtlinie zu den Grundnormen im Jahre 1984 eine Richtlinie zur Festlegung der grundlegenden Maßnahmen für den Strahlenschutz bei ärztlichen Untersuchungen und Behandlungen erlassen (7) .

Die vollständige Umsetzung dieser Richtlinie in den entsprechenden einzelstaatlichen Rechts- und Verwaltungsvorschriften und der von ihr ausgehende Motivationsschub bei der Ärzteschaft sollte gewährleisten, daß die beträchtlichen Fortschritte, die in der Medizin mit Hilfe ionisierender Strahlungen und radioaktiver Substanzen erzielt worden sind, nicht durch unnötige, medizinisch nicht gerechtfertigte Strahlenbelastung bzw. durch unsachgemäße Anwendungen in Frage gestellt werden.

Darüberhinaus führt die Kommission unterstützende Maßnahmen zur Verbesserung der Qualitätskontrolle und in der Dosimetrie durch; diesbezüglich darf ich auf ein Seminar verweisen, das sie gemeinsam mit der PTB, WHO und ICRU im März kommenden Jahres in Luxemburg veranstaltet; wir würden uns freuen, den einen oder anderen von Ihnen anläßlich dieser Tagung in Luxemburg begrüßen zu dürfen.

Die Hauptaufgabe der Gemeinschaft besteht auf dem Gebiet des Strahlenschutzes, wie bereits erwähnt, darin, einheitliche Sicherheitsnormen aufzustellen und für ihre Anwendung zu sorgen; dabei obliegt es den Mitgliedstaaten, den Strahlenschutz innerhalb ihrer Hoheitsgebiete nicht nur zu regeln, sondern auch eine internationale Rechtsangleichung zu fördern. Die gemeinschaftliche Durchdringung des Strahlenschutzrechtes auf der Grundlage des im Jahre 1957 konzipierten EURATOM-Vertrages ist in der Tat weitgehender als die des Arbeitsschutz- und Umweltschutzrechtes auf der Grundlage des EWG-Vertrages; denn der EWG-Vertrag räumt den Mitgliedstaaten in den beiden letztgenannten Bereichen ausdrücklich das Recht ein, verstärkte Maßnahmen zum Schutz der Arbeitsbedingungen bzw. des Umweltschutzes beizubehalten oder zu treffen (Artikel 118 A und 130 T des EWG-Vertrages).

Dennoch ist trotz der eindeutigen Zielvorgabe im EURATOM-Vertrag nicht zu übersehen, daß einige Mitgliedstaaten Maßnahmen ergriffen haben bzw. planen, die geeignet sind, diese im Grundsätzlichen bestehende Einheitlichkeit des Strahlenschutzniveaus in Frage zu stellen.

Diesem Aspekt wird die Kommission in Zukunft besondere Aufmerksamkeit widmen müssen, einerseits weil die EURATOM-Grundnormen so ausgelegt sind, daß sie nach Auffassung der Kommission und der sie beratenden Sachverständigen keines zusätzlichen Sicherheitskoeffizienten bedürfen, andererseits weil - gerade auch in Erwartung der Verwirklichung des Europäischen Binnenmarktes - alles getan werden sollte, um zu vermeiden, daß unterschiedliche Strahlenschutzvorschriften innerhalb er EG zu einem Hemmnis für die Freizügigkeit werden könnten.

Diesem Problem wird auch bei der anstehenden Teilrevision der EURATOM-Grundnormen-Richtlinie in der Fassung von 1980/1984 Rechnung zu tragen sein. In Erwartung der seit längerem angekündigten neuen ICRP-Empfehlungen hat die Kommission bereits in Zusammenarbeit mit der in Artikel 31 des EURATOM-Vertrages genannten Sachverständigengruppe die Vorarbeiten für eine solche Teilrevision eingeleitet mit dem Ziel, den Strahlenschutz zu straffen und zu aktualisieren, ohne die Hauptgrundsätze der bestehenden EURATOM-Grundnormen-Richtlinie in Frage zu stellen. Zudem ist sie bemüht, sich diesbezüglich mit anderen internationalen Organisationen - IAEA; AEN/OCDE; WHO; OIT - abzustimmen um den Konsens im Strahlenschutz über die Grenzen der EG hinaus auch künftig sicherzustellen.

Die Kommission ist sich bewußt, daß die Beratungen in den verschiedenen Gemeinschaftsinstanzen bis zur Entscheidungsreife im Rat nicht einfach sein werden, nicht zuletzt auch deshalb, weil die Auffassungen in den einzelnen Mitgliedstaaten über die Notwendigkeit bzw. die Tragweite dieser Revision der EURATOM-Grundnormen geteilt sind. Dennoch ist es das Ziel der Kommission, im Laufe des nächsten Jahres einen Richtlinien-Entwurf vorzulegen, nicht zuletzt auch um ihren gegenüber dem Europa-Parlament und dem Rat diesbezüglich eingegangenen Verpflichtung nachzukommen.

Wenn Perspektiven der EG-Strahlenschutzpolitik angesprochen werden, muß zwangsläufig auch auf die von der Kommission beschlossene Wiederaufnahme der Inspektion der Einrichtungen zur Überwachung der Umweltradioaktivität gemäß Artikel 35 des EURATOM-Vertrages eingegangen werden.

Diese Gemeinschafts-Inspektion soll grundsätzlich alle Einrichtungen der Mitgliedstaaten zur Überwachung von kerntechnischen Anlagen umfassen, die Radionuklide in die Umwelt abgeben. Dazu gehören im einzelnen die Überprüfung von:

- Einrichtungen zur Überwachung von Ableitungen in die Umwelt;
- Einrichtungen zur Überwachung der Umweltradioaktivität in der Umgebung kerntechnischer Anlagen;
- Berichten über radioaktive Ableitungen und die Ueberwachung der Umwelt.

Diese Inspektionen, die selektiv erfolgen werden, sollen der Kommission die Möglichkeit geben, die einheitliche Beachtung der für die Umweltradioaktivität geltenden EURATOM-Grundnormen sicherzustellen und insbesondere zu prüfen, ob das ALARA-Prinzip in der Praxis eingehalten wird.

Diese Inspektionen, die unter voller Wahrung der Verantwortlichkeit der Mitgliedstaaten für die Einhaltung der EURATOM-Grundnormen stattfinden, dienen nicht primär der Aufdeckung eventueller Unregelmäßigkeiten, sondern vielmehr einer Harmonisierung der Verfahren zur Messung der Umweltradioaktivität und der radioaktiven Ableitungen.

Die erste Inspektion ist vor kurzem in einem Kernkraftwerk in der Bundesrepublik Deutschland - in Baden-Württemberg - in Zusammenwirken mit den zuständigen Bundes- und Landesbehörden durchgeführt worden; auf Grund der dabei gemachten positiven Erfahrung sieht die Kommission den Inspektionen in anderen EG-Staaten mit Zuversicht entgegen.

Lassen Sie mich abschließen mit einer Bemerkung, die in direktem Zusammenhang mit der Öffnung Osteuropas steht; denn diese Öffnung hat auch neue Perspektiven für eine aktive Unterstützung dieser Länder durch die Europäische Gemeinschaft bei der Förderung der nuklearen Sicherheit eröffnet. Über eine Intensivierung der Zusammenarbeit mit der IAEA hinaus werden, nicht zuletzt auf Wunsch dieser Länder, neue Wege einer direkten Zusammenarbeit mit der Gemeinschaft beschritten werden.

So ist ein Abkommen zwischen EURATOM und UdSSR über eine Zusammenarbeit im Kernenergiesektor in Vorbereitung, das auch den Bereich nukleare Sicherheit einschließen wird. Daneben stehen ad hoc durchgeführte Maßnahmen seitens der Kommission, wie die Lieferung von Personendosimetern für das Gebiet von Tschernobyl und die Veranstaltung eines internationalen Seminars (1.- 5. Oktober 1990 in Luxemburg), das einer kritischen Analyse der Folgen von drei Nuklearunfällen (Kyshtym, Windscale, Tschernobyl) gewidmet war, und an dem auch 50 sowjetische Wissenschaftler teilgenommen haben.

Die vom Rat am 18.12.1989 beschlossene Wirtschaftshilfe für Ungarn und Polen (das sogenannte "Phare Programm"), das inzwischen auf Bulgarien, CSFR und bis zur Stunde 0 des 3. Oktober 1990 auch auf die ehemalige DDR erweitert worden war, schließt ausdrücklich auch den Umweltschutz und die nukleare Sicherheit ein.

