

Forschungszentrum Karlsruhe
Technik und Umwelt

Wissenschaftliche Berichte
FZKA 5530

**Jahresbericht 1994
der Hauptabteilung Sicherheit**

Redaktion: W. Koelzer
Hauptabteilung Sicherheit

Mai 1995

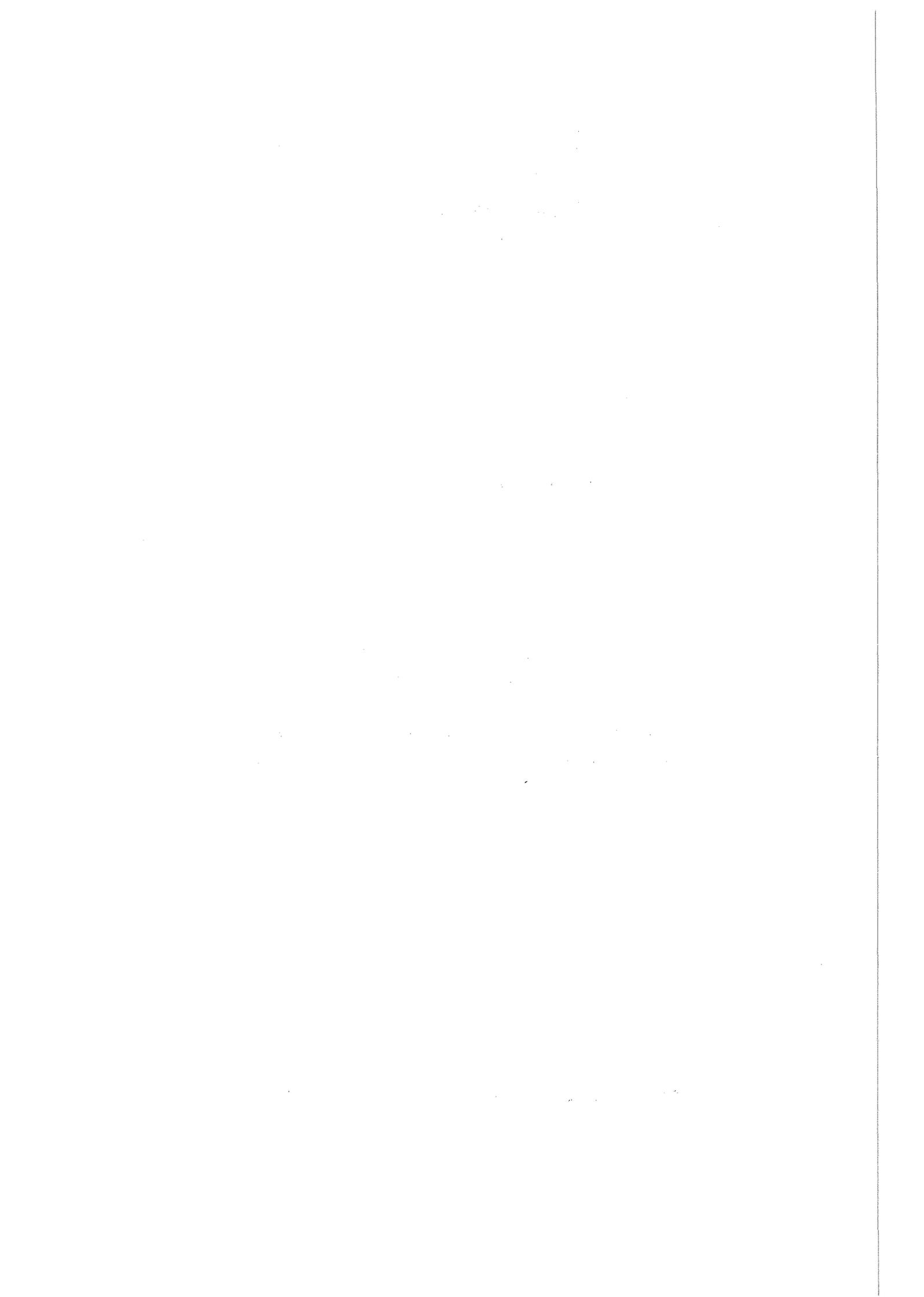
Forschungszentrum Karlsruhe
Technik und Umwelt
Wissenschaftliche Berichte
FZKA 5530

**Jahresbericht 1994
der Hauptabteilung Sicherheit**

**Redaktion: W. Koelzer
Hauptabteilung Sicherheit**

**An der Erarbeitung dieses Berichtes waren alle
Mitarbeiter der Hauptabteilung Sicherheit beteiligt.**

**Forschungszentrum Karlsruhe GmbH, Karlsruhe
1995**



Zusammenfassung

Die Hauptabteilung Sicherheit ist für die Sicherheit auf konventionellem und nuklearem Gebiet, den Strahlenschutz, die Überwachung der Kernmaterialien und radioaktiven Stoffe und den Werkschutz für die Institute und Abteilungen des Forschungszentrums Karlsruhe GmbH sowie die Abwasser- und Umgebungsüberwachung für alle Anlagen und kerntechnischen Einrichtungen auf dem Gesamtgelände des Forschungszentrums zuständig. Ergänzend werden Forschungs- und Entwicklungsarbeiten zum Verhalten von Tritium im System Luft/Boden-Pflanze, zu Verbesserungen der Körperdosisbestimmung bei innerer und äußerer Strahlenexposition und zu Untersuchungen des Boden-Pflanzen-Transfers biologisch besonders wirksamer Schadstoffe in der Umwelt und zur Bodendekontamination durchgeführt.

Der vorliegende Bericht informiert über die einzelnen Aufgabengebiete der Hauptabteilung und berichtet über die im Jahr 1994 erarbeiteten Ergebnisse.

Central Safety Department, Annual Report 1994

Summary

The Central Safety Department is responsible for handling all tasks of radiation protection, safety and security of the institutes and departments of the Karlsruhe Research Center (Forschungszentrum Karlsruhe GmbH) and for waste water activity measurements and environmental monitoring of the whole area of the Center. In addition research and development work on the following fields are carried out: behavior of tritium in the air/soil-plant system, improvement in radiation protection measurement and personnel dosimetry, behavior of trace elements in the environment and decontamination of soil.

This report gives details of the different duties and reports the results of 1994 routine tasks, investigations and developments of the working groups of the Department.

The reader is referred to the English translation of Chapter 1 describing the duties and organization of the Central Safety Department.

Inhaltsverzeichnis

1	Aufgaben und Organisation der Hauptabteilung Sicherheit	1
	Duties and Organization of the Central Safety Department	6
2	Arbeitsschutz und Sicherheit	11
2.1	Strahlenschutz	13
2.1.1	Aufgaben der Gruppe „Strahlenschutz“	13
2.1.2	Betriebsüberwachung	13
2.1.3	Von HS/AS zentral erfaßte zu „überwachende Personen“ nach Röntgen- und Strahlenschutzverordnung	14
2.1.4	Ergebnisse der Personendosisüberwachung	15
2.1.5	Personal in fremden Strahlenschutzbereichen	16
2.1.5.1	Fremdfirmen in Strahlenschutzbereichen des Forschungszentrums Karlsruhe	16
2.1.5.2	Mitarbeiter des Forschungszentrums Karlsruhe in Strahlenschutzbereichen fremder Anlagen	17
2.1.6	Regelmäßige Inkorporationsüberwachung im Forschungszentrum	17
2.1.6.1	Inkorporationsüberwachung des Eigenpersonals	17
2.1.6.2	Inkorporationsüberwachung des Fremdfirmenpersonals	18
2.2	Arbeitsschutz	18
2.2.1	Organisation und Aufgaben der Gruppe konventionelle Arbeitssicherheit	18
2.2.1	Betriebsbegehungen	19
2.2.2	Unfallgeschehen	19
2.2.3	Arbeitsplatzüberwachungen	21
2.2.4	Arbeitsmedizinische Vorsorgeuntersuchungen	22
2.2.5	Zusätzliche sicherheitsrelevante Maßnahmen	22
2.2.6	Aus- und Fortbildung	23
2.2.7	Arbeitsschutzausschuß	24
2.3	Bilanzierung radioaktiver Stoffe	24
2.3.1	Zentrale Buchhaltung zur Erfassung und Meldung von Kernmaterial	24
2.3.2	Aufsichtsbesuche durch Euratom und IAEA	26
2.3.3	Zentrale Buchhaltung zur Erfassung und Meldung sonstiger radioaktiver Stoffe	26
2.3.4	Kontrolle der genehmigten Umgangsmengen radioaktiver Stoffe	28
2.3.5	Überwachung der Einhaltung von Grenzwerten für „gemessenen Abfall“	28
2.3.6	Erfassung von Kernmaterialtransporten und Hilfestellung bei Planung und Abwicklung	28
2.3.7	Tritiumbilanzierung für Fusionsanlagen	29
2.4	Einsatzleitung und Einsatzplanung	30
2.4.1	Aufgaben	30

2.4.2	Statistik und Analyse der EvD-Einsätze	30
2.4.3	Meldepflichtige Ereignisse	32
2.4.4	Übungen der Einsatzdienste	32
2.5	Werkfeuerwehr	33
2.5.1	Feuerwehrtechnische Aufgaben	33
2.5.2	Ausbildung der Feuerwehrleute	34
2.5.3	Aus- und Weiterbildung von Mitarbeitern	34
2.5.4	Atemschutzzentrale	34
2.6	Betriebsbeauftragte im Umweltschutz	35
2.6.1	Wiederkehrende Prüfungen	35
2.6.2	Umsetzung der Gefahrstoffverordnung	37
2.6.3	Stoffströme im Forschungszentrum Karlsruhe	37
2.6.4	Gefahrguttransporte	39
2.6.5	Abfallwirtschaft	39
2.6.6	Immissionsschutz	42
2.6.7	Gewässerschutz	43
2.7	Kontrollstelle WAK	44
2.7.1	Zielsetzung der Kontrollstelle	44
2.7.2	Aufgaben der Kontrollstelle	45
2.7.3	Planung, Vorbereitung und Durchführung der Kontrollen	45
2.7.4	Durchgeführte Kontrollen	46
2.8	Automatische Daten- und Informationsverarbeitung	46
3	Werkschutz	51
3.1	Objektsicherung	51
3.2	Verkehrsdienst	52
3.3	Ermittlungsdienste	53
3.4	Schließwesen	54
3.5	Empfangsdienst, Ausweisbüro	54
3.6	Personelle und administrative Sicherheitsfragen	54
3.7	Technische Sicherungssysteme	55
4	Strahlenschutzüberwachung	57
4.1	Arbeitsplatzüberwachung im Forschungszentrum Karlsruhe	59
4.1.1	Personendosimetrie mit Taschenionisationskammern	59
4.1.2	Oberflächenkontaminationen	61
4.1.3	Raumluftaktivitäten	61
4.2	Summendosen durch externe Exposition	63

4.3	Strahlenschutzmeßlabor	64
4.4	Transporte radioaktiver Stoffe	66
4.5	Programmpflege und -neuentwicklung	68
4.6	Erstellung einer Standardkalibrierung der Freimeßanlage für Metallschrott unterschiedlicher Schüttdichte	68
4.7	Dichtheitsprüfungen	72
4.8	Strahlenpaßstelle	74
5	Umweltschutz	75
5.1	Fortluftüberwachung	76
5.1.1	Ableitung radioaktiver Stoffe mit der Fortluft 1994	79
5.1.2	Ableitung nichtradioaktiver Stoffe mit der Fortluft 1994	87
5.1.2.1	Verbrennungsanlagen der Hauptabteilung Dekontaminationsbetriebe	87
5.1.2.2	Versuchsanlage TAMARA	88
5.1.2.3	Fernheizwerk und Blockheizkraftwerk	89
5.1.3	Strahlenexposition in der Umgebung durch die mit der Fortluft abgeleiteten radioaktiven Stoffe 1994	89
5.1.3.1	Berechnungsgrundlagen	89
5.1.3.2	Meteorologische Daten	90
5.1.3.3	Ausbreitung und Ablagerung	90
5.1.3.4	Rechenprogramme	91
5.1.3.5	Einteilung der radioaktiven Emissionen in Nuklidgruppen und Einzelnuclide	91
5.1.3.6	Ergebnisse der Dosisberechnung	93
5.1.4	Berechnungen der Strahlenexposition in der Umgebung im Rahmen atomrechtlicher Genehmigungsverfahren	97
5.1.4.1	Störfallberechnungen für kerntechnische Einrichtungen im Forschungszentrum Karlsruhe	97
5.1.4.2	Berechnung der potentiellen Strahlenexposition in der Umgebung der Universität Ulm durch den Betrieb eines geplanten Zyklotrons	97
5.2	Abwasserüberwachung und Spektrometrie	98
5.2.1	Abwasserüberwachung	98
5.2.2	System zur zentralen Erfassung und Dokumentation der Meßdaten zur Abwasserüberwachung mit Ankopplung an das HDB-Datensystem	103
5.2.3	Ableitung radioaktiver Stoffe mit dem Abwasser 1994	104
5.2.4	Ableitung nichtradioaktiver Stoffe mit dem Abwasser 1994	105
5.2.5	Strahlenexposition in der Umgebung durch die mit dem Abwasser abgeleiteten radioaktiven Stoffe 1994	107

5.2.5.1	Berechnung der Strahlenexposition aus den bilanzierten Aktivitätsableitungen	107
5.2.5.2	Berechnung der Strahlenexposition aus den gemessenen Aktivitätsgehalten im Trinkwasser und in Lebensmitteln	108
5.2.6	Spektrometrische Messungen	109
5.2.7	Inbetriebnahme eines Mehrplatz- Spektrometriesystems auf Genie-PC-Basis	110
5.3	Umgebungsüberwachung	112
5.3.1	Ergebnisse der Routineüberwachung 1994	113
5.3.1.1	Direktmessung der Strahlung	113
5.3.1.2	Radioaktivitätsmessungen	114
5.3.1.3	Meßfahrten	116
5.3.1.4	Ergänzende Überwachungsmaßnahmen	116
5.3.2	In-situ-Gammaspektrometrie	118
5.3.3	Tritiumkonzentrationen in landwirtschaftlichen Produkten aus den Hauptausbreitungssektoren und aus dem Bereich des Vorfluters	119
5.4	Chemische Analytik	120
5.4.1	Radiochemische Arbeiten	120
5.4.2	Aktinidenableitungen mit der Fortluft der WAK 1994	122
5.4.3	Plutonium- und Strontiumableitungen mit dem Abwasser des Forschungszentrums Karlsruhe 1994	123
5.5	Tritium im System Luft-Pflanze-Boden	125
5.5.1	Modellentwicklung	125
5.5.2	Experimente	126
5.5.2.1	Laborexperimente zur Translokation von OBT in Weizen	126
5.5.2.2	Untersuchungen zur Aufnahme von tritiiertem Formaldehyd in Pflanzen	127
5.5.2.3	Beteiligung am HT-Freisetzungsexperiment in Kanada	127
5.6	Die sanfte Bodendekontamination	128
5.6.1	Sanfte Bodendekontamination mit Ionenaustauschern	128
5.6.2	Sanfte Bodendekontamination durch schwermetallaufnehmende Pflanzen	129
5.6.3	Verschiedene Experimente	131
6	Dosimetrie	133
6.1	Amtliche Personendosimetrie	133
6.1.	Photolumineszenzdosimetrie	134
6.1.2	Thermolumineszenzdosimetrie	136
6.1.3	Sonstige Personen- und Ortsdosimeter	136
6.1.4	Datenverarbeitung	137
6.2	Photonen-Betadosimetrie	138

6.2.1	Dosimetrische Eigenschaften eines dünn-schichtigen Zweischichtdetektors zur Messung von Hp(0,07) für Photonen- und Betastrahlung	138
6.2.2	Photonenansprechvermögen des Fingerringdosimeters mit dünn-schichtigen TL-Detektoren aus LiF:Mg,Ti und LiF:Mg,Cu,P	139
6.2.3	Photonen- und Betastrahlen-Ansprechvermögen eines Vielkomponenten-Phosphatglasdosimetriesystems	140
6.2.4	Gesetzliche Einführung neuer Meßgrößen und Konsequenzen für Personendosimeter	142
6.2.5	Flachglasdosimeter zur Messung der Ortsdosis H*(10)	144
6.2.6	Temperverfahren von Flachglaskalibrierdosimetern	146
6.3	Neutronendosimetrie	147
6.3.1	Neutronenansprechvermögen und kleinste nachweisbare Dosis von Kernspurdetektoren unter Berücksichtigung neuer Q-Faktoren nach ICRP 60	147
6.3.2	Neues Verfahren zur Messung der Richtungsabhängigkeit von Neutronenkernspurdetektoren	150
6.3.3	Kritikalitäts-Personendosimetrie mit amtlichen Glas- und Albedodosimetern	151
6.4	Strahlenexposition durch Radon-Zerfallsprodukte	153
6.4.1	Messungen an Arbeitsplätzen	153
6.4.2	Qualitätssicherung und Optimierung von Radondosimetern	155
6.4.3	Qualitative Bestimmung eines detektorspezifischen α -Spektrums mit Makrofol-Kernspurdetektoren	157
6.4.4	Optimierung des α -Energiefensters für das Karlsruher Radondosimeter	159
6.4.5	Untersuchungen zur Messung von Po-214 in Luft mit Makrofol-Kernspurdetektoren	161
6.5	Inkorporationsmessung	162
6.5.1	Routine- und Sondermessungen	162
6.5.2	Cs-137-Referenzmessungen	165
6.5.3	In-vivo-Messung von niederenergetischen Photonenstrahlern im Schädel mit HPGe-Detektoren	167
6.5.4	Neues Verfahren zur direkten Bestimmung der Äquivalentdosis im Knochen bei Inkorporation von Plutonium und Americium	170
6.5.5	Implikationen der neuen ICRP-Modelle für die Biokinetik und die Dosimetrie von Plutonium	172
6.5.6	Ein stochastisches Modell der Strahlenkarzinogenese mit Berücksichtigung der Zelltötung	176
6.5.7	Dynamische Radionuklid-Markierungen im Skelett	179
6.6	Strahlenschutzmeßtechnik	182
6.6.1	Aufgaben	182
6.6.2	Wartung und Reparatur	182
6.6.3	Routinekalibrierung	183

6.6.4	Amtliche Eichabfertigungsstelle	183
6.6.5	Stationäre Kontrollvorrichtung im Forschungszentrum Karlsruhe zur Verlängerung der Eichfristen für Strahlenschutzdosimeter	184
7	Veröffentlichungen	185
7.1	Veröffentlichungen, die gedruckt vorliegen	185
7.2	Vorträge, die noch nicht gedruckt vorliegen	188

Verzeichnis der Abkürzungen

BFE	Bundesforschungsanstalt für Ernährung
BfS	Bundesamt für Strahlenschutz
BMBF	Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft, Forschung und Technologie, Bonn
BMU	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit
EKM	Hauptabteilung Einkauf und Materialwirtschaft
EvD	Einsatzleiter vom Dienst
FIZ	Fachinformationszentrum Karlsruhe
FR2	Forschungsreaktor 2
FTU	Fortbildungszentrum für Technik und Umwelt
FZK	Forschungszentrum Karlsruhe GmbH
HBAU	Hauptabteilung Bauwesen
HBT	Hauptabteilung Betriebstechnik
HDB	Hauptabteilung Dekontaminationsbetriebe
HDI	Hauptabteilung Datenverarbeitung und Instrumentierung
HIT	Hauptabteilung Ingenieurtechnik
HPS	Hauptabteilung Personal und Soziales
HS	Hauptabteilung Sicherheit
HS/AS	Hauptabteilung Sicherheit/Arbeitsschutz und Sicherheit
HS/D	Hauptabteilung Sicherheit/Dosimetrie
HS/Ü	Hauptabteilung Sicherheit/Strahlenschutzüberwachung
HS/US	Hauptabteilung Sicherheit/Umweltschutz
HS/WS	Hauptabteilung Sicherheit/Werkschutz
HVT	Hauptabteilung Versuchstechnik
HVT/EA	Hauptabteilung Versuchstechnik/Experimentieranlagen
HVT/HZ	Hauptabteilung Versuchstechnik/Heiße Zellen
HVT/TL	Hauptabteilung Versuchstechnik/Tritiumlabor
HZY	Hauptabteilung Zyklotron
IAEO	Internationale Atomenergie- Organisation
ICRP	International Commission on Radiological Protection
IGEN	Institut für Genetik und für Toxikologie von Spaltstoffen
IHCh	Institut für Heiße Chemie
IK	Institut für Kernphysik
IMK	Institut für Meteorologie und Klimaforschung
IMT	Institut für Mikrostrukturtechnik
INE	Institut für Nukleare Entsorgungstechnik
INFP	Institut für Nukleare Festkörperphysik

INR	Institut für Neutronenphysik und Reaktortechnik
IRCh	Institut für Radiochemie
IRS	Institut für Reaktorsicherheit
ITC-CPV	Institut für Technische Chemie/Chemisch-Physikalische Verfahren
ITC-TAB	Institut für Technische Chemie/Thermische Abfallbehandlung
ITC-WGT	Institut für Technische Chemie/Wasser- und Geotechnologie
ITOX	Institut für Toxikologie
ITP	Institut für Technische Physik
KAZ	Kompaktzyklotron
KBG	Kernkraftwerk-Betriebsgesellschaft mbH, Leopoldshafen
KIZ	Karlsruher Isochronzyklotron
KNK	Kompakte Natriumgekühlte Kernreaktoranlage
KTA	Kerntechnischer Ausschuß
LAF	Laboratorium für Aerosolphysik und Filtertechnik
LAW	Low Activity Waste
LfU	Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg, Karlsruhe
LUFÄ	Landwirtschaftliche Untersuchungs- und Forschungsanstalt Augustenburg
MED	Medizinische Abteilung
MZFR	Mehrzweckforschungsreaktor
ÖA	Stabsabteilung Öffentlichkeitsarbeit
PBS	Projektbereich Stilllegung
PTB	Physikalisch-Technische Bundesanstalt
RöV	Röntgenverordnung
StrlSchV	Strahlenschutzverordnung
SUR	Siemens Unterrichtsreaktor
TAMARA	Testanlage zur Müllverbrennung, Abgasreinigung, Rückstandsverwertung und Abwasserbehandlung
TU	Europäisches Institut für Transurane
UM	Ministerium für Umwelt Baden-Württemberg
WAK	Wiederaufarbeitungsanlage Karlsruhe

1 Aufgaben und Organisation der Hauptabteilung Sicherheit

W. Koelzer

Die Aufgabenstellung der Hauptabteilung Sicherheit umfaßt die Strahlenschutz-, Sicherheits- und Sicherungsaufgaben für die Institute und Abteilungen des Forschungszentrum Karlsruhe GmbH sowie die Abwasser- und Umgebungsüberwachung für alle Anlagen und kerntechnischen Einrichtungen auf dem Gesamtgelände des Forschungszentrums. Ergänzend werden Forschungs- und Entwicklungsarbeiten sowohl im Rahmen der Arbeitsschwerpunkte des Zentrums als auch in extern geförderten Forschungsvorhaben durchgeführt. Schwerpunkte dieser Arbeiten waren:

- Untersuchungen zum Verhalten von Tritium im System Luft/Boden-Pflanze,
- Tritiumbilanzierung für Fusionsbrennstoff-Kreisläufe,
- Verbesserung von Meßverfahren zur Bestimmung der Körperdosis bei innerer und äußerer Strahlenexposition,
- Untersuchungen des Boden-Pflanzen-Transfers biologisch besonders wirksamer Schadstoffe in der Umwelt,
- Untersuchung und Bewertung von Halden aus Bergbau und Erzaufbereitung.

Am 31. Dezember 1994 waren in der Hauptabteilung Sicherheit 22 Akademiker, 34 Ingenieure, 214 technische und administrative Mitarbeiter, ein Doktorand und 9 Mitarbeiter zur Ausbildung als Strahlenschutzingenieur beschäftigt. Zum 1.10.1994 wurden die F+E-Arbeiten zur Untersuchungen des Boden-Pflanzen-Transfers biologisch besonders wirksamer Schadstoffe in der Umwelt in das neugegründete Institut für Technische Chemie / Geo- und Wassertechnologie eingegliedert.

Abteilung Arbeitsschutz und Sicherheit

Die Abteilung „Arbeitsschutz und Sicherheit“ hat beratende, kontrollierende und administrativ steuernde Funktionen auf allen Gebieten des Strahlenschutzes, der Kernmaterialüberwachung, der Arbeitssicherheit, der Abfallwirtschaft und des betrieblichen Notfallschutzes. Sie überprüft die Einhaltung angeordneter Maßnahmen zur Erfüllung gesetzlicher Pflichten, behördlicher Auflagen und sonstiger Vorschriften zur technischen Sicherheit. Zu ihren Aufgaben gehört die zentrale Erfassung und Dokumentation sicherheitsrelevanter Daten, Fakten und Vorgänge.

Die Gruppe „Strahlenschutz“ führt die Bestellungen der Strahlenschutzbeauftragten durch und unterstützt deren Tätigkeit sowie den praktischen Strahlenschutz durch Information, Beratung und Behördenkontakte. Sie überprüft die Einhaltung der Strahlenschutz- und der Röntgenverordnung sowie behördlicher Auflagen bei Betriebsbegehungen, führt EDV-gestützte Dateien mit den persönlichen Meßdaten der beruflich strahlenexponierten Personen und verfolgt die Termine für Strahlenschutzbelehrungen und arbeitsmedizinische Untersuchungen. Sie schafft die Voraussetzungen für den Einsatz von Fremdfirmenpersonal in Kontrollbereichen und stellt die Strahlenpässe für Mitarbeiter aus, die in fremden Anlagen tätig werden.

Die Gruppe „Konventionelle Arbeitssicherheit“ wird auf allen Gebieten der konventionellen Sicherheit im Rahmen von Betriebsbegehungen kontrollierend und beratend tätig. Sie führt Lärm- und Schadstoffmessungen sowie ergonomische Untersuchungen an Arbeitsplätzen durch. Sie führt eine Gefahrstoffda-

tenbank und schlägt Schutzmaßnahmen aufgrund von Arbeitsplatzanalysen vor. Ihr obliegt die Registrierung und Meldung von Arbeitsunfällen und die Bestellung der Personen, die im nicht atomrechtlich begründeten Teil der Sicherheitsorganisation der Zentrums besondere Funktionen übernehmen.

Die Gruppe „Einsatzdienste, Überwachung radioaktiver Stoffe“ stellt „rund um die Uhr“ den Einsatzleiter vom Dienst für die Sicherheitsorganisation des Forschungszentrums Karlsruhe, sie erarbeitet und aktualisiert Einsatzunterlagen, organisiert Alarmübungen der Einsatztrupps, erstattet Einsatzberichte und meldet sicherheitstechnisch bedeutsame Ereignisse den Aufsichtsbehörden. Dieser Gruppe obliegt weiterhin die zentrale Buchhaltung zur Erfassung und Überwachung von Kernmaterial und sonstigen radioaktiven Stoffen im Forschungszentrum. Sie erstattet alle Bestandsänderungs- und Materialbilanzberichte für die Materialbilanzonen, erledigt die Korrespondenz mit Euratom, bereitet die Inspektionen und Inventuren durch Euratom vor und begleitet die Inspektoren von Euratom und IAEA bei deren Aufsichtsbesuchen.

Die Gruppe „Werkfeuerwehr“ ist mit einer Schicht ständig auf dem Gelände einsatzbereit. Die Aufgaben der Werkfeuerwehr umfassen neben Löscheinsätzen, vorbeugenden Brandschutzmaßnahmen und vielfältigen technischen Hilfeleistungen auch die Prüfungen, Instandsetzungen und Wartungsarbeiten an allen im Zentrum benutzten atemschutztechnischen Geräten.

In der Gruppe „Beauftragte im Umweltschutz“ sind die Abfall-, Gefahrgut-, Immissionsschutz- und Gewässerschutzbeauftragten zusammengefaßt, denen die Aufgaben entsprechen den gesetzlichen Regelungen übertragen sind. Diese Gruppe stellt wichtige umwelt- und sicherheitsrelevante Informationen zentrumsweit in Form verschiedener Datenbanken zur Verfügung.

Zur Wahrnehmung der Aufsichtspflichten bei den Stilllegungsarbeiten der Wiederaufarbeitungsanlage Karlsruhe (WAK) besteht eine „Kontrollstelle WAK“. Sie hat für das Forschungszentrum Karlsruhe GmbH kontrollierende Funktion bei der WAK auf den Gebieten Anlagensicherheit, Strahlenschutz und Entsorgung radioaktiver Abfälle.

Abteilung Dosimetrie

Die Abteilung Dosimetrie ist zuständig für die Auswahl und Anwendung dosimetrischer Meßverfahren sowie für die Durchführung von Inkorporationsdirektmessungen. Weitere Aufgaben sind die Kalibrierung und die Reparatur der Strahlenschutzmeßgeräte zur Luft- und Pegelüberwachung. Ein Schwerpunkt der Abteilung Dosimetrie ist die Bereitstellung, Erprobung und Anwendung neuer Strahlenschutzmeßverfahren mit dem besonderen Gewicht auf der Neutronendosimetrie, der Messung geringer Strahlenexpositionen und geringer Nukliddepositionen im Körper. Dazu werden Ganzkörper- sowie spezielle Teilkörperzähler eingesetzt.

Im Aufgabenbereich „Externe Dosimetrie“ werden Meßverfahren weiterentwickelt und für eine Routineanwendung bereitgestellt. Schwerpunkt der Entwicklungsarbeiten sind Meßverfahren für Neutronenstreustrahlungsfelder die Weiterentwicklung und Anwendung von Kernspurätzdetektoren, die Messung kleiner Strahlendosen sowie die Verbesserung der Meßverfahren zur Teilkörperdosimetrie.

Im Aufgabenbereich „Interne Dosimetrie“ werden Verfahren zur Bestimmung der Äquivalentdosis bei innerer Strahlenexposition weiterentwickelt. Im Vordergrund steht die Verbesserung der Verfahren zum Nachweis von Thorium, Uran, Plutonium und Americium in der Lunge, der Leber und im Skelett sowie die Bereitstellung von geeigneten Stoffwechselmodellen zur Interpretation der Meßergebnisse.

Der Aufgabenbereich „Strahlenschutzmeßgeräte“ führt Reparaturen und Kalibrierungen an Anlagen zur Raum- und Abluftüberwachung und an den festinstallierten Gammapegel-Meßstellen zur Überwachung von Arbeitsplätzen und der Umwelt durch. Weitere Aufgaben sind die Eingangskontrolle neuer Geräte, der Test von neu auf dem Markt angebotenen Meßgeräten sowie der Betrieb von Bestrahlungsanlagen zur routinemäßigen Kalibrierung von Festkörperdosimetriesystemen und von Dosis- und Dosisleistungsmessgeräten. Die Anlagen werden von der amtlichen Eichabfertigungsstelle des Landes Baden-Württemberg auch zur Eichung von Personen- und Ortsdosimetern eingesetzt.

Für die Personenüberwachung in Baden-Württemberg wird eine amtliche Meßstelle für Festkörperdosimeter betrieben, die auf Anforderung auch Aufgaben im Bereich der nichtamtlichen Dosimetrie durchführt.

Abteilung Strahlenschutzüberwachung

Die Abteilung Strahlenschutzüberwachung ist vor allem für den Schutz der mit radioaktiven Stoffen umgehenden oder ionisierender Strahlung ausgesetzten Personen des Forschungszentrum Karlsruhe zuständig. Aus dieser Aufgabenstellung heraus sind die Mitarbeiter dezentral in den einzelnen Organisationseinheiten des Forschungszentrums tätig. Die Mitarbeiter der Strahlenschutzüberwachung unterstützen die Strahlenschutzbeauftragten bei der Wahrnehmung ihrer Aufgaben nach der Strahlenschutzverordnung. Sie sind die Ansprechpartner für die jeweiligen Instituts- oder Abteilungsangehörigen und achten auf strahlenschutzgerechtes Verhalten.

Die Abteilung Strahlenschutzüberwachung übernimmt die tägliche Auswertung der Stabdosimeter und die Registrierung der erhaltenen Personendosis. Monatlich werden die amtlichen Dosimeter sowie nach Bedarf Teilkörper- oder Neutronendosimeter ausgegeben. In den Gebäuden werden nach vorgegebenem Plan routinemäßig Kontaminations- und Dosisleistungsmessungen durchgeführt und die Aktivitätskonzentration in der Raumluft der Arbeitsräume überwacht. Die Strahlenschutzmitarbeiter veranlassen bei Personenkontaminationen die Durchführung der Dekontamination.

Die Mitarbeiter der Strahlenschutzüberwachung überwachen den Materialtransport aus den Kontrollbereichen in den betrieblichen Überwachungsbereich des Forschungszentrums und aus dem Gelände des Zentrums hinaus. Sie ermitteln, ob die von den Verordnungen vorgegebenen Grenzwerte für die Oberflächenkontamination oder Aktivität von Gegenständen eingehalten sind. Sie erteilen gegebenenfalls die Freigabe zur Wiederverwendung oder zur Beseitigung von Materialien.

Abteilung Umweltschutz

Aufgaben der Abteilung Umweltschutz sind die Überwachung der Emissionen radioaktiver Stoffe mit Abluft und Abwasser aus den kerntechnischen Einrichtungen und Instituten des Forschungszentrums Karlsruhe und die Überwachung der Immissionen in seiner Umgebung. Überwachungsziel ist die möglichst lückenlose Erfassung aller Emissionen und Immissionen und der auf Messungen und begleitende Berechnungen gestützte Nachweis der Einhaltung der durch die Strahlenschutzverordnung vorgegebenen Grenzwerte und darüber hinausgehender Auflagen der atomrechtlichen Aufsichtsbehörde.

Die Gruppe „Abluft- und Umgebungsüberwachung“ kontrolliert, koordiniert und bilanziert die Aktivitätsableitungen aller Anlagen auf dem Gelände des Forschungszentrums in die Atmosphäre. Sie ermit-

telt die Strahlenexposition der Umgebung. Die Umgebung und das Betriebsgelände selbst werden mit Hilfe von Dosisleistungs-Meßstationen und Festkörperdosimetern überwacht. Zur Bestimmung des Radioaktivitätsgehaltes von Luft, Wasser, Boden, Sediment, Fisch und landwirtschaftlichen Produkten werden regelmäßig Proben aus der Umgebung des Forschungszentrums gemessen.

Die radiochemischen Untersuchungen von Umweltproben und von Proben im Rahmen der Abluftüberwachung werden in der Gruppe „Chemische Analytik“ durchgeführt. Die Gruppe „Abwasserüberwachung und Spektrometrie“ mißt die Aktivitätskonzentrationen der Abwässer aus den Abwassersammelstationen und entscheidet, ob diese dekontaminiert werden müssen oder direkt der Kläranlage zugeführt werden dürfen. Sie überwacht und bilanziert die Aktivitätsableitungen in den Vorfluter. Dieser Gruppe obliegt auch die Durchführung aller spektrometrischen Nuklidbestimmungen.

Für das Projekt Kernfusion werden Untersuchungen zur Aufnahme von Tritium in ernährungsrelevante Pflanzen durchgeführt. Es wurde ein Modell entwickelt, das mit Hilfe von meteorologischen Meßdaten den Einbau von Tritium in Weizenpflanzen und daraus die Ingestionsdosis nach einer Freisetzung von Tritium in die Atmosphäre berechnet. Zur Kalibrierung und Validierung des Modells werden Expositionsexperimente mit Weizenpflanzen durchgeführt. Dabei werden der Einbau von HTO in das Gewebewasser, die Umwandlung in organisch gebundenes Tritium und die Translokation von organisch gebundenem Tritium in die eßbaren Pflanzenteile untersucht.

Für das Projekt Schadstoff- und Abfallarme Verfahren werden die Anwendung von Ionenaustauschern zur Dekontamination von schwermetall-verseuchten Böden, ihre Rezyklierung, Regeneration und ihr Wiedereinsatz sowie der Entzug von Schwermetallen aus Böden durch Pflanzen untersucht. Diese Arbeitsgruppe wurde am 1.10.1994 in das neugegründete Institut für Technische Chemie/Geo- und Wassertechnologie eingegliedert

Abteilung Werkschutz

Der Abteilung Werkschutz obliegt mit den Arbeitsgebieten „Werkschutz“, „Technische Maßnahmen“ sowie „Administrative Maßnahmen“ die Gewährleistung der Basissicherung für das gesamte Forschungszentrum.

Zu den Aufgaben des Arbeitsgebiets „Werkschutz“ gehören die Sicherung des Gesamtareals des Forschungszentrums Karlsruhe durch Streifen- und Überwachungsdienst und die Zugangskontrolle an den Haupttoren. Er wirkt bei den Sicherungsmaßnahmen für einzelne Anlagen in Abstimmung mit dem Betreiber mit und sorgt für die Einhaltung spezieller Zutrittsregelungen. Er übt die Kontrolle aller zur Ein- oder Ausfuhr bestimmten Güter aus, plant und kontrolliert das Schließwesen und ist für den ordnungsgemäßen Ablauf des Straßenverkehrs im Bereich des Forschungszentrums zuständig. Mit Hilfe des Ermittlungsdienstes werden die Einhaltung der Ordnungs- und Kontrollbestimmungen, die Aufklärung von Schadensfällen sowie die Sicherung von Regreßansprüchen betrieben.

Das Arbeitsgebiet „Technische Maßnahmen“ ist mitverantwortlich für Auswahl, Einsatz und Funktionssicherheit der technischen Sicherungssysteme. Im Arbeitsgebiet „Administrative Maßnahmen“ werden Zutrittsberechtigungen nach aufsichtsbehördlichen Auflagen ausgestellt. Die Erstellung von Werksausweisen erfolgt im Ausweisbüro.

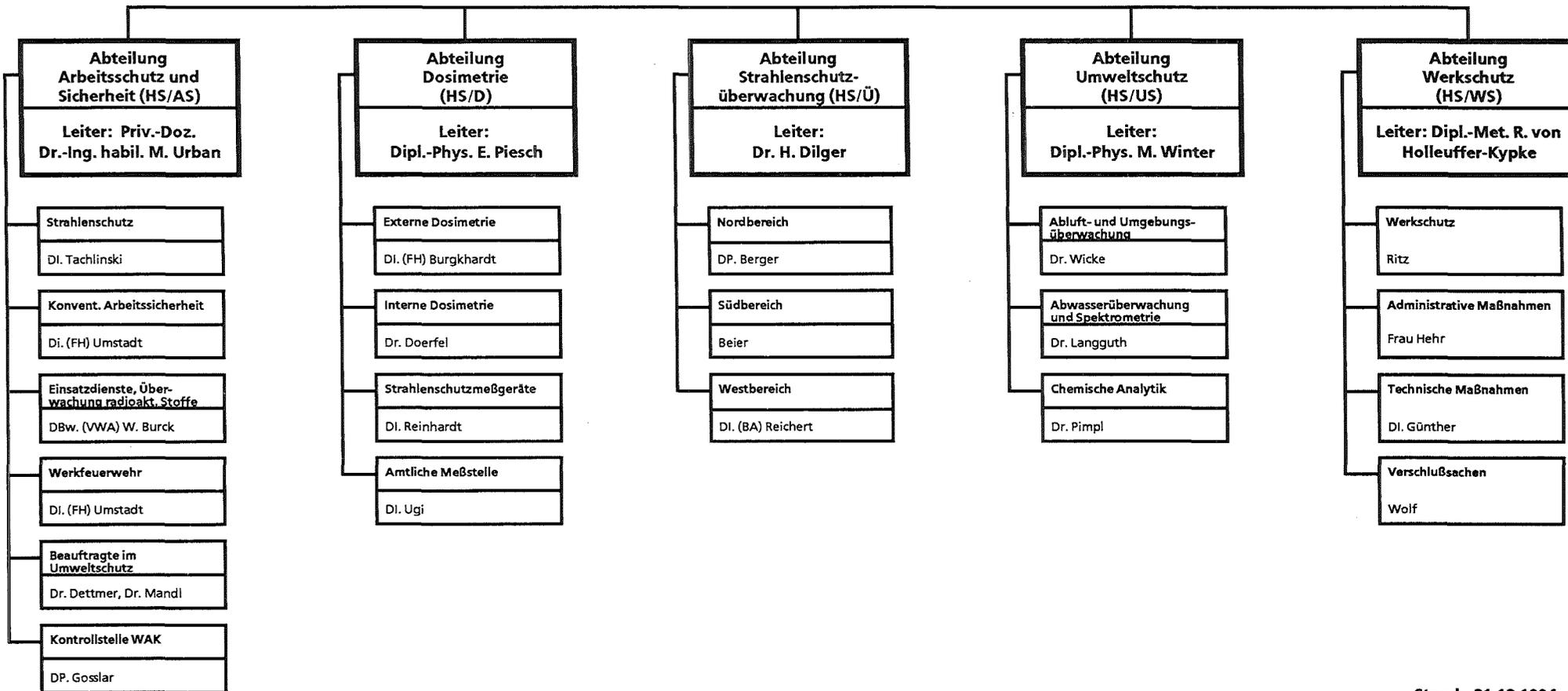
Strahlenschutz im Bergbau
Dr. Schmitz

Tritiumkontrollsysteme
Dr. Spannagel

Hauptabteilung Sicherheit (HS)
Leiter: Dipl.-Phys. W. Koelzer
Vertreter: Priv.-Doz. Dr.-Ing. habil. M. Urban

Sekretariat
Frau C.-M. Krüger

Hausmeister
L. Weis



Stand: 31.12.1994

1 Duties and Organization of the Central Safety Department

W. Koelzer

The Central Safety Department is responsible for handling all problems of radiation protection, safety and security of the institutes and departments of the Karlsruhe Research Center (Forschungszentrum Karlsruhe GmbH) and for waste water activity measurements and environmental monitoring of the whole area of the Center. In addition research and development work on the following fields are carried out: behavior of tritium in the air/soil-plant system, improvement in radiation protection measurement and personnel dosimetry, behavior of trace elements in the environment and decontamination of soil.

On December 31, 1994 the Central Safety Department employed 22 graduated staff members, 34 engineers and 214 other staff members, 1 candidate for doctor's degree and 9 staff members undergoing training as radiation protection engineers.

"Industrial Health and Safety"

The Division "Industrial Health and Safety" has consulting, monitoring, and administrative control functions in all areas of radiation protection, nuclear material safeguards, industrial safety, waste management, and in-plant emergency protection. It verifies the observance of measures prescribed in discharging legal obligations, conditions imposed by the authorities, and of other rules and regulations pertaining to technical safety at the Karlsruhe Research Center. Its duties include the centralized collection and documentation of safety related data, facts, and events.

The "Radiation Protection Group" appoints the Radiation Protection Officers and supports their activities as well as practical radiation protection efforts by offering information and consultancy and through contacts with public authorities. It makes sure, on plant inspection tours, that the Radiation Protection Ordinance and the X-Ray Ordinance and all conditions imposed by the authorities are observed, keeps computerized data files with the personal readings of persons occupationally exposed to radiation, and arranges the time schedules of radiation protection instruction courses and industrial medicine examinations. It concludes and manages contracts with outside companies under Section 20 of the Radiation Protection Ordinance and issues radiation passports to staff members delegated to work in outside facilities.

The "Industrial Safety Group" has a controlling and consulting function in all areas of conventional safety, which is exercised in the course of plant inspection tours. It runs a dangerous chemicals data base and proposes protective measures in the light of workplace analyses. It is responsible for registering and reporting accidents at work and for appointing persons charged with safety functions. It ensures the safe use of waste materials and the management of non-radioactive waste.

The "Emergency Planning and Nuclear Material Safeguards Group" provides the squad leader in charge of the safety organization of the Research Centre "around the clock". The group prepares and updates intervention documents, organizes alarm drills of the task forces, writes reports about interventions, and reports to the supervisory authorities any events which are relevant in terms of safety. This group is also responsible for the central accountancy, recording and safeguarding nuclear material and other radioactive substances. It writes all inventory change and material balance reports for the material balance areas of the Research Centre, handles the correspondence with Euratom, prepares inspec-

tions and physical inventory verifications by Euratom, and accompanies the inspectors of Euratom and IAEA on their inspection tours within the Centre.

The "Fire Brigade" is permanent in standby, ready to start if there is an alarm. The Fire Brigade is responsible for firefighting, taking preventive measures of fire protection, for rendering many kinds of technical assistance, and also for operating the respiration protection center and performing tests and repair and maintenance work on all respiration protection gear used at the Centre.

"Dosimetry"

The Dosimetry Division is responsible for selecting and applying dosimetry techniques for measurement and also for carrying out direct incorporation measurements. Other activities relate to the repair and calibration of air and gamma level monitors. A major activity of the Dosimetry Division is to provide, to test and to apply new radiation protection techniques, special attention being paid to neutron dosimetry, low dose measurements, and measurements of minor nuclide deposits in the body with whole body counters and special partial body counters.

In the group "External Dosimetry" measuring methods are improved and provided for routine application. Special attention is devoted to in neutron dosimetry, especially the application of albedo measuring techniques in stray neutron fields, the application and advancement of track etching techniques and the measurement of low doses in the region of the natural background radiation level.