Darüberhinaus gehen wir davon aus, daß die osteuropäischen Staaten in Zukunft auch verstärkt in die von der Kommission durchgeführten bzw. geförderten Aktivitäten (Ausbildung und Information im Strahlenschutz; Durchführung von Vergleichsprogrammen in der Meßtechnik; Erfahrungsaustausch mit den Betreibern von Kernkraftwerken über arbeitsplatzbezogene Strahlenbelastung, usw) einbezogen werden.

Sicherlich wird auch die von den 12 EG-Mitgliedstaaten bei der IAEA initiierte internationale Konferenz zur Nuklearen Sicherheit, die im September 1991 stattfinden wird und an der auch die Kommission aktiv beteiligt sein wird, Orientierungsschwerpunkte für die weltweit künftig zu verstärkenden Maßnahmen im Bereich der nuklearen Sicherheit und des Strahlenschutzes setzen, was insbesondere auch für die osteuropäischen Staaten von besonderer Bedeutung sein dürfte.

FUSSNOTEN

(1) Richtlinien zur Festlegung der Grundnormen für den Gesundheitsschutz der Bevölkerung und der Arbeitskräfte gegen die Gefahren ionisierender Strahlungen (Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften Nr. 11 vom 20. Februar 1959).

(2) - Verordnung (EURATOM) Nr. 3954/87 des Rates vom 22. Dezember 1987 zur Festlegung von Höchstwerten an Radioaktivität in Nahrungsmitteln und Futtermitteln im Falle eines nuklearen Unfalls oder einer anderen radiologischen Notstandssituation (Amtsblatt der EG Nr. L 371 vom 30.12.87, S. 11).

- Verordnung (EURATOM) Nr. 944/89 der Kommission vom 12. April 1989 zur Festlegung von Höchstwerten an Radioaktivität in Nahrungsmitteln von geringerer Bedeutung im Falle eines nuklearen Unfalls oder einer anderen radiologischen Notstandssituation (Amtsblatt der EG Nr. L 101 vom 13.4.89, S. 17).

- Verordnung (EURATOM) Nr. 2218/89 des Rates vom 18. Juli 1989 zur Änderung der Verordnung (EURATOM) Nr. 3954/87 zur Festlegung von Höchstwerten an Radioaktivität in Nahrungsmitteln und Futtermitteln im Falle eines nuklearen Unfalls oder einer anderen radiologischen Notstandssituation (Amtsblatt der EG Nr. L 211 vom 22.7.89, S.1).

- Verordnung (EURATOM) Nr. 770/90 der Kommission vom 29. März 1990 zur Festlegung von Höchstwerten an Radioaktivität in Futtermitteln im Fall eines nuklearen Unfalls oder einer anderen radiologischen Notstandssituation (Amtsblatt der EG Nr. L 83 vom 30.3.90, S. 78).

- Verordnung (EWG) Nr. 2219/89 des Rates vom 18. Juli 1989 über besondere Bedingungen für die Ausfuhr von Nahrungsmitteln und Futtermitteln im Falle eines nuklearen Unfalls oder einer anderen radiologischen Notstandssituation (Amtsblatt der EG Nr. L 211 vom 22.7.89, S. 4).

(3) Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften Nr. L 371 vom 30. Dezember 1987, S. 76.

(4) Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften Nr. L 357 vom 7. Dezember 1989, S. 31.

(5) Vorschlag für eine Richtlinie des Rates über den Schutz von externen Arbeitskräften, die beim Einsatz in Anlagen, in denen ionisierende Strahlungen verwendet werden, strahlenexponiert sind (KOM(89)376/3).

(6) Vorschlag für eine Richtlinie des Rates zur Änderung der Richtlinie 80/836/EURATOM über die Grundnormen für den Gesundheitsschutz der Bevölkerung und der Arbeitskräfte gegen die Gefahren ionisierender Strahlungen im Hinblick auf die vorherige Genehmigung der Verbringung radioaktiver Abfälle (KOM(90) 328 endg., Amtsblatt der EG Nr. C 210 vom 23.8.90, S. 7).

(7) Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften Nr. L 265 vom 5. Oktober 1984, S. 1).

Kurzfassung der Paneldiskussion

An der Panel-Diskussion nahmen teil:

Frau Prof. Dr. B. Dörschel, Präsidentin der Vereinigung für Strahlenforschung und Strahlenschutz

Herr Dr. H. Eriskat, Kommission der Europäischen Gemeinschaft

Herr Min.Dir. Dr. W. Hohlefelder, Bundesminister für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit

Herr Prof. Dr. A. Kaul, Präsident des Bundesamtes für Strahlenschutz

Herr Prof. Dr. W. Kraus, Dienststelle Berlin des Bundesamtes für Strahlenschutz

Herr Min.Rat Dipl.-Phys. J. Narrog, Präsident des Fachverbandes für Strahlenschutz

sowie das Publikum.

Leiter und Moderator der Panel-Diskussion war Herr Dr. R. Maushart.

A. Kaul:

Für das Bundesamt für Strahlenschutz ergeben sich mit der deutschen Einheit folgende neue Aufgaben:

- Bewältigung der Probleme im Zusammenhang mit dem Uranbergbau, den radioaktiven Altlasten und der erhöhten natürlichen Radioaktivität in Thüringen und Sachsen

- Bewertung des Strahlenschutzes und der kerntechnischen Sicherheit der Kernanlagen im östlichen Teil Deutschlands

- der Weiterbetrieb des Endlagers Morsleben, sowie die Konditionierung, Erfassung und Ablieferung der radioaktiven Abfälle

- die Erfassung der Radioaktivität der Umwelt durch das IMIS im Westen und das FÜS im Osten, wobei beide Systeme zwecks Vermeidung von Verzögerungen zunächst parallel weiterentwickelt und verknüpft werden

- Ausbau des operativen Strahlenschutzes entsprechend dem ostdeutschen Vorbild.

B. Dörschel:

Unabhängig davon, wann der Zusammenschluß mit dem Fachverband für Strahlenschutz erfolgen wird, sind für die noch existierende Vereinigung für Strahlenforschung und Strahlenschutz folgende zukünftige Aufgaben zu nennen:

1. Besseres Vertrautmachen der Mitglieder mit der Gesetzgebung der Bundesrepublik Deutschland auf dem Gebiet des Strahlenschutzes und auch zumindest teilweise der internationalen Regelungen.

2. In enger Zusammenarbeit mit dem Fachverband für Strahlenschutz

   - Mitarbeit an Aufgaben des wissenschaftlichen Vorlaufs auf dem Gebiet des Strahlenschutzes

   - Erhaltung und Weiterentwicklung des hohen Ausbildungsstandes, wie er im östlichen Teil Deutschlands praktiziert wurde

   - Fragen der Öffentlichkeitsarbeit

W. Hohlefelder:

Zentrale Aufgabe im Zuge der deutschen Einheit ist es, für die Verwaltung - auch auf dem Gebiet des Strahlenschutzes - einheitliche Strukturen zu schaffen, einheitliche Strukturen bezüglich der Organisation, der Regelungsebene und der Rechtsanwendung.

I. Organisation

Der Aufbau der neuen Bundesländer geht langsam aber stetig voran. Der Bundesminister für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit wirkt dabei darauf hin, daß das gesamte Atom- und Strahlenschutzrecht im jeweiligen Umweltressort zusammenbleibt, um Fehlentwicklungen zur Aufsplitterung wie in einigen alten Bundesländern möglichst zu vermeiden. Damit vor der Funktionsfähigkeit der Länderverwaltungen kein Vollzugsdefizit eintritt, wurden entsprechend dem Einigungsvertrag gemeinsame Einrichtungen der Länder geschaffen. Diese werden wahrscheinlich nur Übergangslösungen bleiben.

Auf Frage aus dem Publikum, wie denn überhaupt ein koordiniertes und einheitliches Vorgehen der Bundesländer ermöglicht werde, führte er aus, daß es dazu zwei Instrumente gebe, nämlich

- die Weisungsbefugnis des Bundes im Rahmen der Bundesauftragsverwaltung,

- den Länderausschuß für Atomkernenergie mit seinen Fachausschüssen, in denen in der Regel das einheitliche Handeln abgesprochen wird.