In the group "Internal Dosimetry" the methods for assessment of dose equivalent due to internal exposure are improved. Major activities are related to the development of measuring techniques for detection of Thorium, Uranium, Plutonium and Americium in lungs, liver and skeleton, respectively, and to the improvement of metabolic models for better understanding of measured data.

The group "Radiation Protection Instrumentation" repairs and calibrates all equipment for air and gamma level monitoring. It also operates the irradiation facilities for calibration of dosimeters and dose rate meters used for radiation protection. The facilities are also used by the Office of Weights and Measures of Baden-Württemberg for the official calibration of personal and area dosimeters.

For the purpose of personnel monitoring an "Official Dose Monitoring Service" is established. The service distributes and evaluates phosphate glass dosimeters, thermoluminescent finger ring dosimeters and albedo neutron dosimeters.

"Radiation Protection Monitoring"

The Radiation Protection Monitoring Division is mainly responsible for protection of the personnel of the Karlsruhe Research Center handling radioactive substances or exposed to ionizing radiation. As a result of these duties, the members of this division work in a decentralized system in the different administrative units of the Research Center. The staff members of Radiation Protection Monitoring support the Radiation Protection Officers in each subunit in discharging their duties under the Radiation Protection Ordinance.

The Radiation Protection Monitoring Division carries out the daily evaluation of pen dosimeters and records the personnel doses received. The γ -film dosimeters or neutron dosimeters are distributed if required. Routine contamination and dose rate measurements are performed in buildings and facilities in accordance with a plan. Radiation protection staff members organize decontamination procedures in cases of contamination of persons. Moreover, radioactivity concentrations in the air of working rooms are monitored. If these airborne radioactivity levels in rooms are exceeding limits, protective measures are recommended. Material transports from controlled areas into the supervised area of the Research Center and out of the Research Center are monitored.

"Environmental Protection"

The functions of the Environmental Protection Division consist in monitoring the radioactive substances emitted together with gaseous and liquid effluents from nuclear facilities and institutes of the Karlsruhe Research Center as well as monitoring its environmental impact. It is the objective of monitoring to record as completely as possible the emissions and environmental impact and to evidence, on the basis of measurements accompanied by calculations, that the limits fixed in the Radiation Protection Ordinance and additional requirements imposed by the supervisory authority under atomic law are being observed.

The "Gaseous Effluent and Environmental Monitoring Group" is responsible for the control, coordination and balance striking of the activity releases into the atmosphere from all sources of the Research Center. The group determines the radiation exposure of the neighboring area. The vicinity of the Research Center and its premises are monitored at dose rate measuring stations and by means of solid state dosimeters. Samples collected in the environment of the Center are measured at regular intervals in order to be able to determine the radioactivity contents of air, water, soil, sediments, fish and agricultural products.

The "Chemical Analysis Group" is responsible for the radiochemical examination of environmental samples and of samples collected within the framework of gaseous effluent monitoring. The "Liquid Effluent Monitoring and Spectroscopy Group" measures the activity concentrations of the liquid effluents from the collecting stations and decides whether they have to be decontaminated or directly transferred into the sewage plant. The group is charged with monitoring and balance striking of activities released into the mains canal. All spectrometric work to identify radionuclides is done in this group.

As a part of the research project on nuclear fusion the uptake of tritium into diet relevant plants is investigated. The aim is to estimate the radiation dose due to ingestion after a release of tritium into the atmosphere. Therefore a model is developed to calculate the incorporation of tritium into wheat plants using measured meteorological data. Exposure experiments with wheat plants are performed to supply data on the uptake of HTO into tissue water, the conversion into organically bound tritium, and the translocation of organically bound tritium into edible plant organs. The courses of the relevant plant physiological parameters are recorded by in field measurements. The data are used for the calibration and validation of the model.

In the area of heavy metal research two questions are studied. The first is the application of ion exchangers for the decontamination of soil, contaminated by heavy metals, the recycling, the regeneration and the reuse of ion exchangers. The second task is to identify plants which are able to extract higher amounts of heavy metals from soil. This task changed to the new founded Institute for Technical Chemistry on October 1, 1994.

"Security"

The Security Division with its groups responsible for Factory Security Service, Technical Security Systems and Administrative Issues ensures basic security throughout the Research Center.

The "Factory Security Service" is responsible for security within the Research Center. Its activities include the protection of the whole site by patrol and surveillance services and guards protecting access at the main gates. The "Technical Security Service" is responsible for selecting, using and ensuring the functional reliability of technical security systems. The "Administrative Group" is responsible for granting access permits in the light of conditions imposed by the supervisory authorities. It is also charged with clarifying all questions connected with potential hazards to the Research Center arising from persons. The same group runs the bureau issuing permits.

Radiation Protection in Mining:
Dr. Schmitz

Tritium Accountancy Systems:
Dr. Spannagel

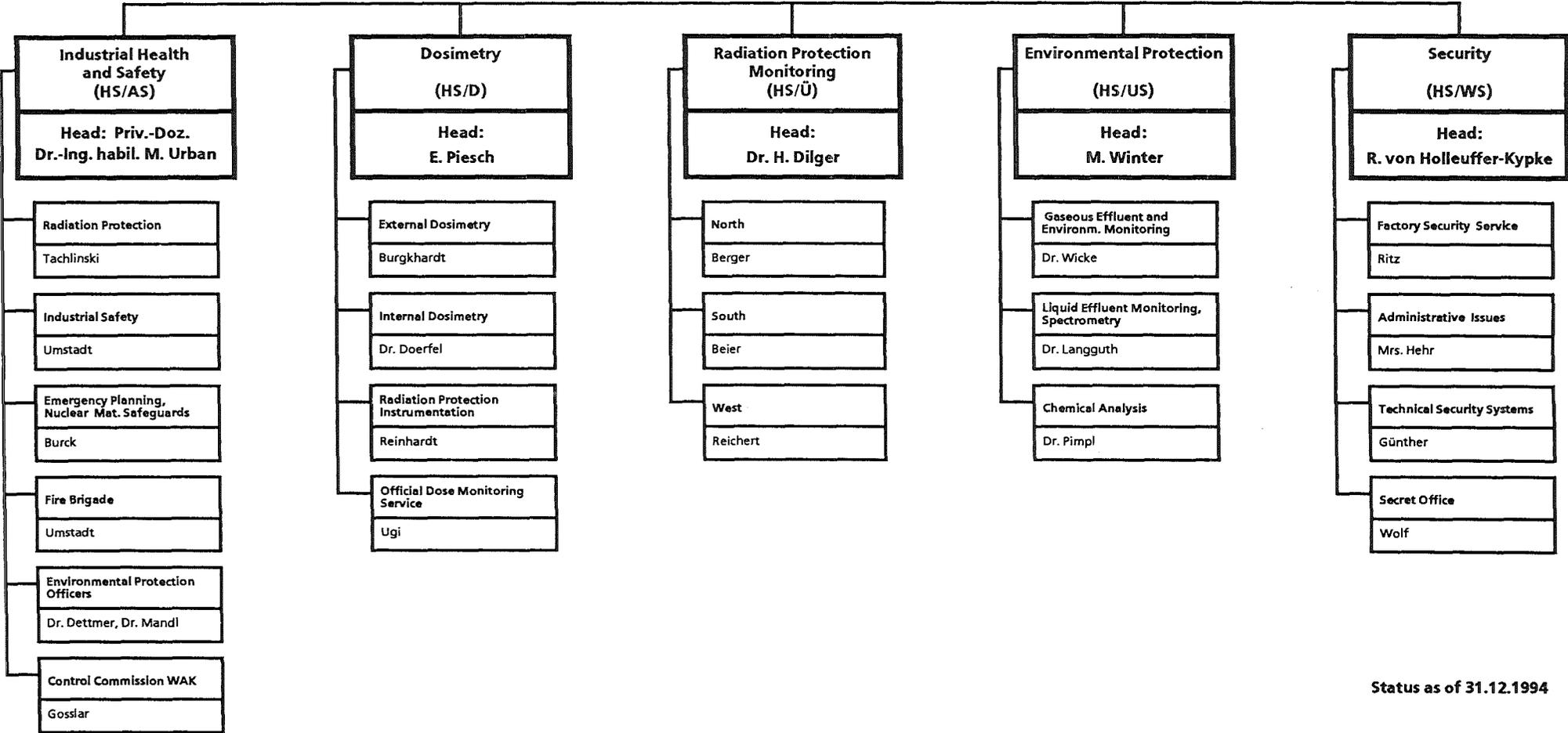
Central Safety Department

Head: W. Koelzer

Deputy: Priv.-Doz. Dr.-Ing. habil. M. Urban

Office:
Mrs. C.-M. Krüger

Janitor:
L. Weis



Status as of 31.12.1994

2 Arbeitsschutz und Sicherheit

M. Urban

Die Abteilung Arbeitsschutz und Sicherheit hat beratende, kontrollierende und steuernde Funktionen auf allen Gebieten des Strahlenschutzes, der Überwachung radioaktiver Stoffe, der Arbeitssicherheit, des betrieblichen Notfallschutzes, des Umweltschutzes und der Abfallwirtschaft. Sie überprüft die Einhaltung der Maßnahmen zur Erfüllung gesetzlicher Pflichten, behördlicher Auflagen und sonstiger Vorschriften zur technischen Sicherheit im Forschungszentrum. Weitere Aufgaben sind die zentrale Erfassung, Bewertung und Dokumentation sicherheits- und umweltrelevanter Daten, Fakten und Vorgänge.

Die Arbeitsgruppe „Strahlenschutz“ führt die Bestellungen der Funktionsträger im Strahlenschutz durch und unterstützt deren Tätigkeit und den praktischen Strahlenschutz durch Information, Beratung und Behördenkontakte. Sie überprüft die Einhaltung der Strahlenschutz- und der Röntgenverordnung sowie behördlicher Auflagen, führt EDV-gestützte Dateien mit den Strahlenschutzdaten der beruflich exponierten Personen und verfolgt die Termine für Strahlenschutzbelehrungen und arbeitsmedizinische Untersuchungen. Sie schafft die Voraussetzungen für den Einsatz von Fremdfirmenpersonal im Forschungszentrum Karlsruhe (Abgrenzungsverträge für Genehmigungsinhaber nach § 20 StrlSchV) und für den Einsatz unserer Mitarbeitern in fremden Kontrollbereichen durch Ausstellen und Führen von Strahlenpässen.

Fachkräfte für Arbeitssicherheit der Arbeitsgruppe „Konventionelle Arbeitssicherheit“ werden auf allen Gebieten der konventionellen Sicherheit entsprechend ihrer Aufgaben nach Arbeitssicherheitsgesetz überwachend und beratend tätig. Sie beraten u. a. bei Schutzmaßnahmen aufgrund von Arbeitsplatzanalysen nach Gefahrstoffverordnung und analysieren Arbeitsunfälle.

Die Arbeitsgruppe „Einsatzdienste, Überwachung radioaktiver Stoffe“ stellt einerseits „rund um die Uhr“ den Einsatzleiter vom Dienst für die Sicherheitsorganisation des Forschungszentrums, andererseits obliegt ihr die zentrale Buchhaltung zur Erfassung und Überwachung von Kernmaterial und sonstigen radioaktiven Stoffen. Im Bereich „Einsatzdienste“ werden Einsatzunterlagen erarbeitet und aktualisiert, Alarmübungen organisiert, Einsatzberichte erstellt und sicherheitstechnisch bedeutsame Ereignisse den zuständigen Behörden gemeldet. Der Bereich „Überwachung radioaktiver Stoffe“ erstattet alle Bestandsänderungs- und Bilanzberichte und bereitet Inspektionen und Inventuren durch Euratom vor. Die Inspektoren von Euratom und IAEA werden bei deren Aufsichtsbesuchen betreut.

Die Arbeitsgruppe „Werkfeuerwehr“ stellt eine Schicht der Werkfeuerwehr rund um die Uhr zur Verfügung, deren Aufgaben neben Löscheinsätzen und technischen Hilfeleistungen, den vorbeugenden Brandschutz, den Betrieb einer Atemschutzzentrale zur Wartung, Instandsetzung und Prüfung aller atemschutztechnischen Geräte umfassen.

In der Gruppe „Zentrale Beauftragte im Umweltschutz“ sind der Abfall- und Gefahrgutbeauftragte und der Immissions- und Gewässerschutzbeauftragten zusammengefaßt, denen Aufgaben entsprechend den gesetzlichen Regelungen übertragen sind. Daneben stellen sie wichtige umwelt- und sicherheitsrelevante Informationen zentrumsweit in Form verschiedener Datenbanken zur Verfügung.

Zur Wahrnehmung der Aufsichtspflichten bei den Stilllegungsarbeiten der Wiederaufarbeitungsanlage Karlsruhe ist eine „Kontrollstelle WAK“ eingerichtet. Sie hat kontrollierende Funktion auf den Gebieten Anlagensicherheit, Strahlenschutz und Entsorgung radioaktiver Abfälle.

Abteilungsleitung

Strahlenschutz	Konventionelle Arbeitssicherheit	Einsatzdienste, Überwachung radioakt. Stoffe	Werkfeuerwehr	Zentrale Beauftragte im Umweltschutz
<p>1. Strahlenschutzbetreuung der Organisationseinheiten:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Beratung, Information, - Strahlenschutzbegehungen. <p>2. Umsetzung strahlenschutzrechtlicher Bestimmungen:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Bestellwesen, - Aktualisieren des internen Regelwerkes, - Melderegulung, - Behördenkontakte. <p>3. Fremdfirmenbetreuung:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Abgrenzungsverträge, - Kontaktstelle seitens FZK, - Dosismitteilungen und Korrespondenz. <p>4. Personendosisregister:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Strahlenpässe, - Dokumentation der Personendaten, Termine und Dosiswerte; - Abwicklung amtliche Personendosismetrie. <p>5. Terminüberwachung :</p> <ul style="list-style-type: none"> - arbeitsmedizinische Vorsorgeuntersuchungen, routinemäßige Einbestellungen, Ergebnismitteilungen, Pflege der Datenbank; - Inkorporationsüberwachung, - Belehrungen. <p>6. HS/AS-Rechnernetzwerk:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Betrieb, Softwarepflege, - Anwendungsprogrammierung. 	<p>1. Sicherheitstechnische Betreuung der Organisationseinheiten in konventionellen Arbeitssicherheitsfragen:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Beratung, Information, Weiterbildung; - Arbeitsplatzbegehungen, -bewertungen, -überwachungen einschl. Brandschutz; - Unfallanalysen, -statistik. <p>2. Umsetzen und Kontrollieren arbeitsschutz-, unfallverhütungs- und brandschutzrechtlicher Bestimmungen:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Aktualisieren des internen und externen Regelwerkes; - Behördenkontakte, - Bestellwesen. <p>3. Arbeitsmedizinische Vorsorgeuntersuchungen:</p> <ul style="list-style-type: none"> - sachliche Zuständigkeit in Zusammenarbeit mit dem Betriebsarzt - personen-, ortsbezogene Prüfung und Festsetzung der Gefährdungsarten. 	<p>1. Umsetzen und Aktualisieren ein-satzspezifischer Unterlagen</p> <ul style="list-style-type: none"> - Alarmplan, - Sicherheitsregelung, - Einsatz- und Anschlußpläne, - Brandbekämpfungspläne, - Katastropheneinsatzpläne. <p>2. Betreuung der EvD-Ausrüstung und der Einsatztrupps durch alle bestellten EvD (alternierend):</p> <ul style="list-style-type: none"> - Einsatzleitung einschl. Berichte und Meldungen, - Alarmübungen, - Ortseinweisungen. <p>3. Buchführung radioaktiver Stoffe und Dokumentation, Umsetzen der kernmaterialspezifischen Bestimmungen:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Behördenkontakte, - Meldewesen, - Begleiten bei Euratom- und IAEO-Begehungen. - Aktualisieren des internen Regelwerkes; - Beratungen, Informationen. <p>4. Transportwesen für radioaktive Stoffe:</p> <ul style="list-style-type: none"> - papiermäßige Abwicklung, - internes Regelwerk, - Behälterliste. 	<p>1. Feuerwehrspezifische Aufgaben</p> <ul style="list-style-type: none"> - Einsätze einschl. technischer Hilfe, - Gerätewartung, - Schulungen, Weiterbildung, - Übungen. <p>2. Zusatzaufgaben</p> <ul style="list-style-type: none"> - Feuerlöscherprüfungen, - Atemschutzzentrale, - Fahrradwerkstatt. 	<p>1. Umsetzen des Abfall-, Bundesimmissionsschutz-, Gefahrgut-, Wasserhaushaltsgesetzes durch die Beauftragten</p> <p>2. Gefahrstoffverordnung:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Wartung, Pflege der Gefahrstoffdatenbank "AUGE" - Datenabgleich in und aus anderen Datenbanken, "Stoffströme" <p>3. Wiederkehrende Prüfungen:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Wartung, Pflege der Datenbank - Datenabgleich in und aus anderen Datenbanken - Erstellen von Prüflisten, - Terminüberwachung, - Dokumentation.
				Kontrollstelle WAK
				<p>1. Auditierung:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Strahlenschutzmaßnahmen, - Emissionsüberwachung, - Wiederkehrende Prüfungen. <p>2. Buch/Bestandsprüfung radioaktiver Stoffe</p> <p>3. Auditierung: Abfallwirtschaft radioaktiver und nicht radioaktiver Stoffe</p>

2.1 Strahlenschutz

2.1.1 Aufgaben der Gruppe „Strahlenschutz“

W. Tachlinski

Das Forschungszentrum Karlsruhe GmbH ist als juristische Person Inhaber der atomrechtlichen Genehmigungen und somit Strahlenschutzverantwortlicher nach Strahlenschutz- und Röntgen-Verordnung.

Der Strahlenschutzverantwortliche hat zur Leitung und Beaufsichtigung der atomrechtlich relevanten Tätigkeiten Strahlenschutzbeauftragte zu bestellen. Bei der Bestellung ist sicherzustellen, daß alle sich aus den atomrechtlichen Bestimmungen und der jeweiligen Genehmigung ergebenden Aufgaben mit der erforderlichen Sachkunde abgedeckt sind. Hierbei sind die Aufgaben der Strahlenschutzbeauftragten voneinander abzugrenzen, um Doppelverantwortlichkeiten oder Lücken auszuschließen. Die vielen unterschiedlichen Bereiche des Forschungszentrums und die ständig erforderlichen Aktualisierungen bedingen einen erheblichen organisatorischen Aufwand. Nach StrlSchV und RöV sind z. Zt. 179 Personen zu Strahlenschutzbeauftragten bestellt, die in 217 eigenständigen innerbetrieblichen Entscheidungsbereichen tätig sind.

Für die mit der Bestellung der Strahlenschutzbeauftragten und ihrer Betreuung verbundenen Aufgaben und die übrigen, mit der Umsetzung der atomrechtlichen Bestimmungen verbundenen Arbeiten bedient sich der Strahlenschutzverantwortliche der Hauptabteilung Sicherheit und hier insbesondere für die administrative Umsetzung der Abteilung Arbeitsschutz und Sicherheit.

Die Gruppe „Strahlenschutz“ bemüht sich um eine einheitliche Umsetzung der internen Regeln, indem sie die Strahlenschutzbeauftragten berät, die Betriebsstätten begeht und an Aufsichtsbesuchen der Behörden teilnimmt. Sie hält den Strahlenschutzordner in Form einer Loseblattsammlung auf dem neuesten Stand. Dieser Ordner ist eine Arbeitsunterlage für die Strahlenschutzbeauftragten, in der alle wesentlichen Gesetze, Verordnungen, Richtlinien sowie das interne Regelwerk enthalten sind. Darüber hinaus verwaltet die Gruppe „Strahlenschutz“ das zentrale Dosisregister mit Überwachungsaufgaben (Grenzwerte, Termine) und Dokumentationsfunktionen und nimmt die zentralisierten Aufgaben im Zusammenhang mit den Aufgaben des Forschungszentrums in bezug auf § 20 StrlSchV wahr. Die Betreuung des EDV-Netzwerkes der Abteilung ist ebenfalls in dieser Gruppe angesiedelt.

2.1.2 Betriebsüberwachung

W. Tachlinski

Neben der Beratung erfolgt die Betriebsüberwachung, zu der der Strahlenschutzverantwortliche verpflichtet ist, durch Begehungen der atomrechtlich relevanten Arbeitsstätten durch einen Strahlenschutzingenieur. Hierbei soll überprüft werden, ob die einschlägigen Bestimmungen wie Genehmigungsaufgaben, Atomgesetz, Strahlenschutzverordnung, Röntgenverordnung, sowie das interne Regelwerk des Forschungszentrums beachtet werden. Dies kann neben allgemeinen Begehungen auch durch Schwerpunktpfahrungen erfolgen, die sich auf Teilbereiche oder Teilaspekte erstrecken.

Zu den Begehungen werden der Strahlenschutzbeauftragte des Bereiches, die Abteilung Strahlenschutzüberwachung, die Medizinische Abteilung und der Betriebsrat eingeladen. Die Ergebnisse der Begehungen und - soweit erforderlich - die Meldung, daß ein festgestellter Mangel beseitigt ist, werden dokumentiert. Die 1994 festgestellten Mängel stellten keine akute Gefährdung dar und konnten in der Regel von den Verantwortlichen kurzfristig abgestellt werden.

2.1.3 Von HS/AS zentral erfaßte zu „überwachende Personen“ nach Röntgen- und Strahlenschutzverordnung

W. Tachlinski

Nach der Röntgen- und Strahlenschutzverordnung unterliegen Personen der Strahlenschutzüberwachung, wenn sie sich in Strahlenschutzbereichen aufhalten. Die Erfassung dieser Personen ist vorrangig die Aufgabe des jeweiligen zuständigen Strahlenschutzbeauftragten in enger Zusammenarbeit mit der Abteilung Strahlenschutzüberwachung.

Alle Dosiswerte für die „beruflich strahlenexponierten Personen“ werden an HS/AS übermittelt und EDV-gestützt auf Grenzwertüberschreitungen überprüft. Die gesetzlich vorgeschriebene Dokumentation der Dosiswerte erfolgt in der Gruppe „Strahlenschutz“.

Für „beruflich strahlenexponierte Personen“ sind zu erfassen: persönliche Daten, Angaben zum Ort und zur Art des Arbeitsplatzes, Angaben zur möglichen äußeren Strahlenexposition, Angaben zur möglichen Strahlenexposition durch Inkorporation sowie getroffene Schutzmaßnahmen.

Mit der Erfassung unterliegt die betroffene Person je nach Kategorie (A oder B) der routinemäßigen administrativen Strahlenschutzüberwachung: rechtzeitige medizinische Untersuchungen, rechtzeitige Strahlenschutzbelehrungen, Ausrüstung mit Dosimetern, Dokumentation der Dosiswerte, Prüfung, ob die jeweiligen Dosis- oder Zufuhrgrenzwerte eingehalten sind.

Die routinemäßige Strahlenschutzüberwachung endet mit der Abmeldung durch den zuständigen Strahlenschutzbeauftragten. Die Daten sind 30 Jahre aufzubewahren. Hierzu ist ein umfangreiches „Personenregister“ erforderlich und zu warten. 1994 gab es für 2544 Personen Überwachungszeiträume, die von einem Tag bis zu einem Jahr variieren können. Personen, die mehrfach an und abgemeldet wurden, also mehrere voneinander getrennte Überwachungszeiträume hatten, sind dabei auch mehrfach gezählt. Von den 2998 Intervallen entfallen ca. 1404 auf Fremdfirmenangehörige. Diese große Zahl ergibt sich durch die hohe Fluktuation bei zum Teil sehr kleinen Intervallen.

Für Personen, die nicht „beruflich strahlenexponiert“ sind, aber ebenfalls einer - modifizierten - Überwachung unterliegen (z. B. Besucher), erfolgt die vorgeschriebene Kontrolle und Dokumentation durch den zuständigen Strahlenschutzbeauftragten und nicht bei HS/AS.

2.1.4 Ergebnisse der Personendosisüberwachung

W. Tachlinski, D. Bosch

In Tab. 2/1 sind für die überwachten Mitarbeiter des Forschungszentrums Karlsruhe GmbH die prozentualen Häufigkeitsverteilungen der Jahresdosiswerte, der Jahresmittelwert und die höchste für einen Mitarbeiter festgestellte Jahresdosis aus externer Bestrahlung angegeben.

Dosisintervall in mSv		Personendosis	
		Häufigkeitsverteilungen der Jahresdosiswerte 1994 in %	
	H = 0,0	89,6	
	H = 0,2	3,6	
	H = 0,4	1,7	
0,5 <	H ≤ 1,0	2,2	
1,0 <	H ≤ 2,0	1,6	
2,0 <	H ≤ 5,0	1,1	
5,0 <	H ≤ 10,0	0,2	
	H > 10,0	0	
Anzahl erfaßter Monatsdosiswerte		14 523	
Jahresmittelwert in mSv		0,11	
höchste Jahresdosis in mSv		8,6	

Tab. 2/1: Ergebnisse der Personendosisüberwachung der Mitarbeiter des Zentrums

In 1994 wurden erstmals alle beruflich strahlenexponierten Mitarbeiter, unabhängig von der Kategorie, mit Phosphatglasdosimetern der amtlichen Meßstelle im Forschungszentrum Karlsruhe überwacht. Die angegebenen Dosiswerte sind die Summe aus Photonen- und - soweit gemessen - Neutronendosis. Abweichend von früheren Berichten wurden die Werte für Kategorie A- und Kategorie B-Personen zusammengefaßt.

Im Jahresmittel waren 1210 Mitarbeiter als beruflich strahlenexponierte Personen eingestuft. Die durchschnittliche Strahlenexposition für beruflich strahlenexponierte Personen ging 1994 auf 0,1 mSv zurück. Der für Einzelpersonen festgestellte höchste Jahreswert der Personendosis ging ebenfalls zurück und blieb mit 8,6 mSv deutlich unter dem Jahresgrenzwert.

Die Personendosis aller beruflich strahlenexponierten Mitarbeiter des Forschungszentrums betrug im Jahre 1994 insgesamt 137 mSv (Vorjahr 213 mSv; der im Jahresbericht 1993 auf Seite 16 genannte Wert von 313 mSv ist falsch). Die Werte der Tabelle 4/5 auf Seite 64 sind nicht unmittelbar mit den hier genannten Werten vergleichbar, da diese auch die Daten der Strahlenexposition der im Forschungszentrum tätigen Mitarbeiter von Fremdfirmen enthalten.

2.1.5 Personal in fremden Strahlenschutzbereichen

W. Tachlinski, B. Setrdle

Die Schutzvorschriften der Strahlenschutzverordnung unterscheiden nicht zwischen fremdem Personal und Personal des Inhabers einer atomrechtlichen Umgangs- oder Betriebsgenehmigung (Betreiber). Da sowohl der Arbeitgeber, der seinen Mitarbeiter in einer fremden Einrichtung tätig werden läßt, als auch deren Betreiber den Schutz des tätigwerdenden Arbeitnehmers sicherzustellen haben, sind die Strahlenschutzverantwortlichkeiten und die daraus resultierenden Aufgaben genau abzugrenzen. Wer seine Mitarbeiter bei fremden Betreibern tätig werden läßt oder selbst tätig wird, bedarf einer Genehmigung nach § 20 StrlSchV, wenn diese Tätigkeit mit einer beruflichen Strahlenexposition verbunden ist. Diese Genehmigungen machen zur Auflage, daß zwischen der Fremdfirma und dem Betreiber ein Vertrag über die Abgrenzung der Aufgaben von Strahlenschutzbeauftragten abgeschlossen wird. Diese "Abgrenzungsverträge" werden von HS/AS abgeschlossen und verwaltet.

2.1.5.1 Fremdfirmen in Strahlenschutzbereichen des Forschungszentrums Karlsruhe

Zum Jahresende 1994 bestanden mit 265 Fremdfirmen Abgrenzungsverträge, von denen 190 tatsächlich tätig wurden und dabei ca. 1 000 unterschiedliche Personen einsetzten. Die § 20-Genehmigungen dieser Firmen liegen uns vor. In angemessenen Abständen werden allen Strahlenschutzbeauftragten sowie einigen Zentralstellen im Zentrum Listen zur Verfügung gestellt, aus denen hervorgeht, mit welchen Firmen ein Abgrenzungsvertrag besteht, d. h. welche Firmen ihre beruflich strahlenexponierten Mitarbeiter in Strahlenschutzbereichen des Forschungszentrums tätig werden lassen dürfen. Diese Listen sind auf Anforderung jederzeit mit neuestem Stand generierbar. Informationen zu Vertragsstatus, Zuständigkeiten, Anschriften, Fax- und Telefonverbindung etc. können auch on-line zur Verfügung gestellt werden.

Für die bei uns tätigen Fremdfirmenmitarbeiter muß das Forschungszentrum gemäß Abgrenzungsvertrag die nichtamtlichen Personendosen ermitteln. Diese Dosen wurden durch HS/AS monatlich allen betroffenen Fremdfirmen übermittelt. Außerdem wurden diese Dosen beim Verlassen des Zentrums in die Strahlenpässe eingetragen. Wurden Fremdfirmenmitarbeiter in inkorporationsgefährdeten Bereichen tätig, so wurden den betroffenen Firmen monatlich die Ergebnisse der Raumluftüberwachung (Aktivitätszufuhr und Dosis) ortsbezogen mitgeteilt. Die Fremdfirmen können anhand dieser Angaben das Erfordernis der regelmäßigen Inkorporationsüberwachung prüfen sowie die individuelle Dosis durch Inhalation unter Berücksichtigung der jeweiligen Aufenthaltsdauer selbst abschätzen. Wurden bei der Raumluftüberwachung erhöhte Aktivitätskonzentrationen während eines bestimmten Zeitraumes festgestellt, wurde für die in dieser Zeit anwesenden Fremdfirmenmitarbeiter eine Zufuhr- und Dosisabschätzung durchgeführt. Diese Ergebnisse werden ebenfalls in die Strahlenpässe der betroffenen Personen eingetragen. Die bei Verlassen des Forschungszentrum noch nicht vorliegenden Werte werden den Fremdfirmen nachgeliefert.

Sind Fremdfirmenmitarbeiter von Zwischenfällen betroffen, die eine Inkorporationsüberwachungsmaßnahme erforderlich machen, wird den Firmen das Ergebnis mitgeteilt. Neben diesen routinemäßigen Mitteilungen an die unter § 20 StrlSchV im Forschungszentrum arbeitenden Fremdfirmen ist HS/AS auch die Kontaktstelle in allen Fragen des Strahlenschutzes und nimmt alle aus den Abgrenzungsverträgen resultierenden Informationspflichten des Forschungszentrums gegenüber den Fremdfirmen wahr.

2.1.5.2 Mitarbeiter des Forschungszentrums Karlsruhe in Strahlenschutzbereichen fremder Anlagen

Das Forschungszentrum Karlsruhe verfügt über eine Genehmigung nach § 20 StrlSchV. HS/AS schließt bei Bedarf die erforderlichen Abgrenzungsverträge ab, stellt Strahlenpässe aus, aktualisiert sie und dokumentiert die ihr von Fremdinstitutionen übermittelten Daten im Dosisregister. Zum Jahresende bestanden 29 solcher Abgrenzungsverträge. Von den derzeit zur Strahlenschutzüberwachung angemeldeten Personen besaßen zum Jahresende 103 Personen einen gültigen Strahlenpaß, wobei im Jahr 1994 22 Strahlenpässe neu registriert wurden.

2.1.6 Regelmäßige Inkorporationsüberwachung im Forschungszentrum

B. Setrdle

Die regelmäßige Inkorporationsüberwachung ist bei Personen erforderlich, die regelmäßig mit offenen radioaktiven Stoffen umgehen und bei denen die maximale inkorporierbare Aktivität pro Jahr größer als 10 % der Grenzwerte der Jahresaktivitätszufuhr sein kann. Zur Bestimmung der zugeführten Aktivität durch Inkorporation können verschiedene Meßmethoden angewandt werden, z. B. Messung der Raumluftaktivität am Arbeitsplatz, direkte Messung der Aktivitäten im Körper oder Ausscheidungsanalysen.

2.1.6.1 Inkorporationsüberwachung des Eigenpersonals

Die Durchführung der regelmäßigen Inkorporationsüberwachung erfolgte in Übereinstimmung mit der zuständigen Aufsichtsbehörde auf der Grundlage der "Festlegung des Sicherheitsbeauftragten zur Inkorporationsüberwachung vom 23.08.1993. Diese Festlegung setzt die Richtlinie des BMU für die "Physikalische Strahlenschutzkontrolle bei innerer Exposition" vom 20.12.1993 um.

Die Inkorporationsüberwachung auf Transurane stützte sich maßgeblich auf die regelmäßige Überwachung der Aktivitätskonzentration der Luft am Arbeitsplatz (Raumluftüberwachung). Außerdem sind pro Jahr eine Stuhl- und eine Urinanalyse zur Überprüfung der durch die Raumluftüberwachung ermittelten Zufuhrwerte durchzuführen, wobei der Abstand zwischen den beiden Analysen sechs Monate betragen soll. Das Überwachungsverfahren erlaubt eine individuelle Überwachung, ohne auf die Meßwerte einer Referenzperson für eine gesamte Gruppe zurückgreifen zu müssen. Zusätzlich zu den Festlegungen des Sicherheitsbeauftragten wird von der zuständigen Aufsichtsbehörde gefordert, daß die Stuhlanalysen halbjährlich durchzuführen sind, sofern die über ein halbes Jahr aus der Raumluftüberwachung berechnete Aktivitätszufuhr mehr als 10 % der Grenzwerte der Jahresaktivitätszufuhr beträgt. Dies war im Berichtsjahr nicht der Fall. Das Erfordernis einer regelmäßigen Inkorporationsüberwachung auf Transurane war im Berichtsjahr nur in Gebäuden der Hauptabteilung Dekontaminationsbetriebe gegeben. Es wurden ca. 60 Personen überwacht. Das Verfahren zur Bewertung der Raumluftüberwachung führte in vielen Fällen zu einer sehr konservativen Feststellung von Körperdosen.

Neben der Überwachung auf Transurane war in verschiedenen Instituten des Forschungszentrums eine Überwachung auf Tritium erforderlich. Dazu mußte monatlich eine Urinprobe abgegeben werden. Zum Jahresende wurden ca. 50 Personen auf Tritium überwacht. Die Meßergebnisse lagen überwiegend unterhalb der Nachweisgrenze von 200 Bq/l, der höchste Wert betrug 750 Bq/l. Selbst der Höchstwert trägt

nicht zur Summe der effektiven Dosis bei, denn nach Umrechnung und vorschriftskonformer Rundung ergibt sich für die daraus ermittelte Zufuhr eine effektive Dosis von 0 mSv.

Wird beim Umgang mit anderen Radionukliden eine regelmäßige Inkorporationsüberwachung erforderlich, so werden das jeweilige Überwachungsverfahren und die Überwachungshäufigkeit individuell festgelegt. Im Berichtsjahr war das nicht der Fall.

Bei der Durchführung der Inkorporationsüberwachung ist eine enge Zusammenarbeit zwischen der Meßstelle und HS/AS erforderlich. Nachdem HS/AS die betroffenen Personen bei der Meßstelle zur Inkorporationsüberwachung angemeldet hat, wird die Einbestellung zur Untersuchung von der Meßstelle eigenständig durchgeführt. Erfolgte Untersuchungstermine werden HS/AS zur Durchführung der Terminüberwachung mitgeteilt. Bei Überschreitung der vorgegebenen, individuellen Überwachungsintervalle werden die betroffenen Personen von HS/AS im Auftrag des Sicherheitsbeauftragten für den Umgang mit den offenen radioaktiven Stoffen gesperrt.

2.1.6.2 Inkorporationsüberwachung des Fremdfirmenpersonals

Die regelmäßige Inkorporationsüberwachung bei Fremdfirmenmitarbeitern ist grundsätzlich Sache der Fremdfirma. Das Forschungszentrum übernimmt diese Aufgabe der Fremdfirmen nur für Firmen, die einen Vertrag über die Durchführung der regelmäßigen Inkorporationsüberwachung mit dem Forschungszentrum abgeschlossen haben. Die Kosten der regelmäßigen Inkorporationsüberwachung sind von der Fremdfirma zu tragen. Solche Sonderverträge beinhalten als Leistungen des Forschungszentrums sowohl die Überprüfung des Erfordernisses der Überwachung und die Festlegung der Inkorporationsüberwachungsart, als auch die Auswertung der entsprechenden Proben, die Terminüberwachung und die Mitteilung der Meßergebnisse an die Fremdfirmen. Zur Zeit besteht ein solcher Vertrag zur Durchführung der Inkorporationsüberwachung mit vier Fremdfirmen, wobei eine regelmäßige Inkorporationsüberwachung bei derzeit 15 Fremdfirmenmitarbeitern durchgeführt wird.

2.2 Arbeitsschutz

2.2.1 Organisation und Aufgaben der Gruppe konventionelle Arbeitssicherheit

K. Umstadt

Hauptaufgabe des Arbeitsschutzes ist es, Gefährdungen und Schädigungen der Beschäftigten vorsorgend zu verhüten, abzuwehren oder soweit wie möglich zu vermindern, mit dem Ziel Arbeitssicherheit zu erreichen. Dabei stehen im Mittelpunkt Maßnahmen zur Erhöhung der Arbeitssicherheit, zur Verhütung von Arbeits- und Wegeunfällen sowie von Berufskrankheiten. Über diese Bemühungen um eine Humanisierung der Arbeitswelt hinaus, geht es dem modernen Arbeitsschutz heute immer mehr um die gesamte Persönlichkeit des arbeitenden Menschen.

Das Forschungszentrum Karlsruhe trägt als Arbeitgeber die Verantwortung für die Sicherheit und den Schutz der Gesundheit seiner Mitarbeiter. Damit obliegt ihm die Führungsaufgabe gesundheitsbewahrende Arbeitsverhältnisse und sichere Einrichtungen zu schaffen, den bestimmungsgemäßen Umgang mit ihnen und das Zusammenwirken aller Mitarbeiter entsprechend zu organisieren und sicherzustellen.

Dieser Aufgabe wird das Forschungszentrum u. a. dadurch gerecht, daß es nach Maßgabe des Arbeitssicherheitsgesetzes (ASiG) Betriebsärzte und Fachkräfte für Arbeitssicherheit bestellt hat. Die Fachkräfte für Arbeitssicherheit sind innerhalb der Hauptabteilung Sicherheit in der Gruppe "konventionelle Arbeitssicherheit" zusammengefaßt und haben die Aufgabe, die einzelnen Organisationseinheiten beim Arbeitsschutz, bei der Unfallverhütung und in allen Fragen zur Arbeitssicherheit einschließlich einer menschengerechten Gestaltung der Arbeit zu unterstützen.

Die Fachkräfte für Arbeitssicherheit müssen jederzeit über die sicherheitstechnische Fachkunde verfügen, die zur Erfüllung der ihnen übertragenen Aufgaben erforderlich ist. Deshalb muß jede Fachkraft für Arbeitssicherheit selbst bemüht sein, sich im erforderlichen Maße fortzubilden, d. h. ihre bisherigen Kenntnisse und Fähigkeiten zu erneuern und neue Kenntnisse und Fähigkeiten hinzu zu erwerben.

2.2.1 Betriebsbegehungen

M. Creutzmann

Zur Erfüllung ihrer Aufgaben nach § 6 ASiG arbeiten die Fachkräfte für Arbeitssicherheit eng mit den Verantwortlichen der Organisationseinheiten, den Sicherheitsbeauftragten gem. § 719 der Reichsversicherungsordnung, den Betriebsärzten und den Aufsichtsbehörden zusammen. 1994. wurden insgesamt 81 Betriebsbegehungen innerhalb des Forschungszentrums durchgeführt. Davon waren acht Begehungen gemeinsam mit Aufsichtsbeamten des Unfallversicherungsträgers bzw. der Gewerbeaufsicht. Zusätzlich wurden sechs Begehungen von Baustelleneinrichtungen durchgeführt. Die bei den Begehungen festgestellten Mängel stellten keine akute Gefährdung dar und konnten in der Regel von den Verantwortlichen kurzfristig beseitigt werden.

2.2.2 Unfallgeschehen

P. Kaul

Nach § 1552 der Reichsversicherungsordnung hat der Unternehmer jeden Unfall anzuzeigen, wenn durch den Unfall ein im Betrieb Beschäftigter getötet oder so verletzt ist, daß er stirbt oder für mehr als drei Tage völlig oder teilweise arbeitsunfähig ist. Unabhängig hiervon werden aus grundsätzlichen Erwägungen sämtliche Unfälle im Forschungszentrum dem zuständigen Unfallversicherungsträger angezeigt, ohne Rücksicht auf die 3-Tages-Frist oder einer Ausfallzeit überhaupt. Nach diesen Kriterien wurden für das Jahr 1994 insgesamt 97 Arbeitsunfälle an den Unfallversicherer gemeldet. Davon waren 84 Unfälle nach § 1552 RVO meldepflichtig (Betriebsunfälle: 59; Wegeunfälle: 21; Sportunfälle: 4).

Statistische Kennziffern wie das Verhältnis zwischen der Zahl der Unfallereignisse und der Zahl der Beschäftigten (Forschungszentrum: 4000 Mitarbeiter) oder der tatsächlich geleisteten Arbeitsstunden ermöglichen eine Bewertung der Unfalldaten. Die Darstellung der Unfallhäufigkeit bezogen auf 1 000 Mitarbeiter (Tausend-Mann-Quote) gibt einen schnellen Überblick über die Wirksamkeit von Unfallverhütungsmaßnahmen in einem Betrieb. Sie gestatten, mehrere Tätigkeitsbereiche eines Betriebes untereinander, Unternehmen derselben Branche oder andere Wirtschaftszweige zu vergleichen. Diese statistischen Meßziffern sind für das Unfallgeschehen des Forschungszentrums im Jahre 1994 in Tab.2/2 wiedergegeben. Beim Vergleich der Tausend-Mann-Quote liegt das Forschungszentrum deutlich unterhalb der Werte der gewerblichen Wirtschaft.

Statistischer Begriff	Definition	Statistische Meßziffer	
		Forschungs- zentrum	gewerbliche Wirtschaft
		1994	1993*
Meldepflichtige Arbeitsunfälle (Tausend-Mann-Quote)	Zahl der anzeigepflichtigen Arbeitsunfälle (ohne Berücksichtigung der Wege- und Sportunfälle) bezogen auf 1 000 Vollarbeiter	15	51
Meldepflichtige Wegeunfälle (Tausend-Mann-Quote)	Zahl der anzeigepflichtigen Wegeunfälle bezogen auf 1 000 Vollarbeiter	5	7

*Daten für 1994 liegen noch nicht vor

Tab. 2/2: Statistische Daten zum Unfallgeschehen im Forschungszentrum 1994

Die meisten Verunfallten wurden nur leicht verletzt. Einen Überblick über Art der Verletzungen und verletzte Körperteile gibt Tab. 2/3.

Verletzte Körperteile	1994	Art der Verletzung	1994
Kopf	10	Erschütterung	2
Auge	5	Prellungen, Quetschungen	23
Rumpf	2	Verstauchungen	4
Bein	3	Zerrungen, Verrenkungen	11
Fuß	6	Wunde, Riß	26
Arme	9	Knochenbruch	8
Hand	8	Verbrennungen, Ätzungen	5
Finger	25	Gliedverlust	1
Innere Organe	1	Schleudertrauma	4
Handgelenk	1		
Gelenke	5		
Halswirbel	6		
Knie	1		
Fußzehe	2		

Tab. 2/3 Betriebsunfälle: Art der Verletzungen und verletzte Körperteile

Einen Schwerpunkt bei den verletzten Körperteilen bildeten die Finger. Hier traten bevorzugt Prellungen, Quetschungen, Wunden und Risse auf. Etwa zwei Drittel der Fingerverletzungen wurden durch Schnitte an scharfen Kanten oder beim Umgang mit Schneidwerkzeugen verursacht. Die Fachkräfte für Arbeitssicherheit müssen in Zusammenarbeit mit den Sicherheitsbeauftragten versuchen, speziell den Unfallschwerpunkt "Fingerverletzung durch Schnitte" mit geeigneten Maßnahmen (z. B. Belehrung oder technische Hilfsmittel, wie Schutzhandschuhe, Sicherheitswerkzeug, Abrunden von Kanten usw.) zu entschärfen.

2.2.3 Arbeitsplatzüberwachungen

M. Creutzmann

Der Arbeitgeber ist verpflichtet, die Betriebsstätten so einzurichten und die Arbeitsmittel so auszuwählen und instandzuhalten, daß die Arbeitnehmer keine Schäden erleiden können und vor Gefährdungen geschützt sind. Die Konkretisierung dieser allgemeinen Forderung erfolgt im Arbeitsschutzrecht und im Unfallverhütungsrecht in einer Vielzahl von Gesetzen, Verordnungen und Technischen Regeln. Hier werden auch Grenzwerte definiert, die eingehalten werden müssen und die nur meßtechnisch bewertet werden können.

Die Arbeitsplatzüberwachungen dienen dazu, konkrete Belastungen einzelner Mitarbeiter oder Gruppen zu erfassen. Hierzu ist es notwendig, durch Messungen Daten zu erhalten, welche die Basis für eventuell durchzuführende Maßnahmen bilden.

Die Notwendigkeit der Durchführung von Arbeitsplatzüberwachungen wird entweder bei Betriebsbegehungen festgestellt oder aufgrund von Anfragen der Organisationseinheiten, von Mitarbeitern oder den Betriebsärzten festgelegt.

Im Berichtsjahr wurden von HS/AS 40 Arbeitsplatzüberwachungen im Forschungszentrum durchgeführt. Den Hauptanteil hierbei bilden die Lärmpegel- und die Gefahrstoffmessungen. Es wurden aber auch Beleuchtungsmessungen, Messungen an Lüftungseinrichtungen (wie z. B. Laborabzüge) und Klimamessungen in Arbeitsräumen durchgeführt. Die so ermittelten Belastungen dienten häufig dazu, Bedenken zu zerstreuen, die Mitarbeiter den speziellen arbeitsmedizinischen Vorsorgeuntersuchungen vorzustellen oder den jeweiligen Arbeitsplatz zu optimieren.

Die Technische Regeln für Gefahrstoffe "Dieselmotoremissionen" schreibt Messungen zwingend vor. Im Forschungszentrum wurden deshalb in enger Zusammenarbeit mit dem Badischen Gemeindeunfallversicherungsverband, Messungen an Gabelstaplern durchgeführt. Die ermittelten Ergebnisse zeigten keine Gefährdung der Mitarbeiter durch Dieselmotoremissionen.

2.2.4 Arbeitsmedizinische Vorsorgeuntersuchungen

H. Schneider

Können beim Umgang mit Gefahrstoffen oder bei der Ausübung gefährdender Tätigkeiten, wie z. B. Hitzearbeiten oder Tragen von Atemschutzgeräten, potentielle Gefahren für die Gesundheit der Beschäftigten durch technische oder organisatorische Maßnahmen nicht ausgeschlossen werden, sind spezielle arbeitsmedizinische Vorsorgeuntersuchungen durchzuführen. Die Rechtsgrundlage hierfür befindet sich in der Unfallverhütungsvorschrift "Arbeitsmedizinische Vorsorge" oder in staatlichen Rechtsvorschriften.

Die Organisationseinheiten werden von den Fachkräften für Arbeitssicherheit bei der Anmeldung zu arbeitsmedizinischen Vorsorgeuntersuchungen fachlich beraten. HS/AS führt die Terminüberwachung durch und übernimmt auch weitere Unternehmerpflichten, wie z. B. die Veranlassung der Untersuchung durch einen ermächtigten Arzt. Im Forschungszentrum werden die Untersuchungen von der Medizinischen Abteilung durchgeführt, deren Ärzte für die Durchführung dieser Untersuchungen ermächtigt sind. Diese legen auch die Untersuchungstermine im Rahmen der vorgeschriebenen Fristen fest, die je nach Art der Tätigkeit und Gesundheitszustand des Mitarbeiters zwischen drei Monaten und fünf Jahren schwanken können. 1994 waren 2 436 Mitarbeiter aufgrund von 4 977 einzeln genannten Gefährdungsarten zu speziellen arbeitsmedizinischen Untersuchungen angemeldet. Davon wurden im Berichtsjahr 1 133 Mitarbeiter untersucht.

2.2.5 Zusätzliche sicherheitsrelevante Maßnahmen

M. Creutzmann, K. Umstadt

Neben den routinemäßigen bzw. auf Anforderung durchgeführten Betriebsbegehungen und Arbeitsplatzüberwachungen wurden im Jahr 1994 aufgrund besonderer Vorkommnisse und Änderungen der behördlicher Auflagen zusätzliche sicherheitsrelevante Schwerpunktaktionen durchgeführt.

- Zur Überprüfung der Lichtkuppeln auf den Gebäuden des Forschungszentrums wurden im Berichtsjahr insgesamt 303 Dachflächen von HS/AS-Mitarbeitern und der Hauptabteilung Bauwesen begangen. Hierbei wurden über 300 Lichtkuppeln erfaßt, und auf ihre Funktion und Begehbarkeit überprüft. Ein Teil der Kuppeln mußte ausgetauscht oder mit einer Absturzsicherung nachgerüstet werden.
- Aufgrund der Zusammensetzung von Kühlschmierstoffen bestehen bei unsachgemäßem Einsatz Gefahren für die Gesundheit der Mitarbeiter und bei der Entsorgung Gefahren für die Umwelt. Es ist deshalb notwendig, beim Umgang mit Kühlschmierstoffen besondere Kontroll- und Schutzmaßnahmen zu beachten. Hierzu wurden in Zusammenarbeit mit der Medizinischen Abteilung, der Hauptabteilung Einkauf und Materialwirtschaft und den Werkstattleitern ein Regelwerk zusammengestellt. Es enthält wichtige Hinweise zum Umgang mit Kühlschmierstoffen und richtet sich sowohl an die Verantwortlichen als auch an die Mitarbeiter vor Ort. Zusätzlich wurden Weiterbildungsveranstaltungen zu den Themen "Überprüfen von Kühlschmierstoffen" und "Hautschutz beim Umgang mit Kühlschmierstoffen" durchgeführt.

Die Anmelderegularien zur arbeitsmedizinischen Vorsorge wurden im Jahr 1994 zusammen mit der Medizinischen Abteilung überarbeitet. Gleichzeitig wurde das Anmeldeformular den gesetzlichen Änderungen angepaßt. Die Umsetzung erfolgt im 1. Quartal 1995.

Der Arbeitsschutzausschuß des Forschungszentrums berief im Berichtsjahr einen Ausschuß zur Überarbeitung der bisher bestehenden Schutzkleiderordnung. Die Aktualisierung der bisherigen Schutzkleiderordnung wird durch veränderte Aufgabenstellungen innerhalb des Forschungszentrums, Neuerungen in den Regelwerken, moderneren Angeboten für persönliche Schutzausrüstung und Änderungen in Hinsicht auf die Europäische Gemeinschaft notwendig.

Die Berufsgenossenschaften hatten bis April 1994 neue Schutzkleider-Bestimmungen für spezielle Einsatzfälle in entsprechenden Regeln festgelegt. Der Ausschuß befaßt sich mit diesen Änderungen und der Umsetzung für das Forschungszentrum. Die Berufsgenossenschaften schreiben für den Einsatz persönlicher Schutzausrüstung eine vorhergehende Gefährdungsermittlung vor. Der Ausschuß hat deshalb folgende Vorgehensweise bei der Überarbeitung der bestehenden Schutzkleiderordnung festgelegt: Gefährdungsermittlung, Bezugsquellen-(Markt-)analyse, Einsatzversuch und anschließend Produkteinführung.

2.2.6 Aus- und Fortbildung

K. Umstadt

Im Berichtszeitraum wurde die Aus- und Weiterbildung in Arbeitsschutz- und Arbeitssicherheitsfragen vom Fortbildungszentrum für Technik und Umwelt unterstützt. Themenschwerpunkte waren: Arbeitsschutz und Brandschutz, Sicherheit auf Baustellen, Tragen von Atemschutzgeräten, Aus- und Fortbildung für Kranführer und Gabelstaplerfahrer, Umgang mit Lasereinrichtungen.

In den einzelnen Kursen wurden Mitarbeitern mit Sicherheitsfunktionen und Führungskräften die im Arbeitsschutzrecht, der Unfallverhütung und im Umweltschutz notwendige Kenntnisse vermittelt. Es erfolgten außerdem Ausbildungen zu Sachkundigen im Hebezeugbetrieb und der Instandhaltung von Aufzügen. Für den innerbetrieblichen Transport wurden Mitarbeiter entsprechend den Unfallverhütungsvorschriften für das Bedienen von Krananlagen und das Führen von Flurförderzeugen geschult. Dem baulichen Brandschutz wurde besondere Beachtung im Hinblick auf neuere sicherheitstechnische Erkenntnisse geschenkt. Informationen hierüber erhielten alle Personen, die im Forschungszentrum verantwortliche Tätigkeiten bei Planungen und Sanierungen von baulichen Objekten wahrnehmen.

Die bestellten Fachkräfte für Arbeitssicherheit der HS/AS sind gemäß § 5 des Arbeitssicherheitsgesetzes verpflichtet, jederzeit über die sicherheitstechnische Fachkunde zu verfügen, die zur Erfüllung der ihnen übertragenen Aufgaben erforderlich ist. Deshalb muß jede Fachkraft bemüht sein, sich im erforderlichen Maße weiterzubilden. Im Berichtsjahr wurden hierzu diverse Seminare, Fortbildungsveranstaltungen und Ausstellungen bzw. Kongresse des Fortbildungszentrums, des Unfallversicherungsträgers und anderer Veranstalter besucht.

2.2.7 Arbeitsschutzausschuß

K. Umstadt

In Betrieben, in denen Betriebsärzte oder Fachkräfte für Arbeitssicherheit bestellt sind, hat der Arbeitgeber einen Arbeitsschutzausschuß zu bilden.

Der Arbeitsschutzausschuß hat die Aufgabe, Anliegen des Arbeitsschutzes und der Unfallverhütung zu beraten. Jedes Ausschußmitglied ist berechtigt, Beratungspunkte vorzuschlagen.

In den Sitzungen des Arbeitsschutzausschusses im Jahr 1994 wurden, neben zahlreichen Einzelfragen, die von seiten des Betriebsrates, Mitgliedern des Ausschusses oder sonstigen Mitarbeitern eingebracht wurden, aktuelle Themenkomplexe behandelt. Schwerpunkte hierbei waren:

- Asbestvorkommen im Forschungszentrum Karlsruhe
Bei Betriebsbegehungen im Jahr 1988 wurden im Zentrum an verschiedenen baulichen Objekten die Verwendung von Spritzasbest und anderer Asbestprodukte festgestellt. Zur Beantwortung einer Anfrage über die damals durchgeführten Maßnahmen und deren aktuellen Stand, führten die Sicherheitsingenieure von HS/AS in den relevanten Bereichen zusätzliche Begehungen durch. Dabei hat sich gezeigt, daß die damals aufgeführten Gebäude bzw. Gebäudeteile soweit saniert sind, daß eine Gefährdung der Mitarbeiter durch Asbest auszuschließen ist.
- Überarbeitung der Schutzkleiderordnung
Hierzu wurde ein Ausschuß gebildet, der die Schutzkleiderordnung überarbeitet und dem Arbeitgeber einen entsprechenden Vorschlag unterbreitet.
- Sicherheitsbeauftragte im Arbeitsschutzausschuß
Um die Zahl der Sicherheitsbeauftragten im Arbeitsschutzausschuß zu begrenzen (im Forschungszentrum sind derzeit ca. 70 Sicherheitsbeauftragte bestellt), hat der Ausschuß beschlossen, vorwiegend Sicherheitsbeauftragte aus den sicherheitsrelevantesten Bereichen (Labors, Instandsetzung, Strahlenschutz, Dekontamination und Genetik) in den Arbeitsschutzausschuß zu berufen.

2.3 Bilanzierung radioaktiver Stoffe

W. Burck

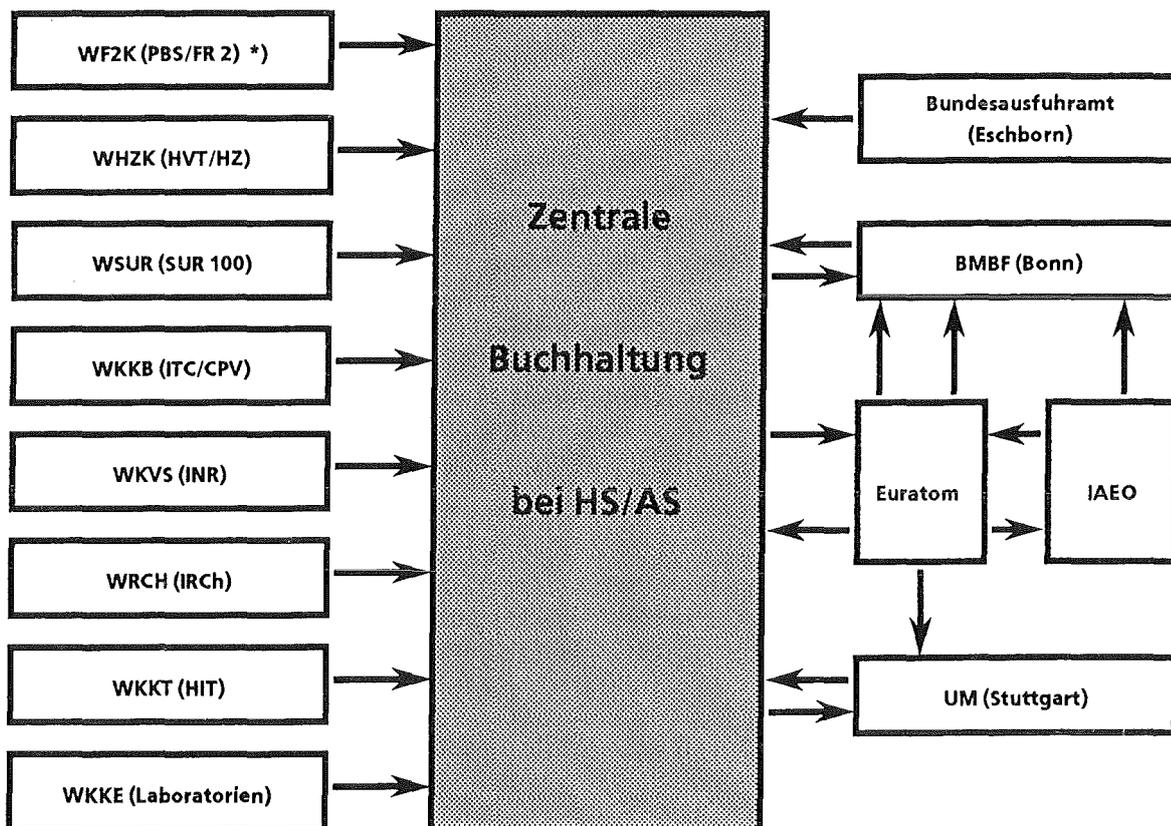
2.3.1 Zentrale Buchhaltung zur Erfassung und Meldung von Kernmaterial

Die Rechtsgrundlagen zur Erfassung, Überwachung und Meldung des Kernmaterials ergeben sich aus nationalen und internationalen Abkommen, Gesetzen, Verordnungen und Vorschriften. Von grundlegender praktischer Bedeutung sind im internationalen Bereich die Besondere Kontrollbestimmungen der Kommission der Europäischen Gemeinschaften für die einzelnen Materialbilanzonen des Forschungszentrums.

Aufgrund dieser genannten Bestimmungen ist der Besitz von Kernmaterial von der Beschaffung bis zur Abgabe lückenlos zu erfassen. Bestandsänderungen sind - je nach Einzelfall - den unterschiedlichen Behörden zu melden:

- Euratom,
- IAEO,
- Umweltministerium Baden-Württemberg, Stuttgart;
- Bundesausfuhramt, Eschborn;
- Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft, Forschung und Technologie, Bonn;
- Gewerbeaufsichtsamt, Karlsruhe.

Um auch Bewegungen innerhalb des Forschungszentrums erfassen zu können, hat Euratom die Einrichtungen des Forschungszentrums in acht Materialbilanzzonen aufgeteilt. Die Organisationseinheiten des Forschungszentrums melden monatlich alle Bestands- und Chargenänderungen an die zentrale Buchhaltung der Gruppe "Kernmaterialüberwachung". Hier werden die Meldungen anhand von Lieferscheinen geprüft, verbucht und rechnergestützt erfaßt. Auf dieser Grundlage werden dann die monatlichen Bestandsänderungsberichte an die Aufsichtsbehörden erstellt und EDV-gerecht übermittelt. 1994 waren 1 079 Änderungen zu bearbeiten. Die an der Erfassung und Überwachung des Kernmaterials beteiligten internen und externen Meldeinstanzen und die zugehörigen Meldewege wurden als Fließschema in Abb. 2/1 dargestellt.



*) Die Materialbilanzzone WF2K (PBS/FR2) wurde zwischenzeitlich aufgelöst.

Abb. 2/1: Materialbilanzzonen des Forschungszentrums Karlsruhe, Meldeinstanzen und Meldewege zur Kernmaterialüberwachung

2.3.2 Aufsichtsbesuche durch Euratom und IAE0

Im Jahre 1994 haben die Direktion Sicherheitsüberwachung von Euratom, Luxemburg, und die Internationale Atomenergie-Organisation, Wien, im Forschungszentrum Karlsruhe insgesamt 19 Inspektionen/Begehungen durchgeführt. Ferner fanden in diesem Zeitraum ebenso viele Buchprüfungen bei HS/AS statt. Für diese Inspektionen waren die realen Kernmaterialbestände vom jeweiligen Betreiber in enger Zusammenarbeit mit der Gruppe „Kernmaterialüberwachung“ zu erheben.

Hierzu waren im einzelnen zu liefern:

- Bestandsverzeichnisse mit dem von HS/AS an Euratom gemeldeten Buchbestand der einzelnen Anlagen am Prüfungstichtag;
- Aufstellung des realen Bestandes an Kernmaterial, gegliedert nach den einzelnen Schlüsselmeßpunkten und Chargen;
- Inventurlisten der Schlüsselmeßpunkte mit Angabe der einzelnen Positionen;
- Materialbilanzberichte von HS/AS mit den Angaben sämtlicher Bestandsänderungen von der vorangegangenen Inventur bis zum Prüfungstichtag;
- Bestandsänderungsbericht von HS/AS mit Angabe und Berichtigungen der Differenzen zwischen dem Buchbestand und dem realen Bestand an Kernmaterial.

Die Aufsichtsbeamten wurden bei ihren Inspektionen von der Gruppe „Kernmaterialüberwachung“ betreut und durch die zu kontrollierenden Anlagen begleitet. Keine der Überprüfungen durch Euratom und IAE0 ergab erwähnenswerte Beanstandungen.

2.3.3 Zentrale Buchhaltung zur Erfassung und Meldung sonstiger radioaktiver Stoffe

Aufgrund der sich aus § 78 der StrlSchV und aus speziellen behördlichen Auflagen ergebenden Buchführungs- und Anzeigepflichten muß das Forschungszentrum in bestimmten Zeitintervallen den zuständigen Behörden Gewinnung, Erzeugung, Erwerb und sonstigen Verbleib von radioaktiven Stoffen anzeigen. Diese Meldeverpflichtung wird zentral von der Gruppe „Kernmaterialüberwachung“ wahrgenommen. Hierzu sind entsprechende Meldungen der Strahlenschutzbeauftragten der einzelnen Organisationseinheiten an HS/AS erforderlich. Die erforderlichen Formblätter zur Erstellung der einzelnen Meldungen werden ihm jeweils termingerecht von HS/AS zugesandt.

Im Berichtsjahr wurde die Bearbeitung, Prüfung und zum Teil rechnergestützte Erfassung von 2 064 internen und externen Bestandsänderungen an sonstigen radioaktiven Stoffen durchgeführt. Um die in Tab.2/4 aufgeführten Berichte erstellen zu können, sind oft Rückfragen innerbetrieblich sowie bei externen Absendern/Lieferanten erforderlich. Alle Meldungen sind termingebunden.

Bei den umschlossenen radioaktiven Stoffen ist gemäß § 75 StrlSchV jährlich mindestens eine Dichtheitsprüfung durchzuführen. Die Wiederholungsprüfungen können entfallen oder in größeren Zeitabständen durchgeführt werden, sofern dies nach den „Richtlinien über Prüffristen bei Dichtheitsprüfungen an umschlossenen radioaktiven Stoffen“ (GMBI. 1979, S. 120) möglich ist. Wird hiervon Gebrauch gemacht, so ist der Freistellungsgrund in der Jahresmeldung zu vermerken. So kann z. B. in folgenden Fällen auf Wiederholungsprüfungen verzichtet werden:

- bei Strahlern mit einer Aktivität bis zum 100fachen der Freigrenze, wenn sie nicht in Ausübung der Heilkunde Patienten appliziert werden (GMBI. 1979, S. 120, Ziff. 6.2.1);

- bei Strahlern, die nur gasförmige radioaktive Stoffe oder radioaktive Stoffe mit Halbwertszeiten bis zu 100 Tagen enthalten (GMBI. 1979, S. 120, Ziff. 6.2.2);
- wenn eine Bescheinigung der PTB vorliegt, daß außer der Abnahmeprüfung keine weiteren Dichtheitsprüfungen erforderlich sind (GMBI. 1979, S. 120, Ziff. 6.2.3).

Art der Berichte	Anzahl der Berichte und Berichtsempfänger			
	Euratom	Umweltministerium	Gewerbeaufsichtsamt	Gesamt
Monatsberichte				
- Erwerb, Erzeugung und Abgabe			12	12
- Bestand an Schwerwasser	12			12
- Auslastung von Genehmigungen		12		12
- Erwerb und Abgabe von Tritium kanadischen Ursprungs	12			12
Halbjahresberichte				
- Erzeugung radioaktiver Stoffe-		2	2	4
Jahresberichte				
- Bestand an offenen radioaktiven Stoffen		1	1	2
- Bestand an umschlossenen radioaktiven Stoffen		1	1	2
- Bestand an Schwerwasser		1	1	2
- Bestand an Tritium kanadischen Ursprungs	1	1	1	3
- Zugang und Bestand an radioaktivem Abfall		1	1	2
Gesamt	25	19	19	63

Tab. 2/4: Umfang der Berichterstattung 1994

Die zur Anfertigung der Jahresmeldung gespeicherten Daten bilden auch die Grundlage für die Terminüberwachung zu Wiederholungsprüfungen an umschlossenen radioaktiven Stoffen, die für das Forschungszentrum zentral durch HS/AS durchgeführt wird. Die Wiederholungsprüfungen selbst werden durch HS/Ü entsprechend der speziell dafür erteilten Genehmigung durchgeführt. Die Anzahl der erfaßten umschlossenen radioaktiven Stoffe, aufgeschlüsselt nach prüfpflichtigen und nicht prüfpflichtigen, zeigt Tab. 2/5.

Erfaßte Strahler/Präparate	582
davon prüfpflichtig	109
davon nicht prüfpflichtig	
gemäß Ziffer 6.2.1	429
gemäß Ziffer 6.2.2	39
gemäß Ziffer 6.2-3	5

Tab. 2/5: Anzahl der anzeigepflichtigen, umschlossenen radioaktiven Stoffe im Forschungszentrum Karlsruhe (Stand: 31.12.1994)

2.3.4 Kontrolle der genehmigten Umgangsmengen radioaktiver Stoffe

Um zu gewährleisten, daß die genehmigten Umgangsmengen an Kernbrennstoffen und sonstigen radioaktiven Stoffen eingehalten werden, hat HS/AS einen Überwachungsmechanismus installiert. Die Inhaber von radioaktiven Stoffen sind verpflichtet, die Summe der Buchwerte den genehmigten Werten gegenüber zu stellen. 1994 wurden insgesamt 367 Meldungen einer Plausibilitätsprüfung unterzogen. Ferner wurden stichprobenweise die von den einzelnen Organisationseinheiten an HS/AS gemeldeten Bestände den genehmigten Werten gegenübergestellt. Es konnten keine Überschreitungen festgestellt werden.

2.3.5 Überwachung der Einhaltung von Grenzwerten für „gemessenen Abfall“

Neben den Bestandsänderungen des Kernmaterials wird auch für alle Materialbilanzzonen die gemessene oder aufgrund von Messungen abgeschätzte Menge an Kernmaterialabfall, der sog. „gemessene Abfall“, überwacht und dokumentiert. Dazu sind in den Besonderen Kontrollbestimmungen von Euratom für die einzelnen Materialbilanzzonen des Forschungszentrums Monats- und Jahresgrenzwerte für den gemessenen Abfall in „effektiven Kilogramm“ festgelegt. Bis zu diesen Grenzwerten darf Kernmaterialabfall in nicht rückgewinnbarer Form an das Abfallager des Forschungszentrums abgegeben werden. Falls gemessener Abfall in Mengen anfällt, die den genehmigten Umfang übersteigen, muß Euratom darüber im voraus informiert werden.

Die einzelnen Materialbilanzzonen werden monatlich mittels eines Listenausdrucks über die jeweilige Inanspruchnahme ihres genehmigten Abgabekontingents informiert. Im Berichtsjahr fanden 181 mit Lieferscheinen dokumentierte Abgaben von „gemessenem Abfall“ des Forschungszentrums an das Abfallager statt.

2.3.6 Erfassung von Kernmaterialtransporten und Hilfestellung bei Planung und Abwicklung

Zu den Aufgaben der Gruppe Kernmaterialüberwachung gehört auch die buchmäßige Überwachung von Kernmaterialtransporten und Hilfestellung bei Planung und Abwicklung. Alle externen Transporte des Forschungszentrums Karlsruhe werden bei der Einfahrt in bzw. der Ausfahrt aus dem Zentrum mit einem „Durchlaß-Passierschein für radioaktive Stoffe“ von der Güterkontrolle der zentralen Buchhaltung bei HS/AS gemeldet. Die Zahl der 1994 erfaßten Kernmaterialbewegungen zeigt Tab. 2/6.

Grundlage dieser Erfassung waren die Liefer- und Versandscheine. Die Anzahl der Kernmaterialbewegungen ist jedoch weder mit der Anzahl von Kernmaterialtransporten noch mit der Anzahl der ausgewerteten Liefer- und Versandscheine identisch. Zwar gehört zu jedem einzelnen Versandstück ein Liefer- oder Versandschein, jedoch werden bei einem Transport oft mehrere Versandstücke gleichzeitig transportiert. Ferner kann ein sogenanntes Versandstück aus mehreren Positionen (z. B. Proben) bestehen, und zudem kann das jeweilige Versandgut gleichzeitig Kernmaterial verschiedener Kategorien enthalten. Bei HS/AS wird eine aktualisierte Liste über alle im Forschungszentrum verfügbaren und einsetzbaren Transportbehälter für radioaktive Stoffe vorgehalten. Ferner erfolgt die Bereitstellung der für die Abwicklung und Durchführung von radioaktiven Transporten erforderlichen Formblätter. Dies sind: Beförderungspapier, Lieferschein-Versandschein für Kernmaterial extern, Lieferschein-Versandschein für Kernmaterial intern, Begleitpapier für radioaktive Stoffe intern.

Materialkategorie	Intern	Extern
Natururan	19	4
abgereichertes Uran	190	15
Thorium	5	1
angereichertes Uran	22	18
Plutonium	96	16
Gesamt	332	54

Tab. 2/6: Anzahl der Kernmaterialbewegungen 1994

2.3.7 Tritiumbilanzierung für Fusionsanlagen

G. Spannagel

In den zurückliegenden Jahren haben international zwei Anlagen zur Fusionsforschung - JET und TFTR - den Betrieb mit nennenswerten Mengen an Tritium begonnen. Damit rücken Fragen zur Inventur und Bilanz von Tritium in den Vordergrund. Es wurden die Randbedingungen herausgearbeitet, aus denen Aussagen zur Tritium-Bilanzierungsgüte abgeleitet werden können.

Der geplante Fusionsreaktor ITER soll entsprechend heutigen Festlegungen mit erheblich größeren Tritiummengen als bei den bisher durchgeführten Experimenten in JET und TFTR betrieben werden. Dieser Brennstoff wird sich außerdem auf zahlreiche Systeme verteilen. Unsere Rechnungen wurden daher auf eine anwendungsorientierte Meßplatte umgestellt, die "mittlere Laufzeit bis zur Entdeckung einer Anomalie". Dieser Beurteilungsmaßstab ist nach unserer Ansicht insbesondere für Behörden "griffiger" als die wahrscheinlichkeitstheoretisch definierte "Bilanzierungsgüte".

Nach derzeitiger Einschätzung werden demnächst alle Fusionsanlagen, die mit Tritiummengen im Bereich von einigen Kilogramm umgehen, ein "verborgenes Inventar" aufweisen, das hinsichtlich Größe und Schwankung unbekannt ist. Es wird somit außerordentlich schwierig werden, die Bilanz zu schließen. Weiterhin ist heute noch unbekannt, ob es ratsam ist, einen großen Tokamak in mehrere Materialbilanzzonen aufzuteilen. Zu diesen Fragen wurden die Arbeiten begonnen. Zur Lösung gibt es keine geschlossenen analytischen Ausdrücke, es müssen Monte-Carlo-Simulationen durchgeführt werden.

2.4 Einsatzleitung und Einsatzplanung

W. Burck

Zur Gewährleistung eines hohen Sicherheitsstandards im Forschungszentrum gehört eine funktionierende Sicherheitsorganisation. Ständige Sicherheitsdienste und Einsatztrupps im Anforderungsfall rund um die Uhr unter der Leitung des "Einsatzleiters vom Dienst" (EvD) erfüllen diese Anforderungen auf der Basis eines umfangreichen internen Regelwerks.

2.4.1 Aufgaben

Die Arbeitsgruppe "Einsatzleitung und Einsatzplanung" hat im einzelnen folgende Aufgaben:

- Umsetzen, Aktualisieren und Kontrollieren der einsatzspezifischen Unterlagen (Alarmplan, allgemeine Sicherheitsregelung und Melderegung des Forschungszentrums; Alarmpläne der Fremdinstitutionen),
- Betreuen und Ausbilden der Einsatztrupps des Forschungszentrums,
- Aus- und Weiterbildung der Einsatzleiter vom Dienst (EvD),
- Aktualisieren der Katastropheneinsatzpläne und Pflege der einsatzspezifischen Software,
- Aktualisieren und Kontrollieren der Brandbekämpfungspläne und der Anschlußpläne,
- Im Alarmfall durch den Einsatzleiter vom Dienst die verschiedenen Einsatztrupps und sonstige zur Hilfeleistung erforderlichen Mitarbeiter des Forschungszentrums zusammenzuführen und die betreffenden Maßnahmen festzulegen und durchzuführen.

Die EvD-Funktion wird von Sicherheitsingenieuren der Abteilung Arbeitsschutz und Sicherheit wahrgenommen. Der jeweils mit der EvD-Funktion beauftragte Sicherheitsingenieur hält sich während seiner Dienstzeit (24 Stunden) ständig auf dem Gelände des Forschungszentrums auf. Dabei ist sichergestellt, daß er jederzeit erreicht werden kann. Der EvD übernimmt im Alarmfall die Einsatzleitung. Er kann einen Einsatzstab berufen, der ihn fachlich über die zu treffenden Einsatzmaßnahmen berät. Der EvD ist verantwortlich für die Durchführung aller Maßnahmen, die bei drohender Gefahr, Personenschäden, Brandunfällen, Strahlenunfällen oder sonstigen Schadensfällen zur Hilfeleistung und zur Wiederherstellung der technischen Sicherheit ergriffen werden müssen.

2.4.2 Statistik und Analyse der EvD-Einsätze

Im Berichtsjahr 1994 gingen in der Alarmzentrale des Forschungszentrums eine Vielzahl von Meldungen ein (siehe Kap. 3). Hiervon erforderten 183 Meldungen einen Einsatz des EvD, um die Wiederherstellung der technischen Sicherheit durchzuführen oder anzuordnen. In allen Fällen konnten die Einsatzkräfte des Forschungszentrums durch rasches und zielgerichtetes Handeln die Auswirkungen der Störungen auf ein Mindestmaß begrenzen. Tabelle 2/7 zeigt eine Aufschlüsselung der Einsätze.

Die Ursachen für die EvD-Einsätze waren im Schwerpunkt: Feueralarme 59 (davon 48 Fehlalarme), Wasserstörungen 40, Technische Hilfe und sonstige Ereignisse 62.

Jahr	1989	1990	1991	1992	1993	1994
Anzahl der Einsätze	250	219	177	235	210	183
Gesamteinsatzzeit in Stunden *	158	122	115	172	151	146
Mittlere Einsatzdauer in Stunden	0,6	0,6	0,6	0,7	0,7	0,5
Anzahl der Einsätze während der Regelarbeitszeit	113	93	103	100	75	66
Anzahl der Einsätze außerhalb der normalen Arbeitszeit	137	126	74	135	135	117
Alarmübungen	11	11	9	10	8	8

* Bei der Gesamteinsatzzeit wurde nur die Zeit berücksichtigt, in der sich der EvD tatsächlich außerhalb seiner Diensträume befand. Zeiten für die Nachbereitung der Einsätze (Schreiben von Protokollen, Absetzen von Meldungen usw.) sind nicht enthalten.

Tab. 2/7: EvD-Einsätze 1989 bis 1994

Einsatzschwerpunkt „Feueralarm“: Hierzu zählen alle Einsätze, die im Zusammenhang mit der Alarmart „Feuer“ ein Tätigwerden des EvD erforderlich gemacht haben, unabhängig davon, ob es tatsächlich gebrannt hat oder nur ein Fehlalarm vorgelegen hat. Die große Zahl der Fehlalarme ist darauf zurückzuführen, daß nahezu alle Gebäude und Anlagen des Forschungszentrums mit automatischen Brandmeldeanlagen ausgestattet sind, die sehr sensibel reagieren und bereits durch Schweiß-, Löt- oder Trennarbeiten im Rahmen von Umbaumaßnahmen oder durch Abgase von Verbrennungsmotoren der in Gebäude einfahrenden Transportfahrzeuge ansprechen können.

Einsatzschwerpunkt „Wasserstörung“: Hier wurden alle Einsätze eingestuft, bei denen es zum Auslaufen von Wasser kam. Bei mehr als der Hälfte der Einsätze waren die Ursachen für das Auslaufen des Wassers Undichtigkeiten in Rohrleitungssystemen. Weiterhin führten undichte oder nicht ordnungsgemäß befestigte Schläuche an Versuchsständen zu Wasserstörungen. In einzelnen Fällen waren übervolle Behälter der Grund des Wasseraustritts.

Einsatzschwerpunkt „Technische Hilfe und sonstiges“:

Unter dem Sammelbegriff „Technische Hilfe“ fallen alle Maßnahmen, die im weitesten Sinn zur Wiederherstellung der technischen Sicherheit dienen. Hierzu gehören insbesondere bei der Behebung von technischen Störungen an: Lüftungs- und Klimaanlage, Heizungsanlagen, Kühlanlagen, Abwasser- und Auffanganlagen, Medienversorgungsanlagen, Experimentiereinrichtungen, Überwachungs- und Warnanlagen, Freisetzung von Chemikalien (Öl, Benzin, etc.), Sturm- und Wasserschäden, Verkehrs- und Arbeitsunfälle und sonstige Fälle.

Während der regulären Dienstzeit werden auftretende Störungen vom Betriebspersonal in der Regel schnell erkannt und mit Hilfe der Wartungsdienste rechtzeitig behoben und somit in ihren Auswirkungen begrenzt.

Störungen außerhalb der normalen Arbeitszeit werden jedoch erst durch Ansprechen von sicherheitstechnischen Meldeeinrichtungen bzw. bei Routinekontrollgängen durch Mitarbeiter des Werkschutzes bekannt. Die technischen Einsatzdienste, Rufbereitschaften, Werkfeuerwehr und der EvD garantieren eine qualifizierte Behebung der Störung.

2.4.3 Meldepflichtige Ereignisse

Nach § 36 der Strahlenschutzverordnung ist der Eintritt eines Unfalles, eines Störfalles oder eines sonstigen sicherheitstechnisch bedeutsamen Ereignisses unverzüglich der atomrechtlichen Aufsichtsbehörde anzuzeigen. Die Vorgehensweise zur Unterrichtung der atomrechtlichen Genehmigungs- und Aufsichtsbehörden über Vorkommnisse im Forschungszentrum Karlsruhe sind in der Melderegelung (Fassung vom 01.11.1992) festgelegt. Im Jahre 1994 wurden den Aufsichtsbehörden drei sicherheitstechnisch bedeutsame Ereignisse der Meldestufe II gemeldet. Hierbei handelte es sich in zwei Fällen um Lüftungsausfälle. Eine Meldung erfolgte gemäß den §§ 49 und 52 der StrlSchV. 17 Vorkommnisse, die von besonderem Interesse für das Umweltministerium Baden-Württemberg als atomrechtliche Aufsichtsbehörde sind, wurden als sogenannte Info-Meldungen an die zuständigen Stellen übermittelt.

2.4.4 Übungen der Einsatzdienste

Aufgabe der Einsatzdienste ist es, die zur sofortigen Gefahrenabwehr notwendigen Maßnahmen durchzuführen, um Schaden für Mensch und Umwelt so gering wie möglich zu halten. Zu diesem Zweck unterhält das Forschungszentrum Karlsruhe ständige Einsatzdienste, die im Bedarfsfall durch Einsatztrupps verstärkt werden können. Diese Einsatztrupps setzen sich wie folgt zusammen:

- Absperrtrupp 14 Personen,
- Strahlenmeßtrupp 10 Personen,
- Feuerwehrtrupp 21 Personen,
- Sanitätstrupp 12 Personen,
- Dekontaminationstrupp 5 Personen.

Im Berichtsjahr wurde eine Alarmübung durchgeführt. Daneben wirkten Einsatzleiter und Einsatzdienste des Forschungszentrums an sechs Alarmübungen mit, die von der Kernkraftwerk-Betriebsgesellschaft mbH, dem Kerntechnischen Hilfsdienst GmbH und der Wiederaufarbeitungsanlage Karlsruhe GmbH durchgeführt wurden. Übungszwecke waren: Alarmierung und Kommunikation, Zusammenwirken der Einsatzkräfte, Menschenrettung unter schwierigen Bedingungen, Versorgung der Verletzten durch die Medizinische Abteilung, Umgang mit Gefahrstoffen, Strahlenschutz- und Meßaufgaben.

Neben den ständigen Sicherheitsdiensten wurden auch die Einsatztrupps und das Betriebspersonal der betroffenen Institute in die Übungen mit einbezogen.

2.5 Werkfeuerwehr

K. Umstadt, A.-F. Joß

Zum vorbeugenden Brandschutz, zur aktiven Brandbekämpfung, zur technischen Hilfeleistung sowie zur Behebung sonstiger akuter Notsituationen unterhält das Forschungszentrum Karlsruhe eine Werkfeuerwehr. Die Personalstärke beträgt 23 Mitarbeiter. Die Mitarbeiter sind in zwei „Schichten“ eingeteilt und im Wechsel „rund um die Uhr“ auf dem Gelände des Zentrums anwesend. Während des Tagesdienstes ist der Leiter der Werkfeuerwehr für den Dienstbetrieb der Schichten verantwortlich. Außerhalb der üblichen Dienstzeit übernehmen „Schichtführer“ diese Aufgabe. Sollte die Mannschaftsstärke der Werkfeuerwehr nicht ausreichen, wird sie durch den Feuerwehrtrupp und die zur Rufbereitschaft eingeteilten, schichtfreien Feuerwehrleute unterstützt. Der Feuerwehrtrupp besteht vorwiegend aus Mitarbeitern, die in den Versorgungsbetrieben und Werkstätten der Hauptabteilung Betriebstechnik tätig sind.

2.5.1 Feuerwehrtechnische Aufgaben

Die Hauptaufgaben der Werkfeuerwehr umfassen Lösch- und Hilfsdienste, Instandsetzungs- und Wartungsarbeiten, die Durchführung von Übungen und das Abhalten von Kursen zur Benutzung von Atemschutzgeräten und zur Handhabung von Handfeuerlöschern. Die Tätigkeiten der Werkfeuerwehr im Jahr 1994 werden im einzelnen in Tab.2/8 wiedergegeben. Neben den feuerwehrspezifischen Tätigkeiten wurden im Berichtsjahr 865 Stunden für Wartungs- und Instandsetzungsarbeiten an den ca. eintausend Dienstfahrrädern des Zentrums aufgebracht.

Geleistete Lösch- und Hilfsdienste
8 Löscheinsätze
57 Feuerfehlalarme
138 Wassereinsätze und Technische Hilfeleistung (davon 18 Personenbefreiungen aus Fahrstühlen)
8 Hilfeleistungen bei Verkehrsunfällen
6 Einsätze zur Tierrettung
Instandsetzungen, Wartungsarbeiten und wiederkehrende Prüfungen
4 550 Handfeuerlöcher gewartet und geprüft
230 Wandhydranten geprüft und gespült
135 Überflurhydranten geprüft und gespült
Durchgeführte Übungen und Kurse
8 Alarmübungen
41 Feuerwehrübungen mit dem Feuerwehrtrupp des Zentrums
17 Atemschutzkurse zur Aus- und Weiterbildung der Mitarbeiter im Umgang mit Atemschutzgeräten
14 Theoretische und praktische Übungen mit Handfeuerlöschern für 178 Mitarbeiter

Tab. 2/8: Leistungsumfang der Werkfeuerwehr 1994

2.5.2 Ausbildung der Feuerwehrleute

1994 wurde die Ausbildung der Feuerwehrleute weiter fortgesetzt. Tab. 2/9 gibt die Anzahl der im einzelnen absolvierten Kurse wieder. Einen Schwerpunkt bildete dabei die Aus- und Weiterbildung, der für die Wartung und Bedienung der einsatzspezifischen Geräte zuständigen Personen (Gerätewarte) . In Verbindung mit diesem Themenkomplex wurde auch die Aus- und Weiterbildung am Gerätewagen „Gefahrgut“ intensiviert.

Kursart	Anzahl der Absolventen	Kursart	Anzahl der Absolventen
Oberbrandmeister	1	Atemschutzgerätewart	8
Zugführer	1	Ausbilder für Sprechfunk	1
Gruppenführer	1	Lehrgang "Technische Hilfeleistung"	4
Sprechfunker	1	Sachkundige nach Druckb. VO § 32	2
Gerätewart/Grundlehrgang	3	Erste Hilfe	23

Tab. 2/9: Von Mitgliedern der Werkfeuerwehr absolvierte Kurse im Jahre 1994

2.5.3 Aus- und Weiterbildung von Mitarbeitern

Die Regeln für den Einsatz von Atemschutzgeräten der Zentralstelle für Unfallverhütung schreiben vor, daß die Benutzer von Atemschutzgeräten vor der ersten Benutzung und danach wiederholt nach Bedarf, mindestens jedoch einmal jährlich, in einer theoretischen Ausbildung und praktischen Übungen unterwiesen werden müssen.

Die Werkfeuerwehr verfügt derzeit über zwei Ausbilder für Atemschutz, die diese Ausbildung verantwortlich durchführen. Im Jahre 1994 wurden insgesamt 17 Atemschutzkurse (Erstausbildung und Wiederholungsausbildung) durchgeführt.

In den Sicherheitsregeln für die Ausrüstung von Arbeitsstätten mit Feuerlöschern und in der Arbeitsstättenverordnung wird gefordert, daß Personen in ausreichender Anzahl mit der Handhabung der Feuerlöschleinrichtungen vertraut zu machen sind. Von der Werkfeuerwehr wurden im Berichtsjahr 14 Brandschutzkurse über vorbeugenden Brandschutz und Handhabung von Feuerlöschern durchgeführt.

2.5.4 Atemschutzzentrale

In der Atemschutzzentrale der Werkfeuerwehr werden die Atemschutz-Geräte, -Masken und -Vollschutzanzüge aus den Instituten und Abteilungen des Forschungszentrums und der Kernkraftwerk-Betriebs-Gesellschaft mbH gereinigt, gewartet und geprüft. In einer modernen Ultraschall-Reinigungsanlage werden die Halb- und Vollmasken gereinigt und desinfiziert. Die Vollschutzanzüge werden konventionell behandelt. Eventuelle Reparaturen und der Einbau von Ersatzteilen sowie die wiederkehrenden Prüfungen der Atemschutzgeräte, -Masken und -Vollschutzanzüge erfolgen durch ausgebildete und

geprüfte Atemschutzgerätewarte. Die Bevorratung und die Ausgabe von Atemschutzfiltern, Staub-, Halb- und Vollmasken mit Zubehör sowie der Vollschutzanzüge erfolgen durch die Werkfeuerwehr (siehe Tab.2/10).

Anzahl	Tätigkeit
12 019	Atemschutzmasken gereinigt, desinfiziert, gewartet und geprüft
125	Preßluftatmer gewartet und geprüft
1 235	Druckluftflaschen (Volumen bis 50 l) gefüllt
407	Druckluftflaschen zur wiederkehrenden Prüfung vorgeführt und gefüllt

Tab. 2/10: Leistungsumfang der Atemschutzzentrale der Werkfeuerwehr 1994

2.6 Betriebsbeauftragte im Umweltschutz

K. Dettmer, B. Mandl

Anfang 1994 wurde, personell an HS/AS angegliedert, die Gruppe "Zentrale Beauftragte im Umweltschutz" gebildet. Sie setzt sich zusammen aus dem Gefahrgut- und Abfallbeauftragten und dem Gewässerschutzbeauftragten, der zusätzlich zum Immissionsschutzbeauftragten bestellt wurde. Die organisatorische Einbindung gewährleistet optimale Voraussetzungen zur Erfüllung der rechtlichen Anforderungen und zur Wahrnehmung der Aufgaben der Betriebsbeauftragten. Diese umfassen im wesentlichen Überwachung und Kontrolle, Beratung und Information, Hinwirkung und Dokumentation. Durch das Ineinandergreifen der Rechtsgebiete hat sich die Konzentration auf eine Arbeitsgruppe mit kurzen Informationswegen als vorteilhaft erwiesen. Zusätzlich zu den Beauftragtenfunktionen sind in der Gruppe die Bereiche Chemikalienrecht, Umsetzung der Gefahrstoffverordnung und wiederkehrende Prüfungen angesiedelt.