II. Rechtsgrundlagen

Die Rechtsgrundlagen wurden bereits durch den Vertrag über die Währungs-, Wirtschafts- und Sozialunion mit der Übernahme des Atom- und Strahlenschutzrechtes auf das Gebiet der ehemaligen DDR weitgehend vereinheitlicht. Es gibt lediglich noch 2 Abweichungsbereiche, einer davon sind die Altgenehmigungen der ehemaligen DDR, die noch weiter gelten, und zwar

- die Transportgenehmigungen 2 Jahre,
- die Genehmigungen für Atomanlagen (§ 7 AtG) 5 Jahre,
- andere Genehmigungen (z.B. für Endlager) 10 Jahre.

Dennoch ist hier aufsichtliches Handeln geboten, das bis zum Widerruf von Genehmigungen gehen kann.
Der andere Abweichungsbereich ist die teilweise Fortgeltung des Strahlenschutzrechts der ehemaligen DDR im Bergbau.

III. Rechtsanwendung

Bei der Rechtsanwendung können 3 Bereiche unterschieden werden:

1. die Kernkraftwerke
2. die Endlagerproblematik
3. die Südbezirke Ostdeutschlands.

In jedem Fall müssen als erster Schritt gemeinsame Sicherheitsbewertungen durchgeführt werden.

Zu 1.:

Bei den Kernkraftwerken in Greifswald sind Block 2 - 4 vom Netz, Block 1 wird es voraussichtlich im Dezember 1990 sein. Bei Block 5 verliefen die Inbetriebnahmeversuche noch nicht zufriedenstellend. Auch hier ist eine gemeinsame Sicherheitsbewertung von GRS, BfS und gemeinsamer Einrichtung der Länder im Gange. Vor einem positiven Urteil gibt es keine Inbetriebnahme, ein weiterer Nachrüstbedarf ist wahrscheinlich.

Bei den Kernkraftwerken Stendal A (zu 40 % errichtet) und B (zu 15 % errichtet) laufen die Vorbereitungen zur Sicherheitsbewertung.

Die Hauptfrage bei den Kernkraftwerken Ostdeutschlands ist jedoch, wer wird die Genehmigung beantragen? Wer hat die finanzielle Potenz, die Genehmigungsverfahren und den Betrieb durchzuführen? Die EVU haben im Energievertrag die Kernkraftwerke von jeder finanziellen und verpflichtenden Beteiligung ausgenommen, sondern lediglich die Geschäftsbesorgung im Hinblick auf die Antragsverfahren für Greifswald 5 - 8 und Stendal A und B übernommen.

Kürzliche Verhandlungen in der Sowjetunion führten zu dem Ergebnis, daß die Deutschen in ihrer Verantwortung und mit ihren finanziellen Mitteln jede Änderung vornehmen können, die Sowjetunion wird keine Einwände erheben.

Zu 2.:

- Abgebrannte Brennelemente

Die abgebrannten Brennelemente wurden früher in die Sowjetunion zur Wiederaufarbeitung verbracht, seit 1985 und auch in Zukunft geht das nicht mehr. Sie wurden seitdem in den Kernkraftwerken zwischengelagert.

- Endlager Morsleben

Das Endlager Morsleben für schwachradioaktive Abfälle wird jetzt vom Bundesamt für Strahlenschutz betrieben. Die Sicherheitsbewertung wird bis Ende des Jahres abgeschlossen, es besteht derzeit kein Grund, den Betrieb des Endlagers einzustellen.

In der Genehmigung ist festgelegt, daß in Morsleben nur Abfälle aus der ehemaligen DDR eingelagert werden dürfen. Es bedarf noch juristischer Überlegungen - die derzeit noch nicht abgeschlossen sind -, wie diese Bedingung nach der Einheit auszulegen ist. Auf jeden Fall sollte Morsleben weiterhin eine wichtige Rolle bei den schwachaktiven Abfällen spielen.

Zu 3.:

Die Probleme der Südbezirke sind zumindest in Umrissen bekannt. Es kommt nun darauf an, eine genaue Bestandsaufnahme durchzuführen und die Anforderungen an die Sanierung festzulegen. Sanierer muß die Wismut AG und deren Aktionäre sein.

Allerdings ergeben sich sehr schwierige Rechtsfragen.

Atomgesetz und Strahlenschutzverordnung gehen von Anlagen und Umgang aus. Was ist aber mit den an das Territorium übergebenen Absetzbecken, mit den radonbelasteten Häusern, der hohen natürlichen Radioaktivität? Hier gibt es keine Rechtsgrundlagen und keine verbindlichen Grenzwerte.

Zum Schluß sprach er den Mitarbeitern in Ostberlin seinen besonderen Dank aus, weil sie trotz ihrer unsicheren persönlichen Lage hervorragende Arbeit geleistet haben.

W. Kraus:

Für die in Berlin-Karlshorst übergangsweise geschaffene gemeinsame Einrichtung der Länder ergeben sich in nächster Zeit folgende Probleme:

- Die Einrichtung ist für den gesamten Strahlenschutz einschließlich des Bereichs der Röntgenverordnung zuständig. Schon bemerkbaren Tendenzen zur Aufsplitterung in Arbeitsschutz- und Umweltschutzbereich in den neuen Länderverwaltungen muß im Interesse des Strahlenschutzes entgegengewirkt werden.

- Die alten Genehmigungen gelten zwar fort, dennoch muß Genehmigung um Genehmigung durchgeprüft werden, um die Änderungen in der Organisation des Strahlenschutzes auf dem Weg der Aufsicht durchzusetzen.

- Aufgaben, die nicht regionalisiert werden können, sind
  a) die Personendosimetrie,
  b) die fachliche Weiterbildung.

Hier muß möglichst rasch die geeignete Form zur Weiterführung dieser Aufgaben gefunden werden.

- Die Zuordnung des Personals zum Bundesamt für Strahlenschutz und zur gemeinsamen Einrichtung der Länder wird voraussichtlich bald realisiert sein. Dennoch müssen die neuen Mitarbeiter des Bundesamtes für Strahlenschutz noch für eine gewisse Übergangszeit bei nicht aufschiebbaren Genehmigungs- und Aufsichtsaufgaben mitwirken.

- Bezüglich des Sachverständigenwesens sind die Strukturen in Ostdeutschland erst im Aufbau begriffen. Erste Sachverständige werden durch die gemeinsame Einrichtung bestätigt.

  Der TÜV Nord und der TÜV Sachsen-Anhalt verfügen bereits über die nötige fachliche Kompetenz durch Kooperation mit dem TÜV Norddeutschland und dem TÜV Hannover.

H. Eriskat:

Die EG-Kommission ist zuversichtlich, daß alle einschlägigen Strahlenschutzvorschriften von Euratom, wie z.B. die Grundnormen und die Patientenrichtlinie auf das gesamte Deutschland Anwendung finden. Die Zuversicht, daß sich dabei keine größeren Schwierigkeiten ergeben werden, gründet vor allem darauf, daß auch in der ehemaligen DDR die ICRP-Empfehlungen angewendet wurden, wenn auch mit gewissen Abweichungen nach oben und nach unten.

Neben der Sanierung der Kernkraftwerke muß auch der Sanierung des radiologischen Parks im medizinischen Bereich große Aufmerksamkeit geschenkt werden.

Der Regelungsbedarf im Bereich der natürlichen Radioaktivität wurde auch bereits von der EG-Kommission erkannt. Diese Materie ist zweifellos schwierig. Dennoch hat die Kommission schon gewissermaßen als ersten Versuch eine Empfehlung auf diesem Gebiet erarbeitet.

Narrog:

Das Seminar brachte eine Gegenüberstellung des Strahlenschutzes in 3 benachbarten Regionen, nämlich der Schweiz, Westdeutschland und Ostdeutschland. Diese Gegenüberstellung könnte und sollte zur Fehlervermeidung bei der Umstrukturierung und beim Neuaufbau in Ostdeutschland nützlich sein.

Die bereits angelaufene enge Zusammenarbeit zwischen dem Fachverband für Strahlenschutz und der Vereinigung für Strahlenforschung und Strahlenschutz wird bis zur endgültigen Vereinigung der Verbände - vor allem in den Arbeitskreisen des Fachverbands - vertieft fortgeführt.

Die größte Aufgabe für den Strahlenschutz hierzulande werden wohl die Probleme in den Südregionen Sachsens und Thüringens darstellen. Deshalb hat der Fachverband für Strahlenschutz die Gründung eines neuen Arbeitskreises "Radioaktive Altlasten" beschlossen, der zur Lösung der Probleme beitragen und mittelfristig auch gewisse Beiträge zur einschlägigen Diskussion in der Öffentlichkeit leisten könnte.