2.6.1 Wiederkehrende Prüfungen

K. Dettmer

Zur Gewährleistung der technischen Betriebssicherheit sind bestimmte Gegenstände, Anlagen und Anlagenteile in vorgegebenen Zeitintervallen Prüfungen zu unterziehen. Die Wiederkehrenden Prüfungen sind durch Auflagen in Genehmigungen und in den Unfallverhütungsvorschriften festgelegt. Die Aufgabenverteilung und der Informationsfluß bei der Durchführung der Wiederkehrenden Prüfungen sind in Abb. 2/2 dargestellt.

Die formalisierten wiederkehrenden Prüfungen sollen die technische Sicherheit verbessern und durch ein einheitliches System der Terminüberwachung die Nachweisführung gegenüber den Behörden erleichtern. Wiederkehrende Prüfungen sind in allen Organisationseinheiten des Zentrums durchzuführen.

Zur Terminierung und Dokumentation der Prüfungen werden von HS/AS Prüfprotokolle erstellt und an die verantwortlichen Organisationseinheiten bzw. die prüfenden Fachabteilungen verschickt. Diese erhalten jährlich Prüfkalender. Mahnlisten werden bei Bedarf monatlich verschickt.

Wesentlicher Bestandteil der Koordinations- und Dokumentationsarbeit innerhalb der HS ist die manuelle Eingabe der Termine der erfolgten Prüfungen in ein EDV-System und der manuelle Abgleich der vorhandenen Daten der Prüfobjekte anhand von geänderten Prüflisten der Betriebsbeauftragten der Organisationseinheiten. Eine wesentliche Voraussetzung für das Mahnwesen ist, daß die im HS-System dokumentierten Prüfobjekten - mit tatsächlich vorhandenen Prüfobjekten identisch sind und daß die Dokumentation mit den Organisationseinheiten vollständig abgestimmt ist. Diese laufend durchzuführende Abstimmungsarbeit stellt einen weiteren wesentlichen Teil der HS-Aufgaben dar.

Um die Gefahr von Fehlern und Datenverlusten, die bei der manuellen Dateneingabe in das HS-System und der Weitergabe von Daten über den Postweg besteht, zu reduzieren, wurde in diesem Jahr eine Neukonzeption für die Übermittlung von Daten entworfen. Diese basiert auf einer Erweiterung des bei HS vorhandenen Erfassungsprogramms. Betriebsbeauftragte sollen in die Lage versetzt werden, über Netzwerk auf die zu ihrer Organisationseinheit gehörenden Daten zugreifen, diese selbständig pflegen, Terminerfassung selbständig abrufen und die für sie relevanten Informationen vorort einsehen und auswerten zu können.

Darüberhinausgehend sind als Ergänzungen des HS-Erfassungsprogramms u. a. geplant:

- Protokollierung und Zurückverfolgung aller Prüfungen, die an einem Prüfobjekt durchgeführt wurden,
- zusätzliche Sortier- und Selektierkriterien für Prüfobjekte und
- zusätzliche Felder für die bessere Erkennbarkeit der Prüfobjekte durch die Betriebsbeauftragten in den Organisationseinheiten.

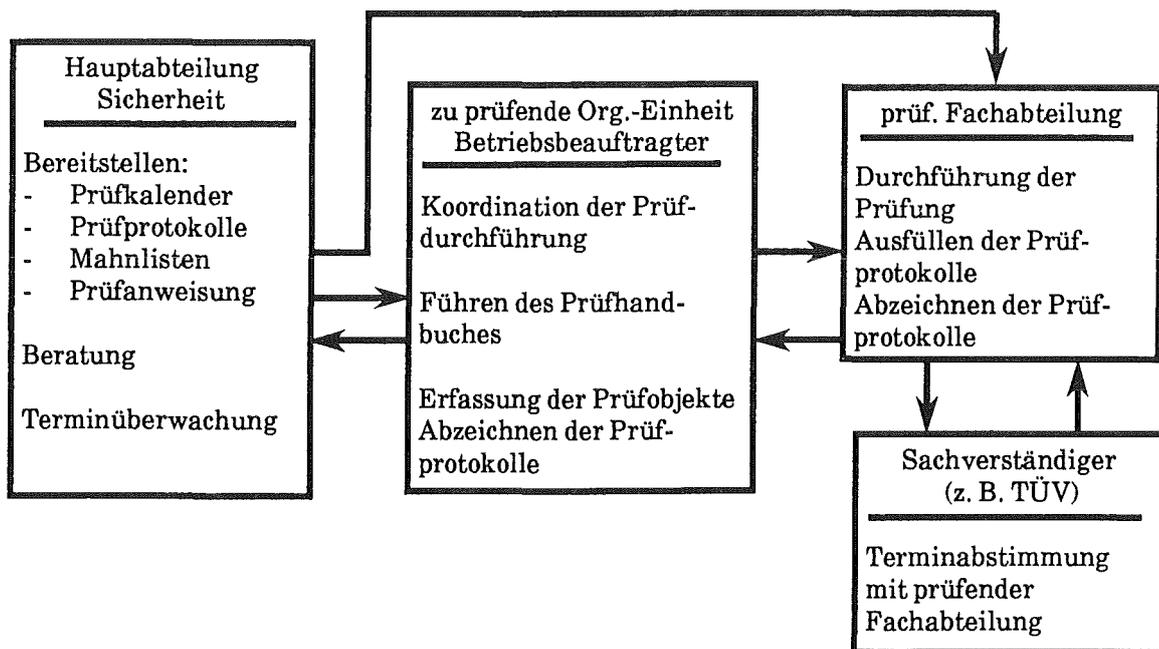


Abb. 2/2: Wiederkehrende Prüfungen, Aufgabenverteilung und Informationsfluß

2.6.2 Umsetzung der Gefahrstoffverordnung

K. Dettmer, B. Mandl, W. Winkelmann

Mit der am 1. Nov. 1993 in Kraft getretenen Gefahrstoffnovelle (letzte Änderung 19. Sept. 1994) sind insgesamt 18 EG-Richtlinien in nationales Recht umgesetzt worden. Verschiedene Regelungen die bisher in den Technischen Regeln für Gefahrstoffe (TRGS) enthalten waren, wurden aufgenommen und haben somit Gesetzescharakter erlangt. Wesentliche Neuerungen: Das neue Sicherheitsdatenblatt (§ 14), das Gefahrstoffkataster (§ 16 Abs. 3a) und der Umgang mit Asbest (§ 39). Desweiteren fallen Abfälle beim Umgang ebenfalls unter die Gefahrstoffverordnung. Die Kennzeichnung erfolgt nach TRGS 201.

Ebenfalls neu aufgenommen sind außerdem die Herstellungs- und Verwendungsverbote für Asbest, Arsen und seine Verbindungen, Benzol, aliphatische Chlorkohlenwasserstoffe, Pentachlorphenol und seine Verbindungen, Vinylchlorid als Treibgas, Cadmium und seine Verbindungen für bestimmte verfahrenstechnische Anwendungen sowie nitrosierende Agenzien enthaltende Kühlschmierstoffe.

Da die Herstellung und Verwendung für Forschungs-, wissenschaftliche Lehr- und Ausbildungszwecke und Analysenzwecke von dem Verbot ausgenommen sind und die für den Arbeitsschutz relevanten Bestimmungen, weitgehend unverändert blieben, konnte wie bisher mit der Durchführung von Arbeitsbereichsanalysen und Kontrollmessungen fortgefahren bzw. die TRGS 451 angewandt werden. Hilfestellungen für die in § 20 Abs. 2 der Gefahrstoffverordnung geforderte arbeitsplatzbezogene Unterweisung wurde den Organisationseinheiten durch die Erstellung von Einzel- oder Gruppen-Betriebsanweisungen geleistet.

2.6.3 Stoffströme im Forschungszentrum Karlsruhe

K. Dettmer

Eine Arbeitsgruppe "Gefahrstoffströme, Arbeitssicherheit und Abfallentsorgung" entwickelte in den letzten drei Jahren ein Konzept für die zentrumsweite Erfassung und Buchführung von Gefahrstoffen. Es beinhaltet die zentrale Erfassung von Sicherheitsdatenblättern und die Führung des Gefahrstoffkatasters und unterstützt so die Umsetzung der §§ 14 und 16 der Gefahrstoffverordnung. Als wesentlicher Bestandteil des Konzepts wurde das EDV-Programm Best-Chem entwickelt, das es ermöglicht, Gefahrstoffe und Chemikalien beginnend von der Bestellung über Lagerung und Anwendung bis hin zum Verbrauch und Entsorgung elektronisch zu erfassen und zu überwachen. Alle Gefahrstoffe werden vom System im Rahmen der Bestellung erfaßt und die entsprechenden Beschaffungsanforderungen und Materialentnahmescheine elektronisch erzeugt.

Wesentliche Bestandteile der Software-Entwicklung waren in diesem Jahr:

- Der Abschluß der Erprobungsphase der Einzelplatzversion.
- Die erfolgreiche Erprobung der Software in seiner Netzwerkversion, die zentrumsweit eingesetzt werden soll.
- Die Schaffung einer zentralen Stelle zur Wartung und Pflege der Datenbank und für Aufgaben, die bei der zentrumsweiten Einführung und Nutzung des Gefahrstofffassungssystems anfallen werden.

Den Aufbau der Netzwerkversion zeigt die Abb. 2/3. Dem Nutzer werden zentral Sicherheitsinformationen über die im Zentrum vorhandenen Stoffe zur Verfügung gestellt. Neue Stoffe werden bei ihrer Bestellung zunächst in Dateien auf einem lokalen Server aufgenommen und dann auf den zentralen Server übertragen. Dort läßt sich eine Bilanzierung der Stoffe unter sicherheitstechnischen Aspekten zentral für alle Gefahrstoffe in den Organisationseinheiten durchführen.

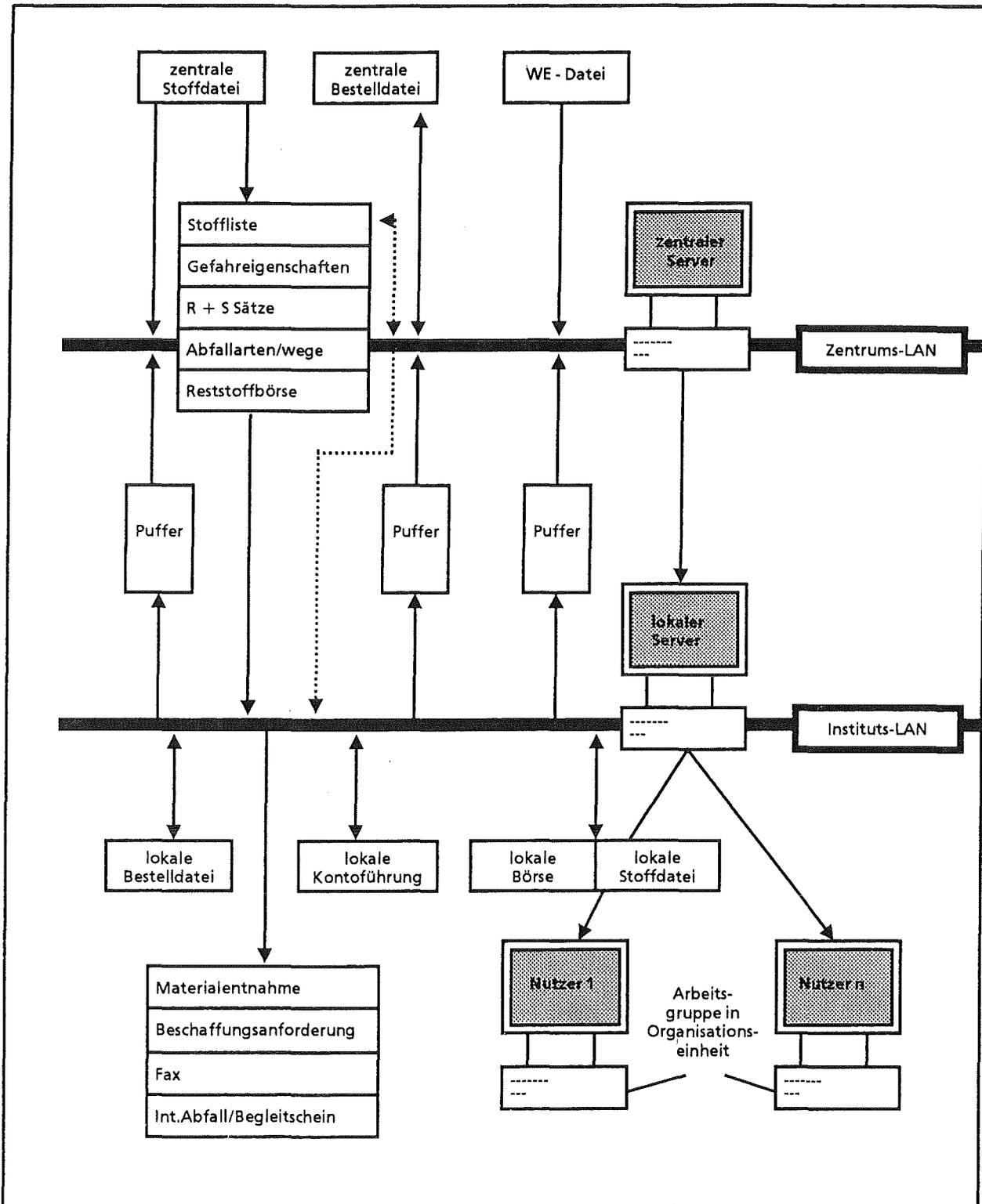


Abb. 2/3: Netzwerkversion des Gefahrstofferrfassungsprogramms aus Best-Chem

2.6.4 Gefahrguttransporte

B. Mandl

Der Gesetzgeber hat in den letzten Jahren eine Fülle von Maßnahmen getroffen, um den Transport gefährlicher Güter sicherer zu machen. Mit den letzten Änderungen der Gefahrgutverordnung Straße (GGVS) wurden den am Gefahrguttransport Beteiligten umfassende Pflichten auferlegt. 1994 standen im wesentlichen die Umsetzung der letzten Änderung (4. Änderungsverordnung zur GGVS vom 13.04.1993 und Neufassung der GGVS vom 26.11.1993) und die Anwendung bzw. Umsetzung der Verordnung über Ausnahmen von den Vorschriften über die Beförderung gefährlicher Güter vom 23.06.1993 und deren 1. Änderungsverordnung vom 01.04.1994 an. Die Ausnahmen werden insbesondere beim Verpacken von nichtradioaktiven Gefahrgütern und Abfällen genutzt.

Aufgrund der Komplexität dieses Fachgebiets und der erforderlichen Sachkenntnisse, die notwendig sind, um einen Gefahrguttransport fachgerecht abzuwickeln, können nur bestimmte Organisationseinheiten, die über die entsprechenden beauftragten Personen verfügen, Gefahrguttransporte direkt durchführen. Die Einrichtung einer "Isotopenstelle" bei HDB wird hier eine weitere, sinnvolle und notwendige Konzentrierung bringen, da zukünftig alle Transporte radioaktiver Stoffe nur noch über diese Stelle abgewickelt werden dürfen. Hierfür spricht auch das rückläufige Transportaufkommen. Eine Ausnahme von dieser Regelung sind die Transporte von Radionukliden für die nuklearmedizinische Diagnostik der Hauptabteilung Zyklotron, die weiterhin von dort direkt abgewickelt werden.

Im Bereich des Transports konventioneller Gefahrgüter wurden die Transporte über die Hauptabteilung Einkauf und Materialwirtschaft und die Hauptabteilung Dekontaminationsbetriebe/Abteilung Konventionelle Entsorgung abgewickelt. Gerade hier haben sich die meisten Änderungen niedergeschlagen. Sie betreffen insbesondere die Zuordnung zu einer Gefahrenklasse, das Beförderungspapier, die Wahrnehmung der Pflichten der am Gefahrguttransport Beteiligten und die Kleinmengen. Der letztgenannte Punkt erfordert für Information, Beratung, Überwachung und Kontrolle eine intensive Bearbeitung. Bei den Kleinmengen wird nämlich in der Regel nicht erkannt, daß es sich dennoch um einen Gefahrguttransport handelt, der in einigen Fällen jedoch mit Erleichterungen verbunden ist. Betroffen hiervon sind insbesondere Tätigkeiten im Bereich Wartung und Instandhaltung sowie Umbau und Rückbaumaßnahmen. Die Problematik solcher Gefahrguttransporte konnte in Besprechungen und Informationsveranstaltungen bei den betroffenen Abteilungen vermittelt werden.

In mehreren Informationsveranstaltungen und Besprechungen konnten individuelle Fragen und Probleme diskutiert und gelöst werden. Dabei kamen verstärkt die Punkte zur Sprache, die Änderungen erfahren haben und die bei der Abwicklung von besonderer Bedeutung sind wie z. B. das Beförderungspapier mit seinen notwendigen Eintragungen (Pflichten), schriftliche Weisungen (Unfallmerkblätter), Verpackungen und Kennzeichnungen.

2.6.5 Abfallwirtschaft

B. Mandl

Die Konzeption der Abfallwirtschaft und der damit verbundene Abrufrahmenvertrag mit einer Entsorgungsfirma haben sich auch im vergangenen Berichtsjahr bewährt. Durch konsequentes Trennen und Sortieren konnte eine beträchtliche Menge an Reststoffen direkt der Verwertung zugeführt werden

(Tab. 2/11). Die Einzelmengen der entsorgten nachweispflichtigen, nicht radioaktiven Abfall-/Reststoffe sind in Tab. 2/12 aufgelistet.

Reststoffe	Menge
Altglas	13,84 t
Altpapier	289,40 t
Aushubmaterial Kies/Sand	78,60 t
Bauschutt	1.837,67 t
Bildschirme	0,54 t
Eisenschrott	470,83 t
Elektro- und Elektronikschrott	30,28 t
Elektrokabel	34,93 t
Erdaushub	2.500,00 m ³
Fotopapier	5,05 t
Gras- und Sträucherabfälle	106,52 t
Holzrecycling	32,22 t
Holzspäne	5,98 t
Kühlschränke	23 Stück
Pb-Akkus	6,05 t
PE-rein	9,60 t
Rinderlungen	0,50 t
sonstige Metalle	50,00 t
Styropor	518,00 m ³
Transformatoren PCB-frei	190,92 t

Tab. 2/11: Entsorgte Reststoffe 1994

Im ersten Quartal 1994 traten auf Vorschlag des Betriebsbeauftragten für Abfall die Regelungen zur Behandlung und Entsorgung nicht radioaktiver Abfall-/Reststoffe in Kraft. Diese Regelungen ersetzen die bis dahin gültigen Richtlinien zur Behandlung von inaktiven Abfällen des Forschungszentrums vom Januar 1992. In die neuen Regelungen wurden nicht nur die aktuellen rechtlichen Vorgaben eingearbeitet, sondern auch die interne Organisation und Strukturierung berücksichtigt. Wesentliches Element der neuen Regelungen ist die Mitteilung über die Entsorgung von Abfall-/Reststoffen mit dem internen Abgabeschein an die zentrale Abfallmeldestelle.

Die Umsetzung der neuen Regelungen war begleitet von mehreren Informationsveranstaltungen sowie zahlreichen Besprechungen und Beratungen. Damit konnten viele Einzelfragen und Detailprobleme im Vorfeld diskutiert und geklärt werden. Dies gewährleistete einen reibungslosen internen Ablauf bei Entsorgungsmaßnahmen. Eine weitere Vereinfachung wurde durch die Einführung von festen Entsorgungsterminen für Styropor und Altglas erreicht.

Die externe Entsorgungssituation aufgrund fehlender Verbrennungs- und Deponierungskapazitäten ist weiterhin angespannt. Sie erforderte deshalb erhöhte Tätigkeiten bei der Suche nach geeigneten Verwertern und Beseitigern. Die Suche nach alternativen Verwertungs- und Behandlungsmöglichkeiten für nachweispflichtige Abfälle/Reststoffe führten im Berichtszeitraum zu Einsparungen bei der Landesabfallabgabe. Weiterhin konnten durch die sofortige Reaktion auf die Marktlage neue Verwertungswege, insbesondere für die mengenrelevanten Reststoffe Altpapier, Kartonagen und Altglas, eröffnet werden. Sie haben ebenfalls zur Kostenreduktion im Bereich der Abfallwirtschaft beigetragen.

Abfall-/Reststoffart	Abfallschlüssel-Nr.	Menge
Inhalt von Fettabscheidern	12501	41,81 t
Kesselschlacke	31307	43,12 t
Flugaschen und -stäube	31309	3,40 t
Mineralfaserabfälle	31416	20,68 t
Verbrauchte Ölbinder	31428	0,71 t
Asbestabfälle	31436	16,54 t
Eisenmetallbehältnisse m. schädli. Restin	35106	1,05 t
Ölfilter	35107	1,71 t
Trockenbatterien, Trockenzellen	35325	4,40 t
Feuerlöschpulverreste	39905	5,50 t
Lösliche Salze, nitrat- oder nitrithaltig	51534	2,92 t
Anorganische Säuren, Säuregemisch und Beizen	52102	6,48 t
Laugen, Laugengemische und Beizen (bas.)	52402	4,18 t
Fixierbäder	52707	0,18 t
Sonstige Konzentrate und Halbkonzentrate	52725	20,48 t
Trafo-, Wärmeträger-, Hydrauliköle, PCB-frei	54106	44,28 t
Trafo- und Hydrauliköle, PCB-haltig	54107	0,52 t
PCB-haltige Erzeugnisse, Betriebsmittel	54110	14,86 t
Verbrennungsmotoren-Getriebeöle	54112	19,10 t
Feste fett- und ölverschmierte Betriebsmittel	54209	4,96 t
Bohr- und Schleifölemulsionen, Emulsionen	54402	111,04 t
Öl- und Benzinabscheiderinhalte	54702	92,80 t
Lösemittelgemische, halogenhaltig	55220	3,86 t
Ethylenglykole	55303	4,80 t
Lösemittelgemische, halogenfrei	55370	3,12 t
Lösemittelhaltige Schlämme, halogenfrei	55402	0,76 t
Lackierereiabfälle, ausgehärtet	55511	0,24 t
Altlacke, Altfarben, nicht ausgehärtet	55512	5,04 t
Kitt- und Spachtelmassen, nicht ausgehärtet	55907	0,12 t
Ionenaustauscherharze	57124	17,70 t
Kunststoffbehältnisse m. schädli. Rest	57127	2,69 t
Laborchemikalienreste, organisch	59302	1,10 t
Laborchemikalienreste, anorganisch	59303	0,38 t
Mit Chemikalien verunreinigte Betriebsmittel	59304	1,02 t
Tenside	59402	2,52 t
Gase mit Stahldruckflaschen	59802	2,50 t
Hausmüll	91101	29,38 t
Küchen- und Kantinenabfälle	91202	34,30 t
Baustellenabfälle	91206	189,45 t
Straßenkehrriecht	91501	15,78 t
Faulschlamm	94502	110,60 t
Rückstände aus Siel- und Kanalreinigung	94702	7,00 t

Tab. 2/12: Nachweispflichtige Abfall-/Reststoffe 1994

Die im August 1994 in Kraft gesetzte neue Abfallsatzung des Landkreises Karlsruhe verpflichtet zur weiteren Auftrennung der Restmüllfraktion und zum getrennten Sammeln der Wertstoffe und der kompostierbaren Bestandteile. Die Umsetzung muß entsprechend der TA-Siedlungsabfall bis 1996 erfolgen. Lösungsvorschläge zur internen Umsetzung wurden erarbeitet.

2.6.6 Immissionsschutz

K. Dettmer

Die Rechte und Pflichten des Immissionsschutzbeauftragten ergeben sich aus dem Bundesimmissionsschutzgesetz (BImSchG). Seine Aufgaben gemäß den §§ 54, 56 und 57 BImSchG sind im einzelnen:

- Beratung des Betreibers und der Betriebsangehörigen;
- Hinwirkung auf die Entwicklung und Einführung umweltfreundlicher Verfahren;
- Mitwirkung bei der Entwicklung und Einführung umweltfreundlicher Verfahren sowie bei Genehmigungsverfahren;
- Überwachung der Einhaltung der Vorschriften des BImSchG;
- Aufklärung der Betriebsangehörigen über die von immissionsschutzrechtlich relevanten Anlagen verursachten schädlichen Umwelteinwirkungen.

Das Hauptaugenmerk des Immissionsschutzbeauftragten innerhalb des Zentrums liegt auf den genehmigungsbedürftigen Anlagen gemäß BImSchG (s. Tab. 2/13).

Im einzelnen sind dies:

Anlage	Immissionsschutzbeauftragter zu bestellen gemäß Anhang zur 12. BImSchV	Immissionsschutzrechtliche Anzeige/Genehmigung
Abfalllager, Geb. 604	Ziffer 44	Anzeige nach § 67 BImSchG
Verbrennungsanlagen der HDB, Geb. 536	Ziffer 38	Genehmigung nach §§ 4 ff, BImSchG
Verbrennungsanlage TAMARA	Ziffer 38	Genehmigung nach §§ 4 ff, BImSchG
Fernheizwerk, Geb. 255		Änderungsgenehmigung nach § 15, BImSchG
Dampfkesselhaus, Geb. 549		Änderungsgenehmigung nach § 15, BImSchG

Tab. 2/13: Nach BImSchG genehmigte Anlagen auf dem Gelände des Forschungszentrums

Als Basis für die Wahrnehmung der Pflichten des Immissionsschutzbeauftragten in bezug auf Mitwirkung an Investitionsentscheidungen, Hinwirkung auf immissionsarme Verfahren und Überprüfung von Anlagenänderungen im Hinblick auf Genehmigungskonformität wurde ein Anlagenkataster bestehend aus Bau- und Genehmigungsunterlagen aller Anlagen und den R&I Fließbildern und Verfahrensschemata der Verbrennungsanlagen aufgebaut. Eine Grundlage für den zukünftigen Informationsaustausch zwischen dem Immissionsschutzbeauftragten und den verantwortlichen Anlagenbetreibern wurde geschaffen. Es fanden Beteiligungen an der Neukonzeption und der Planung des Umbaus von Anlagen statt. Emissionswerte von Verbrennungsanlagen und Immissionsstudien wurden überprüft und Betriebsbegehungen durchgeführt.

2.6.7 Gewässerschutz

K. Dettmer

Dem Gewässerschutzbeauftragten obliegt die Wahrnehmung aller Rechte und Pflichten des Forschungszentrums gemäß Wasserhaushaltsgesetz (WHG). Insbesondere sind dies die sich aus dem §§ 21 b, 21 d und 21 e WHG ergebenden Aufgaben wie:

- Beratung des Betreibers und der Betriebsangehörigen
- Überwachung der Einhaltung von Vorschriften, behördlichen Anordnungen, Bedingungen und Auflagen, Kontrolle der Abwasseranlagen und des Abwassers
- Hinwirkung auf die Entwicklung und Einführung von innerbetrieblichen Verfahren zur Vermeidung oder Verminderung des Abwasseranfalls sowie Aufklärung der Betriebsangehörigen.

Die konkrete Umsetzung der gesetzlichen Vorgaben und die Anwendung auf die vorhandene Infrastruktur läßt sich wie folgt zusammenfassen:

- Abwassernetz

Beteiligung an und Überwachung von wiederkehrenden Druckprüfungen in den Abwassernetzen: Das gesamte Chemie-I-Abwassernetz wurde in diesem Jahr auf Dichtheit überprüft; es erfolgten Druckprüfungen und die Neuverlegung einer Rohrleitung;

Überprüfung von Bau- und Regenentwässerungsgesuchen;

Überprüfung/Beteiligung an der Planung von Umbaumaßnahmen an den Wassernetzen, den Hebestationen und an der Kläranlage; Beteiligung an Umwidmungen von Chemie-II-Abwassersammelstationen in Chemie-I-Abwasseranlagen, deren Planung und Durchführung.

- Einleitung von Abwasser aus Betriebsanlagen

Beurteilung der Betriebsabwässer hinsichtlich Verwertbarkeit in der Kläranlage und entsprechende Beurteilung von geplanten Anlagen, Einhaltung von Grenzwerten, Abgabemengen usw. Das Planungskonzept einer Versuchsanlage wurde im Hinblick auf die Behandlung der anfallenden Abwässer beurteilt und der Betreiber beraten.

- Kontrolle/Überwachung/Hinwirkung

Kontrolle und Gegenzeichnung des Betriebstagebuchs der Kläranlage, Kontrolle von Analysen, Wasserfreigaben und Wartungsarbeiten, monatliche Gegenzeichnung des Betriebstagebuchs der Kläranlage, das gemäß Eigenkontrollverordnung erstellt wird;

Beteiligung an Bauvorhaben und Investitionsentscheidungen;

Begehungsprotokolle, Tages-, Monats-, Jahresberichte und Institutsbegehungen.

- Wassergefährdende Stoffe

Überwachung / Begehung und Beteiligung an der Planung von Anlagen zur Lagerung, zum Abfüllen und zum Umschlagen von wassergefährdenden Stoffen;

Überprüfung von Baugesuchen und Baugenehmigungen im Hinblick auf den Umgang mit wassergefährdenden Stoffen und wasserrechtliche Abnahmen;

Konzeption eines Anlagenkatasters für Anlagen, die mit wassergefährdenden Stoffen umgehen gemäß der Verordnung zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen;

Überwachung von Bau- und Stilllegungsmaßnahmen, Information der Betriebsbeauftragten über gesetzliche Vorgaben usw.;

Information von Betriebsbeauftragten und Personen, die an Baumaßnahmen verantwortlich beteiligt sind, Führung des Abwasserordners;

Vervollständigung des Richtlinienpapiers für die Konzeption von Anlagen, die mit wassergefährdenden Stoffen umgehen.

Zusätzlich zu den originären Gewässerschutzaufgaben wurden Anträge für Genehmigungen zur Kühlwasserableitung bearbeitet und an die Behörde weitergeleitet. Als Erfolg von Beratung und Einsparbemühungen lag die abgeleitete Kühlwassermenge im Berichtsjahr erneut deutlich unter der genehmigten Menge. Auch bei den abgeleiteten Mengen an Chemieabwasser und häuslichem Schmutzwasser setzte sich die in den letzten Jahren beobachtete Reduzierung weiter fort.

Die beiden Kläranlagen arbeiteten im vergangenen Jahr problemlos. Alle Ableitungsgrenzwerte konnten ohne Schwierigkeiten eingehalten werden. Bei einer Reihe von Schadstoffparametern wurde eine weitere Senkung der abgeleiteten Frachten erreicht.

2.7 Kontrollstelle WAK

K.-D. Gossler

2.7.1 Zielsetzung der Kontrollstelle

Um ihrer Verantwortung bei der Stilllegung der Wiederaufarbeitungsanlage Karlsruhe (WAK) gerecht zu werden, hat das Forschungszentrum Karlsruhe als Eigentümer und Genehmigungsmitinhaber der WAK eine Kontrollstelle eingerichtet, die ihre überwachende Funktion in Wahrnehmung spezifischer Strahlenschutz- und Sicherheitsaufgaben für den Bereich WAK im Rahmen der Sicherheitsorganisation

des Forschungszentrums Karlsruhe ausübt. Schwerpunktmäßige Prüfungen haben zum Ziel, Mängel aufzuzeigen und Maßnahmen vorzuschlagen, die zur Erhaltung und Verbesserung der Anlagensicherheit führen.

2.7.2 Aufgaben der Kontrollstelle

Im einzelnen besteht die Aufgabe der Kontrollstelle in der Durchführung stichprobenartiger Kontrollen der WAK-Maßnahmen zur Einhaltung der Auflagen aus Genehmigungsbescheiden, Verordnungen und Gesetzen sowie zur Gewährleistung eines sicheren Anlagenbetriebs. Dies betrifft folgende Maßnahmen:

- Überprüfung der Einhaltung der im Betriebshandbuch beschriebenen Vorgaben, insbesondere:
 - Beachtung von Sicherheitsaspekten und Auflagen;
 - Durchführung von Belehrungen von Eigen- und Fremdpersonal;
 - physikalische Strahlenschutzüberwachung und -kontrolle, sowie Durchführung ärztlicher Untersuchungen gemäß Strahlenschutzverordnung;
- Überprüfung der Emissionsüberwachung, hierzu gehört auch die Kontrolle durch Veranlassung von Nachmessungen;
- Überprüfung der Durchführung von wiederkehrenden Prüfungen an sicherheitstechnisch wichtigen Systemen.
- Überprüfung der Buchführung und Bestandsprüfung von Kernbrennstoffen und sonstigen radioaktiven Stoffen;
- Überprüfung der Deklaration von radioaktiven Reststoffen und Abfällen sowie die Einhaltung der Annahmebedingungen der Hauptabteilung Dekontaminationsbetriebe unter Berücksichtigung einschlägiger Regelwerke.

2.7.3 Planung, Vorbereitung und Durchführung der Kontrollen

Die Kontrollen werden, soweit möglich, vierteljährlich vorausgeplant, wobei Prüfgegenstände und -umfänge festgelegt werden. Jedoch können aufgrund spezieller Ereignisabläufe besondere, nicht in der Planung berücksichtigte und durchzuführende Kontrollmaßnahmen notwendig werden. Spezielle, der Vorbereitung dienende Unterlagen, werden auf Anforderung von der WAK der Kontrollstelle zur Verfügung gestellt. Hierzu zählen insbesondere:

- Protokolle betriebsinterner Aufzeichnungen und nach Betriebshandbuch festgelegten Routinebesprechungen;
- Auszüge aus der Buchhaltung von Kernbrennstoffen und sonstigen radioaktiven Stoffen;
- Strahlenschutzaufzeichnungen;
- Dosisregister, Aufzeichnungen der Ergebnisse von Inkorporationsmessungen und der strahlenschutzärztlichen Befunde;
- alle meldepflichtigen Ereignisse.

2.7.4 Durchgeführte Kontrollen

Wesentliche Aufgabe der Kontrollstelle im Berichtszeitraum bildete die Fortführung der stichprobenartigen Kontrollen gemäß Prüfplan. Dabei wurden folgende Themen auditiert

- Abgabe radioaktiver Stoffe,
- Buch-/Bestandsprüfung Kernbrennstoffe und sonstiger radioaktiver Stoffe,
- Auflagen/Forderungen aus Stilllegungsgenehmigungsschritten (1. Teilgenehmigung zur Stilllegung),

Defizite in betrieblichen Kontrollabläufen bzw. Mängel waren nicht erkennbar.

Mit Erteilung der 3. Teilgenehmigung zur Stilllegung der WAK vom 08.09.1994 besteht eine durch behördliche Auflage festgelegte Mitteilungspflicht seitens der Kontrollstelle gegenüber dem Umweltministerium Baden-Württemberg. Diese sieht vor, über das Ergebnis der Kontrollen hinsichtlich der Einhaltung der Maßnahmen zur Strahlenschutzüberwachung bei der WAK quartalsmäßig Bericht zu erstatten.

2.8 Automatische Daten- und Informationsverarbeitung

D. Bosch, W. Tachlinski

Zur Erfüllung der Abteilungsaufgaben wie Strahlenschutzregister, Sonderabfallererfassung, Gefahrstoffdatenbanken, wiederkehrende Prüfungen, arbeitsmedizinische Vorsorge, diverse Terminverfolgungen und Kernmaterialüberwachung setzt HS/AS elektronische Datenverarbeitung ein. Als Daten- und Programmbasis für alle Anwendungen und für die Textverarbeitung werden zentrale Server verwendet. Die Anwendungsprogramme werden auf Personalcomputern im Netzbetrieb benutzt. Die Verfügbarkeit des Netzwerkes betrug über 99 %.

Zur Vermeidung von Datenverlusten werden arbeitstäglich Sicherheitskopien der Server-Festplatte auf Magnetbandkassetten erstellt. Für potentielle Datenrestaurierung stehen jeweils die letzten vier Tages- und Wochenkopien, die letzten elf Monatskopien, sowie Jahreskopien zur Verfügung. Darüberhinaus wird zur Vermeidung von Totalverlust der Daten (etwa durch Brand o. ä.) monatlich eine weitere Datensicherung durchgeführt und getrennt von den übrigen Bändern in einem anderen Gebäude abgelegt.

Um die Arbeitsfähigkeit der Abteilung nicht zu gefährden, dürfen auch Hardwaredefekte nicht zu einem längeren Ausfall führen. Dazu steht ein zweiter Server mit allen Anwendungen zur Verfügung, so daß dieser bei Ausfall des zentralen Servers dessen Aufgaben weitestgehend übernehmen kann. Die Datenbestände der redundant gehaltenen Anwendungen werden nach jedem Arbeitstag nachts auf den Backup-Server übertragen. Eine häufigere Sicherung ist nicht möglich, da in Bearbeitung befindliche Dateien (tagsüber die Regel) nicht gesichert werden können. Das Alter des redundant gehaltenen Datenbestandes beträgt somit bei Ausfall des Hauptservers im ungünstigsten Fall einen Arbeitstag. Fällt der zentrale Server aus, so können die Unterschiede zwischen dem Originaldatenbestand und dem zum Weiterbetrieb benutzten älteren Backup zu Dateninkonsistenzen führen. Bei einer solchen ungeplanten Umstellung auf Notbetrieb ist deswegen zur Vermeidung von Dateninkonsistenzen im Einzelfall zu klären, ob während des Betriebs des Backup-Servers Daten verändert oder ergänzt werden dürfen, oder ob nur im "Lese-Betrieb", ohne Möglichkeit der Datenänderungen, gearbeitet werden kann. Bei geplanten Abschaltungen des zentralen Servers, etwa für Wartungsarbeiten, werden alle Anwendungen vorher geschlossen und die Datenbasis des Backup-Servers aktualisiert. Nach dem Umschalten auf Notbetrieb

kann dann ohne die genannten Einschränkungen weitergearbeitet werden. Dies wurde bereits erfolgreich angewandt. Während der erneuten Arbeiten zum Update der Betriebssoftware und zu Hardware-Erweiterungen des zentralen Servers, konnte die Ausfallzeit für die Benutzer auf zweimal 30 Minuten zur Datenübertragung und zum Neustart des Backup-Servers begrenzt werden.

Im HS/AS-Netzwerk sind die in Abb. 2/4 beschriebenen Verbindungen realisiert. 1994 ergaben sich gegenüber der Beschreibung im Jahresbericht 1993 nur kleine Veränderungen. Die Anwendungssoftware wurde im wesentlichen in ihrer Funktionalität verbessert und ergänzt. Einen Überblick über die wichtigsten Anwendungssachgebiete der EDV-Programme zeigt Abb. 2/5. Im Berichtszeitraum wurden auf den meisten Arbeitsstationen der Abteilung die graphische Benutzeroberfläche MS-Windows installiert und Standard Windows-Anwendungen wie Textverarbeitung und persönliche Terminplaner eingerichtet. Der Arbeitsaufwand zur Installation und Wartung solcher Arbeitsstationen ist erwartungsgemäß um einiges höher als bei reinen DOS-Arbeitsplätzen.

Auf den beiden File-Servern der Abteilung fand ein Wechsel des verwendeten Betriebssystems statt. Der Microsoft LAN-Manager, der nur unter der älteren OS/2, Version 1.3, lief wurde ersetzt durch den IBM LAN-Server unter OS/2 Version 2.11. Erst mit dieser Software wird die Server-Hardware effektiv genutzt, da das IBM-Produkt entgegen dem veralteten LAN-Manager komplett in 32-bit-Technik entwickelt wurde. Dies führte zu spürbaren Leistungsverbesserungen, ohne daß Änderungen an den zugreifenden Arbeitsstationen notwendig waren. HS/AS plant, zukünftig auch auf den Arbeitsstationen das veraltete DOS/Windows durch OS/2 (neueste Version 3.0 Warp) zu ersetzen, um auch hier nochmals eine Leistungssteigerung zu erreichen.

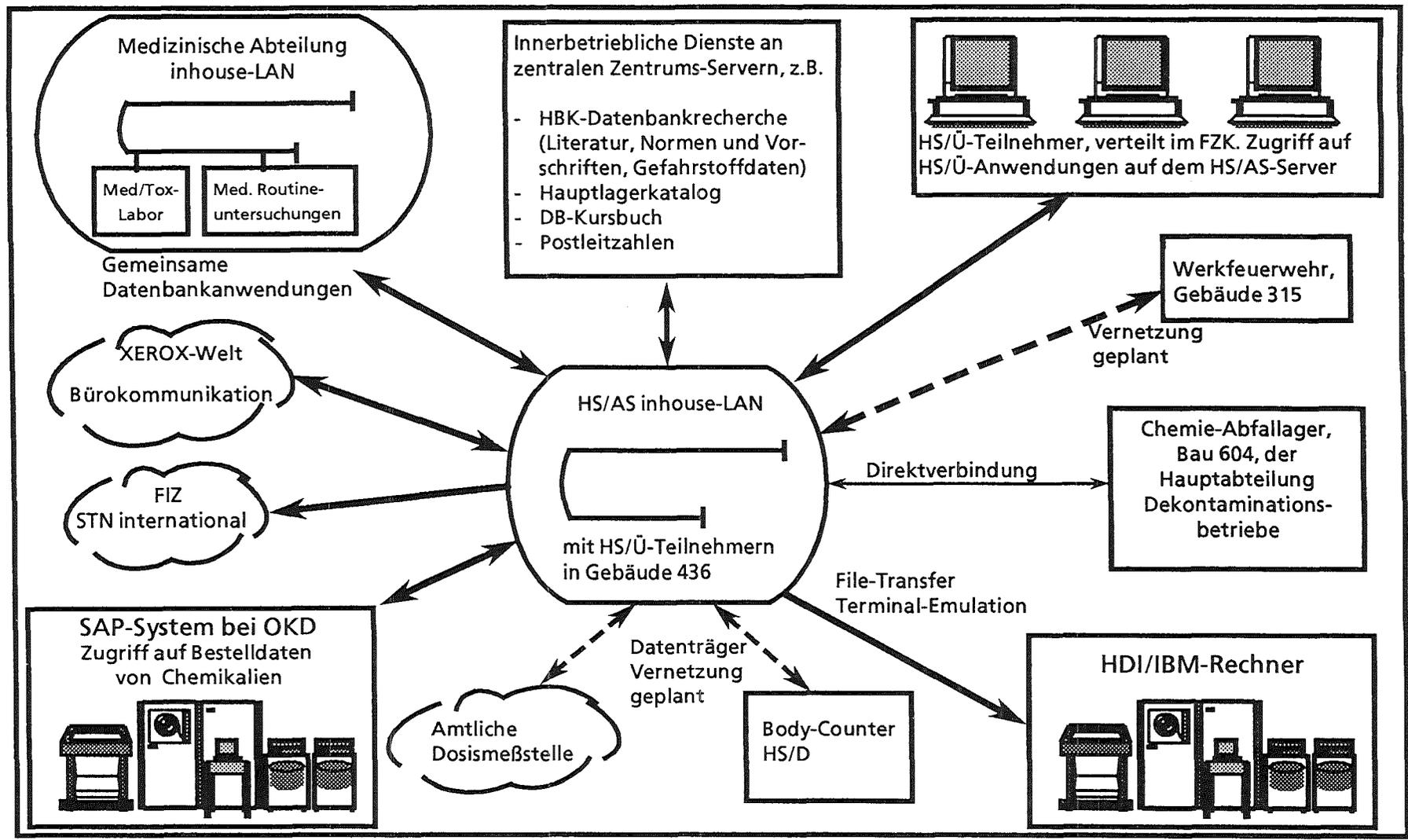


Abb. 2/4: Kommunikation der HS/AS im Zentrums-LAN

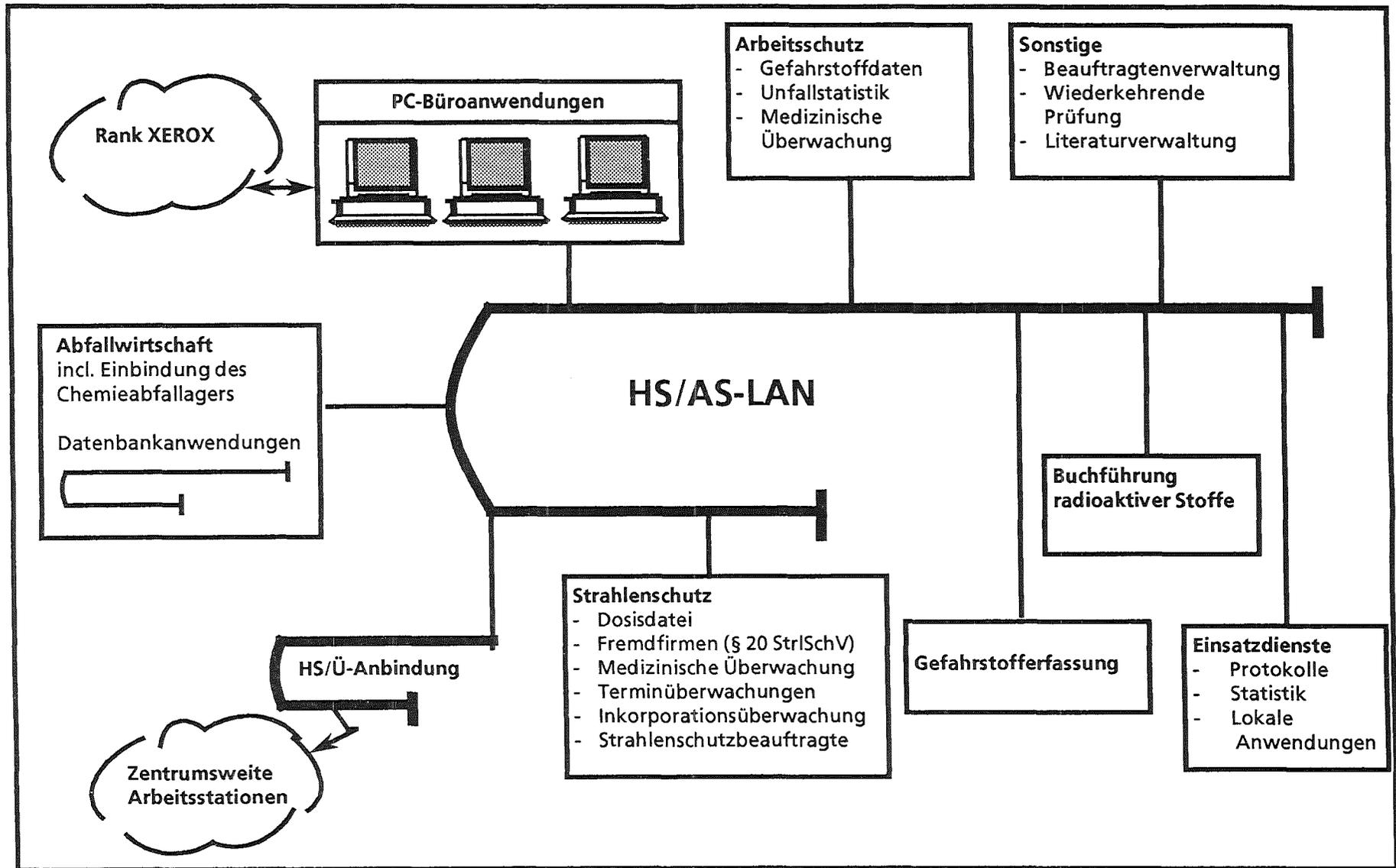


Abb. 2/5: HS/AS-EDVAnwendungen im Abteilungs-Rechnernetzwerk

3 Werkschutz

R. von Holleuffer-Kypke, E. Duran, R. Günther, B. Hehr, W. Huber, E. Karbstein,
G. Kolb, B. Ritz, D. Schäfer, G. Urban

1994 konnten weitere Reduzierungen der Objektsicherung bei kerntechnischen Anlagen durchgeführt werden. Für die Anlagen KNK und HVT/HZ entfielen die Objektsicherungsaufgaben. Die Reduktion der Objektsicherungsaufgaben wurde zum Anlaß genommen, die Aufgabengebiete Werkschutz und kerntechnische Objektsicherung zum 1. 12.1994 neu zu strukturieren. Die Werkschutzaufgaben werden nur noch von eigenen Mitarbeitern durchgeführt, die Aufgaben der kerntechnischen Objektsicherung wurden als Werkvertrag an ein Bewachungsunternehmen vergeben.

3.1 Objektsicherung

Der Objektsicherungsdienst kontrolliert den Zugang zum Forschungszentrum Karlsruhe und führt Streifen in Gebäuden, Lagerbereichen und im Freigelände sowie Kontrollen von Versuchsanlagen durch. Zusätzlich wurden in regelmäßigen Abständen zur Überwachung angemeldete wissenschaftlich-technische Experimente überprüft. Im Jahr 1994 sind in der Alarmzentrale die im Diagramm (Abb. 3/1) aufgeführten Alarm- und Störmeldungen (unter Berücksichtigung der Fehlalarme) eingegangen und bearbeitet worden.

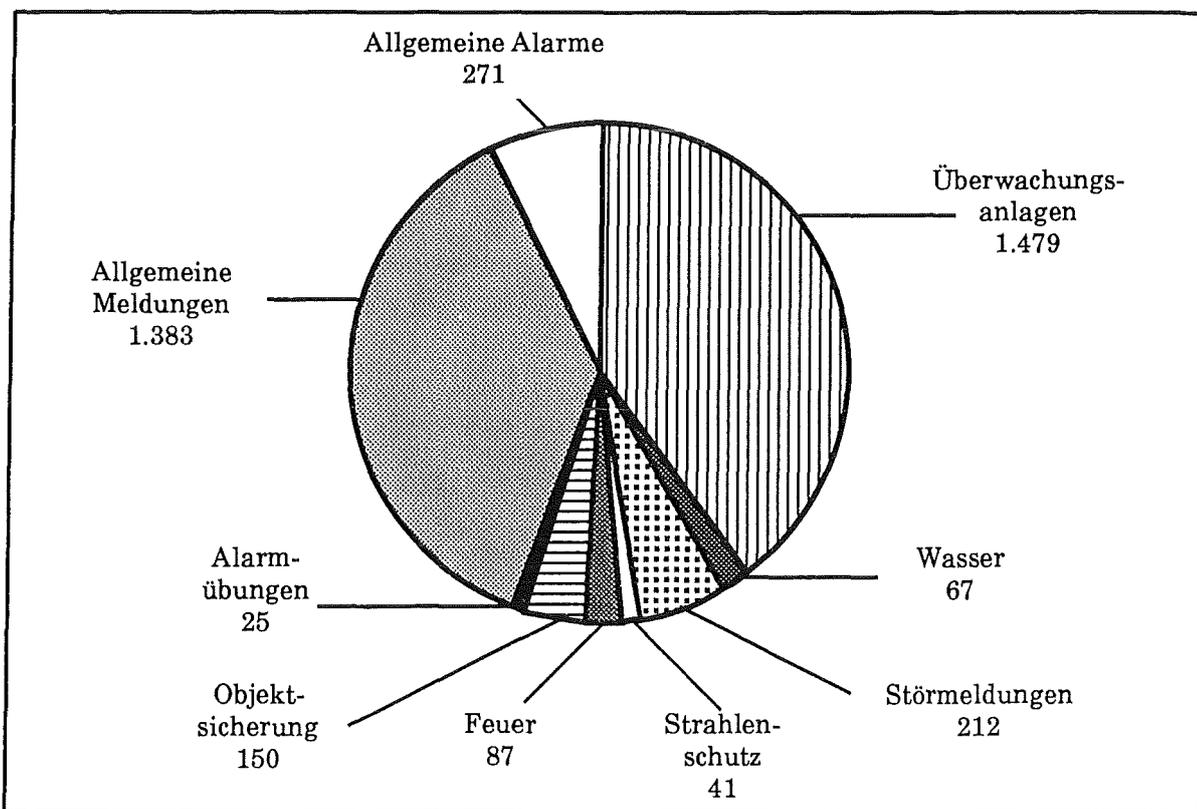


Abb. 3/1: Eingegangene Alarm- und Störmeldungen (einschließlich Fehlalarme) 1994

Alle in der Alarmzentrale tätigen Mitarbeiter wurden praxisbezogen fortgebildet, so daß ein fachkundiger Umgang mit den hochentwickelten technischen Systemen garantiert ist. Das Ausbildungsprogramm bezog auch die Vertreter mit ein, um sie stets auf dem aktuellen technischen und administrativen Stand zu halten. Die in der Alarmzentrale installierten rechnergestützten Systeme wurden hard- und softwaremäßig der technischen Entwicklung angepaßt. Im Berichtszeitraum haben die Hundeführer das Programm von individuellen Schutzhunde-Lehrgängen innerhalb der Abteilung mit Erfolg abgeschlossen. Einige Hundeführer nahmen zusätzlich an Prüfungen der Ortsvereine aus der Umgebung des Forschungszentrums Karlsruhe teil. An der zentralen Güterkontrolle wurden im Berichtszeitraum für Fremdfirmen und Anlieferer Warendurchlaßscheine einschließlich solcher für Anlieferung und Abholung von Kernbrennstoffen und sonstigen radioaktiven Stoffen ausgestellt.

3.2 Verkehrsdienst

Mit 75 Verkehrsunfällen lag die Zahl der vom Verkehrsdienst aufgenommenen und bearbeiteten Verkehrsunfälle geringfügig unterhalb der des Vorjahres (Tab. 3/1). Bei 52 Unfällen entstand nur leichter Sachschaden, während bei 23 Unfällen der geschätzte Schaden über 1 000 DM lag. Darüber hinaus waren 13 Unfälle mit Verletzungen von Personen zu bearbeiten. Bei elf Verkehrsunfällen haben sich die Unfallverursacher durch unerlaubtes Entfernen von der Unfallstelle der Unfallaufnahme entzogen begangen. Die Verursacher konnten nur in zwei Fällen ausfindig gemacht werden, so daß der Schaden von den Geschädigten selbst getragen werden mußte.

Monat	Anzahl der Verkehrsunfälle			Sachschaden < 1 000 DM 1994	Sachschaden > 1 000 DM 1994	Personen- schäden 1994
	1992	1993	1994			
Januar	4	9	8	5	3	-
Februar	7	6	7	5	2	1
März	7	5	7	4	3	-
April	6	9	4	3	1	1
Mai	3	8	7	6	1	2
Juni	13	7	5	4	1	2
Juli	7	6	5	3	2	1
August	2	4	5	4	1	-
September	7	6	9	7	2	2
Oktober	10	8	6	4	2	1
November	9	10	4	2	2	2
Dezember	1	2	8	5	3	1
Gesamt	76	80	75	52	23	13

Tab. 3/1: Verkehrsunfälle

3.3 Ermittlungsdienste

Die Zahl der bekanntgewordenen und dem Ermittlungsdienst gemeldeten Sachbeschädigungen liegen mit 86 Fällen erheblich unter der des Vorjahres (Tabelle 3/2). Der entstandene Gesamtschaden beläuft sich auf ca. 382 000 DM. Die Anzahl der gemeldeten Diebstähle betrug im Berichtszeitraum 23 Fälle, wobei sich der Verlust an Sachwerten auf ca. 14 000 DM beläuft. Es konnten lediglich drei Delikte aufgeklärt werden, da die Anzeigen, wie bereits in den vorangegangenen Jahren, meist viel zu spät beim Ermittlungsdienst eingingen, so daß die Ermittlungen von Anfang an zum Scheitern verurteilt waren.

Die im Forschungszentrum Karlsruhe tätigen Fremdfirmen hielten sich weitgehend an die Ordnungs- und Kontrollbestimmungen. Im Jahr 1994 wurden lediglich vier Verstöße gegen die geltenden Ordnungs- und Kontrollbestimmungen registriert und bearbeitet. Die Zahl liegt damit weit unter dem Vorjahresniveau. Es kam zu zwei Sicherstellungen von Materialien, da die Ausführenden zum Zeitpunkt der Ausfuhr nicht die erforderlichen Ausfuhrpapiere vorweisen konnten. Nach Prüfung der Eigentumsverhältnisse wurde das sichergestellte Gut an die Eigentümer zurückgegeben. In Zusammenarbeit mit den zuständigen Fachabteilungen wurden im Berichtsjahr 187 Betriebsunfälle und sonstige Unfälle innerhalb des Zentrums untersucht.

Beschädigte Gegenstände	Jahr	bekanntgewordene Fälle	aufgeklärte Fälle	geschätzter Schaden in TDM
Kabelschäden	1992	6	6	78
	1993	4	4	12
	1994	6	6	8
Lichtmasten	1992	2	2	5
	1993	0	0	0
	1994	3	2	13
Tore, Einzäunungen	1992	5	5	8
	1993	5	4	4
	1994	4	4	6
Gebäude-/Sachschäden	1992	6	6	12
	1993	13	13	32
	1994	12	12	272
Dienst-Kfz	1992	30	29	60
	1993	41	38	162
	1994	28	27	56
Verschiedenes (Fenster, Türen, Bedachungen, Transport -, Sturmschäden)	1992	23	23	32
	1993	42	42	107
	1994	33	25	27
Summe	1992	72	71	195
	1993	105	101	317
	1994	86	76	382

Tab. 3/2: Sachbeschädigungen: Einsatz des Ermittlungsdienstes

3.4 Schließwesen

Die Gebäude sind hinsichtlich der Schließebenen in General-, Haupt-, Obergruppen-, Gruppen- und Einzelschließungen unterteilt. Aus allen Schließsystemen ergibt sich ein Bestand von 26 494 Schließzylindern und 91 787 Einzelschlüsseln. Nach der Neukonzeption von Schließanlagen, die sich wegen der Errichtung von Neubauten oder durch Änderungen in Arbeitsabläufen ergaben, mußten 354 Schließzylinder und entsprechende Schlüssel neu beschafft werden. Eine große Anzahl von Schließzylindern und Schlüsseln war defekt oder abgenutzt und mußte erneuert oder ausgewechselt werden.

3.5 Empfangsdienst, Ausweisbüro

Im Berichtszeitraum kamen insgesamt 36 840 Besucher zur Anmeldung (1993: 37 650). Für kurzfristig im Forschungszentrum Karlsruhe eingesetzte Fremdfirmenangehörige wurden 2 144 befristete Passierscheine ausgestellt (1992: 2 930). Beim Empfangsdienst wurden im Berichtsjahr 22 Fundgegenstände abgegeben; vier Gegenstände konnten den rechtmäßigen Besitzern ausgehändigt werden.

Im Jahr 1994 wurden im Ausweisbüro 4 336 Ausweise ausgestellt und 6 996 Ausweise eingezogen. Instituts-, Abteilungs- und Namenswechsel sowie Änderungen von Personen- und Firmennamen machten in 468 Fällen eine Ausweisneuausstellung erforderlich. Die Gesamtzahl der in Umlauf befindlichen Ausweise belief sich 1994 auf 11 337 Ausweise. Die Gesamtzahl setzt sich zusammen aus:

3 994	FZK-Mitarbeiter	und	1 259	FZK-Rentnern
350	WAK-Mitarbeiter	und	81	WAK-Rentner
105	KBG-Mitarbeiter	und	97	KBG-Rentner
255	TU-Mitarbeiter	und	59	TU-Rentner
164	BFE-Mitarbeiter	und	21	BFE-Rentner
319	FIZ-Mitarbeiter	und	20	FIZ-Rentner
616	Universitätsangehörige			
156	Gäste			
3 841	Fremdfirmenangehörige.			

3.6 Personelle und administrative Sicherungsfragen

Gemäß den atomrechtlichen Auflagen wurden die Anträge zu Personensicherheitsüberprüfungen bei den Behörden eingereicht. Es handelte sich dabei um Zutrittsersuchen zu inneren und äußeren Sicherheitsbereichen. Die Behörden haben bis auf wenige Einzelfälle den Zutrittsersuchen stattgegeben. Die Betroffenen wurden über den Sachverhalt informiert. Für 3 210 Personen wurden Anträge auf Zutritt zum Gelände des Forschungszentrums Karlsruhe außerhalb der normalen Arbeitszeit bearbeitet.

3.7 Technische Sicherungssysteme

Für einige kerntechnische Einrichtungen im Forschungszentrum Karlsruhe wurden im Rahmen der Aufgabenumorientierung reduzierte technische Sicherungsmaßnahmen im Detail ausgearbeitet und mit den Gutachtern und Genehmigungsbehörden abgestimmt. Anschließend wurden die vorgegebenen technischen Systeme in Zusammenarbeit mit anderen Organisationseinheiten installiert und in Betrieb genommen. Der Umbau auf den aktuellen technischen Stand von zentralen Einrichtungen in der Alarmzentrale des Forschungszentrums, die immer mehr die Funktion einer zentralen Leitstelle ausübt, wurde fortgesetzt.

Mit der Umbenennung in Forschungszentrum Karlsruhe wurde ein neues Layout für die Werksausweise entwickelt und in das technische System zur Ausweiserstellung integriert. Über zwei hochauflösende Video-Drucker können die feinen Linien des neuen Firmen-Signets in sehr guter Druckqualität in Verbindung mit den Personaldaten auf eine Kunststoff-Folie gedruckt werden, welche dann zum fertigen Ausweis weiterverarbeitet wird.



4 Strahlenschutzüberwachung

H. Dilger, D. Beier, H.-U. Berger, A. Reichert

Die Abteilung Strahlenschutzüberwachung ist vor allem für den Schutz der mit radioaktiven Stoffen umgehenden oder ionisierender Strahlung ausgesetzten Personen des Forschungszentrums Karlsruhe GmbH zuständig. Sie unterstützt dabei die Strahlenschutzbeauftragten in der Wahrnehmung ihrer Pflichten gemäß Strahlenschutz- bzw. Röntgenverordnung. Der Umfang der Zusammenarbeit ist in Abgrenzungsregelungen zwischen der Hauptabteilung Sicherheit und der entsprechenden Institution festgelegt. Bedingt durch diese Aufgabenstellung sind die Mitarbeiter der Strahlenschutzüberwachung dezentral in den einzelnen Institutionen des Forschungszentrums Karlsruhe tätig. Nach der räumlichen Lage der zu überwachenden Gebäude gliedert sich die Abteilung in die drei Gruppen Nord, West und Süd mit insgesamt sechs Bereichen (siehe Lageplan nach S. 58 und Tab. 4/1).

Gruppe	Bereich Überwachte Institutionen	Anzahl der Mitarbeiter der Strahlenschutzüberwachung	Anzahl der über- wachten Personen	Fläche des über- wachten Bereichs in m ²
Nord	1. "IHCh": ITC-CPV, INE	6,0 (6,5)	294 (319)	9 500 (9 500)
	2. "HVT-HZ": HVT-HZ, HDB (Bau 705)	4,5 (5,5) 1* (1*)	122 (140)	5 400 (6 200)
	3. "FR2": PBS-FR2, IRS, HVT-EA, HIT, IMF, HBT, HS, Strahlenpaßstelle	2+6# (2+6#) 1 (1)	274 (275)	8 900 (8 900)
West	4. "HDB I": HDB (Bau 518, 543, 545, 547, 553, 555), HZY	10,5 (7,5+4+) 1* (1*)	332 (353)	5 900 (5 900)
	5. "HDB II": HDB (Bau 519, 526, 531-536, 548, 561, 563, 570, 571)	8+3+ (10)	201 (184)	39 300 (39 300)
Süd	6. "TL/Inst": IRCh, IRS, HBAU, IGEN, ITOX, FTU, HS, MED, HF, ÖA, INFP, INR, ITC-TAB, IK, ITP, HBT, HVT-TL	7 (7) 1* (1*)	653 (706)	5 700 (5 700)
	----- Meßlabor	2,25 (2,25)		
Abteilungsleitung / Sekretariat		1,5 (1,5)	-	-

#Dreischichtdienst, +Zweischichtdienst, *Gruppenleiter

Tab. 4/1: Personalstand (Soll), überwachte Personen und Bereichsgröße, jeweils Stand Dezember 1994, Vorjahreszahlen in Klammern

Eine wichtige Aufgabe ist die Durchführung der Personendosimetrie. Jede beruflich strahlenexponierte Person erhält neben einem Film-, Albedo- oder Flachglasdosimeter eine Taschenionisationskammer. Die Anzahl der Personen, die mit selbstablesbaren Taschenionisationskammern ausgerüstet wurden (Stichmonat Dezember 1994), einschließlich Fremdfirmenangehörigen, ist in Spalte 4 von Tab. 4/1 aufgeführt. Diese Anzahl hat sich gegenüber dem Vorjahr um ca. 100 erniedrigt. Dies ist auf eine Reduktion im Bereich der physikalischen Institute und den Heißen Zellen zurückzuführen. Über die Meßergebnisse der Taschenionisationskammern wird in Kap. 4.1.1 und Kap. 4.2 berichtet. Darüber hinaus werden, je nach den vorkommenden Strahlenarten und Expositionsbedingungen, im Bedarfsfall Thermolumineszenzdosimeter zur Teilkörperdosimetrie verwendet.

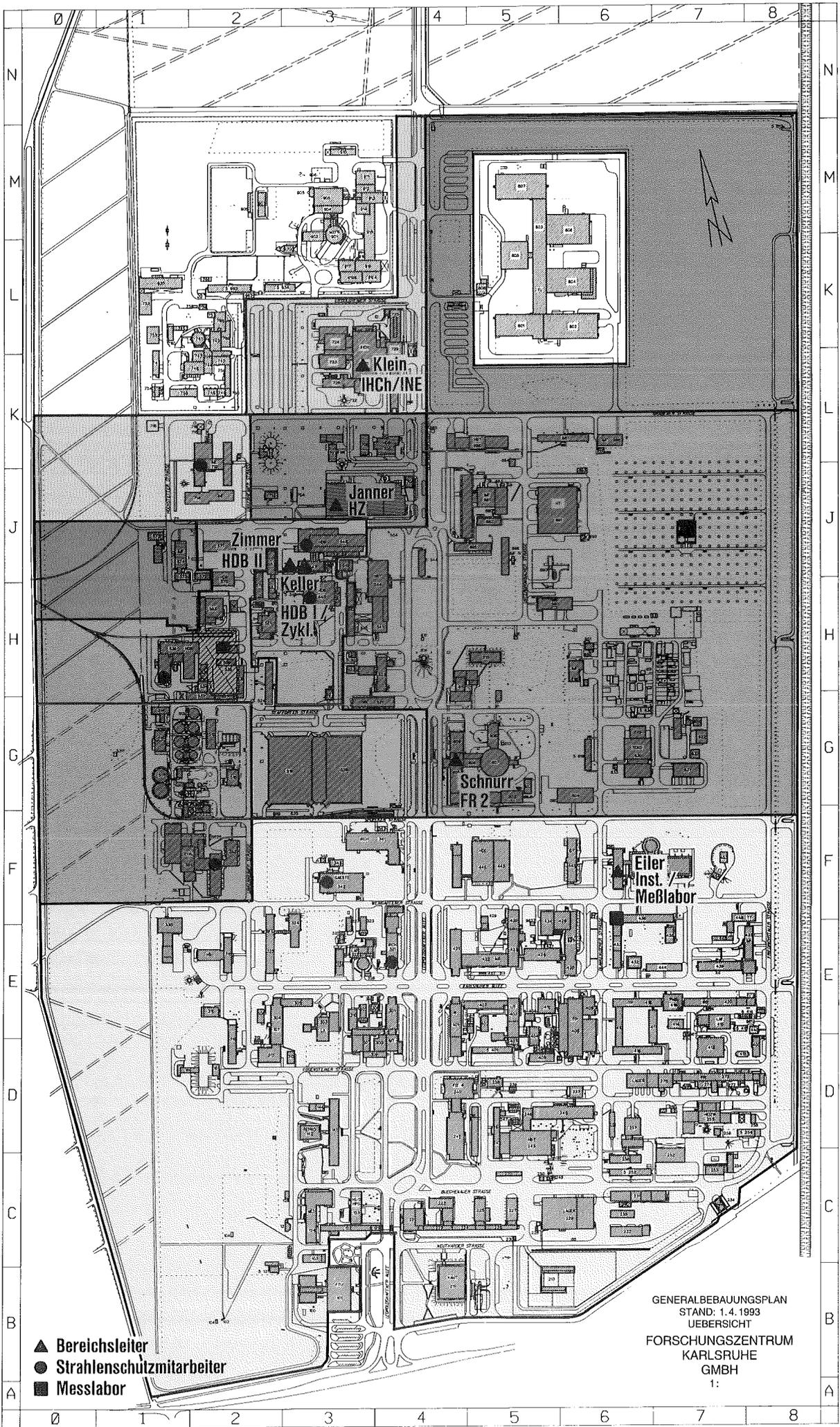
Die Gebäude und Anlagen werden routinemäßig durch Oberflächenkontaminations-, Wischproben-, Dosisleistungs- und Raumluftmessungen überwacht. Die Fläche der betrieblichen Überwachungs-, Kontroll- und Sperrbereiche ist in Spalte 5 von Tab. 4/1 angegeben. Vom betrieblichen Überwachungsbereich werden nur die Bereiche aufgeführt, in denen eine Aktivität oberhalb der Freigrenze gehandhabt wird. Signifikant verändert hat sich dabei die überwachte Fläche durch die Entlassung von lüftungstechnischen Räumen aus dem Kontrollbereich der Heißen Zellenanlage.

Die Kontaminationskontrolle von Personen am Ausgang von Bereichen, in denen genehmigungspflichtig mit offenen radioaktiven Stoffen umgegangen wird, geschieht in der Regel in Eigenüberwachung unter Zuhilfenahme von Hand-Fuß-Kleidermonitoren mit automatisiertem Meßablauf. Die Alarmwerte sind auf $0,05 \text{ Bq/cm}^2$ für α -Aktivität und auf $0,5 \text{ Bq/cm}^2$ für β -Aktivität eingestellt.

Die Mitarbeiter der Abteilung Strahlenschutzüberwachung überwachen auf Anforderung des zuständigen Strahlenschutzbeauftragten die Durchführung von Arbeiten mit erhöhtem Kontaminations- oder Strahlenrisiko. Autorisierte Mitarbeiter legen bei der Ausstellung von Interventionserlaubnissen die Strahlenschutzauflagen fest. Insgesamt wurden ca. 2 300 (Vorjahr 2 000) Vorgänge bearbeitet. Weiterhin führen Mitarbeiter die Strahlenschutzkontrolle bei der Ausfuhr von Material aus den Kontrollbereichen und den betrieblichen Überwachungsbereichen mit Kontaminationsrisiko durch. Dabei kann es sich um weiterverwendbare Gegenstände, wiederverwertbare Reststoffe oder inaktive Abfälle handeln. Im Jahre 1994 wurden insgesamt 238 (Vorjahr 250) formalisierte Vorgänge von der Abteilungsleitung bearbeitet. Der Rückgang ist darauf zurückzuführen, daß für die Ausfuhr von Material aus Gebäuden ohne Umgang mit genehmigungspflichtigen radioaktiven Stoffen kein Antrag mehr gestellt werden muß.

Die Abteilung betreibt ein zentrales Meßlabor, in dem die Aktivität von Raumluftfiltern gemessen wird, nuklidspezifische Analysen und Sondermessungen durchgeführt werden. Von Mitarbeitern des Meßlabors werden alle Geräte der Abteilung verwaltet und die Neubestellungen vorgenommen (s. Kap. 4.3).

Die Abteilung unterhält von Montag bis Freitag einen Dreischichtdienst, der außerhalb der regulären Arbeitszeit u. a. die Überprüfung von Meldungen vornimmt, in Zwischenfallsituationen Strahlenschutzmaßnahmen ergreift, Transportkontrollen durchführt, Proben aus den Abwassersammelstationen ausmißt und gegebenenfalls zum Abpumpen in das Klärwerk freigibt und zeitweise die Strahlenschutzüberwachung von Anlagen in der Hauptabteilung Dekontaminationsbetriebe während der Nachtschicht durchführt. An den Samstagen und Sonntagen ist jeweils ein Strahlenschutztechniker acht Stunden im Forschungszentrum anwesend und in den anderen Zeiten zu Hause rufbereit. Zur fachlichen Beratung und zur Verstärkung des Schichtdienstes stehen außerhalb der Regelarbeitszeit zwei Rufbereitschaften zur Verfügung. Während der Regelarbeitszeit bilden Angehörige der Rufbereitschaft sowie jeweils zwei Personen von zwei Einsatzfahrzeugen den Strahlenmeßtrupp für besondere Meßaufgaben im Rahmen der Alarmorganisation des Forschungszentrums.



- ▲ Bereichsleiter
- Strahlenschutzmitarbeiter
- Messlabor

GENERALBEBAUUNGSPLAN
 STAND: 1.4.1993
 UEBERSICHT
 FORSCHUNGSZENTRUM
 KARLSRUHE
 GMBH
 1:

Die wiederkehrenden Prüfungen an Strahlenschutzmeßgeräten werden von den Mitarbeitern der Abteilung nach festgelegten Prüfplänen vorgenommen. Von autorisierten Mitarbeitern werden die Dichtheitsprüfungen an umschlossenen Strahlern im Rahmen einer Umgangsgenehmigung in den einzelnen Institutionen durchgeführt (s. Kap. 4.7). Der Abteilungsleiter und sein Stellvertreter sind als Strahlenschutzbeauftragter für diese Genehmigung bestellt. Die Gruppenleiter der Abteilung haben als Strahlenschutzbeauftragte für den Fahrdienst die ordnungsgemäße Durchführung von Transporten radioaktiver Stoffe im Rahmen der Transportgenehmigung des Forschungszentrums Karlsruhe GmbH zu überwachen (s. Kap. 4.4), außerdem sind sie als Strahlenschutzbeauftragte für den Reinigungsdienst und die Abteilung Sicherung bestellt. Der Abteilungsleiter ist als stellvertretender Sicherheitsbeauftragter des Forschungszentrums Karlsruhe benannt.

Die Aus- und Weiterbildung der Mitarbeiter wurde auch im vergangenen Jahr fortgeführt. Neben der praktischen Ausbildung unter Anleitung der Bereichsleiter wurden theoretische Kurse im Fortbildungszentrum für Technik und Umwelt des Forschungszentrums Karlsruhe besucht. Insgesamt wurden von Mitarbeitern der Abteilung 26 Kurse über Strahlenschutz, Chemie und Datenverarbeitung wahrgenommen. Für die Mitarbeiter des Schichtdienstes und der Rufbereitschaften wurden monatlich Begehungen von Gebäuden mit Fort- und Raumluftmonitoren sowie sonstigen dauernd betriebenen Strahlenschutzmeßgeräten durchgeführt.

Größere Rückbauarbeiten wurden bei PBS-FR2 überwacht und die Materialflüsse kontrolliert. Hinzugekommen sind nach der Aufhebung der Sicherungsmaßnahmen Kontrollmessungen bei MZFR und KNK. Die Messungen werden von Fremdfirmenpersonal vor Ort nach unseren Meßanweisungen mit von uns bereitgestellten Meßgeräten durchgeführt. Aus der Strahlenschutzüberwachung konnten nach Durchführung umfangreicher Kontrollmessungen entlassen werden: Die Lüftungstechnischen Räume im 1. und 2. Obergeschoß der Hauptabteilung Versuchstechnik/Heiße Zellen, einige Räume im Bau 403 des Teilinstituts Thermische Abfallbehandlung sowie die Abwassersammelstationen in den Bauten 425, 574, 630 und 681.

4.1 Arbeitsplatzüberwachung im Forschungszentrum Karlsruhe

H. Dilger

Die Art und Menge der gehandhabten radioaktiven Stoffe und auftretenden Strahlenarten sind in den einzelnen Institutionen unterschiedlich. Bei der folgenden Aufstellung werden die Einrichtungen des Forschungszentrums Karlsruhe in vier Gruppen zusammengefaßt: Beschleuniger, Institutionen mit höherem Aktivitätsinventar, Dekontamination und Abfallbeseitigung sowie sonstige Institutionen (vgl. Tab. 4/2).

4.1.1 Personendosimetrie mit Taschenionisationskammern

Die Tab. 4/2 zeigt, daß in den Einrichtungen des Forschungszentrums im Jahre 1994 keine Person eine Jahresdosis von mehr als 15 mSv erhalten hat. Die Anzahl der Personen mit einer Jahresdosis zwischen 5 und 15 mSv im Jahr 1994 betrug neun, bei einer Gesamtzahl von 1826 überwachten Personen (Stand Dezember). Bei einem Vergleich mit den Daten der Personendosisüberwachung in Kap.2.1.4 sind zum einen die unterschiedlichen Meßverfahren - Flachglas- und TL-Dosimeter einerseits und Ionisationskammer andererseits - und zum anderen der unterschiedliche Personenkreis zu berücksichtigen, da die hier genannte Überwachung auch Fremdfirmenmitarbeiter einschließt.

Gruppe	Beschleuniger (HZY, INR, INFP- VDG)	Institutionen mit höherem Aktivitätsinventar (ITC-CPV, IRCh, HVT-HZ, PBS-FR2, INE)	Dekontamination und Abfall- behandlung (HDB)	sonstige Insti- tutionen	gesamt
Personendosis in mSv	Anzahl der Personen				
$H \leq 5$	102 (138)	451 (543)	468 (467)	846 (824)	1867 (1972)
$5 < H \leq 15$	5 (3)	1 (1)	3 (0)	0 (0)	9 (4)
$15 < H \leq 50$	0 (1)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (1)
Oberflächenkontamination in Vielfachen der internen Interventionswerte	Anzahl der Fälle				
$10^0 < K_\alpha \leq 10^1$	0 (0)	37 (3)	62 (2)	1 (0)	100 (5)
$10^1 < K_\alpha \leq 10^2$	0 (0)	18 (0)	14 (2)	0 (0)	32 (2)
$10^2 < K_\alpha \leq 10^3$	0 (0)	2 (0)	0 (0)	0 (0)	2 (0)
$10^3 < K_\alpha$	0 (0)	1 (0)	0 (0)	0 (0)	1 (0)
$10^0 < K_\beta \leq 10^1$	1 (1)	44 (17)	34 (21)	2 (0)	81 (39)
$10^1 < K_\beta \leq 10^2$	0 (0)	29 (9)	5 (4)	0 (1)	34 (14)
$10^2 < K_\beta \leq 10^3$	0 (0)	12 (1)	0 (1)	0 (0)	12 (2)
$10^3 < K_\beta$	0 (0)	1 (0)	0 (0)	0 (0)	1 (0)
$10^0 < K_{H-3}$	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
Raumluftaktivitätskonzentrationen in Vielfachen von abgeleiteten Grenzwerten	Anzahl der Fälle				
$0,024 < R_\alpha \leq 1$	5 (0)	723 (353)	4331 (3673)	4 (3)	5063 (4029)
$1 < R_\alpha \leq 20$	0 (0)	108 (26)	304 (386)	0 (0)	412 (412)
$20 < R_\alpha$	0 (0)	49 (2)	71 (70)	0 (0)	120 (72)
$0,016 < R_\beta \leq 1$	3 (97)	24 (11)	137 (176)	0 (0)	164 (284)
$1 < R_\beta \leq 20$	0 (2)	3 (1)	24 (23)	0 (0)	27 (26)
$20 < R_\beta$	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
$0,025 < R_{H-3}$	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)

Tab. 4/2: Strahlenschutzmeßergebnisse 1994 im Forschungszentrum Karlsruhe, Vorjahresergebnisse in Klammern.

4.1.2 Oberflächenkontaminationen

In Tab. 4/2 sind weiterhin die gemessenen Oberflächenkontaminationen, aufgeschlüsselt nach den Strahlenarten, aufgeführt. Es werden Kontaminationen von Gebäudeoberflächen, Arbeitsplätzen, Arbeitsgegenständen und Material angegeben. Die Kontaminationen werden dabei in Vielfachen der durch die interne Kleider- und Zonenordnung vorgegebenen Interventionswerte eingeteilt. Die interne Kleider- und Zonenordnung nach Tab. 4/3 stellt eine Konkretisierung der Strahlenschutzverordnung nach den Gegebenheiten des Forschungszentrum Karlsruhe dar. Maßgebend für die Zoneneinteilung ist die Umgangsmenge an offenen radioaktiven Stoffen in Vielfachen der Freigrenze gemäß der Strahlenschutzverordnung. Die Interventionswerte stellen die Obergrenzen der in den jeweiligen Zonen zugelassenen Oberflächenaktivitäten dar. Meßwerte aus der Zone IV, die bestimmungsgemäß kontaminiert ist, werden nicht aufgeführt. Die Anzahl der Oberflächenkontaminationen ist bedingt durch Rückbauarbeiten im Teilinstitut Chemisch-Physikalische Verfahren des Instituts für Technische Chemie und im FR2 sowie durch Umbauarbeiten in der Anlage Dekontamination Flüssig angestiegen.

4.1.3 Raumluftaktivitäten

Die Kontrollbereiche der Institutionen mit höherem Aktivitätsinventar und der Hauptabteilung Dekontaminationsbetriebe werden mit einem Netz von stationären Aktivitätssammlern überwacht, die mit einem Luftdurchsatz von 20 bis 50 m³/h arbeiten. Die Filter werden überwiegend arbeitstäglich gewechselt. Daneben werden an Arbeitsplätzen, an denen eventuell mit Freisetzungen zu rechnen ist, anzeigende Geräte mit Alarmgebern eingesetzt. In Tab. 4/2 sind die Ergebnisse der Raumlufmessungen oberhalb der Meßschwellen (siehe unten), wiederum aufgeschlüsselt nach α -, β - und H-3-Aktivitäten, aufgeführt. Wie durch einen Vergleich mit den Vorjahreswerten ersichtlich, hat sich vor allem die Anzahl der α -Raumluftaktivitätskonzentrationen in den Institutionen mit höherem Aktivitätsinventar erhöht. Dies ist auf die Rückbauten der PUTE-Anlage im Institutsbereich Chemisch-Physikalische Verfahren des Instituts für Technische Chemie zurückzuführen.

Aus den Grenzwerten der Jahresaktivitätszufuhr gemäß Strahlenschutzverordnung für beruflich strahlenexponierte Personen der Kategorie A und dem Jahresinhalationsvolumen von 2400m³ werden Interventionswerte abgeleitet. So werden in den Anlagen des Forschungszentrums Karlsruhe im allgemeinen für α -Aktivitätsgemische 0,04 Bq/m³ (Leitnuklid Pu-239, löslich), für β -Aktivitätsgemische 40 Bq/m³ (Leitnuklid Sr-90, löslich/unlöslich) festgelegt. In Institutionen, in denen mit speziellen Nukliden umgegangen wird, werden die Interventionswerte haus- und nuklidspezifisch festgelegt. Für I-123 ergibt sich 0,4 kBq/m³ und für HTO 1MBq/m³.

Bei Raumluftaktivitätskonzentrationen oberhalb dieser Interventionswerte dürfen Arbeiten in den Anlagen des Forschungszentrums Karlsruhe nur mit Atemschutzfiltergeräten bzw. beim Auftreten von Tritium mit fremdbelüfteten, gasdichten Schutzanzügen durchgeführt werden. Oberhalb des 20fachen der abgeleiteten Interventionswerte muß im Falle von aerosolförmigen Raumluftaktivitäten mit Atemschutzisoliergeräten, oberhalb des 200fachen dieser Werte mit fremdbelüfteten, gasdichten Schutzanzügen gearbeitet werden. Als untere Meßschwelle für Glasfaserfilter wurde bei der α -Aktivität 1 mBq/m³ und bei der β -Aktivität 0,65 Bq/m³ gewählt. Damit ist bei einem nach der Strahlenschutzverordnung angenommenen Jahresinhalationsvolumen von 2400 m³, das aber in der Praxis wegen kürzerer Aufenthaltszeiten weit unterschritten wird, eine Alpha-Aktivität von 2,4 % und eine Beta-Aktivität von 1,6 % des Grenzwerts der Jahresaktivitätszufuhr für Personen der Kategorie A - bezogen auf Pu-239, löslich, und Sr-90, löslich/unlöslich - nachweisbar.

Zone	Umgangsaktivität ³⁾ mit offenen radioaktiven Stoffen	Grenzwert für Oberflächenkontamination in Bq/cm ²	Mindestkennzeichnung nach § 35 StrlSchV	Kleidung (ständig Beschäftigte)
Zone I - grau - (Betrieblicher Überwachungsbereich oder andere Strahlenschutzbereiche die durch zusätzliche reine Strahlenfelder entstehen)	≤ Freigrenze	$\alpha \leq 0,05$ $\beta \leq 0,5$ ¹⁾ $n_i \leq 5$ ²⁾	keine	Arbeitskleidung ohne gelbe oder grüne Kennzeichnung oder Privatkleidung
Zone II - grau/grün oder grau/gelb - (Betrieblicher Überwachungsbereich oder andere Strahlenschutzbereiche die durch zusätzliche reine Strahlenfelder entstehen)	≤ 10 ² fache Freigrenze	$\alpha \leq 0,5$ $\beta \leq 5,0$ ¹⁾ $n_i \leq 50$ ²⁾	Radioaktiv Strahlung Kontamination	Arbeitsmantel mit gelber oder grüner Kennzeichnung Arbeitsschuhe oder Privatschuhe mit Überschuhen
Zone III - gelb - (Kontrollbereich/ Sperrbereich)	> 10 ² fache Freigrenze ≤ Genehmigungsumfang	$\alpha \leq 5,0$ $\beta \leq 50$ ¹⁾ $n_i \leq 500$ ²⁾	Radioaktiv Strahlung Kontamination	gelbe Kleidung, jedoch Arbeitsmantel nur in Verbindung mit Arbeitskleidung gelbe Arbeitsschuhe
Zone IV - rot - (Kontaminationsbereich im Kontrollbereich/Sperrbereich)	≤ Genehmigungsumfang	$\alpha > 5,0$ $\beta > 50$ ¹⁾ $n_i > 500$ ²⁾	Radioaktiv Strahlung Kontamination	gelbe Kombinationschutzkleidung gelbe Arbeitsschuhe und Überschuhe oder Sonderschutzkleidung

1) β -/ γ -Strahler ohne ²⁾

2) n_i = niederenergetische Strahler gemäß Anlage IX StrlSchV

3) Umgangsaktivität: unter Anwendung der Summenformel ermittelte Aktivität innerhalb funktionell zusammenhängender Räumlichkeiten.

Tab. 4/3: Kleider- und Zonenordnung im Forschungszentrum Karlsruhe

Falls die Messungen in einem Raum ergeben, daß ein Interventionswert im Tagesmittel überschritten ist, werden Nachforschungen über die tatsächliche Arbeitsdauer und die getroffenen Atemschutzmaßnahmen angestellt und die individuelle Aktivitätszufuhr der Mitarbeiter in diesem Raum bestimmt. Dabei kommen für Atemschutzfiltergeräte ein Schutzfaktor von 20, für Atemschutzisoliergeräte ein Schutzfaktor von 200 zur Anrechnung. Wenn die so bestimmten Aktivitätszufuhren den abgeleiteten Tageswert von 0,4 Bq für α -Aktivitätsgemische oder von 400 Bq für β -Aktivitätsgemische überschreiten, werden bei den betroffenen Mitarbeitern Inkorporationsmessungen aus besonderem Anlaß durchgeführt, und es wird eine spezielle Abschätzung der Aktivitätszufuhr vorgenommen.

Aus den Meßdaten zwischen der Meßschwelle und dem Interventionswert werden arbeitsgruppenspezifisch unter Verwendung des jeweils maximalen Aktivitätskonzentrationswertes einer Raumgruppe oder eines Gebäudes die täglichen Aktivitätszufuhren berechnet, zu Monatswerten addiert und zu individuellen effektiven Dosen umgerechnet. Dabei wird sowohl zur Berechnung der Aktivitätskonzentrationen als auch zur Berechnung der Aktivitätszufuhren von einem achtstündigen Arbeitstag ausgegangen. Die Aktivität des β -Strahlers Pu-241 wird aufgrund von langjährigen Messungen des Nuklidvektors als das 20fache der gesamten α -Aktivität angenommen.

In Tab. 4/4 sind die auf diese Weise für die verschiedenen Arbeitsgruppen bestimmten effektiven Dosen aufgeführt. Die in den einzelnen Anlagen der Hauptabteilung Dekontaminationsbetriebe sich ergebende Effektivdosis liegt aufgrund von Inkorporationen zwischen 0,0 und 1,8 mSv. Diese Dosiswerte stellen eine obere Abschätzung dar, da sie unter sehr konservativen Annahmen (Berücksichtigung der maximalen Aktivitätskonzentration eines Arbeitstages für die Dauer des gesamten Arbeitstages) ermittelt wurden. Insgesamt liegt aber die mittlere effektive Dosis durch äußere und innere Exposition unterhalb des Grenzwertes für nicht beruflich strahlenexponierte Personen.

Arbeitsgruppe		Effektivdosis in mSv
HDB	Lager	0,0 (0,0)
HDB	Verbrennung	1,8 (1,4)
HDB	Deko fest (ohne Presse)	1,8 (1,0)
HDB	Deko flüssig	0,8 (1,8)
HDB	Zementierung Bau 545	0,0 (0,0)
HS/Ü	HDB Deko flüssig	0,8 (1,8)
ITC-CPV	Geb. 721 und 726	0,0 (1,2)
ITC-CPV	Geb. 724 (PUTE)	0,4 (0,0)
ITC-CPV	Geb. 725	0,0 (0,0)
INE	Bau 712	0,0 (0,0)
IRCh	Bau 321/321a	0,0 (0,0)

Tab. 4/4: Aus Messungen der Raumluftaktivität berechnete individuelle Effektivdosen für Angehörige einer Arbeitsgruppe im Jahr 1994, Vorjahreswerte in Klammern

4.2 Summendosen durch externe Exposition

H. Dilger

Aus den Meßwerten der Taschenionisationskammern wurden die Summendosen und die mittleren Individualdosen der exponierten Personen in den verschiedenen Institutionen zusammengestellt. Diese Werte enthalten auch die Dosen der Fremdfirmenangehörigen. In Tab. 4/5 sind die Institutionen mit Summendosen größer 10 mSv aufgeführt. Die nach diesem Überwachungsverfahren ermittelte gesamte Personendosis im Forschungszentrum beträgt 571 mSv, Vorjahr 660 mSv. Die Reduktion ist vor allem auf eine Abnahme der Summendosis bei der Hauptabteilung Dekontaminationsbetriebe und der Hauptabteilung Zyklotron zurückzuführen. Die Auswertungen zeigen, daß von allen überwachten Personen

nur 789 Personen eine Dosis ab der monatlichen Erkennungsgrenze von 0,1 mSv erhalten haben. Diese Personen sind in Spalte 3 aufgeführt. Die Daten dieser Tabelle können nicht direkt mit den Daten der Tabelle 2/1 verglichen werden, da die Tabelle 2/1 nicht die Dosiswerte der Fremdfirmenmitarbeiter enthält, unterschiedliche Dosimetriesysteme benutzt wurden und insbesondere wegen der gegenüber den amtlichen Dosimetern kürzeren Auswertintervalle bei Dosisbeiträgen bis zu 0,2 mSv pro Auswertung wegen der Rundungsvorschriften in der Summe bemerkbare Abweichungen auftreten können. Es wird nach Verfahren gesucht, beide Meßverfahren besser aneinander anzupassen.