Auf Frage aus dem Zuhörerkreis führte er aus, daß der Fachverband seine Öffentlichkeitsarbeit durch Schaffung einer Arbeitsgruppe "Öffentlichkeitsarbeit" beim Direktorium unter der Leitung von Herrn Dr. Maushart effektiver gestaltet habe. Diese

Arbeitsgruppe ist jedoch auf die Zuarbeit der Mitglieder des Fachverbandes angewiesen. Jedes Direktoriumsmitglied kann angerufen oder angeschrieben werden, um auf Fragen aufmerksam gemacht zu werden bzw. eigene Beiträge abzuliefern.

Prof. Kaul

ergänzte, daß Öffentlichkeitsarbeit auch eine Aufgabe des Bundesamtes für Strahlenschutz sei, das Informationsmaterial wie z.B. Faltblätter herausgebe, Informationsstellen in Gatow sowie Salzgitter betreibe und eine weitere, möglicherweise mobile Stelle in Kürze in den Südregionen Ostdeuschlands eröffnen werde.

Er schloß seine Ausführungen, daß er im Sinne des Titels des Seminars den Wunsch äußere, daß wir alle etwas gemeinsam für den Strahlenschutz tun, nämlich uns dafür einsetzen, daß die 3 sehr erfolgreichen Einheiten des ehemaligen SAAS, Personendosismeßstelle, Fort- und Weiterbildung sowie Strahlenmedizin, von denen es die 2 letzteren in dieser Form in der alten Bundesrepublik Deutschland nicht gab, erhalten bleiben.

Dr. Maushart

beendete die Panel-Diskussion und die Tagung mit der Bemerkung, daß es wohl das richtige Seminar zur richtigen Zeit war. Er dankte den Veranstaltern der Vereinigung für Strahlenforschung und Strahlenschutz und dem Fachverband für Strahlenschutz, dem Bundesamt für Strahlenschutz für die Gastfreundschaft, dem Bundesminister für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit für die Unterstützung sowie allen Rednern, Helfern und nicht zuletzt auch dem Publikum.

Teilnehmerverzeichnis

Teilnehmer	Institution	Ort
Prof. Dr. Helmut Abel	Zentralinstitut für Isotopenforschung	O-1115 Berlin Robert-Roessle-Straße 10
Siegfried Abelmann	Bundesgesundheitsamt Institut für Wasser-,Boden- und Lufthygiene	W-1000 Berlin 33 Corrensplatz 1
Dr. Lutz Ackermann	Gesellschaft für Reaktorsicherheit mbH	W-1000 Berlin Kurfürstendamm 200
Dr. Wolfgang Alberts	Physikalisch-Technische Bundesanstalt	W-3300 Braunschweig Bundesallee 100
Dipl.-Phys. Lothar Albrecht	Bundesamt für Strahlenschutz Dienststelle Berlin	O-1157 Berlin Waldowallee 117
OMR Dr. Dietrich Arndt	Bundesgesundheitsamt Dienststelle Berlin	O-1157 Berlin Waldowallee 117
Prof.Dr. Karl Aurand		W-1000 Berlin - 38 Marinesteig 8
Dr. Dietrich Bachner	Gesellschaft für Reaktorsicherheit mbH	W-5000 Köln 1 Schwertnergasse 1
Dr. Klaus Bätjer Claassen	M.A.U.S. e.V.	W-2800 Bremen 1 Rembertistraße 31
Prof. Dr. Reinhard Barke		O-8054 Dresden Leonhardistraße 20
Dipl.-Betr. Rainer Bartels	SINA-Industriesevice GmbH	W-7530 Pforzheim Bayernstraße 53
Dipl.-Phys. Heimbert Baumann	Bundesamt für Strahlenschutz Dienststelle Berlin	O-1157 Berlin Waldowallee 117
Prof.Dr. Klaus Becker	Deutsches Institut für Normung e.V.	W-1000 Berlin 30 Burggrafenstraße 6
Dr. Eckhard Beise	Gesellschaft für Reaktorsicherheit mbH	W-1000 Berlin Kurfürstendamm 200
Wolfgang Bentelo	Gem. Kernkraftwerk Neckar GmbH	W-7129 Neckarwestheim
Dr. Tilo Berndt	Kliniken Zschadraß Physikalisch-medizinische Abt.	O-7241 Zschadrass Am Hainberg 28
Dipl.-Ing. Ralph Bernhardt	Offiziershochschule Löbau	O-8700 Löbau Wilhelm-Pieck-Straße 17

Teilnehmer	Institution	Ort
Dipl.-Paed. Marlies Beutell	Bundesamt für Strahlenschutz Dienststelle Berlin	O-1157 Berlin Waldowallee 117
Dipl.-Phys. Andreas Beutmann	Zfk Rossendorf	O-8051 Dresden Postfach 19
Dipl.-Ing. Dieter Beyer	Forschungszentrum Jülich GmbH Abteilung Sicherheit und Strahlenschutz	W-5170 Jülich 1 Postfach 1913
Dr. Werner Bischof	Institut für Völkerrecht	W-3400 Göttingen Platz der Göttinger Sieben 5
Dipl.-Ing. Dirk Blavius	TH Zittau	O-8800 Zittau Theodor-Körner-Alle 16
Dr. Jürgen Böhm	Physikalisch-Technische Bundesanstalt Lab. 6.21	W-3300 Braunschweig Bundesallee 100
Dr. Friedhelm Börchers	Technischer Überwachungsverein e.V. Hauptabteilung Kerntechnik und Strahlenschutz	W-3000 Hannover PF 810551
Prof. Dr. Hans Bonka	RWTH Aachen Lehrgebiet Strahlenschutz in der Kerntechnik	W-5100 Aachen Templergraben 55
Dieter Borchardt	Hahn-Meitner-Institut Abteilung Strahlenschutz	W-1000 Berlin 39 Glienicker Straße 100
Gerhard Brunner		Leipzig
Dipl.-Phys. Hans Brunner	BAG Bundesamt für Gesundheitswesen Sektion Nationale Alarmzentrale (SNAZ)	8044 Zürich Ackermannstraße 26
Dr. Thomas Bünger	Bundesgesundheitsamt Institut für Wasser-,Boden- und Lufthygiene	W-1000 Berlin 33 Corrensplatz 1
Dipl.-Phys. Klaus Buß	Landesamt für Umweltschutz Außenstelle Nordbayern	W-8650 Kulmbach Schloß Steinenhausen
Dr. David Chen		5400 Baden (CH) Dammstraße 5
Dipl.-Ing. Karl-Elmar Crefeld	Gesellschaft für Nuklear-Service mbH	W-4300 Essen Zweigertstraße 28-30
Dipl.-Phys. Renate Czarwinski	Bundesamt für Strahlenschutz Dienststelle Berlin	O-1157 Berlin Waldowallee 117
Dr. Andreas Dalheimer	Bundesamt für Strahlenschutz Dienststelle Neuherberg	W-8042 Neuherberg Ingolstädter Landstraße 1
Christian Damm	Zfk Rossendorf	O-8051 Dresden Postfach 19
Dipl.-Ing. Hans-Heinrich Deicke	Zentralinstitut für Isotopen- und Strahlenforschung Bereich Tracerforschung	O-7050 Leipzig Permoserstraße 15
Dr. Achim Dietz	Bundesamt für Strahlenschutz Dienststelle Berlin	O-1157 Berlin Waldowallee 117

Teilnehmer	Institution	Ort
Prof.Dr. Günther Dietze	Physikalisch-Technische Bundesanstalt	W-3300 Braunschweig Bundesallee 100
Dr. Sabine Dippner	Umweltbehörde Amt für Genehmigung und Überwachung Atomrechtliche Aufgaben	W-2000 Hamburg 26 Eiffestraße 398
Prof. Dr. Birgit Dörschel	Technische Universität Dresden Sektion Physik Institut für Strahlenschutzphysik	O-8027 Dresden Mommsenstraße 13
Frank Domke	HERFURTH GmbH	W-2000 Hamburg 50 Postfach 500648
Dr. Rainer Dorner	Universität Hannover Zentraleinrichtung für Strahlenschutz	W-3000 Hannover Am kleinen Felde 30
Dr. Klaus Ebel	Endlager für radioaktive Abfälle Morsleben	O-3241 Morsleben
Ministerialrat Hannes Edelhäuser	Bundesministerium für Umwelt,Naturschutz und Reaktorsicherheit	W-5300 Bonn Postfach 120629
Dr. Bernd-Udo Edelmann	Bundesamt für Strahlenschutz Dienststelle Berlin	O-1157 Berlin Waldowallee 117
Dr. Dietrich Ehrlich	Bundesamt für Strahlenschutz Dienststelle Braunschweig	W-3320 Salzgitter Postfach 100149
Dr. Karl-Heinz Eife	SDAG Wismut Betrieb 102	O-6517 Seelingstädt
Dr. Gerd Georg Eigenwillig	Siemens AG Bereich KWU/W11	W-6050 Offenbach Postfach 101063
Ing. Manfred Eisenreich	Bundesamt für Strahlenschutz Dienststelle Berlin	O-1157 Berlin Waldowallee 117
Dipl.-Ing. Norbert Elstermann	SINA Industrieservice GmbH	W-753 Pforzheim Bayernstraße 53
Shoukri El-Dabber	TH Zittau	O-8800 Zittau Theodor-Körner-Allee 16
Ing. Hans Endert		O-1615 Zeuthen Niemöllerstraße 7
Ing. Karin Engler	Zentralinstitut für Kernforschung Rossendorf	O-8051 Dresden Postfach 19
Dr. Waldemar Erdtmann	Deutsches Institut für Normung e.V.	W-1000 Berlin 30 Burggrafenstraße 4-10 PF 1107
Dipl.-Phys. Gerhard Eschner	Kraftwerks- und Anlagenbau AG	O-1140 Berlin Allee der Kosmonauten 32
Dr. Eckhard Ettenhuber	Bundesamt für Strahlenschutz Dienststelle Berlin	O-1157 Berlin Waldowallee 117
Dipl.-Phys. Christel Fasten	Bundesamt für Atomsicherheit und Strahlenschutz	O-1136 Berlin Waldowallee 117
Dr. Jürgen Fellinger	TU Dresden Sektion Physik WB Strahlenschutzphysik	O-8027 Dresden Mommsenstraße 13

Teilnehmer	Institution	Ort
Dr. Friedrich Fenzl	Brennelementlager Gorleben Gmbh	W-3131 Gorleben Lüchower Straße 8
Ulrich Fielitz	Universität Göttingen Institut für Wildbiologie	W-3400 Göttingen Bürgenweg 3
Dr. Jürgen Fietz	ZfK Rossendorf	O-8051 Dresden PF 19
Prof. Dr. Wilhelm Finck	Radiologische Klinik	O-2500 Rostock Gertrudenplatz
Ulrike Fink	Gruppe Ökologie	W-3000 Hannover Immengarten 31
Dipl.-Ing. Bernd Franzke	Bundesamt für Strahlenschutz Dienststelle Berlin	O-1157 Berlin Waldowallee 117
Dipl.-Chem. Klaus Frenkler	Forschungszentrum Jülich	W-5170 Jülich Nordstraße 43
Dr. Eberhard Frenzel	FAG Kugelfischer Georg Schäfer KGaA	W-8520 Erlangen Frauenauracher Straße 98
Eva Maria Friedland	Hahn-Meitner-Institut Berlin	W-1000 Berlin 39 Glienicker Straße 100
Dipl.-Ing. Jens Friedrich	Hahn-Meitner-Institut Gmbh Abt. ZRA	W-1000 Berlin 39 Glienicker Straße 100
Dipl.-Phys. Andreas Friske	Energiewerke Nord AG Betrieb Berlin	O-1093 Berlin Falkenberger Chaussee 48
Dipl.-Phys. Klaus-Jürgen Fritz	Bezirksverwaltungsbehörde Halle Abt. Umweltschutz	O-4020 Halle Willy-Lohmann-Straße 7
Dipl.-Phys. Benno Fünsch	Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg	W-7500 Karlsruhe 21 Hertzstraße 173
Ing. Gerd Fürle	IKR Bitterfeld GmbH	O-4400 Bitterfeld Glückaufstraße 2
Dr. Ulrich Fusbahn	Bundesgesundheitsamt Institut für Wasser-,Boden- und Lufthygiene	W-1000 Berlin 33 Corrensplatz 1
Dipl.-Ing. Reinhold Gammel	Badenwerk	W-7500 Karlsruhe Badenwerkstr.2 Postfach 1680
Dipl.-Chem. Volker Genrich	Genitron Instruments GmbH	W-6000 Frankfurt a. M. 90 Heerstraße 149
Dr. Werner Gerullis	Kraftwerks-und Anlagenbau AG	O-1140 Berlin Allee der Kosmonauten 32
Studentin Isabel Ghosh	Berufsakademie Staatliche Studienakademie Karlsruhe Fachrichtung Strahlenschutz	W-4740 Oelde 1 Händelstraße 8
Dr. Frank Giesel	Bundesamt für Strahlenschutz Dienststelle Berlin	O-1157 Berlin Waldowallee 117
Dr. Wolfgang Goldammer	BRENK Systemplanung	W-5100 Aachen Heinrichsallee 38

Teilnehmer	Institution	Ort
Rainer Goppelt	Münchener Apparatebau für elektronische Geräte GmbH	W-8014 Neubiberg Pf. 1108 Prof.-Messerschmitt-Straße 3
Dipl.-Ing. Henri Graffunder	R. Buchen GmbH	W-7500 Karlsruhe 31 Gewerbering 4
Dr. Manfred Grelle	ZI Isotopen-und Strahlenforschung Bereich Strahlenquellen und Nuklearpharmaka	O-1115 Berlin-Buch Robert-Rössle-Straße 10
Dipl.-Phys. Klaus Griese	Kraftwerks- und Anlagenbau AG	O-1140 Berlin Allee der Kosmonauten 32
Dr.-Ing. Michael Gröber	Hochschule für Seefahrt Warnemünde/Wustrow	O-2530 Rostock-Warnemünde R.-Wagner-Straße 31
Ing. Wolfgang Grün	Bundesamt für Strahlenforschung Dienststelle Berlin	O-1157 Berlin Waldowallee 117
Dr. Fritz Gühne	Kraftwerks- und Anlagenbau AG Abteilung NI 8	O-1140 Berlin Allee der Kosmonauten 32
Dipl.-Phys. Peter Guglhör	Technischer Überwachungsverein Bayern e.V.	W-8000 München 21 Westendstraße 199
Dipl.-Phys. Detlef Gumprecht	Bundesamt für Strahlenschutz Geschäftsstelle der Strahlenschutzkommision	W-5300 Bonn 1 Postfach 120629
Prof. Dr. Jürgen Hacke	Hahn-Meitner-Institut GmbH Abteilung Strahlenschutz	W-1000 Berlin 39 Glienicker Straße 100
Dipl.-Phys. Tomas Hahn	Technische Universität Dresden Sektion Physik Institut für Strahlenschutzphysik	O-8027 Dresden Mommsenstraße 13
Dr. Udo Haller	Energiewerke Nord AG	O-2200 Greifswald
Dr. Ludwig Hambeck	Wismut AG Wissenschaftlich- Technisches Zentrum	O-9125 Chemnitz Chemnitzer Straße 13
Dr. Christine Hansen	Gesellschaft für Strahlen-und Umweltforschung Institut für Biophysikalische Strahlenforschung	W-6000 Frankfurt a.M. 70 Paul-Ehrlich-Straße 20
Peter Harisch	Münchener Apparatebau für elektronische Geräte GmbH	W-8014 Neubiberg Prof.-Messerschmitt-Straße 3
Dipl.-Phys. Holger Hartmann	TU Dresden Institut für Strahlenschutzphysik	O-8027 Dresden Mommsenstraße 13
Dr. Bernhard Heck	EG&G GmbH	W-8000 München 80 Hohenlindener Straße 12
Dr. Hendrik Heering	MV.Kema	6812 Arnhem /Holland Utrechtseweg 310
Dr. Günter Heinemann	Preussen Electra AG	W-2160 Stade Tanklager Stadersand
Kristina Helling	Zfk Rossendorf	O-8051 Dresden PF 19