Institution	Summendosen in mSv	Anzahl der Personen mit einer Dosis >0,1 mSv	mittlere Individualdosis in mSv der Personen mit einer Dosis >0,1 mSv
HDB	270 (310)	313 (333)	0,9 (0,9)
HZY	127 (153)	62 (81)	2,0 (1,9)
HVT-HZ	37 (33)	39 (49)	0,9 (0,7)
HS-Ü	26 (37)	40 (47)	0,7 (0,8)
HS-S	23 (23)	78 (91)	0,3 (0,3)
HBT	19 (21)	61 (64)	0,3 (0,3)
ITC-CPV	15 (17)	34 (44)	0,4 (0,4)
INE	11 (13)	36 (39)	0,3 (0,3)
alle übrigen	41 (38)	123 (99)	0,3 (0,4)
Gesamt	571 (660)	789 (888)	0,7 (0,7)

Tab. 4/5: Mit Taschenionisationskammern gemessene Summen- und mittlere Individualdosen in den Institutionen des Forschungszentrums Karlsruhe einschließlich der Dosen von Fremdfirmenangehörigen im Jahr 1994, Vorjahreswerte in Klammer

4.3 Strahlenschutzmeßlabor

D. Beier, K. Burkhard, G. Nagel

1994 wurden im Strahlenschutzmeßlabor 31 000 Raumlufffilter mittels Alpha-Beta-Pseudokoinzidenzanlagen auf künstliche α - und β -Aktivität ausgemessen. Der Arbeitsaufwand war trotz der geringeren Gesamtzahl von 31 000 im Vergleich zu 35 000 im Vorjahr größer, da in der Summe 2 300 Filter von Messungen zur Überwachung von Interventionsarbeiten enthalten sind, die außerhalb der normalen Auswerteroutinen ausgemessen werden mußten. Die gefundenen Luftstaubaktivitäten sind in Tab. 4/6 nach Raumluffkonzentrationen aufgegliedert. Auch in dieser Tabelle fallen die Sonderfilter zur Überwachung von Interventionsarbeiten durch die Erhöhung der Filteranzahl mit einer α -Konzentration $>0,8$ Bq/m³ auf. Die Werte 1 mBq/m³ für α -Strahler bzw. 0,65 Bq/m³ für β -Strahler sind die unteren Meßschwellen. Die Werte 0,04 Bq/m³ für α -Strahler bzw. 40 Bq/m³ für β -Strahler werden von den Grenzwerten der Jahresaktivitätszufuhr über Luft für Personen der Kategorie A abgeleitet (vgl. Kap. 4.1). Ein weiterer Grenzwert ist für α -Strahler 0,8 Bq/m³ bzw. für β -Strahler 800 Bq/m³ (20-faches der abgeleiteten Werte), oberhalb dessen Atemschutzisoliergeräte getragen werden müssen. In Abb. 4/1 wird der Verlauf der Häufigkeitsverteilung der Aerosolaktivitätskonzentration oberhalb der Meßschwelle in der Raumluff relativ zu der im Jahr gemessenen Filteranzahl über die letzten fünf Jahre gezeigt.

Aktivität	Aktivitätsgrenzen in Bq/m ³	Anzahl der Filter	Anteil an der Gesamtzahl in %
α-Aktivität	A > 0,8	120 (72)	0,39 (0,21)
	0,8 ≥ A > 0,04	412 (412)	1,33 (1,18)
	0,04 ≥ A ≥ 0,001	5063 (4029)	16,33 (11,52)
	A < 0,001	25405 (30457)	81,95 (87,09)
β-Aktivität	A > 800	0 (0)	0,00 (0,00)
	800 ≥ A > 40	27 (22)	0,09 (0,06)
	40 ≥ A ≥ 0,65	161 (183)	0,52 (0,52)
	A < 0,65	30812 (34765)	99,39 (99,41)

Tab. 4/6: Häufigkeitsverteilung der Aerosolaktivitätskonzentration in der Raumluft

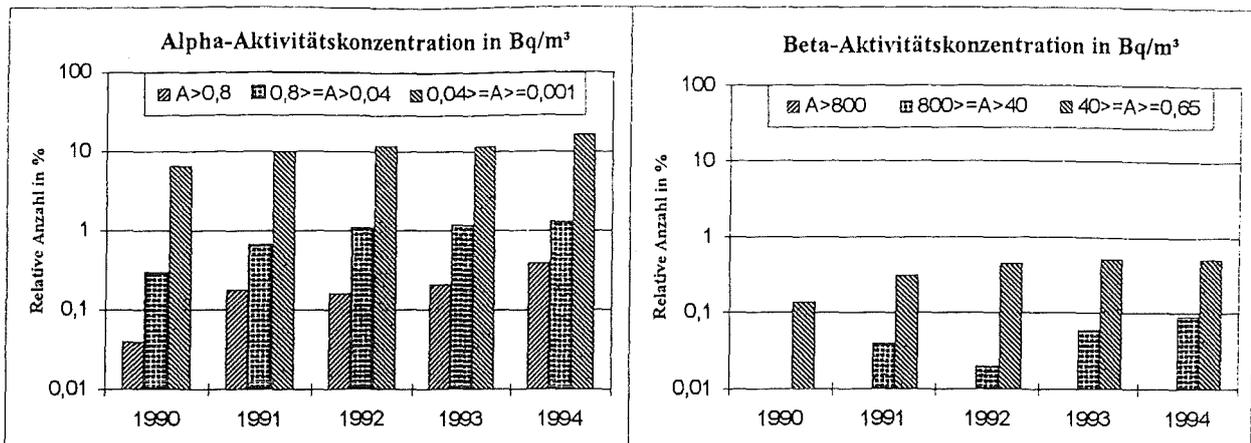


Abb. 4/1: Verlauf der Häufigkeitsverteilung der Aerosolaktivitätskonzentrationen in der Raumluft oberhalb der Meßschwelle

Mittels α-Spektroskopie wurden 23 Proben untersucht. Davon entfielen 15 Proben auf Wischttests und 8 Proben auf Glasfaserfilter. Die identifizierten Nuklide sind in Tab. 4/7 aufgeführt. Mittels γ-Spektroskopie wurden im Strahlenschutzmeßlabor 1791 Proben quantitativ und qualitativ untersucht. Davon entfielen auf Kohlefilter aus der Raumluftüberwachung 582, auf sonstige Kohlefilter 229, auf Glasfaserfilter 12, auf Wischttests 49, auf Freigabemessungen 813 und auf Dichtheitsprüfungen 106 Proben. Die identifizierten Nuklide sind in Tab. 4/8 nach fallender Häufigkeit aufgeführt. Für viele Einzelproben mit unüblichen Meßgeometrien war der zeitliche Aufwand für die γ-Spektroskopie sehr hoch. 415 Styropor-Wischttest-Proben wurden mittels Flüssigszintillationsmeßtechnik auf H-3 und/oder C-14 untersucht.

Vom Strahlenschutzmeßlabor werden außer den bereits aufgeführten Messungen auch die Neu- und Ersatzbeschaffung für HS-Ü durchgeführt. Das waren im Berichtszeitraum 107 Beschaffungsanforderungen. Darunter fielen fünf Kontaminationsmonitoren, fünf Rechner mit Drucker, vier Alpha-Aerosolmonitoren, zwei Gammamonitoren, zwei Großflächenzählrohre, zwei Dosisleistungsmeßgeräte, ein 10-fach-Probenwechsler, ein Umrüstpaket für einen 10-fach-Probenwechsler und Präparate für die wiederkehrenden Prüfungen der Meßgeräte. Besondere Aufmerksamkeit erfordert die Verfolgung von Reparaturaufträgen. Da das Eichamt Stuttgart keine Meßgeräte mehr in der Eichhalle des Forschungszen-

trums Karlsruhe GmbH eicht, muß der Versand bzw. die Terminverfolgung auch hierfür über das Meßlabor abgewickelt werden.

Nuklid	Beschleuniger	Einrichtungen mit höherem Aktivitätsinventar	HDB	Sonstige Institutionen	Summe
Am-241 + Pu-238	-	5	15	2	22
Pu-239 + Pu-240	-	1	6	-	7
Cm-243 + Cm-244	-	-	3	-	3
Cm-242 + Cf-252	-	-	1	-	1
Ra-Folgeprod.	-	1	-	-	1
Th-Folgeprod.	-	1	-	-	1

Tab. 4/7: Durch α -Spektroskopie identifizierte Radionuklide

4.4 Transporte radioaktiver Stoffe

H.-U. Berger

Neben seinen sonstigen Aufgaben hat der Verfasser die Verpflichtung, als Strahlenschutzbeauftragter des Fahrdienstes die ordnungsgemäße Durchführung der Transporte radioaktiver Stoffe auf öffentlichen Straßen zu überwachen, sofern dabei Beförderungsgenehmigungen des Forschungszentrums Karlsruhe in Anspruch genommen werden oder der Fahrdienst die Transporte durchführt. Das gleiche gilt für die vom Fahrdienst auf Werksstraßen des Forschungszentrums durchgeführten Transporte radioaktiver Stoffe. Bei der Durchführung dieser Aufgaben wurden im Rahmen der vorgeschriebenen Buchführung über die durchgeführten Transporte 32 Beförderungspapiere nach Rn 2002 der Gefahrgut-Verordnung Straße durchgesehen. Die Zahl der Beförderungen nach der Gefahrgut-Verordnung Straße ging gegenüber dem Vorjahr weiter zurück.

Die 32 auf öffentlichen Straßen durchgeführten Transporte radioaktiver Stoffe sind in Tab. 4/9 nach Aktivitätsinventar aufgegliedert. Es handelte sich um Transporte, die zum Zwecke der Prüfung von Iodfilteranlagen in Kernkraftwerken erfolgten (Beförderung von I-131 als Methyliodid in Form von Prüfgas, beladenen Meßadsorbern und kontaminierten Geräten). In 47 Fällen wurden für innerbetriebliche Transporte im Sinne der internen Transportordnung die Transportmodalitäten festgelegt.

Die Iodfilter-Prüfgruppe des früheren LAF-II wurde im Spätjahr 1994 aus dem Forschungszentrum Karlsruhe GmbH ausgegliedert und dem TÜV Südwest angeschlossen. Daher ist abzusehen, daß im Jahre 1994 letztmals radioaktive Stoffe unter eigener Beförderungsgenehmigung des Forschungszentrums Karlsruhe auf öffentlichen Straßen befördert wurden. Im Zusammenhang mit der Vorbereitung von Beförderungen radioaktiver Stoffe auf öffentlichen Straßen und auf Werksstraßen des Forschungszentrums wurde der Verfasser 18 mal um z. T. umfangreiche Beratung gebeten.

Nuklid	Beschleuniger	Einrichtungen mit höherem Aktivitätsinventar	HDB	Sonstige Institutionen	Summe
Cs-137 + Ba-137m	-	137	143	33	313
I-123	300	-	-	-	300
Co-60	-	76	214	6	296
I-129	-	-	52	-	52
I-131	-	-	-	46	46
Zn-65	-	-	45	-	45
Mn-54	-	-	31	-	31
Am-241	-	13	16	2	31
Ra-226-Folgepr.	-	3	18	3	24
Cs-134	-	4	10	2	16
Sb-125 + Te-125m	-	2	10	-	12
Co-58	-	-	7	-	7
Ag-108m	-	7	-	-	7
U-235	-	-	6	1	7
Ag-110m	-	-	6	-	6
Sb-124	-	-	5	-	5
Ba-131	-	-	-	4	4
Ba-133	-	-	-	4	4
Th-234	-	3	-	1	4
Cr-51	-	-	3	-	3
Co-57	-	-	3	-	3
Nb-95	-	-	3	-	3
U _{nat}	-	1	-	2	3
Ce-141	-	-	2	-	2
Na-22	-	-	-	1	1
Eu-154	-	1	-	-	1
Ir-192	-	-	-	1	1
Ac-228	-	1	-	-	1
Th-232	-	1	-	-	1
Np-237	-	-	1	-	1
U-238	-	-	1	-	1

Tab. 4/8: Durch γ -Spektroskopie identifizierte Radionuklide

Transporte mit Aktivitätsinventar A in GBq		
A < 0,4 und Leerbehälter	$0,4 \leq A < 40$	A \geq 40
30 (43)	2 (6)	0 (0)

Tab. 4/9: Aktivitätsinventar der unter Verantwortung des Forschungszentrums Karlsruhe GmbH auf öffentlichen Straßen durchgeführten Transporte radioaktiver Stoffe. Die Vorjahreszahlen sind in Klammern angegeben.

4.5 Programmpflege und -neuentwicklung

D. Beier, G. Nagel

Im Berichtszeitraum wurden folgende Programme aktualisiert:

- Dateiverwaltung wie Personendosis (Taschenionisationskammer), Strahlenmeßgeräte, Raumluftaktivität (Aerosole), Oberflächenkontamination, Präparate und Strahlenpaß.
- Steuerungs- und Auswertesoftware der Wischtestmeßplätze mit automatischen Probenwechslern.

Neu erstellt wurde die Steuerungs- und Auswertesoftware für die Aerosolfiltermeßplätze mit automatischen Probenwechslern.

4.6 Erstellung einer Standardkalibrierung der Freimeßanlage für Metallschrott unterschiedlicher Schüttdichte

A. Reichert, M. Hellmann

Die bei der Stilllegung und beim Abbau kerntechnischer Anlagen anfallenden radioaktiven Reststoffe bestehen zu einem nicht unwesentlichen Teil aus Metallschrott, wie z.B. Blechen oder Rohrleitungen unterschiedlicher Materialstärke und geometrischer Abmessungen. Sollen diese radioaktiven Reststoffe mittels einer Freimeßanlage nach dem Prinzip der Gesamt-Gamma-Messung freigemessen werden, so ist gemäß DIN 25457 Teil 1 und 4 für jede Meßgeometrie eine Kalibrierung mit inaktivem Meßgut gleichen Typs erforderlich, was aufgrund der Vielfalt der möglichen Meßgüter u.U. sehr zeitaufwendig sein kann (vgl. KfK-Bericht 5214).

Um hier eine Vereinfachung zu erlangen, wurde speziell für die Reststoffgruppe "Metallschrott" eine Standardkalibrierung erstellt, welche es erlaubt, den benötigten Kalibrierfaktor anhand der Nettomasse bzw. des Flächengewichts eines Korbs mit Meßgut zu bestimmen.

Zur Bestimmung der Kalibrierfaktoren für die Standardgeometrie wurden zunächst Messungen mit zwei Kalibrierstrahlern (Punktquelle von Co-60 bzw. Cs-137) in Meßkammermitte "frei Luft" durchgeführt. Im Anschluß daran wurden die gleichen Messungen bei verschiedenen Abschirmungen bzw. Flächengewichten (7,8 g/cm² - 39 g/cm²) durchgeführt. Zur Simulation dieser unterschiedlichen Flächengewichte wurde ein Set aus vier ineinandergeschachtelten Stahlwürfeln benutzt. Die Meßergebnisse dieser Meßreihen sind in Tabelle 4/10 dargestellt.

Abschirmung	1) Flächengewicht g/cm ²	2) η_{lint}	
		Co-60	Cs-137
frei Luft	-	1,8 E-1	7,1 E-2
1 cm Stahl	7,8	1,5 E-1	5,0 E-2
2 cm Stahl	15,6	1,2 E-1	3,4 E-2
3 cm Stahl	23,4	9,2 E-2	2,3 E-2
4 cm Stahl	31,2	7,3 E-2	1,5 E-2
5 cm Stahl	39,0	5,5 E-2	1,2 E-2

1) mit $\rho = 7,8 \text{ g/cm}^3$

2) in Bq⁻¹ s⁻¹, als Summe über 4 Plastikszintillationsdetektoren

Tab. 4/10: Meßergebnisse für die Standardkalibrierung

Der relative Wirkungsgrad bezogen auf die Messung "frei Luft" (für alle 4 Detektoren) als Funktion des Flächengewichts der Standardkalibrierung ist sowohl für Co-60 als auch für Cs-137 in den Abbildungen 4/3 und 4/4 dargestellt.

Um Erfahrungen über die praktische Anwendbarkeit dieses speziellen Kalibrierfaktors zu erlangen, wurden für verschiedene Meßgeometrien die Kalibrierfaktoren, jeweils für Co-60 bzw. Cs-137 als Punktstrahler in Meßgutmitte, ermittelt bzw. aufgrund des Flächengewichtes sowie der Angaben aus Tab. 4/10 und den Abbildungen 4/2 sowie 4/3 errechnet. Die Beschreibung der Meßgeometrien sowie die Ergebnisse der Messungen sind in Tab. 4/11 dargestellt.

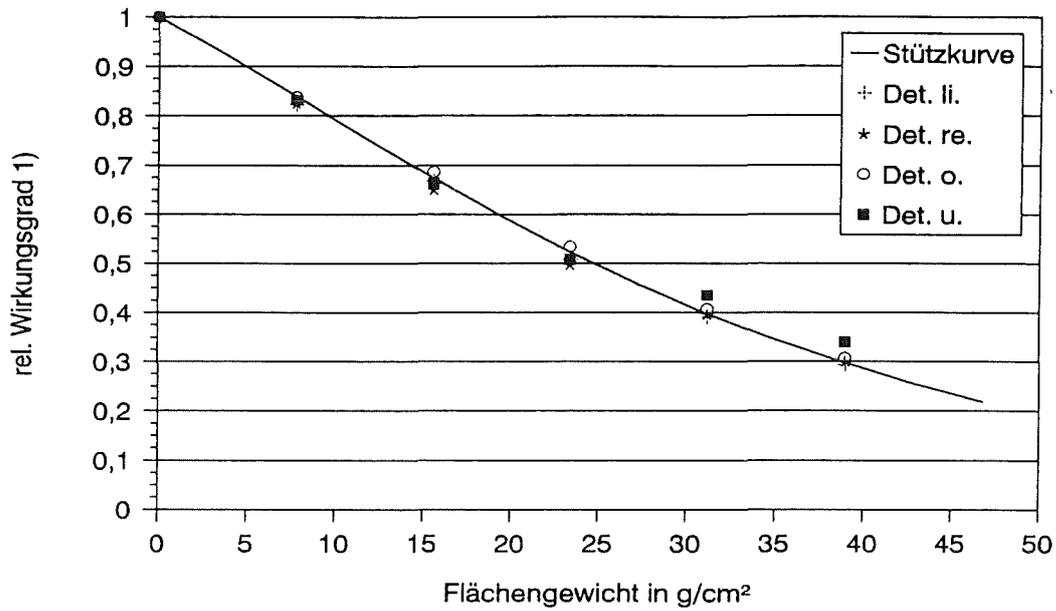
Die Abb. 4/4 zeigt die Verhältniszahlen der errechneten bzw. ermittelten Kalibrierfaktoren (nach Tab. 4/11), die Abweichungen liegen in einem Bereich von 0,72 bis 1,0 für Co-60 bzw. 0,55 bis 1,1 für Cs-137; d.h. daß die Verwendung von Kalibrierfaktoren, errechnet aus der Standardkalibrierung, im allgemeinen zu einer Überschätzung der Gesamtaktivität pro Meßkorb führen würde, für eine Materialgruppe (Probe 6) würde es für Cs-137 als Leitnuklid zu einer geringfügigen Unterschätzung führen.

Probe Nr.	Beschreibung der Probe	Nettogewicht kg	1)Flächengewicht g/cm ²	2) η_{int} (Kalibrierung)		2) η_{int} (errechnet)	
				Co-60	Cs-137	Co-60	Cs-137
1	Rohrleitungsmaterial, unterschiedlicher Wanddicke und Durchmesser, lose und ohne System beladen	473	26,4	1,1 E-1	2,4 E-2	8,5 E-2	1,9 E-2
2	Rohrleitungen, senkrecht im Meßkorb stehend, Ø 100 cm	389	21,7	1,0 E-1	2,9 E-2	1,0 E-1	2,4 E-2
3	Rohrleitungen, teils senkrecht teils schräg im Meßkorb stehend, Ø < 100 cm	451	25,1	1,0 E-1	3,2 E-2	8,9 E-2	2,0 E-2
4	Rohrleitungen, ungeordnet im Meßkorb eingelagert	511	28,5	1,1 E-1	3,1 E-2	7,9 E-2	1,7 E-2
5	Fe- und Al-Bleche, in Lagen geschichtet, Meßkorb vollständig gefüllt	227	12,7	1,3 E-1	4,5 E-2	1,3 E-1	3,9 E-2
6	siehe Probe 5, jedoch locker geschichtet	155	8,7	1,4 E-1	4,5 E-2	1,4 E-1	4,8 E-2
7	Messingrohr, Ø 30 mm, senkrecht im Meßkorb stehend	600	33,6	7,7 E-2	1,7 E-2	6,6 E-2	1,2 E-2

1) Flächengewicht = $m/2 \cdot a \cdot c$;
 a, c = Abmessungen des Meßkorbes
 m = Nettomasse des Meßgutes

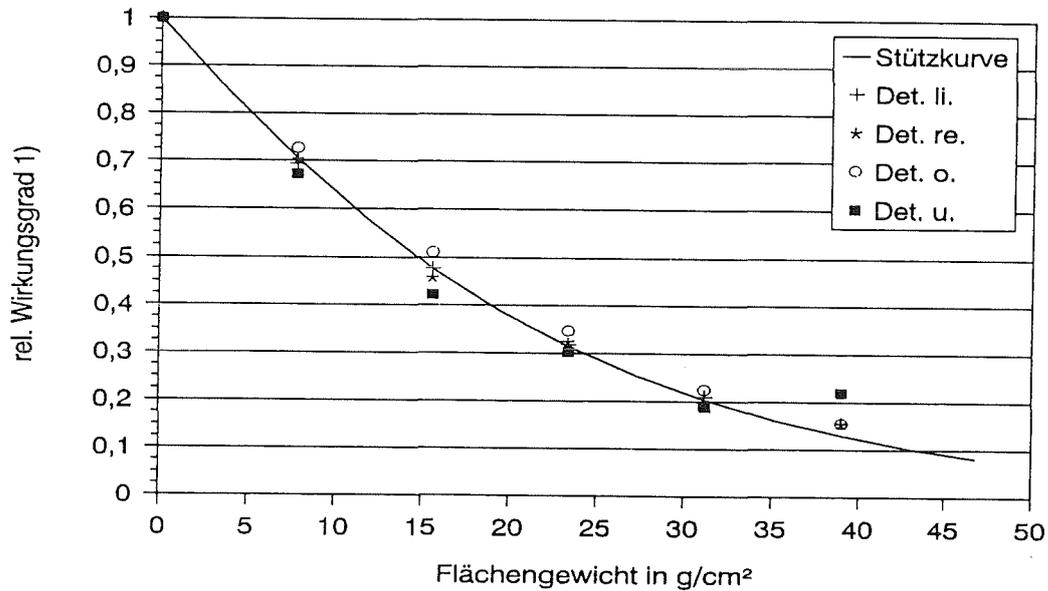
2) in $\text{Bq}^{-1} \text{s}^{-1}$, als Summe über vier Plastiksintillationsdetektoren

Tab. 4/11: Probenbeschreibung und Kalibrierfaktoren für die verschiedenen Meßgeometrien



¹⁾ Der Wert 1 entspricht η_{int} aus Zeile „frei Luft“ der Tabelle 4/10

Abb. 4/2: Relativer Wirkungsgrad für Co-60



¹⁾ Der Wert 1 entspricht η_{int} aus Zeile „frei Luft“ der Tabelle 4/10

Abb. 4/2: Relativer Wirkungsgrad für Cs-137

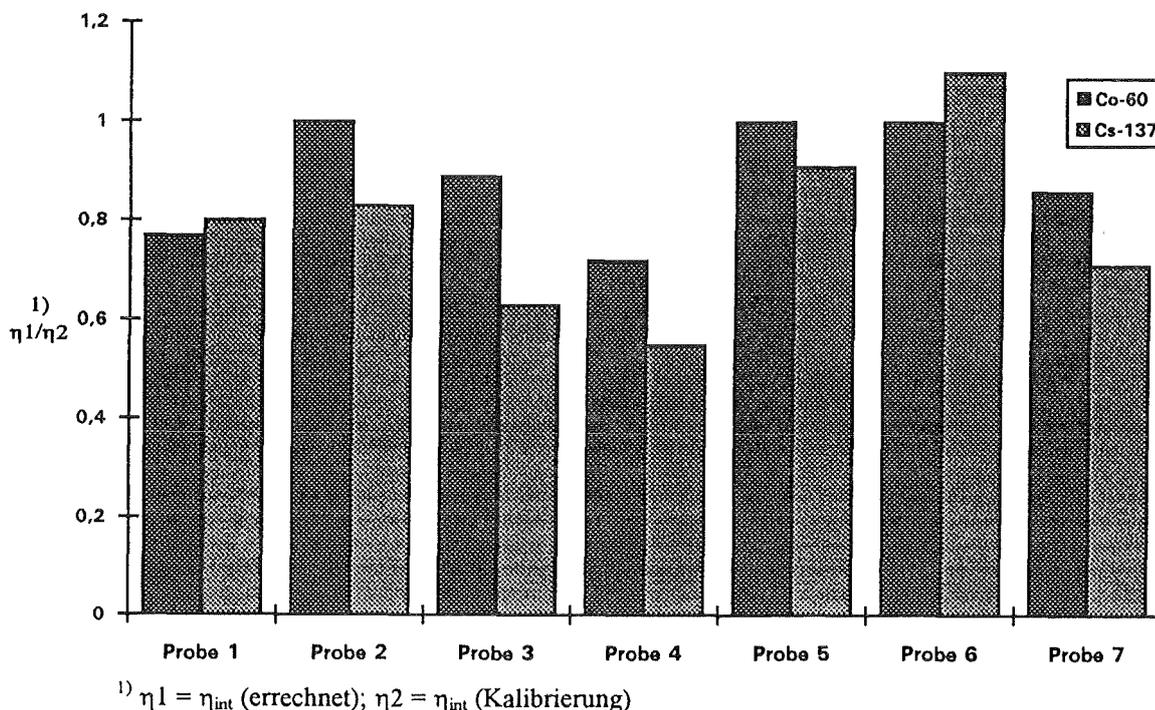


Abb. 4/4: Verhältnis der errechneten bzw. ermittelten Kalibrierfaktoren für verschiedene Meßgeometrien

4.7 Dichtheitsprüfungen

K. Burkhard

Auch im Berichtsjahr 1994 hat die Abteilung Strahlenschutzüberwachung an umschlossenen Strahlern, die sich im Besitz des Forschungszentrums Karlsruhe befinden, Dichtheitsprüfungen durchgeführt. Die Prüfungen erfolgen für sonstige radioaktive Stoffe bis zum $1 \cdot 10^{10}$ fachen der Freigrenzen im Rahmen einer atomrechtlichen Genehmigung der Hauptabteilung Sicherheit, für Kernbrennstoffe im Rahmen der atomrechtlichen Genehmigungen der entsprechenden Institution und einer Bestätigung des Umweltministeriums Baden-Württemberg, daß die Hauptabteilung Sicherheit eine anerkannte Prüfstelle gemäß §75 Strahlenschutzverordnung ist. Als Prüfgrundlage dient DIN 25426T4. Danach müssen alle umschlossenen Strahler oberhalb des 100fachen der Freigrenze jährlich einer Dichtheitsprüfung unterzogen werden. Für Strahler, die geschützt in Apparaturen eingebaut, nur gelagert oder besonders stabil gebaut sind, können Verlängerungen der Prüffristen bei der Aufsichtsbehörde beantragt werden. Hierzu ist ein entsprechendes Gutachten der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt erforderlich. Als Prüfverfahren werden für die Strahler Wischprüfung, Tauchprüfung oder die Emanationsprüfung angewandt. Die Proben werden je nach Strahlenart im Proportionalzähler (evtl. nach Eindampfung), durch γ -Spektroskopie oder durch Flüssigszintillationsmeßtechnik ausgewertet. Der Strahler gilt als dicht, wenn die abgewischte oder gelöste Aktivität ≤ 200 Bq ist. Kann die Wischprüfung nur an einer Ersatzfläche durchgeführt werden, so gilt der Strahler nur dann als dicht, wenn die abgewischte Aktivität ≤ 20 Bq ist. Die Anzahl der geprüften Strahler ist in Tab. 4/12 nach Nuklid und Institution sortiert aufgeführt. Im Berichtsjahr wurde kein undichter Strahler gefunden. Die Anzahl der geprüften Proben hat gegenüber dem Vorjahr um 10 Stück abgenommen.

	Cs-137	Am-241	Sr-90	Cf-252	Co-60	Np-237	Ra-226	Cd-109	Fe-55	Ni-63	Sm-151	Ba-133	Pm-147	Pb-210	Ges.
HS-D	14	5	11	2	2								1		35
FTU	4	2	3	7	1		1	2						1	21
INR		1		5		3	1								10
ITC-CPV	4	2				1					1				8
IK I		4	1						2						7
IK III		6													6
HDB	1				1					2		1			5
IGEN			1		2		1								4
HS-Ü	1			1											2
HZY			1				1								2
ITC-TAB		2													2
EKM								1							1
HVT-HZ	1														1
IMK		1													1
INFP											1				1
Summe	25	23	17	15	6	4	4	3	2	2	2	1	1	1	106

Tab. 4/12: Anzahl der im Jahr 1994 durchgeführten Dichtheitsprüfungen an umschlossenen Strahlern

4.8 Strahlenpaßstelle

F. Stelzig

Im Jahre 1994 hatten 153 (Vorjahr 150) von 264 (242) Fremdfirmen mit gültigem Abgrenzungsvertrag Mitarbeiter in Kontrollbereichen des Forschungszentrums Karlsruhe angemeldet. Insgesamt wurden 730 (848) Anmeldungen durchgeführt, wovon 213 (303) Ummeldungen oder Mehrfach-Anmeldungen waren, d.h. Mitarbeiter von Fremdfirmen, die sich mehrmals im Jahr an- und abgemeldet haben. Es wurden im Verlauf des vergangenen Jahres 634 (614) Abmeldungen durchgeführt, 1 217 (1 123) Strahlenpässe wurden zur Aktualisierung kurzfristig an Fremdfirmen ausgegeben. In neue Strahlenpässe wurden 8 800 (7 900) Eintragungen vorgenommen. Insgesamt sind jetzt 1 489 (1 274) Fremdfirmenmitarbeiter in der Datei erfaßt.

5 Umweltschutz

M. Winter

Die Aufgaben der Abteilung "Umweltschutz" (HS/US) umfassen die Überwachung der Emissionen radioaktiver Stoffe mit Abluft und Abwasser aus den kerntechnischen Einrichtungen und Instituten des Forschungszentrums Karlsruhe und die Überwachung der Immissionen in seiner Umgebung. Überwachungsziel ist der auf Messungen und begleitende Berechnungen gestützte Nachweis der Einhaltung der durch die Strahlenschutzverordnung vorgegebenen Grenzwerte und darüber hinausgehender Auflagen der atomrechtlichen Aufsichtsbehörde. Ausführliche Berichte über die Ergebnisse der Abluft-, Abwasser- und Umgebungsüberwachung werden dem Ministerium für Umwelt Baden-Württemberg vierteljährlich übersandt.

Die von den Emittenten des Forschungszentrums geplanten Ableitungen radioaktiver Stoffe in die Atmosphäre werden von HS/US koordiniert. Dies geschieht durch die jährliche Erstellung eines Abluftplanes, in dem die von den verschiedenen Emittenten entsprechend ihrer Zweckbestimmung und ihren Forschungsaufgaben beantragten Planungswerte berücksichtigt werden. Zur Kontrolle der Einhaltung der Bestimmungen des Abluftplanes und zur Bilanzierung der abgeleiteten Radioaktivität werden alle im Bereich des Forschungszentrums Karlsruhe GmbH anfallenden Proben bei HS/US gemessen. Struktur, Umfang und Ergebnisse der routinemäßigen Abluftüberwachung sowie die Ergebnisse der Dosisberechnungen für die Umgebung auf der Grundlage der bilanzierten Ableitungen werden in Kap. 5.1 dargestellt.

Die Überwachung des Radioaktivitätsgehaltes aller im Forschungszentrum Karlsruhe anfallenden Abwässer erfolgt zentral durch HS/US. Die Radioaktivitätskonzentrationen der aus den einzelnen Abwassersammelstationen gezogenen Abwasserproben werden bei HS/US gemessen. Durch Vergleich der Meßergebnisse mit genehmigten Werten wird in jedem Einzelfall über das Erfordernis einer Dekontamination der Abwässer entschieden. Die Bilanzierung der mit dem Abwasser insgesamt in den Vorfluter abgeleiteten Radioaktivität erfolgt anhand der Meßergebnisse für mengenproportionale Mischproben aus den Endbecken der Kläranlage. Über die Ergebnisse der routinemäßigen Abwasserüberwachung und der Berechnung der Strahlenexposition in der Umgebung wird in Kap. 5.2 berichtet.

Das Umgebungsüberwachungsprogramm umfaßt sowohl die Messung der äußeren Strahlung mit Hilfe von Festkörperdosimetern und Dosisleistungs-Meßstationen als auch die Bestimmung des Radioaktivitätsgehaltes von Probenmaterialien aus verschiedenen Umweltmedien wie Luft, Niederschlag, Boden und Bewuchs, landwirtschaftliche Produkte, Fisch, Sediment, Oberflächenwasser, Grund- und Trinkwasser. Eine zusammenfassende Darstellung des Programms und der Ergebnisse der Umgebungsüberwachung wird in Kap. 5.3 gegeben. Der Umfang der zur Erfüllung der Aufgaben der Abteilung erforderlichen radiochemischen Arbeiten wird in Kap. 5.4 dargestellt.

Untersuchungen der Tritiumaufnahme von ernährungsrelevanten Pflanzen werden im Rahmen des Projekts "Kernfusion" durchgeführt. Um die Ingestionsdosis nach einer Freisetzung von Tritium in die Atmosphäre berechnen zu können, wird ein Modell für den Einbau von Tritium in Weizenpflanzen entwickelt. Expositionsexperimente in einer Klimakammer dienen zur Untersuchung des Einbaus von HTO in das Gewebewasser, des Anteils organisch gebundenen Tritiums und dessen Translokation in die eßbaren Pflanzenteile. Der zeitliche Verlauf der relevanten pflanzenphysiologischen Parameter wird durch Feldmessungen ermittelt. Die Untersuchungsergebnisse werden in Kap. 5.5 dargestellt. Im Rahmen des Projekts "Schadstoff- und abfallarme Verfahren" wird die Dekontaminierbarkeit schwermetallverseuchter Böden sowohl durch den Einsatz von Ionenaustauschern als auch durch hierfür besonders geeignete Pflanzen untersucht. Über die Untersuchungsergebnisse wird in Kap. 5.6 berichtet.

5.1 Fortluftüberwachung

A. Wicke

Im Rahmen der Überwachungsaufgaben der Abteilung Umweltschutz sind entsprechend den "Grundsätzen für die Ableitung radioaktiver Stoffe mit der Fortluft aus dem Forschungszentrum Karlsruhe (Stand: November 1990)" die Aktivitätsabgaben der einzelnen Emittenten zu kontrollieren und zu bilanzieren. Dies geschieht auf der Grundlage eines vom Umweltministerium Baden-Württemberg genehmigten "Abluftplans". Dieser Abluftplan enthält für die einzelnen Emittenten des Forschungszentrum Karlsruhe die höchstzulässigen Jahres-, Wochen- bzw. Tagesabgaben, aufgeschlüsselt nach Radionukliden und Radionuklidgruppen. Die jeweiligen Werte sind so festgelegt, daß die daraus errechnete Strahlenexposition der Bevölkerung in der Umgebung des Forschungszentrums Karlsruhe die in § 45 der Strahlenschutzverordnung vorgeschriebenen Dosisgrenzwerte in jedem Fall deutlich unterschreitet.

Im Abluftplan und bei der Bilanzierung der radioaktiven Ableitungen werden die folgenden Nuklidgruppen und Einzelnuclide unterschieden:

A _{AK}	Aerosole mit kurzlebiger α -Aktivität (Halbwertszeit kleiner als 8 Tage)
A _{AL}	Aerosole mit langlebiger α -Aktivität (Halbwertszeit größer als 8 Tage)
A _{BK}	Aerosole mit kurzlebiger β -Aktivität (Halbwertszeit kleiner als 8 Tage)
A _{BL}	Aerosole mit langlebiger β -Aktivität (Halbwertszeit größer als 8 Tage)
E	Radioaktive Edelgase
G _K	Kurzlebige radioaktive Aktivierungsgase
I	Radioaktive Iodisotope
H-3	Tritium
C-14	Kohlenstoff-14

Die Einführung von Nuklidgruppen bedeutet keinen Verzicht auf die Bilanzierung der Ableitungen von einzelnen Radionukliden. Sie ist jedoch bei verschiedenen Emittenten notwendig, da bei diesen einerseits die Nuklidzusammensetzungen in den Ableitungen nicht vorhergesagt werden können, andererseits aber doch höchstzulässige Ableitungen vorgegeben werden müssen. Die für die Messung, die Bilanzierung und die Dosisberechnung erforderlichen Definitionen der Nuklidgruppen werden in Kap.5.1.3 näher erläutert.

Von den insgesamt 36 Emittenten (vgl. Lageplan Abb. 5/1) gehören 32 zum Forschungszentrum Karlsruhe GmbH. Die Ableitungen werden in Zusammenarbeit mit den Mitarbeitern der HS-Abteilung "Strahlenschutzüberwachung" (HS/Ü) ermittelt. Dabei werden die zur Bilanzierung benutzten Filter, Iodkohlepatronen, C-14- und Tritiumsammler durch HS/Ü-Personal gewechselt und HS/US zur Auswertung zugeleitet (s. Abb. 5/2). Die Ergebnisse der Edelgasmeßstellen werden vor Ort registriert und HS/US übermittelt. Wartung, Reparatur und Kalibrierung der für die Fortluftüberwachung eingesetzten Geräte werden durch eine Arbeitsgruppe der HS-Abteilung "Dosimetrie" durchgeführt. Die Koordinierungsstelle bei HS/US veranlaßt, daß die Fortluftmeßstellen entsprechend den Forderungen der zuständigen Behörde nach dem Stand von Wissenschaft und Technik nachgerüstet werden. Wegen Auflösung des Kontrollbereiches konnte im Laufe des Berichtsjahres die Fortluftüberwachung für LAF II, Geb. 415a, entfallen. Die Einrichtungen des LAF II, Geb. 415b, wurden vom TÜV Südwest übernommen.

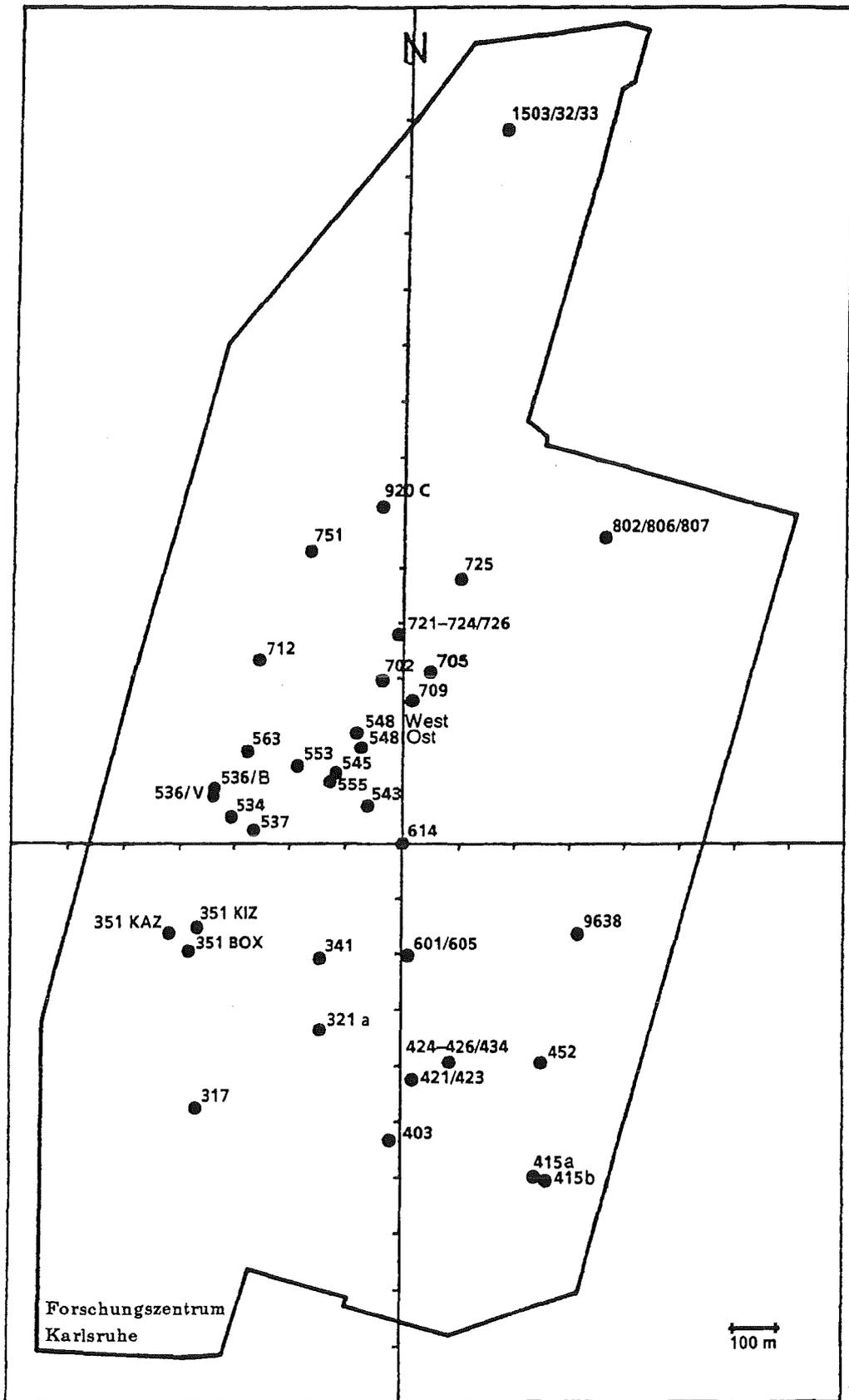


Abb. 5/1: Lageplan der Emittenten des Forschungszentrums Karlsruhe mit Angabe der Gebäudenummern

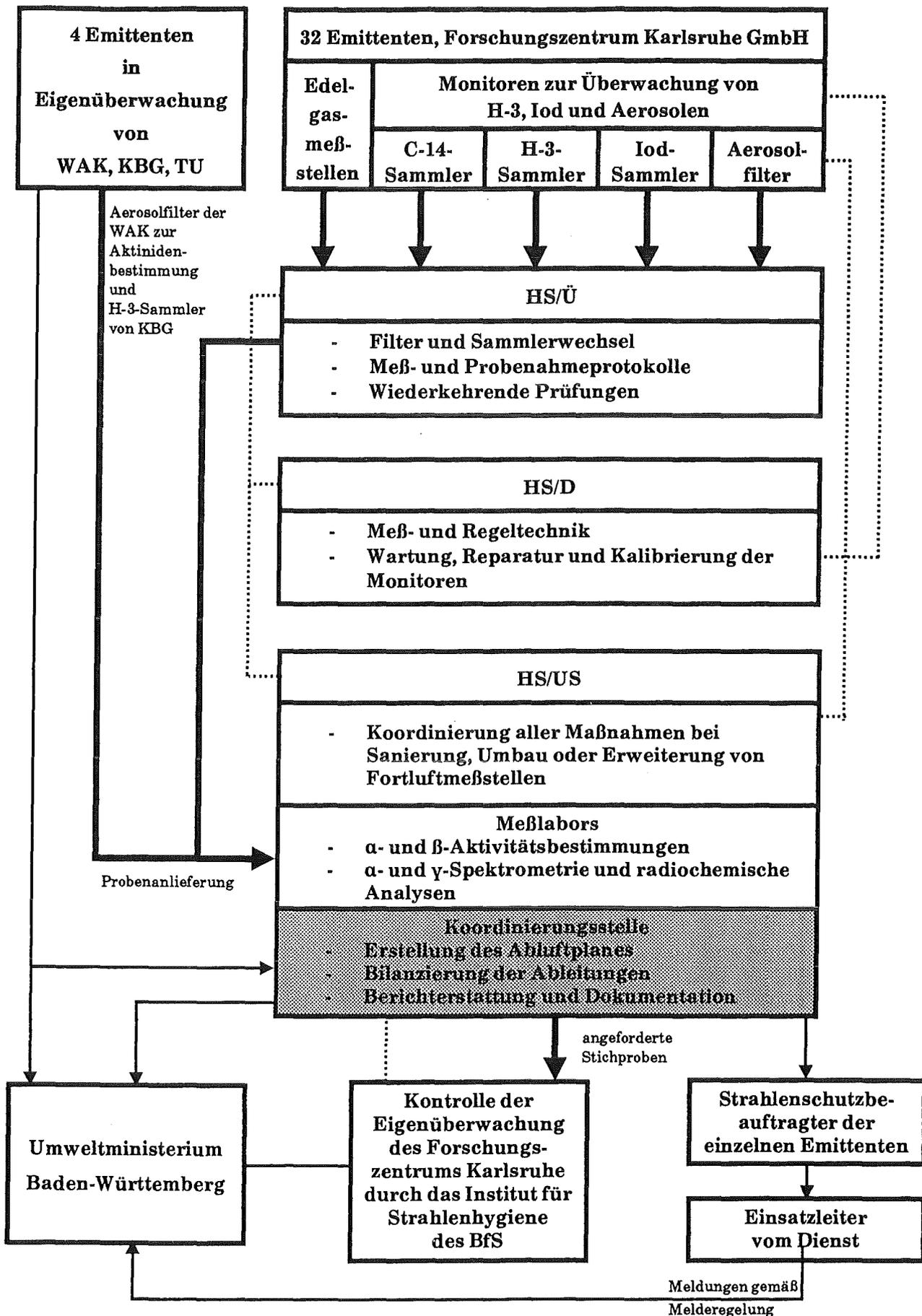


Abb. 5/2: Schematische Darstellung der Fortluftüberwachung im Forschungszentrum Karlsruhe

— Proben, Meßprotokolle — Kommunikationswege, Berichterstattung Zusammenarbeit

Die Fortluftüberwachung der Anlagen am Standort, die nicht vom Forschungszentrum Karlsruhe GmbH betrieben werden, erfolgt durch die zuständigen Betreiber. Die Meßergebnisse werden der bilanzierenden Stelle bei HS/US regelmäßig mitgeteilt.