Teilnehmer	Institution	Ort
Peter Henke	HARSHAW CHEMIE GmbH	W-5632 Wermelskirchen 1 Victoriastraße 5 PF 1360
Dr. Klaus Henrichs	Gesellschaft für Strahlenforschung Institut für Strahlenschutz	W-8042 Neuherberg Ingolstädter Landstraße 1
Dipl.-Chem. Gisela Henze	Bundesamt für Strahlenschutz Dienststelle Berlin	O-1157 Berlin Waldowallee 117
Dipl.-Phys. Hans-Christian Hermsdorf	Städt. Kliniken Offenbach Abteilung Strahlenphysik	W-6050 Offenbach Starkenburgring 66
Dr. Dieter Herrmann	Physikalisch- Technische Bundesanstalt Fachabteilung Ionis. Strahlung	O-1162 Berlin Fürstenwalder Damm 388
Eiko Herrmann		
Wilhelm Herrmann	BAM Dienststelle Königs Wusterhausen	O-1600 Königs Wusterhausen
Dipl.-Ing. Iris Hillebrand	Kernforschungszentrum Karlsruhe Hauptabteilung Sicherheit/Arbeitsschutz und Sicherheit	W-7500 Karlsruhe 1 Postfach 3640
Ass.jur. Herbert Hollmann	Kernforschungszentrum Karlsruhe Hauptabteilung Sicherheit/Arbeitsschutz und Sicherheit	W-7500 Karlsruhe 1 Postfach 3640
Dipl.-Phys. Bernd Horlbeck	Kraftwerks- und Anlagenbau AG	O-1140 Berlin Allee der Kosmonauten 32
Prof. Dr. Klaus Hübner	TU Dresden Sektion Physik	O-8027 Dresden Mommsenstraße 13
Dipl.-Ing. Luis Izquierdo	Gemeinschaftskernkraftwerk Neckar GmbH	W-7129 Neckarwestheim Postfach
Dr. Herbert Jacobs	Forschungszentrum Jülich GmbH	W-5170 Jülich Postfach 1913
Dr. Christine Jäckle	Kernkraftwerk Rheinsberg Betriebsambulatorium	O-1955 Rheinsberg Straße der Jugend
Dipl.-Ing. Heino Jans	Jans GmbH	W-5810 Witten Hellweg 42 Postfach 1465
Dr. Klaus Jansen	Landesamt für Umweltschutz und Gewerbeaufsicht	W-6500 Mainz Rheinallee 97-100
Dipl.-Phys. Manfred Jörn	Meteorologischer Dienst Forschungsinstitut für Agrarmeteorologie	O-4050 Halle (S.) Am Donnersberg 12
Dipl.-Phys. Bernhard John	Staatliches Gewerbeaufsichtsamt Kassel	W-3500 Kassel
Dipl.-Phys. Ute John	Umweltamt Kassel	W-3500 Kassel
Dr. Peter Jugelt	TU Dresden Sektion Physik Insitut für Strahlenschutzphysik	O-8027 Dresden Mommsenstraße 13

Teilnehmer	Institution	Ort
Dipl.-Ing. Hermann-Josef Jung	Hahn-Meitner-Institut GmbH Abteilung ZRA	W-1000 Berlin 39 Glienicker Straße 100
Dipl.-Phys. Michael Kaden	Kraftwerks- und Anlagenbau AG	O-1140 Berlin Allee der Kosmonauten 32
Dipl.-Ing Wilfried Kandler	INTERTECHNIQUE Deutschland GmbH	W-6500 Mainz Nahestraße 2
Prof. Dr. Alexander Kaul	Bundesamt für Strahlenschutz	W-3320 Salzgitter 1 Albert-Schweitzer-Straße 18
Prof. Dr. Uwe Keyser	Phys.-Techn. Bundesanstalt Abteilung 6	W-33 Braunschweig Bundesallee 100
Dr. Manfred Kirsch	Medizinische Akademie Erfurt Klinik für Radiologie	O-5010 Erfurt Nordhäuser Straße 74
Dr. Peter Klemt	Strahlenmeßstelle Nord	W-3042 Munster/Örtze Humboldtstraße
Dipl.-Ing. Reimund Klüter	Picker International GmbH	W-4992 Espelkamp Marienwerder Straße 2
Dr. Günter Kluge	Kernkraftwerk Stendal GmbH	O-3500 Stendal PF 905
Dipl.-Phys. Hermann Kluge	Physikalisch-Technische Bundesanstalt Braunschweig	W-3300 Braunschweig Bundesallee 100
Dipl.-Ing. Heiko Knappschneider	Schule für Berufsbezogene Weiterbildung (Sfbw)	W-7530 Pforzheim Bayernstraße 53
Dr. Bernd Knobus	Zentralinstitut für Kernforschung Rossendorf	O-8051 Dresden PF 19
Dipl.-Phys. Gerhard Köhler	Kraftanlagen Heidelberg	W-6900 Heidelberg Im Breitspiel 7
Dipl.-Phys. Karl König	Bundesamt für Strahlenschutz Institut für Strahlenhygiene	O-8042 Neuherberg Ingolstädter Landstraße 1
Dipl.-Ing. Gerd Köppke	IKR Bitterfeld GmbH	O-4400 Bitterfeld Glückaufstraße 2
Dipl.-Phys. Hanns-Joachim Körner	Hess. Landesanstalt für Umwelt	W-3500 Kassel Ludwig-Mond-Straße 33
Prof. Dr. Walter Kolb	Physikalisch-technische Bundesanstalt	W-3300 Braunschweig Bundesallee 100 PF 3345
Dr. Klaus Konschak	Technische Hochschule Zittau	O-8800 Zittau Theodor-Körner-Allee 16
Dr. Hans Korn	Bundesamt für Strahlenschutz Dienststelle Berlin	O-1157 Berlin Waldowallee 117
Dr. Ralf Krettner	Gesellschaft für Strahlen- und Umweltforschung	W-8042 Neuherberg Ingolstädter Landstraße 1
Alfred Krippendorf	Übungsplatz Storkow	O-1233 Storkow PF 82805
Dr. Hans-Lars Kronholz	Klinik und Poliklinik für Strahlentherapie Universität Münster	W-4400 Münster Albert-Schweitzer-Straße 33
Dr. Wolfgang Krüger	Bundesamt für Strahlenschutz Dienststelle Berlin	O-1157 Berlin Waldowallee 117

Teilnehmer	Institution	Ort
Dr. Gerhard Kübler	Gewerbeaufsichtsamt Stuttgart	W-7145 Stuttgart Graf-Eberhard-Weg 21
Dr. Renate Künkel	Gesellschaft für Schwerionenforschung mbH	W-6100 Darmstadt/Wixhausen Planckstraße 1
Dipl.-Phys. Christian Küppers	Öko-Institut	W-6100 Darmstadt Prinz-Christians-Weg 7
Dipl.-Chem. Karin Kugel	Bundesamt für Strahlenschutz Dienststelle Berlin	O-1157 Berlin Waldowallee 117
Dipl.-Phys. Rainhard Kunze	Kraftwerks- und Anlagenbau AG	O-1140 Berlin Allee der Kosmonauten 32
Dipl.-Ing. Siegfried Kurze	Kernkraftwerk Stendal GmbH	O-3500 Stendal PSF 905
Dipl.-Ing. Joachim Lange	Deutsche Gesellschaft zum Bau und Betrieb von Endlagern für Abfallstoffe mbH	W-3150 Peine Woltorfer Straße 74
Dipl.-Ing. Dieter Langhans		O-1403 Birkenwerder Martin-Luther-Straße 3
Dipl.-Ing. Kurt Langhans		O-1260 Strausberg Philipp-Müller-Straße 7
Dr. Raimund Lauer	Anstalt für Hygiene Feste Abfallstoffe, Bodenbelastungen, Umweltradioaktivität	W-2000 Hamburg 54 Gazellenkamp 38
Dipl.-Ing. Bernd Lehmann	Unabhängige Meßstelle Berlin des Strahlentelex	W-1000 Berlin 21 Turmstraße 13
Dr. Siegfried Lenkeit	Schule für Kerntechnik Kernforschungszentrum Karlsruhe	W-7500 Karlsruhe 1 Postfach 3640
Dr. Horst Lenne	Strahlenschutzseminar der Universität Kiel	W-2300 Kiel 1 Olshausenstraße 40
Holm Liewke		
Dipl.-Phys. Thomas Linke	Hamburgische Electricitätswerke AG	W-2000 Hamburg 60 Ueberseering 60
Klaus Lischke	GRAETZ Strahlungsmeßtechnik GmbH	W-5990 Altena /Westf. Westiger Straße 172 PF 1246
Dr. Wolfgang Lötzsch	Geophysik Bohrlochmessung Gommern	O-3060 Magdeburg Liebknechtstraße 38
Dr. Friedrich Ludwieg		W-4044 Kaarst 1 Hanauer Weg 57
Dr. Horst Lutze	WTZ der Wismut AG	O-9125 Grüna Karl-Marx-Straße 13
Wolfgang Maier	Canberra-Packard GmbH	W-6000 Frankfurt/Main 71 Hahnstraße 70
Dieter Majer	Hess. Ministerium für Umwelt und Reaktorsicherheit	W-6200 Wiesbaden Kleiststraße 25
Manfred Majewski	HARSHAW CHEMIE GMBH	W-5632 Wermelskirchen 1 Viktoriastraße 5 PF 1360

Teilnehmer	Institution	Ort
Dr. Rupprecht Maushart	Labor Prof. Dr. Berthold	W-7547 Wildbad 1 Calmbacher Straße 22
Dr. Burkhard Menzel	Bundesamt für Strahlenschutz Dienststelle Berlin	O-1157 Berlin Waldowallee 117
Dr. Udo Michaelis	Kraftwerks- und Anlagenbau AG	O-1140 Berlin Allee der Kosmonauten 32
Dipl.-Ing. Harm-Wulf Modreker	Kraftanlagen Heidelberg	W-6900 Heidelberg Im Breitspiel 7
Wolfgang Mohrmann	RWE Energie AG Betriebsverwaltung Mühlheim-Kärlich	W-5403 Mühlheim Am guten Mann PF 125
Dr. Dietrich Müller	Zentralinstitut für Isotopen-und Strahlenforschung	O-7050 Leipzig Permoserstraße 15
Ing. Peter Müller	Phys.-Technische Bundesanstalt Dienststelle KönigsWusterhausen	O-1600 Königs Wusterh.
Dipl.-Ing. Wolfgang Müller	EG & G ORTEC-BERTHOLD	W-1000 Berlin
Dipl.-Phys. Jürgen Narrog	Ministerium für Umwelt Baden-Württemberg	W-7000 Stuttgart 1 Kernerplatz 9 PF 103439
Ing. Peter Nemecek	Labor Prof.Dr. Berthold Gmbh & Co.	W-8520 Erlangen Spardorfer Straße 25a
Dr. Lutz Nessau	NUKEM GmbH	W-8755 Alzenau Industriestraße 13
Dipl.-Phys. Alfred Neu	Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg	W-7500 Karlsruhe 21 Hertzstraße 173
Dipl.-Ing. Wolfgang Neumann	Kerntechnische Hilfsdienst GmbH	W-7514 Eggenstein-Leopolds. Am Schröcker Tor
Dr. Norman Niehues	Deutsche Gesellschaft zum Bau und Betrieb von End-lagern für Abfallstoffe mbH (DBE)	W-3150 Peine Woltorfer Straße 74
Dipl.-Phys. Friedhelm Nürbchen	IWG-UMATEC GmbH Umwelt-und Automatisierungstechnik	W-1092 Berlin Genslerstraße 13 PF 77
Dipl.-Ing. Agissilaos Pantos	Hahn-Meitner-Institut Berlin GmbH	W-1000 Berlin 39 Glienicker Straße 100
Dipl.-Ing. Stephan Pawlytsch	Barlian-Technik GmbH Mobile Meßtechnik	W-5100 Aachen Annastraße 18 Postfach: 307
Dr. Lars Persson	Staatliches Institut für Strahlenschutz Stockholm	S-1040 Stockholm Box 60204
Rudolf Peters	Energiewerke Nord AG	O-2200 Greifswald
Wolfgang Petter	SDAG Wismut Betrieb 102	O-6517 Seelingstädt
Prof. Dr. Henning v. Philipsborn	Universität Regensburg	W-84 Regensburg
Dipl.-Phys. Jürgen Pickschneider	Kraftwerks- und Anlagenbau AG	O-1140 Berlin Allee der Kosmonauten 32
Dipl.-Phys. Ernst Piesch	Forschungszentrum Karlsruhe Abt. äußere Dosimetrie	Karlsruhe

Teilnehmer	Institution	Ort
Dr. Wolfgang Pilz	Meßelektronik "Otto Schön" Dresden	O-8012 Dresden PSF 211
Dr. Klaus Pingel	Universität-Gesamthochschule-Siegen Fachbereich 7 (Physik)	W-5900 Siegen Adolf-Reichwein-Straße
Dr. Eberhard Pitt	I.Physikalisches Institut Justus-Liebig-Universität	W-6300 Giessen Heinrich-Buff-Ring 16
Dr. Karlfried Poulheim	Siemens AG UB KWU	W-8520 Erlangen Hammerbacherstraße 12+14
Jürgen Priester	SDAG Wismut Betrieb 102	O-6517 Seelingstädt
Dr. Sieglinde Przyborowski	Bundesamt für Strahlenschutz Dienststelle Berlin	O-1157 Berlin Waldowallee 117
Roland Pulzer	Kraftwerks- und Anlagenbau AG	O-1140 Berlin Allee der Kosmonauten 32
Dr. Hans-Otto Raguse	Bundesamt für Strahlenschutz Dienststelle Berlin	O-1157 Berlin Waldowallee 117
Dr. Günther Reichel	Medizinische Akademie Magdeburg	O-3090 Dresden Leipziger Straße 44
Dipl.-Ing. Alexandra Reichenbach	Bundesamt für Strahlenschutz Dienststelle Berlin	O-1157 Berlin Waldowallee 117
Dr. Hans-Jürgen Reinecke	Universität Tübingen Isotopenlabor	W-7400 Herrenberg Auf der Morgenstelle 24
Dipl.-Phys. Jens Reinhard	TU Dresden Sektion Physik Institut für Strahlenschutzphysik	O-8027 Dresden Mommsenstraße 13
Uwe Reinholz	Institut für Produktprüfung und Industrietoxikologie	O-1600 Königs Wusterh. Schenkendorfer Landstraße
Dr. Dieter Richter	Bundesamt für Strahlenschutz Dienststelle Berlin	O-1157 Berlin Waldowallee 117
Siegmar Richter	SDAG Wismut Generaldirektion	O-9061 Chemnitz Carl-von-Ossietzkistraße 210
Dipl.-Phys. Arndt Rimpler	Bundesamt für Strahlenschutz Dienststelle Berlin	O-1157 Berlin Waldowallee 117
Dipl.-Phys. Veit Ringel	ZfK Rossendorf	O-8051 Dresden PF 19
Karl-Heinz Ritzenhoff	Staatliches Materialprüfungsamt NRW	W-4600 Dortmund 41 Marsbruchstraße 186
Rölling		Leipzig
Dr. Werner Rossbander	Zentralinstitut für Kernforschung Rossendorf	O-8051 Dresden PF 19
Dr. Horst Rühle	Bundesgesundheitsamt Institut für Wasser-,Boden- und Lufthygiene	W-1000 Berlin 33 Corrensplatz 1
Rughoeft	Bundesgesundheitsamt Institut für Wasser-,Boden- und Lufthygiene	W-1000 Berlin 33 Corrensplatz 1