Einzelheiten zur Messung und Bilanzierung von radioaktiven Ableitungen mit der Fortluft sind aus Kap. 5.1.1 ersichtlich. Über die aufgrund dieser Ableitungen in der Umgebung des Forschungszentrums Karlsruhe rechnerisch ermittelte Strahlenexposition wird in Kap. 5.1.3 berichtet. Bei der Dosisberechnung wurde die Allgemeine Verwaltungsvorschrift zu §45 Strahlenschutzverordnung angewandt.

Darüber hinaus erfolgt in Kap. 5.1.2 eine Berichterstattung über die Ableitungen nichtradioaktiver Stoffe mit der Fortluft für die Anlagen, deren Betrieb nach dem Bundes-Immissionsschutzgesetz zu genehmigen war.

5.1.1 Ableitung radioaktiver Stoffe mit der Fortluft 1994

B. Messerschmidt, A. Wicke

Die Bilanzierung der radioaktiven Ableitungen erfolgt durch Auswertung der in den Fortluftmeßstellen eingesetzten Sammler. Für die Überwachung der Aerosole werden Glasfaserfilter, für Iod Aktivkohle und für Tritium bzw. C-14 Molekularsiebe eingesetzt. Eine Ausnahme bilden die radioaktiven Edelgase, deren Bilanzierung durch Direktmessung erfolgt. 1994 waren insgesamt rund 3 600 Proben zu analysieren. Alle Meßergebnisse werden auf der Grundlage einer wöchentlichen Bilanzierung dokumentiert und der Behörde in Form von Tages-, Wochen-, Quartals- und Jahresberichten mitgeteilt. Zur Bilanzierung werden gemäß KTA-Regel 1503.1 nur Meßwerte herangezogen, die oberhalb der erreichten Erkennungsgrenze lagen. Die Bilanzierungswerte für radioaktive Aerosole werden durch Messung der Gesamt- α - bzw. Gesamt- β -Aktivität ermittelt. In den Fällen, bei denen sich Hinweise darauf ergeben, daß bei erhöhten Kurzzeitabgaben die maximal zulässigen Wochen- bzw. Tagesgrenzwerte erreicht worden sein könnten, werden nuklidspezifische Messungen vorgenommen.

Die Radioiodableitungen werden durch gammaspektrometrische Analyse der Aktivkohlefilter ermittelt. Um die potentielle Schilddrüsendosis bei Ableitung mehrerer Iodisotope zu begrenzen, ist gemäß Abluftplan folgende Summenformel einzuhalten:

$$\sum_i \frac{A_i}{A_{i,zul.}} \leq 1$$

Dabei bedeuten:

- i Nuklidindex
- A_i Aktivitätsabgabe für das Iodisotop i
- $A_{i,zul.}$ zulässige Ableitung für das Iodisotop i

In Tab. 5/1 werden für die einzelnen Emittenten des Forschungszentrums Karlsruhe, geordnet nach aufsteigenden Gebäudenummern und den jeweils zu berücksichtigenden Nukliden und Nuklidgruppen, die 1994 gemäß Abluftplan maximal zulässigen Ableitungen (Wochen- und Jahreswerte) mit den im Berichtsjahr und im Vorjahr bilanzierten Ableitungen verglichen. In keinem Fall wurden die Werte für die jährlich zulässigen Ableitungen überschritten.

Emittent Geb.-Nr. Emissions- höhe	Nuklid/ Nuklid- gruppe	Zulässige Ableitungen gem. Abluftplan 1994		Bilanzierte Ableitungen 1994	Bilanzierte Ableitungen 1993	Effektivdosis am Immissions- maximum des Emittenten 1994 µSv
		Bq/Woche	Bq/a	Bq	Bq	
IGEN Geb. 317 14 m	AAL		1,0 E05	1,6 E02	6,3 E02	< 0,001
	ABL		1,0 E06	4,0 E04	6,9 E04	
	I-125		7,0 E06	4,8 E03	-	
IRCh Geb. 321a 15 m	AAL	1,0 E04	2,0 E05	4,2 E03	7,2 E03	< 0,001
	ABL	1,0 E07	2,0 E08	5,1 E04	5,0 E04	
	E	-	-	-	5,1 E10	
	H-3	2,0 E12	4,0 E13	2,1 E09	1,8 E09	
IRCh Geb. 341 15 m	AAL		1,0 E05	2,2 E03	1,5 E03	< 0,001
	ABL		1,0 E07	3,4 E04	3,5 E04	
HZY (KIZ) Geb. 351 36 m	ABK		5,0 E09	-	-	0,028
	ABL		5,0 E07	1,4 E05	2,2 E05	
	E + GK		1,0 E13	1,0 E12	9,7 E11	
	I-123		1,0 E10	2,1 E07	-	
	I-126		5,0 E06	-	-	
HZY (KAZ) Geb. 351 15 m	ABK	5,0 E08	1,0 E10	1,4 E05	2,1 E05	0,27
	ABL	5,0 E06	1,0 E08	6,1 E04	1,3 E05	
	E + GK	5,0 E12	1,0 E14	2,8 E12	1,4 E12	
	I-123	5,0 E08	1,0 E10	1,4 E08	1,8 E08	
	I-125	4,0 E05	8,0 E06	1,6 E05	1,4 E05	
	I-126	3,0 E05	6,0 E06	-	-	
HZY (Boxen- abluft) Geb. 351 11 m	ABK		1,0 E10	-	-	< 0,001
	ABL		1,0 E08	4,1 E03	5,0 E03	
	I-123		2,0 E09	-	-	
	I-125		2,0 E06	-	-	
	I-126		1,0 E06	-	-	
ITC-TAB Geb. 403 10 m	ABK		1,0 E08	-	-	-
	ABL		1,0 E08	-	1,4 E03	
	E		1,0 E10	-	-	
LAF II Geb. 415a 8 m	I-131	2,5 E05	5,0 E06	-	3,5 E03	-
TÜV Südwest Geb. 415b 10 m	I-131	2,5 E05	5,0 E06	9,8 E05	5,0 E04	0,008
INR Geb. 421/423 5 m	E + GK		2,0 E10	2,0 E08	1,0 E08	0,014
	H-3		2,0 E12	1,3 E11	1,0 E11	

Tab. 5/1: Ableitungen radioaktiver Stoffe der einzelnen Emittenten des Forschungszentrums Karlsruhe in die Atmosphäre in den Jahren 1994 und 1993

Emittent Geb.-Nr. Emissions- höhe	Nuklid/ Nuklid- gruppe	Zulässige Ableitungen gem. Abluftplan 1994		Bilanzierte Ableitungen 1994	Bilanzierte Ableitungen 1993	Effektivdosis am Immissions- maximum des Emittenten 1994 µSv
		Bq/Woche	Bq/a	Bq	Bq	
INFP und IK III Geb. 424-426 und 434 10 m	E H-3		3,0 E11 2,0 E11	- -	- -	-
HVT/TL Geb. 452 50 m	H-3	2,0 E12	4,0 E13	2,7 E08	-	< 0,001
HDB Geb. 534 8 m	AAL ABL H-3 I-125 I-129 I-131		4,0 E04 4,0 E07 8,0 E10 2,0 E05 2,0 E05 2,0 E05	1,8 E02 6,4 E04 1,0 E10 1,8 E03 3,3 E04 -	2,5 E02 1,3 E05 2,4 E09 - 1,9 E04 -	< 0,001
HDB Geb. 536/V (Verbrennungs- anlagen) 70 m	AAL ABL H-3 C-14 I-125 I-129 I-131	2,0 E06 6,0 E08 1,0 E12 1,5 E10 1,5 E07 5,0 E06 2,0 E07	4,0 E07 1,2 E10 2,0 E13 3,0 E11 3,0 E08 1,0 E08 4,0 E08	1,3 E05 3,3 E06 1,2 E12 1,3 E10 2,4 E06 1,3 E07 -	8,2 E05 1,3 E07 5,0 E12 6,3 E10 2,6 E07 1,5 E07 4,1 E03	0,16
HDB Geb. 536/B (Betriebsräume) 16,5 m	AAL ABL H-3 I-125 I-129 I-131		1,0 E05 2,0 E07 1,0 E10 8,0 E05 5,0 E05 1,0 E06	1,2 E03 1,6 E05 2,0 E09 - - -	1,7 E03 3,9 E05 7,3 E08 - 3,4 E03 -	< 0,001
HDB LfU-Lager Geb. 537 16,5 m	H-3		1,0 E11	1,2 E10	2,8 E09	< 0,001
HDB Geb. 543 8 m	AAL ABL H-3 I-129		4,0 E05 4,0 E07 1,0 E10 1,0 E04	1,9 E03 2,6 E04 7,8 E07 9,8 E01	3,3 E03 5,1 E04 2,0 E08 1,7 E02	< 0,001
HDB Geb. 545 19 m	AAL ABL H-3 C-14 I-125 I-129 I-131	5,0 E04 2,5 E07 1,0 E11 4,0 E09 2,5 E06 1,5 E05 3,0 E06	1,0 E06 5,0 E08 2,0 E12 1,8 E11 5,0 E07 3,0 E06 6,0 E07	7,1 E02 2,4 E05 4,9 E11 1,1 E11 - 1,7 E05 -	3,1 E03 2,0 E06 2,4 E10 4,5 E09 5,8 E04 2,6 E05 -	0,14

Tab. 5/1: Fortsetzung

Emittent Geb.-Nr. Emissions- höhe	Nuklid/ Nuklid- gruppe	Zulässige Ableitungen gem. Abluftplan 1994		Bilanzierte Ableitungen 1994	Bilanzierte Ableitungen 1993	Effektivdosis am Immissions- maximum des Emittenten 1994 µSv
		Bq/Woche	Bq/a	Bq	Bq	
HDB Geb. 548 Ost und INE, Geb. 547 15 m	AAL	6,0 E04	1,2 E06	1,1 E05	2,8 E04	0,03
	ABL	1,0 E07	2,0 E08	1,6 E05	2,5 E05	
	H-3	1,0 E11	2,0 E12	3,7 E10	6,7 E10	
	I-125	1,0 E06	2,0 E07	-	-	
	I-129	1,5 E05	3,0 E06	9,9 E03	1,8 E04	
	I-131	1,0 E06	2,0 E07	-	-	
HDB Geb. 548 West 15 m	AAL	6,0 E04	1,2 E06	4,3 E03	2,2 E04	0,03
	ABL	1,0 E07	2,0 E08	9,5 E04	2,9 E05	
	H-3	1,0 E12	2,0 E13	2,0 E10	4,1 E10	
	E	-	1,0 E13	1,0 E11	-	
	I-125	1,0 E06	2,0 E07	-	-	
	I-129	1,5 E05	3,0 E06	2,6 E05	8,6 E05	
HDB LAW-Lager Geb. 553 8,5 m	AAL		1,0 E05	1,7 E03	2,8 E03	0,002
	ABL		1,0 E07	1,5 E05	3,6 E05	
	H-3		1,0 E11	4,2 E09	1,0 E10	
	I-129		5,0 E05	-	-	
HDB Geb. 555 19 m	AAL	5,0 E04	1,0 E06	4,0 E02	3,3 E02	0,04
	ABL	2,5 E07	5,0 E08	3,2 E04	8,1 E04	
	H-3	1,0 E11	2,0 E12	1,9 E11	5,7 E09	
	C-14	1,0 E09	2,0 E10	3,5 E07	-	
	I-129	1,5 E05	3,0 E06	4,8 E05	1,1 E05	
	I-131	2,5 E06	5,0 E07	-	-	
HDB Geb. 563 14 m	AAL		1,0 E06	3,7 E02	9,9 E02	< 0,001
	ABL		1,0 E07	5,7 E04	1,6 E05	
	H-3		8,0 E11	1,1 E08	-	
HIT Geb. 601/605 22 m	AAK		6,0 E08	-	-	< 0,001
	AAL		8,0 E05	1,2 E00	1,0 E03	
	ABL		3,0 E06	2,0 E04	5,1 E04	
	H-3		1,0 E08	-	5,0 E06	
PBS/FR2 Geb. 614 99 m	AAL		1,0 E06	-	6,0 E02	< 0,001
	ABL		1,0 E08	1,2 E05	1,6 E05	
	H-3		1,0 E11	9,3 E09	6,6 E09	
	I-129		1,0 E06	-	-	
HVT/HZ Geb. 702 60 m	AAL	1,0 E06	2,0 E07	1,1 E03	1,3 E03	0,002
	ABL	4,0 E08	8,0 E09	2,6 E05	1,6 E06	
	E	2,0 E12	4,0 E13	2,5 E12	2,2 E12	
	H-3	5,0 E11	1,0 E13	1,5 E11	1,8 E11	
	I-129	4,0 E05	8,0 E06	1,2 E05	2,0 E05	
	I-131	1,0 E07	2,0 E08	-	-	
HDB- Wäscherei Geb. 705 5,5 m	AAL		1,0 E06	2,3 E03	2,8 E03	< 0,001
	ABL		1,0 E08	3,9 E04	6,0 E04	

Tab. 5/1: Fortsetzung

Emittent Geb.-Nr. Emissions- höhe	Nuklid/ Nuklid- gruppe	Zulässige Ableitungen gem. Abluftplan 1994		Bilanzierte Ableitungen 1994	Bilanzierte Ableitungen 1993	Effektivdosis am Immissions- maximum des Emittenten 1994 µSv
		Bq/Woche	Bq/a	Bq	Bq	
HVT/HZ Geb. 709 60 m	AAL ABL H-3	1,5 E05 2,0 E07 5,0 E11	3,0 E06 4,0 E08 1,0 E13	2,3 E03 1,6 E05 3,1 E11	2,0 E03 3,8 E05 3,8 E11	0,006
INE Geb. 712 60 m	AAL ABL H-3 E I-125 I-126 I-129 I-131	5,0 E04 5,0 E06 5,0 E07 2,0 E06 1,0 E06 1,0 E06 5,0 E04 1,5 E06	1,0 E06 1,0 E08 1,0 E09 4,0 E07 2,0 E07 2,0 E07 1,0 E06 3,0 E07	1,2 E03 1,0 E05 1,1 E08 - - - - -	1,6 E03 2,0 E05 - - - - - -	< 0,001
ITC-PCV Geb. 721- 724/726 60 m	AAL ABL E H-3 C-14 I-129 I-131		3,0 E06 3,0 E08 8,0 E12 2,0 E11 4,0 E09 3,0 E06 5,0 E07	3,8 E03 1,6 E05 - 1,9 E08 - 1,0 E05 -	3,7 E03 3,1 E05 8,0 E09 - 4,0 E06 1,7 E05 -	< 0,001
ITC-PCV Geb. 725 10 m	AAL ABL E H-3 C-14 I-123 I-131		1,0 E05 1,0 E07 1,0 E11 4,0 E09 4,0 E08 1,0 E09 1,0 E06	5,3 E02 6,7 E04 - 1,1 E08 - - -	1,2 E03 1,5 E05 1,0 E08 - 4,0 E05 - -	< 0,001
KBG/KNK Geb. 751 99 m	AAL ABL E H-3 I-129 I-131	2,8 E05 1,4 E08 9,3 E12 2,0 E11 4,6 E05 9,3 E06	1,1 E07 5,6 E09 1,5 E14 4,0 E12 1,8 E07 3,7 E08	- 6,7 E04 4,7 E10 4,9 E10 - -	- 8,4 E04 6,4 E10 5,8 E10 - -	0,001
TU Geb. 802, 806, 807 50 m	AAK AAL ABL E C-14 I-129 I-131	1,6 E10 5,0 E04 2,0 E07 2,0 E12 1,0 E09 5,0 E04 1,0 E06	3,2 E11 1,0 E06 4,0 E08 4,0 E13 2,0 E10 1,0 E06 2,0 E07	- 1,4 E04 1,3 E05 - - - -	- 2,7 E03 2,5 E05 - - - -	< 0,001
KBG/MZFR Geb. 920c 99,5 m	AAL ABL Sr-90 H-3	5,0 E04 5,0 E07 - 5,0 E12	1,0 E06 1,0 E09 1,0 E08 1,0 E14	- - - 4,0 E12	- - 7,70 E04 5,71 E12	0,11

Tab. 5/1: Fortsetzung

Emittent Geb.-Nr. Emissions- höhe	Nuklid/ Nuklid- gruppe	Zulässige Ableitungen gem. Abluftplan 1994		Bilanzierte Ableitungen 1994 Bq	Bilanzierte Ableitungen 1993 Bq	Effektivdosis am Immissions- maximum des Emittenten 1994 μ Sv
		Bq/Woche	Bq/a			
WAK Geb. 1503/ 1532/1533 60 m		Bq/Tag				0,11
	AAL	1,85 E06	1,85 E08	4,7 E05	2,6 E05	
	ABL	1,85 E08	1,85 E10	1,3 E07	1,3 E07	
	Pu-241*	-	3,7 E09	9,4 E06	5,4 E06	
	Sr-90**	-	1,85 E09	1,4 E06	2,3 E06	
	E	1,0 E10	1,0 E12	-	-	
	H-3	1,85 E11	1,85 E13	7,7 E10	1,1 E11	
	I-129	2,4 E06	2,4 E08	4,3 E06	6,5 E06	
I-131	1,48 E07	1,48 E09	4,1 E06	4,7 E06		
HS/US Geb. 9638 10 m	H-3		4,0 E11	6,2 E07	4,7 E07	< 0,001

* Die bilanzierten Ableitungen für Pu-241 wurden aus den Ableitungen von A_{AL} errechnet

** Ableitungswerte sind in A_{BL} enthalten.

Tab. 5/1: Fortsetzung

Für die WAK wurden gemäß Auflage sowohl die zulässigen als auch die bilanzierten Pu-241- und Sr-90-Ableitungen explizit in Tab. 5/1 aufgenommen. Die Emissionswerte für Sr-90 sind im Wert für die Nuklidgruppe A_{BL} bereits enthalten. Die Pu-241-Werte wurden auf der Grundlage der gemessenen Gesamt- α -Emissionen aus dem Pu-241-Anteil im jeweiligen Kernbrennstoff errechnet. Diese Angaben sind deutlich höher als die durch radiochemische Analyse der Bilanzierungsfilter ermittelten Emissionswerte (s. Kap. 5.4.2).

In den Abbildungen 5/3a bis 5/3f werden die monatlichen radioaktiven Ableitungen mit der Fortluft im Jahr 1994 graphisch dargestellt. Es wird - aufgeschlüsselt nach Nuklidgruppen - unterschieden zwischen den verschiedenen Genehmigungsinhabern KBG, WAK, TU und Forschungszentrum Karlsruhe GmbH. KBG umfaßt die beiden Emittenten KNK und MZFR. Für die Einrichtungen des Forschungszentrums Karlsruhe GmbH sind die Ableitungen getrennt nach der HDB als Emissionsschwerpunkt und den sog. "übrigen" Emittenten dargestellt. Die Ableitungen des Geb. 415b (TÜV Südwest) werden hier der Gruppe der "Übrigen" zugerechnet.

Graphisch dargestellt wurden die Ableitungen der radioaktive Aerosole, und zwar getrennt nach Aerosolen mit Alpha- und mit Betaaktivität, der radioaktiven Edelgase und kurzlebigen Aktivierungsgase sowie der Einzelnuklide I-129, I-131 und Tritium. Auf eine entsprechende Graphik für C-14 wurde verzichtet, da 1994 bilanzierte Ableitungen dieses Nuklides nur bei Emittenten der HDB auftraten.

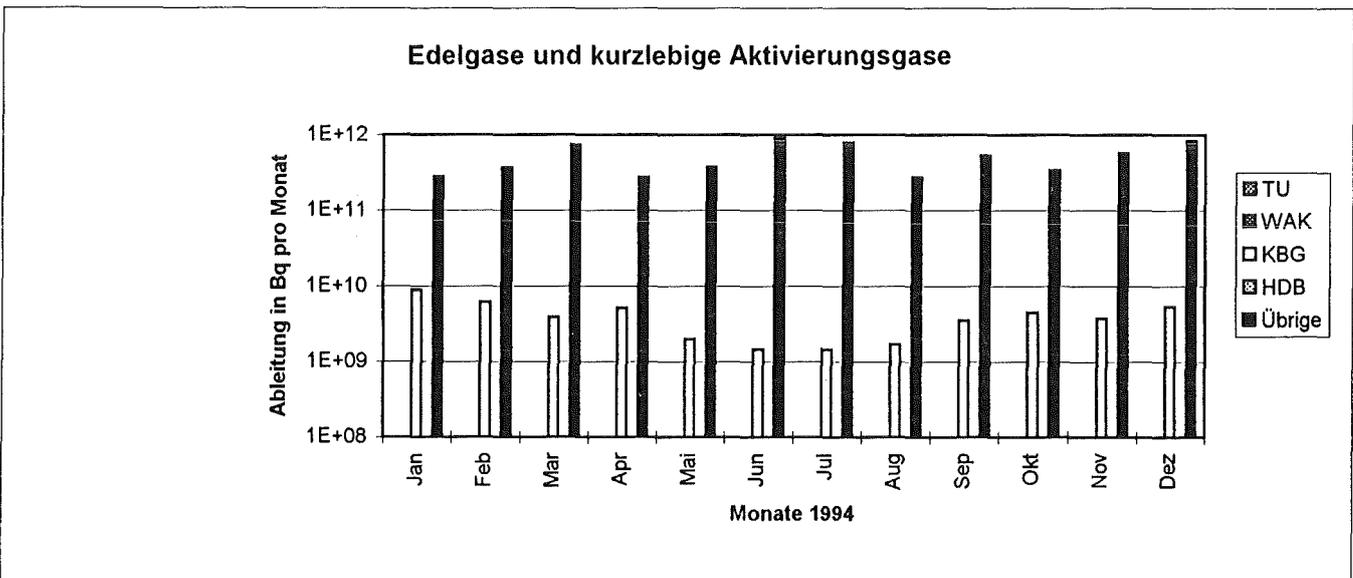
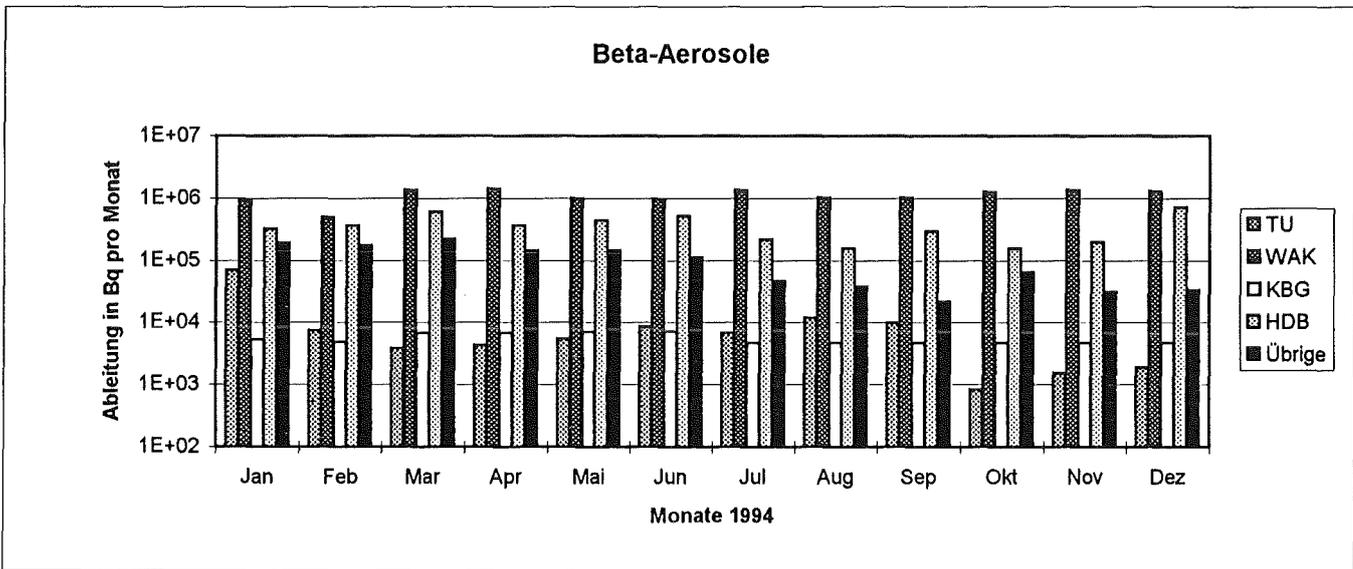
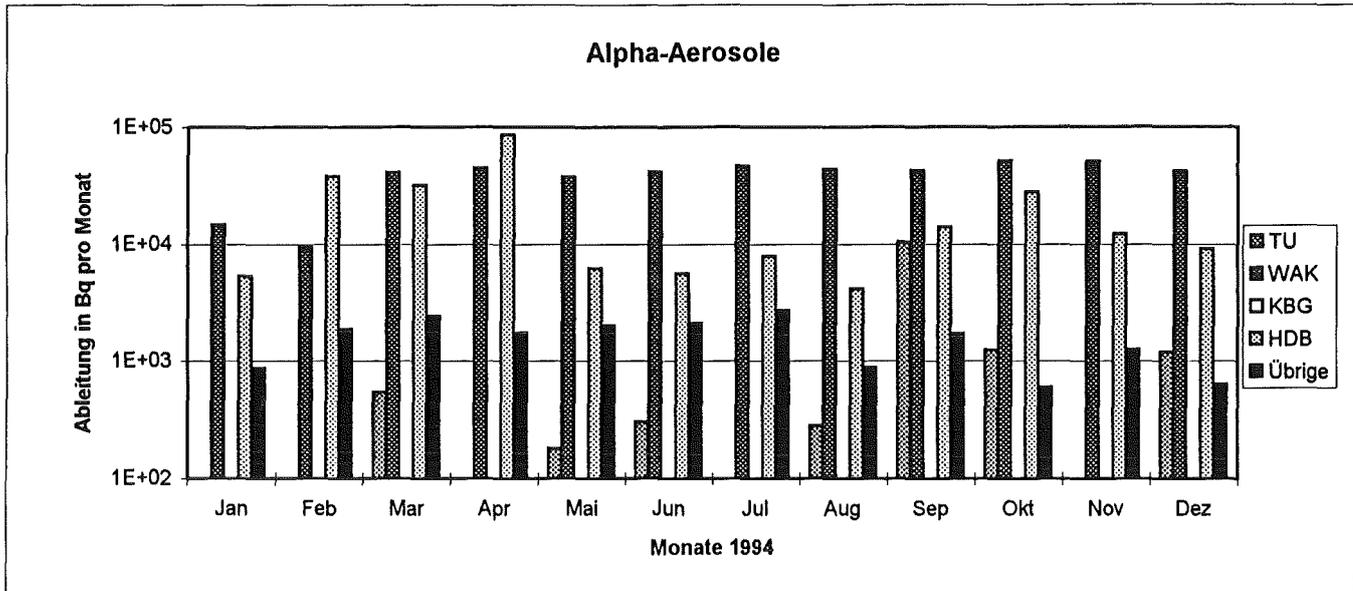


Abb. 5/3a - c: Monatliche radioaktive Ableitungen mit der Fortluft am Standort Forschungszentrum Karlsruhe im Jahr 1994 für WAK, TU, KBG mit KNK und MZFR, HDB und den "übrigen Emittenten"

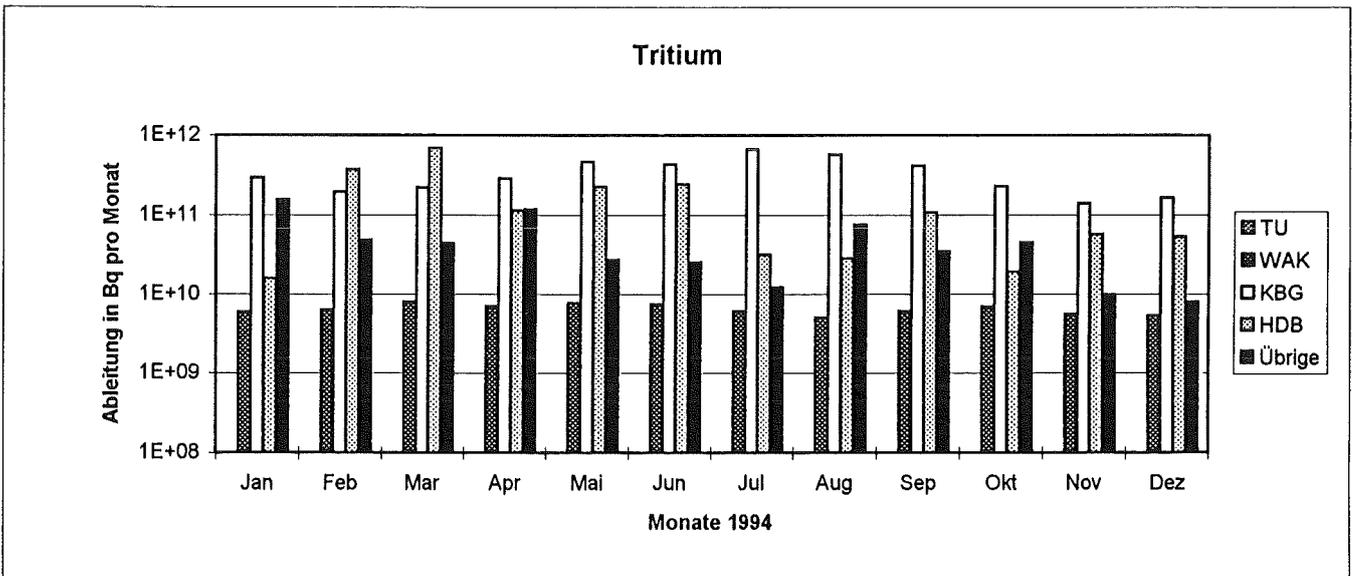
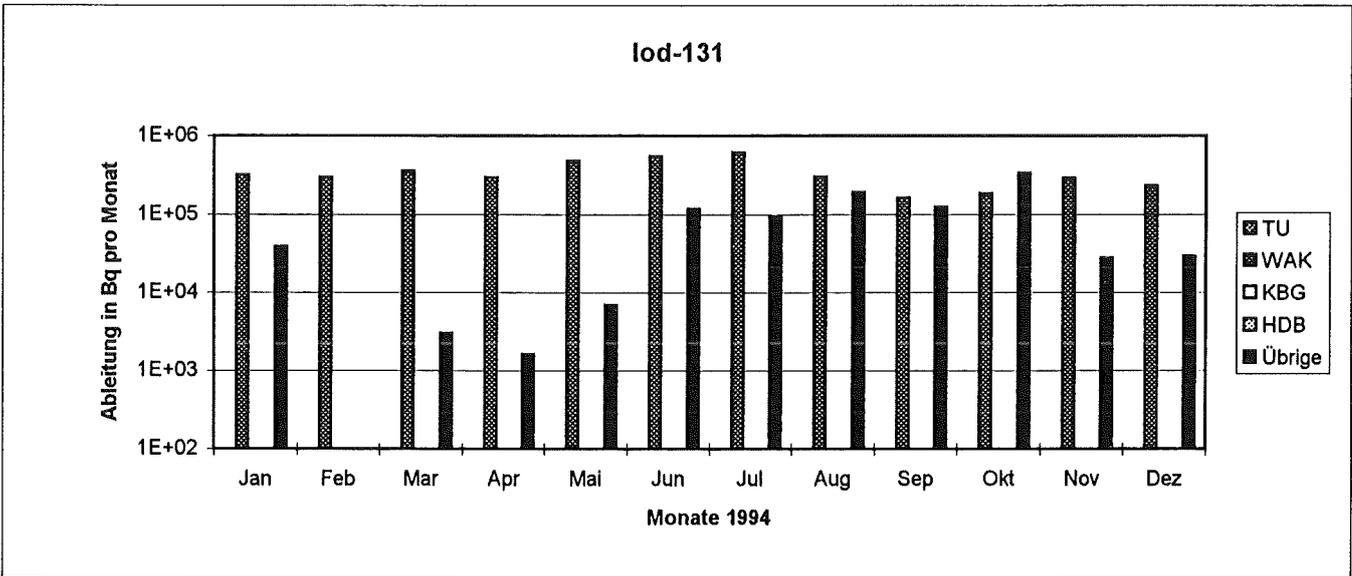
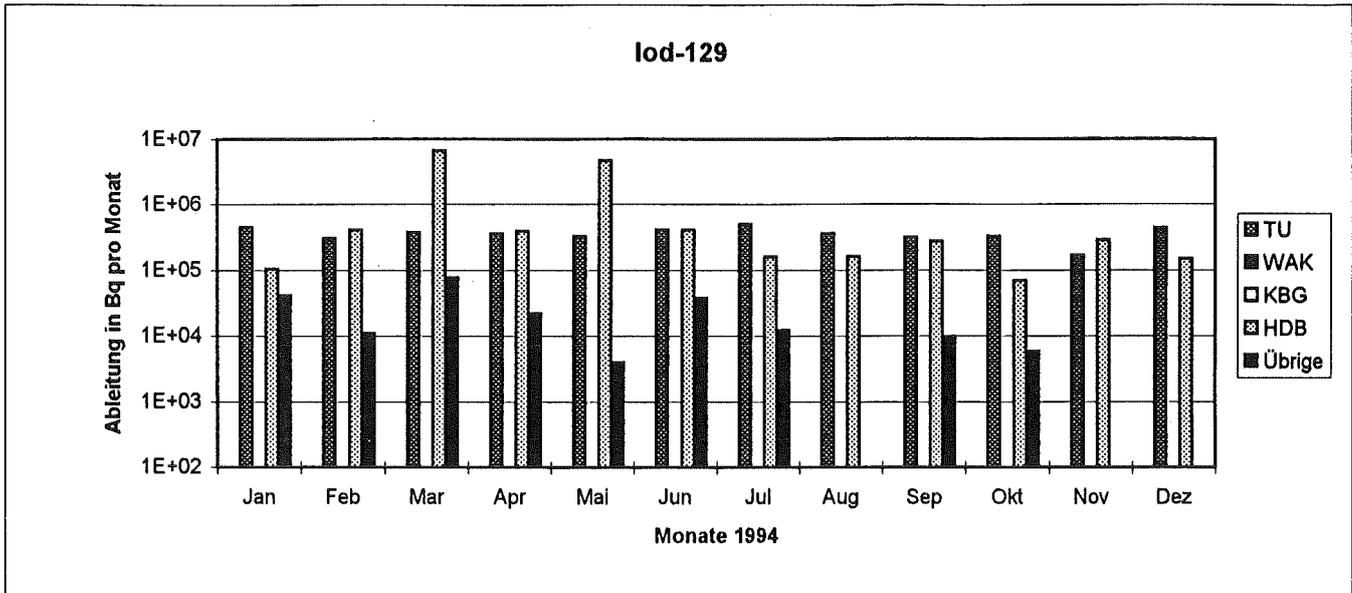


Abb. 5/3d -f: Fortsetzung

5.1.2 Ableitung nichtradioaktiver Stoffe mit der Fortluft 1994

B. Messerschmidt, A. Wicke

Das Forschungszentrum Karlsruhe GmbH ist Genehmigungsinhaber für den Betrieb von mehreren Verbrennungsanlagen mit unterschiedlicher Aufgabenstellung:

- Die Verbrennungsanlagen für feste und flüssige radioaktive Abfälle. Die Anlagen werden von der Hauptabteilung Dekontaminationsbetriebe betrieben.
- Die Testanlage zur Müllverbrennung, Abgasreinigung, Rückstandsverwertung und Abwasserbehandlung (TAMARA). Die Verbrennungsanlage hat eine maximale Leistung von 300 kg/h. Die TAMARA wird vom Institut für Technische Chemie, Bereich Thermische Abfallbehandlung (ITC-TAB), betrieben.
- Das Heizwerk des Forschungszentrums Karlsruhe, bestehend aus vier Einzelkesselanlagen (Fernheizwerk) und einem Blockheizkraftwerk (Gasturbinenanlage mit Abhitzekeessel). Die gesamte installierte Feuerungswärmeleistung beträgt etwa 100 MW. Das Heizwerk wird von der Hauptabteilung Betriebstechnik betrieben.

Für alle drei Anlagen wurden die nach dem Bundes-Immissionsschutzgesetz erforderlichen Genehmigungen erteilt. Die Genehmigungsbescheide enthalten Auflagen zur Überwachung der Emissionen. Die Informationen und die Emissionsdaten für die folgenden Tabellen wurden von den Betreibern zur Verfügung gestellt.

5.1.2.1 Verbrennungsanlagen der Hauptabteilung Dekontaminationsbetriebe

Für alle drei Verbrennungssysteme der Hauptabteilung Dekontaminationsbetriebe, zwei Feststoff- und ein Lösemittelverbrennungssystem, besteht die behördliche Auflage zur kontinuierlichen Messung folgender mit dem Abgas emittierter Schadstoffe: Staub, Gesamtkohlenstoff, HCl, SO₂ und CO. Das Regierungspräsidium Karlsruhe hat Mitte 1992 dem Antrag, die beiden Feststoffverbrennungssysteme als Anlagen zur Verbrennung von hausmüllähnlichem Gewerbeabfall einzustufen, stattgegeben und damit für beide Anlagen einen Sauerstoffbezugswert von 17 Vol% festgelegt, bezogen auf trockenes Rauchgas.

Die eingesetzten Meßgeräte sind als eignungsgeprüft nach den Richtlinien des Bundesministers für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (GMBI. 1990, Nr. 12, S. 226) zugelassen. Der Einsatz des neuen Staubmeßgerätes hat sich bewährt. Für Meßgeräte und die Meßanordnung wurde vom TÜV Südwest als "amtlicher Meßstelle" eine Funktionsprüfung und eine Kalibrierung durchgeführt. Für jeden Schadstoff wird täglich ein Protokoll erstellt, in dem die Häufigkeitsverteilung der Halbstunden- und Tagesmittelwerte für Konzentration und Massenstrom sowie Angaben über Betriebszeiten und Anlagenzustände enthalten sind. Tab. 5/2 gibt einen Überblick über die maximal zulässigen Schadstoffkonzentrationen und die Gesamtableitungen im Jahr 1994.

Die CO-Emission wurde durch gezielte Sauerstoffeinspeisung in den Verbrennungsprozeß und durch Verbesserung in der Verfahrenstechnik weiter reduziert. Die Messung des Schadstoffes NO ist bisher nur bei der Emissionsüberwachungseinrichtung der "Feststoffsysteme" möglich. Die andere Meßeinrichtung (Lösemittelverbrennung) wird entsprechend nachgerüstet. Die Emissionsfrachten erreichten für die Schadstoffe HCl, SO₂, Gesamt-C, NO und Staub ähnlich niedrige Werte wie im Jahr 1993.

Schadstoff	Konzentrationsgrenzwert in mg/Nm ³	Emissionsfracht in Mg	
		Feststoffsysteme	Lösemittelsysteme
HCl	100	0,037	0,069
SO ₂	100	0,023	0,087
CO	100	0,433	0,276
Staub	5	0,006	0,007
Gesamt-C	20	0,063	0,036
NO	-	0,830	-

Tab. 5/2: Emissionsdaten 1994 für die Verbrennungsanlagen der HDB

5.1.2.2 Versuchsanlage TAMARA

Für TAMARA besteht die Auflage zum Nachweis folgender mit dem Abgas emittierten Schadstoffe: Feststoffanteil, der als Staub enthalten ist, und Schadgasanteile von HF, HCl, SO₂ und CO. Die Massenkonzentrationen der genannten Stoffe sind auf das Abgasvolumen im Normzustand nach Abzug des Feuchtegehalts zu beziehen. Neben diesen gemessenen Emissionswerten und den gemessenen prozentualen Sauerstoffgehalten des Abgases sind die rechnerisch auf einen Sauerstoffgehalt von 17 Vol.-% normierten Schadstoffkonzentrationen anzugeben. In der Tab. 5/3 sind die Konzentrationen im Abgas als Mittelwerte über jeweils zusammenhängende Betriebsphasen angegeben. Beginn und Ende jeder Betriebsphase sind aufgeführt. Die genehmigten Werte können der letzten Zeile der Tabelle entnommen werden. Die maximal zulässigen Emissionswerte wurden eingehalten.

Emissionsintervalle 1994	O ₂ Vol.-%	Gemessene Schadstoffkonzentrationen									
		bei unterschiedlichen O ₂ -Gehalten in mg/Nm ³ trocken					normiert auf einen O ₂ -Gehalt von 17 Vol.-% in mg/Nm ³ trocken				
		HF	HCl	SO ₂	CO	Staub	HF	HCl	SO ₂	CO	Staub
11.04.-17.04.	12,4	< 0,2	< 2	7	< 10	0,75	< 0,2	< 2	3	< 10	0,35
18.04.-21.04.	12,6	0,2	< 2	7	< 10	0,82	< 0,2	< 2	3	< 10	0,38
25.04.-26.04.	15,5	0,4	< 2	< 3	80	-	0,3	< 2	< 3	58	-
06.06.-08.06.	11,3	0,4	4	13	11	1,80	0,2	2	5	< 10	0,74
13.06.-17.06.	12,1	< 0,2	< 2	17	< 10	0,73	< 0,2	< 2	8	< 10	0,33
20.06.-24.06.	12,9	0,6	< 2	6	< 10	0,75	0,3	< 2	3	< 10	0,37
12.09.-15.09.	11,8	< 0,2	< 2	9	< 10	1,10	< 0,2	< 2	4	< 10	0,46
19.09.-23.09.	11,1	< 0,2	< 2	9	< 10	0,86	< 0,2	< 2	4	< 10	0,35
26.09.-30.09.	11,8	< 0,2	< 2	8	< 10	1,00	< 0,2	< 2	3	< 10	0,43
21.11.-25.11.	10,6	< 0,2	< 2	8	< 10	0,33	< 0,2	< 2	3	< 10	0,12
28.11.-01.12.	11,1	0,2	< 2	8	11	0,44	< 0,2	< 2	3	< 10	0,17
Genehmigungswerte:							2	50	200	100	50

Tab. 5/3: Schadstoffkonzentrationen im Abgas der TAMARA 1994

5.1.2.3 Fernheizwerk und Blockheizkraftwerk

Das Fernheizwerk wurde 1994 während 7 532 h mit Erdgas betrieben. Aufgrund des Abschaltvertrages zur Erdgaslieferung wurde in der Summation der Betriebszeiten der einzelnen Kessel 91 h mit Heizöl "EL" gefahren. Das Blockheizkraftwerk war insgesamt 1 298 h in Betrieb, davon 88 h mit Heizöl "EL". Mit Beginn des Jahres wurden die behördlich festgelegten Emissionsdaten für NO_x und CO vom Fernheizwerk und vom Blockheizkraftwerk über ein elektronisches Meß- und Auswertesystem TALAS meßtechnisch erfaßt und ausgewertet. Alle meßtechnisch erfaßten Emissionswerte sind in nachstehender Tabelle enthalten.