Teilnehmer	Institution	Ort
Dr. Klaus Runge	Zentralinstitut für Kernforschung Rossendorf	O-8051 Dresden PF 19
Prof. Dr. Jürgen Sahm	Technische Universität Berlin FB Physik	W-1000 Berlin 12 Hardenbergstraße 36
Dr. Paul Sauermann		W-5100 Aachen Am Keilbusch 8
Dipl.-Phys. Bernhard Schallopp	Büro Schallopp Berlin	W-1000 Berlin W 44 Karl-Marx-Straße 165
Dipl.-Phys. Elisabeth Schallopp	Büro Schallopp Berlin	W-1000 Berlin W 44 Karl-Marx-Straße 165
Prof. Dr. Arthur Scharmann	I.Physikalisches Institut Justus-Liebig-Universität	W-6300 Giessen Heinrich-Buff-Ring 16
Ingo Schesonka	Herfurth GmbH	W-2000 Hamburg 50 Beerenweg 6-8 PF 500648
Dr. Horst Schieferdecker	Kernforschungszentrum Karlsruhe GmbH	Karlsruhe Postfach 3640
Dipl.-Ing. Uwe-Karsten Schkade	Bundesamt für Strahlenschutz Dienststelle Berlin	O-1157 Berlin Waldowallee 117
Dr. Wolfram Schladitz	Bundesamt für Strahlenschutz Dienststelle Berlin	O-1157 Berlin Waldowallee 117
Gerhard Schmidt	Öko-Institut Darmstadt	W-6100 Darmstadt
Annemarie Schmitt-Hannig	Bundesamt für Strahlenschutz Institut für Strahlenhygiene	W-8042 Neuherberg Ingolstädter Landstraße 1
Dipl.-Chem. Johannes Schober	ASEA Brown Boveri AG Fachstelle Strahlenschutz	5401 Baden (CH)
Ing. Günther Scholz	Zentralinstitut für Kernforschung Rossendorf Abt. Strahlenschutzmeßtechnik	O-8051 Dresden PF 19
Dr. Wolfdietrich Schreiter	Energiewerke NORD AG	O-2200 Greifswald
OMR Prof. Werner Schüttmann		O-1141 Berlin Oeseler Straße 17
Prof. Dr. Jürgen Schütz	Universität Münster Zentrum für Strahlenmedizin	W-4400 Münster Albert-Schweitzer-Straße 33
Prof. Dr. Heinrich Schultz	ZFS Universität Hannover	W-3000 Hannover
Dr. Horst Schulze	Zentralinstitut für Isotopen- und Strahlenforschung	O-7062 Leipzig Permoserstraße 15
Peter Schumacher		W-2000 Hamburg
Herwig Schwarz	Bundesamt für Wehrtechnik und Beschaffung	W-5400 Koblenz Postfach 7360
Lothar Seidel		Berlin
Dipl.-Phys. Hermann Seifert	Technische Universität Dresden Sektion Physik Institut für Strahlenschutzphysik	O-8027 Dresden Mommsenstraße 13
Dipl.-Ing. Klaus Siebertz	TÜV Rheinland	W-5000 Köln 1 Postfach 101750

Teilnehmer	Institution	Ort
Dipl.-Ing. Ryszard Siwicki	Central Laboratory for Radiological Protection	03-194 Warszawa / PL ul. Konwaliowa 7
Dr. Dieter Sommer	Kernkraftwerk Obrigheim GmbH Abt. Überwachung	W-6952 Obrigheim Kraftwerkstraße 1
Dr. Wolfgang Sowa	Bundesamt für Strahlenschutz Dienststelle Berlin	O-1157 Berlin Waldowallee 117
Dipl.-Ing. Heinz Spiller	Arbeitshygieneinspektion der BVB Frankfurt/Oder	O-1200 Frankfurt/Oder Otto-Grotewohl-Straße 53
Ing. Gisela Stege	Bundesamt für Strahlenschutz Dienststelle Berlin	O-1157 Berlin Waldowallee 117
Karl-Heinrich Steinmetz	Senatsverwaltung Stadtentwicklung und Umweltschutz	W-1000 Berlin W 41 Peschkestraße 5
Dr. Barbara Stolze	Bundesamt für Strahlenschutz Dienststelle Berlin	O-1157 Berlin Waldowallee 117
Dr. Heinz Strauss	Bundesamt für Strahlenschutz Dienststelle Berlin	O-1157 Berlin Waldowallee 117
Dr. Gerd Streubel	Technische Universität Dresden Sektion Physik Institut für Strahlenschutzphysik	O-8027 Dresden Mommsenstraße 13
Diethelm Stuck	Energiewerke NORD AG	O-2200 Greifswald
Dipl.-Ing. Wolfgang Tachlinski	Kernforschungszentrum Karlsruhe	W-7500 Karlsruhe 1 Postfach 3640
Dr. Klaus Tägder	Wirtschaftsverband Kernbrennstoff-Kreislauf e.V. (WKK)	W-5300 Bonn 1 Adenauerallee 90
Dipl.-Chem. Dieter Tauchert	Staatsbäder Bad Brambach-Bad Elster Quellenlabor	O-9932 Bad Brambach
Dipl.-Ing. Jürgen Thieme	Institut für Spezialbauten	O-1157 Berlin Godesberger Straße 3
Hans-Wolf Thümmel		Leipzig
Dipl.-Phys. Susanne Tillack	Technische Universität Dresden Sektion Physik Institut für Strahlenschutzphysik	O-8027 Dresden Mommsenstraße 13
Dipl.-Ing. Hans-Joachim Traebert		O-1156 Berlin Franz-Jacob-Straße 1
Dr. Georg Tschirne	Bundesamt für Strahlenschutz Dienststelle Berlin	O-1157 Berlin Waldowallee 117
Frank Ulrich	SDAG Wismut Betrieb 102	O-6517 Seelingstädt
Dr. Heinz Viertel	Bundesgesundheitsamt Institut für Wasser-,Boden- und Lufthygiene	W-1000 Berlin 33 Corrensplatz 1
Dr. Elemer Viragh	Kernkraftwerk Paks Abteilung Strahlenschutz	H-7031 Paks/ Ungarn Postfach 71

Teilnehmer	Institution	Ort
Dr. Hansruedi Völkle	Sektion Überwachung der Radioaktivität Physikinstitut der Universität	1700 Fribourg/Schweiz Rue du Musee 3
Dr. G. Vogt	Georg-August-Universität Göttingen Betriebsärztliche Abteilung	W-3400 Göttingen Robert-Koch-Straße 40
Siegfried Vogt	MAN Gutehoffnungshütte AG	W-4200 Oberhausen Bahnhofstraße 66 PF 110240
Hubert Voigtmann	Meßelektronik Dresden GmbH	O-8012 Dresden PSF 211
Günter Wäsche	Bezirksverwaltungsbehörde Magdeburg	O-3010 Magdeburg Olvenstedter Straße 1 PSF 1
Gerald Wagner	Bundesamt für Strahlenschutz Fachbereich ET	W-3320 Salzgitter Albert-Schweitzer-Straße 18
Prof. Dr. Siegfried Wagner	Physikalisch-Technische Bundesanstalt	W-3300 Braunschweig Bundesallee 100 PF 3345
Dipl.-Ing. Jürgen Wahl	Arbeitsgemeinschaft Versuchs-Reaktor (AVR) GmbH	W-5170 Jülich Hambacher Forst
Dr. Joachim Waigel	SIEMENS AG Bereich Medizintechnik Referat Strahlenschutz	W-8520 Erlangen Postfach 3260
Dr. Horst Walt	Zentralinstitut für Arbeitsmedizin	O-1136 Berlin
Dr. Karl-Heinz Weber		O-8021 Dresden Hellendorfer Straße 3
Dr. Erwin Wehner	NUKEM GmbH	W-8755 Alzenau Industriestraße 13
Bodo Wehnert	Richard Buchen GmbH	W-7500 Karlsruhe 31 Gewerbering 4-8
Dr. Eckhard Werner	Gesellschaft für Strahlen-und Umweltforschung Institut für biophysikalische Strahlenforschung	W-6000 Frankfurt a.M. 70 Paul-Ehrlich-Straße 20
Dr. Herbert Wershofen	Physikalisch-Technische Bundesanstalt Lab.6201	W-3300 Braunschweig Bundesallee 100
Dipl.-Ing. Klaus Wiesner	Technische Hochschule Zittau Sektion Kraftwerksanlagen	O-8800 Zittau PSF 261
Dipl.-Phys. Manfred Winter	Kernforschungszentrum Karlsruhe GmbH Hauptabteilung Sicherheit/Umweltschutz	W-7500 Karlsruhe Postfach 3640
Dipl.-Ing. Horst Wolf	Ministerium für Wirtschaft und Technologie des Landes Nordrhein-Westfalen	W-4000 Düsseldorf Haroldstraße 4
Dr. Dietmar Zappe	Bundesamt für Strahlenschutz Dienststelle Berlin	O-1157 Berlin Waldowallee 117
Ing. Herbert Zenker	Zentralinstitut für Kernforschung Rossendorf	O-8051 Dresden PF 19

Teilnehmer	Institution	Ort
Dr. Albert Zeuner	Technische Universität Dresden Sektion Physik	O-8027 Dresden Mommsenstraße 13
Dr. Hans-Joachim Zickmann	Bezirksverwaltungsbehörde Zentralabteilung Umweltschutz	O-8060 Dresden Dr.-Rudolf-Friedrichs-Ufer 2
Dipl.-Phys. Heinz-Rudolf Ziegert	Endlager für radioaktive Abfälle Morsleben	O-3241 Morsleben
Dipl.-Phys. Simone Ziegert	Endlager für radioaktive Abfälle Morsleben	O-3241 Morsleben
Dr. Helga Zindler	Bundesamt für Strahlenschutz Dienststelle Berlin	O-1157 Berlin Waldowallee 117