Schadstoff	Blockheizkraftwerk Jahresemission in Mg	Fernheizwerk Jahresemission in Mg
NO _x	11,1	13,2
CO	0,44	0,85

Tab. 5/4: Emissionsdaten 1994

5.1.3 Strahlenexposition in der Umgebung durch die mit der Fortluft abgeleiteten radioaktiven Stoffe 1994

A. Wicke, D. Papadopoulos

5.1.3.1 Berechnungsgrundlagen

Die Dosisberechnung erfolgte auf der Grundlage der monatlich bilanzierten Ableitungswerte der im Jahr 1994 zu berücksichtigenden Emittenten (s. Tab. 5/1). Dabei wurden die Körperdosen gemäß der "Allgemeinen Verwaltungsvorschrift zu § 45 der Strahlenschutzverordnung: Ermittlung der Strahlenexposition durch die Ableitung radioaktiver Stoffe aus kerntechnischen Anlagen oder Einrichtungen" (AVV), Bundesanzeiger 64a, 42 (1990) berechnet. Mit Körperdosen sind im folgenden stets die über 50 Jahre integrierten Folgeäquivalentdosen gemeint.

Insbesondere wurde geprüft, ob die errechnete maximal mögliche Individualdosis für die jeweils ungünstigste Einwirkungsstelle in der Umgebung des Standortes unter Berücksichtigung sämtlicher relevanter Expositionspfade im Einklang mit den in § 45 der Strahlenschutzverordnung festgelegten Grenzwerten der Körperdosen steht. Die Berechnung nach der AVV ist im Gesamtergebnis konservativ. Sie geht u. a. von der Annahme besonderer Verzehrsgewohnheiten einer Referenzperson aus. Dabei wird angenommen, daß sich diese Person ausschließlich von Nahrungsmitteln ernährt, deren landwirtschaftliche Ausgangsprodukte am Ort der höchsten Kontamination erzeugt wurden. Außerdem wurde von einer Akkumulation der Nuklide im Boden von 50 Jahren ausgegangen. Bei der Berechnung blieb außer Betracht, ob an den ungünstigsten Einwirkungsstellen tatsächlich die Möglichkeit eines ständigen Aufenthalts gegeben war und ob die betrachteten Nahrungsmittel tatsächlich dort erzeugt wurden.

Die zur Berechnung der Teilkörperdosen und der Effektivdosis durch Inhalation, Ingestion und externer Bestrahlung benötigten Dosisfaktoren wurden dem Bundesanzeiger 185a vom September 1989 entnommen. Um die Auswahl relevanter Klassen für die Lungenretention und Löslichkeit bei Ingestion radioaktiver Aerosole zu ermöglichen, wurden für die verschiedenen Emittenten die bei den Aerosolableitun-

gen jeweils dominierenden oder typischen chemischen Formen zugrundegelegt oder, falls unbekannt, jeweils konservative Annahmen gemacht. Bei der Berechnung der Dosiswerte wurden die Tochternuklide grundsätzlich mitberücksichtigt.

Die Anwendung der Allgemeinen Verwaltungsvorschrift wird im folgenden spezifiziert, und die benutzten Rechenprogramme werden kurz charakterisiert.

5.1.3.2 Meteorologische Daten

Die für die Ausbreitungsrechnung benötigten meteorologischen Daten werden am 200 m hohen Meßturm auf dem Betriebsgelände des Forschungszentrums Karlsruhe gemessen. Windrichtung, Windgeschwindigkeit und Ausbreitungskategorie werden halbstündlich gemittelt. Ihre Häufigkeitsverteilungen werden in der Ausbreitungsstatistik zusammengefaßt. Die Windrose wird in zwölf 30°-Sektoren eingeteilt. Den Ausbreitungsrechnungen werden die Windgeschwindigkeit und -richtung in 60 m Höhe zugrundegelegt. Für andere Emissionshöhen als die Bezugshöhe von 60 m wird die Windgeschwindigkeit aus dem Windgeschwindigkeitsprofil berechnet. Dazu werden die Exponenten des vertikalen Windgeschwindigkeitsprofils aus der AVV übernommen.

Die doppelte Gebäudehöhe der Forschungsinstitute beträgt im Mittel ca. 30 m. Unterhalb einer Emissionshöhe von 30 m wird deshalb der Gebäudeeinfluß berücksichtigt indem bei halbiertem Emissionshöhe gemäß Abschn. 4.6.2 der AVV eine Korrektur der Ausbreitungsparameter erfolgt. Oberhalb von 30 m werden die Kaminhöhen als effektive Emissionshöhen betrachtet. Die horizontalen und vertikalen Ausbreitungsparameter σ_y und σ_z werden entsprechend Anhang 7 der Allgemeinen Verwaltungsvorschrift aus den dort angegebenen Ausbreitungskoeffizienten ermittelt.

5.1.3.3 Ausbreitung und Ablagerung

Bei der Ausbreitungsberechnung wird - abweichend von der AVV - eine azimutale Gleichverteilung nicht der Aktivitätskonzentration, sondern der Windrichtungshäufigkeit innerhalb eines Sektors angenommen. Das ist sachlich richtiger und vermeidet Sprünge an den Sektorgrenzen.

Bei der Ermittlung der Ablagerung radioaktiver Stoffe durch Trockendeposition werden die in der AVV angegebenen Depositionsgeschwindigkeiten für elementares Iod und Aerosole berücksichtigt. Bei der Berechnung der Ablagerung durch Niederschlag kommt das standortspezifische Verfahren gemäß Abschn. 4.2.2.1 der AVV zur Anwendung, wobei der Washoutkoeffizient für jede Niederschlagsintensitätsstufe als proportional zur jeweiligen Niederschlagsintensität angenommen wird. Der Proportionalitätsfaktor c wird aus Tab. 3 Anhang 7 der AVV entnommen. Sowohl bei der Trockendeposition als auch bei der Ablagerung durch Niederschlag bleiben Effekte durch Abreicherung in der Abluftfahne unberücksichtigt. Die Berechnung der Ausbreitungs- und Washoutfaktoren erfolgt auf der Grundlage der monatlichen Ableitungswerte und der monatlichen meteorologischen Statistik. Bei der Ingestion wird die auf der Pflanze abgelagerte Aktivität nur im Sommerhalbjahr berücksichtigt.

5.1.3.4 Rechenprogramme

Die Dosisbeiträge durch β -Submersion, Inhalation, Ingestion und Gammabodenstrahlung sind im wesentlichen proportional zur Aktivitätskonzentration in der bodennahen Luft in der Nähe des betrachteten Aufpunktes. Das Berechnungsverfahren für diese Expositionspfade ist daher prinzipiell gleich. Das FORTRAN-Programm ISOLA leistet in Verbindung mit dem FORTRAN-Programm EFFDOS die erforderlichen Rechenoperationen, indem die Dosisbeiträge der Einzelemittenten überlagert und für alle Expositionspfade und Organe ermittelt werden. Wegen der geringen Schwächung der Gamma-Strahlung in Luft kann bei der Berechnung der γ -Submersiondosis nicht so vorgegangen werden. Hier muß man für jeden Aufpunkt die Gammadosis als Summe der Dosisbeiträge der im Raum verteilten Gamma-Aktivität berechnet werden. Für diesen Zweck wird das FORTRAN-Programm WOLGA angewandt. Es gibt die Gammadosis für einen beliebigen Aufpunkt in der Umgebung eines oder mehrerer Emittenten als Summe der Dosisbeiträge der Aktivität im Raum an. Diese Berechnung wird unter Berücksichtigung der Gamma-Energien der dosisrelevanten Radionuklide durchgeführt.

5.1.3.5 Einteilung der radioaktiven Emissionen in Nuklidgruppen und Einzelnuklide

Zur Dosisberechnung ist es erforderlich, für die in Kap. 5.1 angegebenen Nuklidgruppen Leitnuklide oder charakteristische Nuklidgemische festzulegen. Die erforderlichen anlagenspezifischen Festlegungen wurden 1994 unter Berücksichtigung der Ergebnisse einer Umfrage unter den Anlagebetreibern und Institutionen des Forschungszentrums Karlsruhe aktualisiert.

- Nuklidgruppe A_{AK} : Aerosole mit kurzlebiger α -Aktivität (Halbwertszeit kleiner als 8 Tage)

Die Abgabe kurzlebiger Rn-220-Folgeprodukte durch das HIT und das TU wurde durch das Leitnuklid Pb-212 berücksichtigt. Die chemische Form der Aerosolaktivität ist unbekannt. Für die Lungenretentionsklasse und für die Löslichkeit wurden daher konservative Annahmen getroffen.

- Nuklidgruppe A_{AL} : Aerosole mit langlebiger α -Aktivität (Halbwertszeit größer als 8 Tage)

Die Analysen von Filtern zeigten, daß bei der Mehrzahl der Institute Pu-239 als Leitnuklid gelten kann. Ausnahmen bilden folgende Institute, bei denen aufgrund des Umgangs mit radioaktiven Stoffen andere Leitnuklide in Frage kommen:

HIT:	U-nat
PBS/FR2:	U-nat
IRCh, Geb. 341:	Pu-238

Für HDB wurde ein konservatives Aktivitätsgemisch aus Pu-238 (46 %), Pu-239 (7 %), Pu-240 (10%) und Am-241 (37 %) angenommen. Die relativen Anteile wurden nach KORIGEN für den Umgang mit kernbrennstoffhaltigen Reststoffen mit einem mittleren Abbrand von 30 000 MWd/t und einer Kühlzeit von drei Jahren berechnet. Die Ableitung erfolgte in nitroser Form. Lediglich bei der Verbrennungsanlage der HDB (Geb. 536) und der Wäscherei (Geb. 705) werden Oxide bzw. Hydroxide abgeleitet. Bei der Festlegung des Nuklidspektrums für die WAK wurde das Nuklidspektrum des HAWC (high active waste concentrate) und das EIS-Spektrum (erweiterte Inventurspülung) mit 0,4 bzw. 0,6 gewichtet.

- Nuklidgruppe A_{BK} : Aerosole mit kurzlebiger β -Aktivität (Halbwertszeit kleiner als 8 Tage)

Für die Ableitung kurzlebiger β -Aktivität wurden folgende Leitnuklide angenommen:

HZY-KIZ:	Cl-38
HZY-KAZ und-Boxenabluft:	Rb-81
ITC-TAB Geb. 403:	Mn-56

- Nuklidgruppe A_{BL} : Aerosole mit langlebiger β -Aktivität (Halbwertszeit größer als 8 Tage)

Bei der Ableitung langlebiger β -aktiver Aerosole wurden bei der Mehrzahl der Emittenten Spaltproduktgemische berücksichtigt. Bei wenigen Instituten beschränkt sich der Umgang bzw. die Produktion auf spezifische β -Strahler:

IGEN:	S-35
HZY-KIZ:	Be-7
HZY-KAZ und-Boxenabluft:	Tl-201
ITC-TAB Geb. 403:	Fe-59

Bei Einrichtungen, die mit Kernbrennstoffen umgehen, wurde die Zusammensetzung des β -aktiven Spaltproduktgemisches nach KORIGEN unter Annahme eines mittleren Abbrandes von 30 000 MWd/t und einer Kühlzeit von drei Jahren errechnet. Bei diesen Emittenten wurden 10 % der Ableitung der Gruppe A_{BL} als Sr-90 berücksichtigt. Außerdem wurde angenommen, daß beim IRCh, Geb. 321a, beim ITC-PCV, Geb. 721/725 und bei TU 10 % der Emission der Gruppe A_{BL} als Pu-241 abgeleitet wird. Bei der WAK wird ein Nuklidspektrum zugrundegelegt, das sich aus dem Nuklidspektrum des HAWC und dem sog. EIS-Spektrum zusammensetzt (siehe Nuklidgruppe A_{AL}). Dabei werden Sr-90 und Pu-241 separat berücksichtigt. Bei den Anlagen der HDB wurde - mit Ausnahme von Geb. 536 (Verbrennungsanlage) und Geb. 545 (LAW-Destillation)- bei der Ableitung die durch Messungen belegte mittlere Zusammensetzung des MAW-Destillats als charakteristisch angenommen (als Nitrat). Bei der Verbrennungsanlage wurden für die Festlegung des Nuklidgemisches die Deklarationsscheine für die zu verarbeitenden Reststoffe zugrundegelegt. Die Verbrennungsprodukte wurden als Oxid emittiert. Für Geb. 545 wurde die Nuklidzusammensetzung entsprechend wiederholter Analysen des LAW-Destillats festgelegt. Abweichend von den übrigen Anlagen der HDB ist hier der Anteil von β -Strahlern, die nicht aus dem Kernbrennstoffzyklus stammen, wie z. B. P-32, S-35 und Ca-45, mit 66 % relativ hoch. Die Ableitung der Aerosole erfolgte in nitroser Form.

- Nuklidgruppe E/ G_K : Radioaktive Edelgase und kurzlebige Aktivierungsgase

Das Leitnuklid ist grundsätzlich Kr-85. Lediglich beim INR wurden die Emissionen radioaktiver Edelgase als Ar-41 berücksichtigt. Bei HZY-KAZ und HZY-KIZ wurde das kurzlebige Aktivierungsgas N-13 als Leitnuklid angenommen.

- Nuklidgruppe I: Radioaktive Iodisotope

Die Dosisberechnung wird mit allen bilanzierten Iodisotopen durchgeführt. Dabei wird konservativerweise die Ableitung in elementarer Form angenommen.

- Tritium

Grundsätzlich wird angenommen, daß Tritium als tritiiertes Wasser bzw. Wasserdampf (HTO) abgeleitet wird. Wird H-3 in Form von HT emittiert, wird in der Regel konservativerweise ebenfalls eine Ableitung in vollständig oxidiertem Form angenommen.

- C-14

Es wird eine Ableitung in Form von $^{14}\text{CO}_2$ zugrundegelegt.

5.1.3.6 Ergebnisse der Dosisberechnung

Unter den oben beschriebenen Randbedingungen wurden die Teilkörper- und Effektivdosen für Kleinkinder und Erwachsene in der Umgebung berechnet. Für die ungünstigsten Einwirkungsstellen außerhalb des Betriebsgeländes ergeben sich – aufgeschlüsselt nach den Expositionspfaden – 1994 die in Tab. 5/5 aufgeführten maximalen Beiträge zur effektiven Dosis. Die maximal zu erwartende Schilddrüsendosis eines Kleinkindes berechnet sich zu rund 4,1 µSv, die eines Erwachsenen zu rund 4,0 µSv.

Expositionspfad	Kleinkinder	Erwachsene
Inhalation	0,03 µSv	0,04 µSv
Ingestion	0,53 µSv	0,39 µSv
Gammasubmersion	0,43 µSv	0,36 µSv
Gammabodenstrahlung	0,03 µSv	0,02 µSv
Summe über alle Expositionspfade, rund	1,0 µSv	0,8 µSv

Tab. 5/5: Maximale Strahlenexposition 1994 in der Umgebung des Forschungszentrums Karlsruhe

Die Einzelergebnisse für die betrachteten Expositionspfade – aufgeschlüsselt nach den in Tab. X2 der Strahlenschutzverordnung aufgeführten Organen und Geweben – sind für die umliegenden Ortschaften in Tab. 5/6 zusammengestellt. Die regionale Verteilung der Effektivdosen in der Umgebung des Forschungszentrums für Erwachsene als Summe der Dosisbeiträge aller Expositionspfade ist in Abb. 5/4 graphisch in Form von Isodosislinien dargestellt. Insgesamt zeigen die Berechnungsergebnisse, daß die Dosisgrenzwerte des §45 der Strahlenschutzverordnung im Jahr 1994 deutlich unterschritten wurden.

Obwohl diese Dosisberechnung bereits die Emissionen der WAK mitberücksichtigt, wird gemäß behördlicher Auflage eine gesonderte Berechnung der Strahlenexposition der Umgebung des Forschungszentrums Karlsruhe durch die mit der Abluft der WAK abgeleitete Aktivität durchgeführt. Im unteren Teil der Tab. 5/6 sind die so errechneten Teilkörper- und Effektivdosen an der jeweils ungünstigsten Einwirkungsstelle außerhalb des Betriebsgeländes des Forschungszentrums Karlsruhe aufgeführt.

Für 1994 ergibt sich eine mittlere Effektivdosis der Bevölkerung (Erwachsene) im Umkreis von 3 km bzw. 20 km um das Forschungszentrum Karlsruhe von 0,04 µSv bzw. 0,01 µSv. Der Berechnung wurde die folgende Beziehung zugrundegelegt, in der p_i die Einwohnerzahl und H_i die errechnete Effektivdosis am Ort i bedeutet:

$$H = \Sigma p_i \cdot H_i / \Sigma p_i$$

Ort	Max. Körper-Folgedosen in μSv für Erwachsene aufgrund der Emissionen 1994 durch Ingestion						
	Keimdrüsen	Brust	rotes Knochenmark	Lunge	Schilddrüse	Knochenoberfläche	Beitrag zur effektiven Dosis
Graben	0,01	0,01	0,01	0,01	0,19	0,02	0,02
Neudorf	0,01	0,01	0,01	0,01	0,13	0,02	0,01
Friedrichstal	0,02	0,02	0,02	0,02	0,26	0,03	0,03
Spöck	0,01	0,01	0,01	0,01	0,14	0,02	0,01
Neuthard	0,01	0,01	0,01	0,01	0,15	0,02	0,02
Karlsdorf	0,01	0,01	0,01	0,01	0,10	0,01	0,01
Staffort	0,01	0,01	0,01	0,01	0,11	0,01	0,01
Blankenloch	0,01	0,01	0,01	0,01	0,14	0,01	0,01
Hagsfeld	0,01	0,01	0,01	0,01	0,08	0,01	0,01
Karlsruhe (Marktplatz)	-	-	-	-	0,07	0,01	0,01
Neureut	0,01	0,01	0,01	0,01	0,15	0,01	0,01
Eggenstein	0,02	0,02	0,02	0,02	0,36	0,03	0,03
Leopoldshafen	0,03	0,03	0,03	0,03	0,53	0,05	0,04
Linkenheim	0,02	0,02	0,02	0,02	0,31	0,03	0,03
Hochstetten	0,01	0,01	0,01	0,01	0,22	0,02	0,02
Liedolsheim	0,01	0,01	0,01	0,01	0,12	0,01	0,01
Rußheim	0,01	0,01	0,01	0,01	0,08	0,01	0,01
Leimersheim	0,01	0,01	0,01	0,01	0,12	0,01	0,01
ungünstigste Einwirkungsstelle (x/y-Koordinaten in m, bezogen auf den FR2-Kamin)	0,29 (200/750)	0,29 (200/750)	0,30 (200/750)	0,29 (200/750)	3,61 (-565/0)	0,40 (200/750)	0,39 (200/750)
ungünstigste Einwirkungsstelle für WAK allein (x/y-Koordinaten in m, bezogen auf den FR2-Kamin)	0,02 (420/1480)	0,01 (420/1480)	0,04 (420/1480)	0,01 (420/1480)	1,79 (420/1480)	0,23 (420/1480)	0,08 (420/1480)

Tab.5/6: Ergebnisse der Dosisberechnung für verschiedene Orte in der näheren Umgebung des Forschungszentrums Karlsruhe
(Das Zeichen "-" bedeutet, daß die errechneten Dosiswerte unter $0,005 \mu\text{Sv}$ liegen.)

Ort	Maximale Beiträge zur effektiven Folgedosis in μSv für Erwachsene aufgrund der Emissionen 1994				
	durch Inhalation	durch Gammabodenstrahlung	durch Gamma-submersion	Hautdosis durch Betasubmersion*	durch alle Expositionspfade
Graben	-	-	-	0,01	0,02
Neudorf	-	-	-	0,01	0,02
Friedrichstal	-	-	-	0,02	0,01
Spöck	-	-	-	0,01	0,01
Neuthard	-	-	-	0,01	0,02
Karlsdorf	-	-	-	0,01	0,01
Staffort	-	-	-	0,01	0,01
Blankenloch	-	-	-	0,01	0,02
Hagsfeld	-	-	-	-	0,01
Karlsruhe (Marktplatz)	-	-	-	-	0,01
Neureut	-	-	-	0,01	0,01
Eggenstein	-	-	0,01	0,03	0,04
Leopoldshafen	0,01	-	0,01	0,04	0,05
Linkenheim	-	-	-	0,02	0,03
Hochstetten	-	-	-	0,01	0,03
Liedolsheim	-	-	-	0,01	0,01
Rußheim	-	-	-	-	0,01
Leimersheim	-	-	-	0,01	0,01
ungünstigste Einwirkungsstelle (x/y-Koordinaten in m, bezogen auf den FR2-Kamin)	0,04 (200/750)	0,02 (420/1480)	0,36 (-640/-370)	1,14 (-641/-370)	0,81**
ungünstigste Einwirkungsstelle für WAK allein (x/y-Koordinaten in m, bezogen auf den FR2-Kamin)	0,01 (420/1480)	0,01 (420/1480)	-	-	0,11**

* gemäß Anlage X StrlSchV kein Beitrag zur effektiven Dosis.

** Summe der Dosisbeiträge aller Expositionspfade für die jeweils ungünstigste Einwirkungsstelle.

Tab. 5/6: Fortsetzung
(Das Zeichen "-" bedeutet, daß die errechneten Dosiswerte unter $0,005 \mu\text{Sv}$ liegen.)

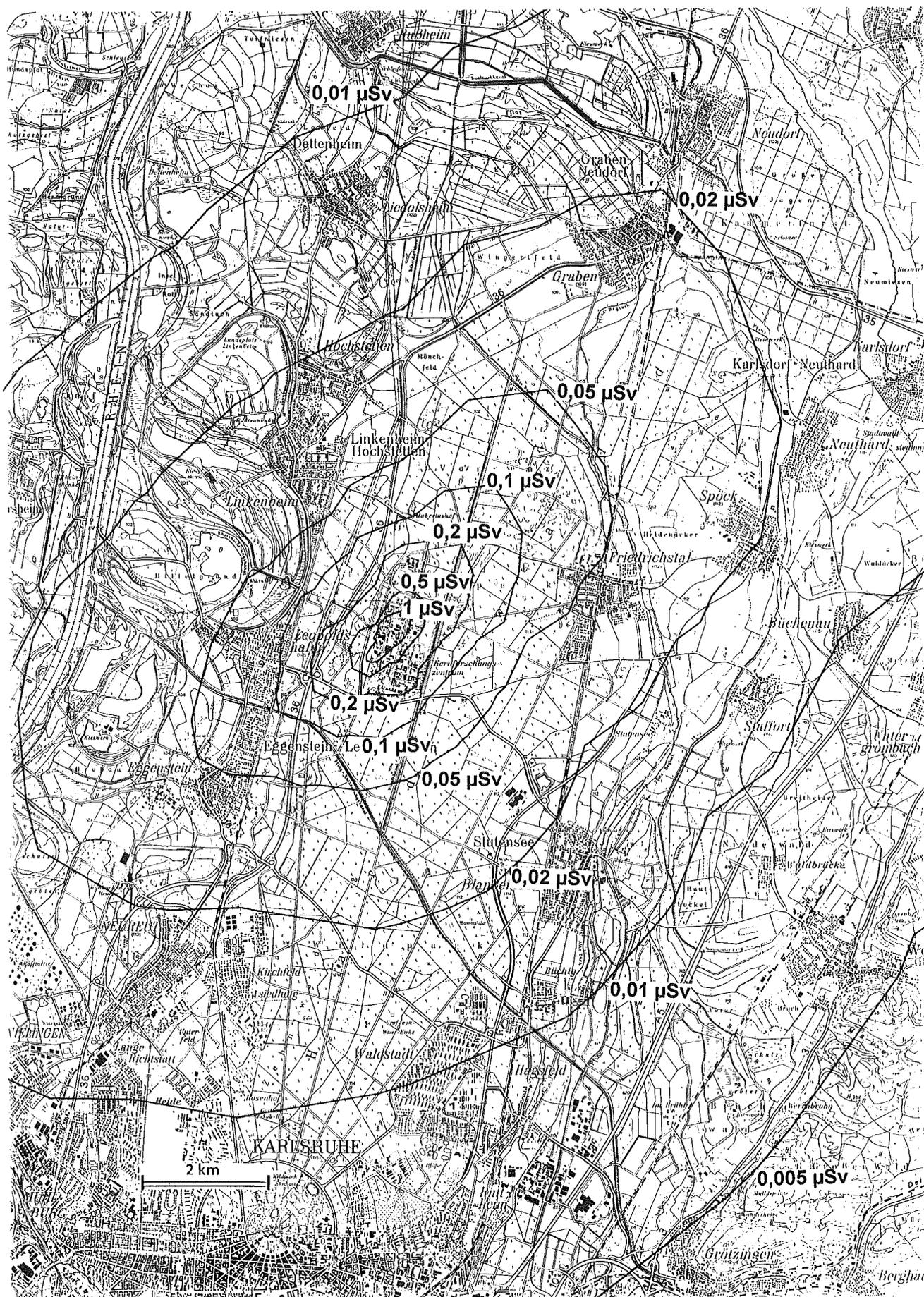


Abb. 5/4: Effektivdosen in der Umgebung des Forschungszentrums Karlsruhe, 50-Jahre-Folgedosis aufgrund der Emissionen 1994

5.1.4 Berechnungen der Strahlenexposition in der Umgebung im Rahmen atomrechtlicher Genehmigungsverfahren

A. Wicke, D. Papadopoulos

5.1.4.1 Störfallberechnungen für kerntechnische Einrichtungen im Forschungszentrum Karlsruhe

Atomgesetz und Strahlenschutzverordnung fordern für den Betrieb von Anlagen und den Umgang mit radioaktiven Stoffen die nach dem Stand von Wissenschaft und Technik erforderliche Vorsorge gegen Schäden und verpflichten den Genehmigungsinhaber, jede Strahlenexposition oder Kontamination unter Berücksichtigung aller Umstände des Einzelfalls auch unterhalb der in der Strahlenschutzverordnung festgesetzten Grenzwerte so gering wie möglich zu halten.

Konkretisiert wird dieser allgemeine Strahlenschutzgrundsatz in Bezug auf Dosisgrenzwerte in der Umgebung bei Störfällen in § 28 Abs. 3 StrlSchV allerdings nur für Kernkraftwerke. Für diese Anlagen wurden zur Dosisberechnung bei Freisetzung radioaktiver Stoffe detaillierte Störfallberechnungsgrundlagen veröffentlicht. Da entsprechende Richtlinien für andere Anlagen nach § 7 AtG und für den sonstigen Umgang mit radioaktiven Stoffen nicht bestehen, wurden diese Berechnungsgrundlagen dennoch auch für diesen Bereich im Rahmen atomrechtlicher Genehmigungsverfahren für die Berechnung der Strahlenexposition in der Umgebung bei hypothetischen, störfallbedingten Radioaktivitätsfreisetzungen mit der Fortluft angewandt. Demnach ist die Strahlenexposition durch äußere Strahlung, Inhalation und Ingestion zu ermitteln. Bei der Berechnung des Ingestionspfades wird angenommen, daß der Verzehr kontaminierter Nahrungsmittel, die aus einem Gebiet innerhalb eines Umkreises von 2000 m um den Emissionspunkt stammen, durch behördliche administrative Maßnahmen nach einem Zeitraum von 24 Stunden nach der Freisetzung unterbunden wird. Ferner sind die tatsächlichen Verhältnisse in der Umgebung des Standortes zu berücksichtigen.

Für die Dosisberechnungen wurden die im Bundesanzeiger 185a im September 1989 bekanntgemachten Dosisfaktoren benutzt. Im Berichtsjahr wurden Berechnungen auf Anforderung der jeweiligen Betreiber für folgende Fälle durchgeführt:

- KGB/KNK, Geb. 751: Störfallberechnung im Zusammenhang mit dem Risikopotential der sog. Cäsiumfalle
- HVT/TL, Geb. 452: Auslegungsstörfälle Anlagenbrand und Erdbeben,
- HVT/HZ, Geb. 701: Pu-Freisetzung bei Brand in der Metallographiezelle.

5.1.4.2 Berechnung der potentiellen Strahlenexposition in der Umgebung der Universität Ulm durch den Betrieb eines geplanten Zyklotrons

Die Radiologische Klinik und Poliklinik Abteilung III Nuklearmedizin der Universität Ulm plant die Errichtung eines Zyklotrons. Für die atomrechtliche Genehmigung war eine Berechnung der Strahlenexposition in der Umgebung durch die Ableitung radioaktiver Stoffe mit der Fortluft der geplanten Anlage erforderlich. Die Universität Ulm beauftragte die Hauptabteilung Sicherheit, Abteilung Umweltschutz, des Forschungszentrums Karlsruhe, die Dosisberechnung für die beantragten Emissionen der Universität Ulm unter Verwendung der meteorologischen Statistik des Deutschen Wetterdienstes für den Standort Ulm durchzuführen. Die Dosisberechnung erfolgte mit Hilfe der Rechenprogramme EFF-DOS, ISOLA und WOLGA unter Anwendung der "Allgemeinen Verwaltungsvorschrift zu § 45 der Strahlenschutzverordnung".

Die Berechnung ergab für die ungünstigste Einwirkungsstelle in der unmittelbaren Nähe des geplanten Zyklotrons sowohl für Erwachsene als auch für Kleinkinder Effektivdosiswerte von weniger als 1 ‰ des zugehörigen Grenzwertes in § 45 der StrlSchV.

5.2 Abwasserüberwachung und Spektrometrie

K.-G. Langguth

Die Gruppe "Abwasserüberwachung und Spektrometrie" ist einerseits zuständig für die Überwachung radioaktiver Stoffe in den Abwassersystemen auf dem Betriebsgelände des Forschungszentrums Karlsruhe. Diese Aufgabe umfaßt sowohl die Umsetzung der Auflagen der atomrechtlichen Genehmigung in ein Überwachungskonzept, als auch die Durchführung der Aktivitätsmessungen einschließlich der Entscheidung über die Weiterverarbeitung der Abwässer. Andererseits nimmt die Gruppe auch die Aufgaben eines zentralen Meßlabors für die Abteilung Umweltschutz wahr. Es werden hier sowohl alle Messungen zur Bilanzierung der Ableitung radioaktiver Stoffe mit der Fortluft, als auch alle spektrometrischen Messungen an Umweltproben durchgeführt.

5.2.1 Abwasserüberwachung

K.-G. Langguth, A. Radziwill-Ouf, Chr. Wilhelm, J. Lenfant, H. Genzer

Die Überwachung des auf dem Betriebsgelände des Forschungszentrums Karlsruhe anfallenden Abwassers erfolgt im Rahmen des wasserrechtlichen Erlaubnis- und Genehmigungsbescheids und der atomrechtlichen Genehmigung, die von den zuständigen Behörden des Landes Baden-Württemberg erteilt wurden. Die Überwachung nichtradioaktiver Stoffe wird durch die Hauptabteilung Dekontaminationsbetriebe durchgeführt.

Das Abwasser setzt sich aus Niederschlagswasser, häuslichem Abwasser, Kühlwasser und Chemieabwasser zusammen. Das Niederschlagswasser, das häusliche Abwasser und das Chemieabwasser werden innerhalb des Betriebsgeländes in getrennten Kanälen abgeleitet.

Das unschädliche Kühlwasser wird nach behördlicher Zulassung zusammen mit dem Niederschlagswasser in den unmittelbar an das Forschungszentrum Karlsruhe angrenzenden Hirschkanal eingeleitet. Von dem eingeleiteten Wasser werden kontinuierlich die Temperatur, Leitfähigkeit und der pH-Wert gemessen und die Meßwerte in der Schaltwarte angezeigt, um bei Überschreitung vorgegebener Grenzwerte unmittelbar Gegenmaßnahmen ergreifen zu können. Die Aktivitätskonzentration im Wasser des Hirschkanals wird unterhalb der Einleitungsstellen des Forschungszentrums Karlsruhe durch kontinuierliche Probenahme überwacht (s.Kap.5.3.1).

Die häuslichen Abwässer werden der biologischen Kläranlage zugeführt, in mehreren Verfahrensschritten gereinigt und schließlich in den Endbecken für häusliches Abwasser gesammelt (s.Abb. 5/5). Nach Messung der Konzentration nichtradioaktiver Stoffe und nach einer Aktivitätskontrollmessung wird anhand der Ergebnisse über die Ableitung des Abwassers in den Vorfluter entschieden.

Die im Forschungszentrum Karlsruhe anfallenden Chemieabwässer werden entsprechend ihrer Herkunft, ihrer Verunreinigung und ihres Aktivitätsgehaltes in unterschiedliche Einzelsysteme des Chemieabwassernetzes eingeleitet. Chemieabwässer aus Betriebsstätten oder Gebäuden, in denen nicht mit radioaktiven Stoffen umgegangen wird, werden in das Chemieabwassernetz I eingeleitet und der Kläranlage für Chemieabwasser zugeführt. Chemieabwässer aus Kontrollbereichen oder aus Betriebsstätten, in denen mit radioaktiven Stoffen umgegangen wird (Chemieabwasser II), werden am Anfallort in sogenannten Abwassersammelstationen gesammelt. Anhand der von der Gruppe "Abwasserüberwachung und Spektrometrie" durchgeführten Aktivitätsmessung wird gemäß der geltenden atomrechtlichen Genehmigung über die Einleitung der Abwässer in die Chemiekläranlage oder Einspeisung in die Dekontaminationsanlage entschieden.

Chemieabwässer, die möglicherweise organische Lösungsmittel enthalten (Chemieabwasser IV), werden in speziellen Behältern gesammelt und bei Herkunft aus Kontrollbereichen oder Betriebsstätten, in denen mit offenen radioaktiven Stoffen umgegangen wird, auch hinsichtlich Radioaktivität überwacht. Bestätigt die chemische Analyse das Vorhandensein von Lösungsmitteln, so werden diese Abwässer gesondert entsorgt.

Die Abwässer aus der Dekontaminationsanlage werden in Übergabebehältern gesammelt. Vor einer Ableitung werden sie ebenfalls einer Kontrollmessung unterzogen und bei Überschreitung der Werte der Genehmigung erneut dekontaminiert, andernfalls in die Kläranlage für Chemieabwasser eingeleitet.

Das in die Chemiekläranlage eingeleitete Chemieabwasser wird in einem mehrstufigen Prozeß gereinigt (s. Abb. 5/5) und schließlich in den zwei Endbecken für Chemieabwasser mit je 750 m³ Fassungsvermögen gesammelt. Im gereinigten Abwasser werden dann die Konzentrationen der radioaktiven und bestimmter nichtradioaktiven Stoffe ermittelt und anhand der Genehmigungswerte der atomrechtlichen Genehmigung und der wasserrechtlichen Erlaubnis über die Ableitung entschieden. Über einen 2,9 km langen Rohrkanal gelangen die Abwässer in den als Vorfluter dienenden Rheinniederungskanal, bis sie nach 23,6 km den Rhein erreichen.

Zusätzlich zu den Entscheidungsmessungen, die vor Abgabe des Abwassers aus den Abwassersammelstationen, der Dekontaminationsanlage und den Endbecken durchzuführen sind, wird die mit dem Abwasser des Forschungszentrums Karlsruhe abgeleitete Aktivität durch nuklidspezifische Analysen von Wochen- und Monatsmischproben, die mengenproportional aus Teilmengen der einzelnen abgeleiteten Abwasserchargen aus den Endbecken herzustellen sind, bilanziert. Die bilanzierte Aktivität darf die ebenfalls in der atomrechtlichen Genehmigung festgelegten Jahreshöchstwerte für Aktivitätsabgaben (s. Kap. 5.2.3) mit dem Abwasser nicht überschreiten.

Die atomrechtliche Genehmigung des Forschungszentrums Karlsruhe für das Abwasser wurde im Juni 1992 nach Überarbeitung vom Umweltministerium Baden-Württemberg neu erteilt. Während in der vorher geltenden Fassung die Genehmigungswerte als Vielfache der Grenzwerte der Jahresaktivitätszufuhr über Wasser und Nahrung gemäß Strahlenschutzverordnung festgelegt waren, wurden sie auf unseren Vorschlag in der neuen Genehmigung unter Anwendung der Allgemeinen Verwaltungsvorschrift zu § 45 StrlSchV nach den im folgenden beschriebenen Verfahren ("Dosis-konzept") aus den Dosisgrenzwerten des § 45 StrlSchV abgeleitet.

Für die am Standort des Forschungszentrums Karlsruhe zu berücksichtigenden Expositionspfade und für die beiden Bevölkerungsgruppen "Erwachsene" und "Kleinkinder" wurden für jedes Radionuklid n jene Aktivitätsmengen berechnet, die bei Ableitung mit dem Abwasser nach den Modellen der Allgemeinen Verwaltungsvorschrift eine Strahlenexposition bewirken, die gerade den Grenzwerten des § 45 der Strahlenschutzverordnung für die effektive Äquivalentdosis und für die jeweiligen Teilkörper- bzw. Or-

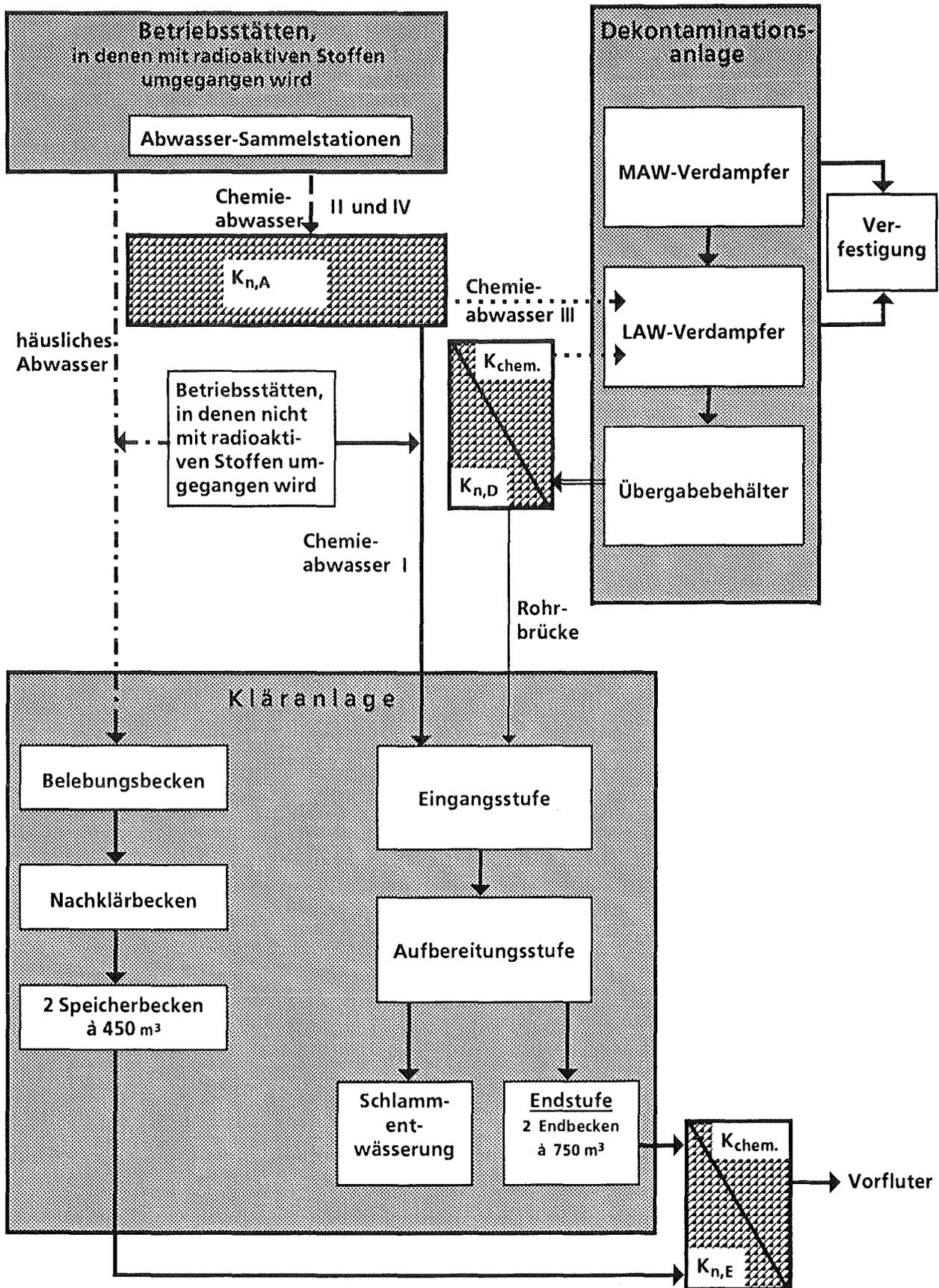


Abb. 5/5: Vereinfachtes Fließschema der Abwässer im Forschungszentrum Karlsruhe ($K_{n,X}$: Kontrollmessung radioaktiver Stoffe; K_{chem} : Kontrollmessung nichtradioaktiver Stoffe).

gandosen entsprechen (integrierte Folgeäquivalentdosis H_{50}). Jeweils der kleinste sich dabei für jedes Radionuklid n ergebende Aktivitätswert wurde als Jahreshöchstwert J_n für die Ableitung festgelegt.

Da mit dem Abwasser des Forschungszentrums Karlsruhe ein Gemisch an Radionukliden abgegeben wird, ist zur Einhaltung der Dosisgrenzwerte die Aktivitätsableitung zusätzlich durch die Anwendung der Summenformel auf die Quotienten aus den bilanzierten Aktivitätsableitungen A_n und den Jahreshöchstwerten J_n zu begrenzen. Nach der Genehmigung darf die Summe den Wert von $2/3$ nicht überschreiten.

$$\sum \frac{A_n}{J_n} < 2/3.$$

Die nach diesem Verfahren ("Dosiskonzept") für das Abwasser des Forschungszentrums Karlsruhe festgelegten Jahreshöchstwerte J_n wurden 1993 durch einen von der Aufsichtsbehörde bestimmten Gutachter überprüft. Der Gutachter bestätigte, daß durch Anwendung dieses Verfahren zur Festlegung der Jahreshöchstwerte gewährleistet ist, daß die Dosisgrenzwerte von § 45 StrlSchV eingehalten werden. Im Gegensatz zum Betreiber hält er aber die zusätzliche Berücksichtigung des Expositionspfades "Aufenthalt auf Ufersediment" für erforderlich. Dem wurde von der Aufsichtsbehörde durch eine entsprechende Änderung in der atomrechtlichen Genehmigung mit Wirkung vom 01.01.1994 Rechnung getragen.

Die maximal zulässigen Konzentrationen für die Aktivitätsabgaben mit einzelnen Endbeckenfüllungen $K_{n,E}$ wurden auf das 5fache der zulässigen Aktivitätskonzentrationen begrenzt, die sich als Quotient aus den Jahreshöchstwerten J_n und dem im Referenzjahr (1991) abgegebenen Abwasservolumen V ergibt.

$$K_{n,E} = 5 J_n / V.$$

Durch den Faktor 5 wird den vorgegebenen zeitlichen Betriebsabläufen in den Abwassersystemen und meßtechnischen Möglichkeiten bei den Kontrollmessungen Rechnung getragen.

Die maximal zulässigen Konzentrationen für Abwasserableitungen aus den Behältern der Abwassersammelstationen $K_{n,A}$ und Übergabebehältern der Dekontaminationsanlage $K_{n,D}$ in das Klärwerk wurden als Vielfache der maximal zulässigen Konzentrationen einzelner Endbeckenfüllungen festgelegt:

$$K_{n,A} = 6 K_{n,E}$$

$$K_{n,D} = 20 K_{n,E}$$

Die Faktoren ergeben sich aus den über das Jahr gemittelten Mischungsverhältnissen von aktivitätsfreiem und kontaminiertem Chemieabwasser.

Zusätzlich werden die Konzentrationen für die Aktivitätsableitungen aus den Endbecken und aus den Behältern der Abwassersammelstationen und der Dekontaminationsanlage durch die Anwendung der Summenformel auf die Quotienten aus den gemessenen Konzentrationen begrenzt. Die Summe darf den Wert von 1 nicht überschreiten.

Die Eigenüberwachung der radioaktiven Emissionen mit dem Abwasser aus dem Forschungszentrum Karlsruhe wird durch Messungen behördlich beauftragter Sachverständiger kontrolliert. Aufgrund behördlicher Anordnung wird seit 1. Januar 1980 auf das Forschungszentrum Karlsruhe sinngemäß das Kontrollprogramm über die "Kontrolle der Eigenüberwachung radioaktiver Emissionen aus Kernkraftwerken" angewandt. Danach werden durch das Bundesamt für Strahlenschutz (BfS), das als beauftrag-

ter Sachverständiger von der zuständigen Behörde beigezogen wurde, Kontrollmessungen an Wochen- und Monatsmischproben durchgeführt.

Meßzweck	Anzahl der Proben	Anzahl der durchgeführten Messungen						Summe der Einzelmessungen
		α	β	Flüssigszintillation		α-Spektroskopie	γ-Spektroskopie	
				H-3 C-14 S-35	Spektroskopie			
Abwasserüberwachung								
- Abwassersammelstationen	2295	2118	2118	480	14	7	721	5458
- Endbecken	291	291	291	389	15	-	388	1374
- Endbecken (Mischproben)	63	63	63	95	-	-	-	221
Klärschlammüberwachung (Chemie- und Schmutzwasserschlamm)	32	32	32	-	-	-	-	64
Betriebliche Überwachung der Abwassereinzugssysteme	363	335	335	258	2	15	243	1188
Beseitigung radioaktiver Abfälle	108	83	83	5	-	-	55	226
Betriebliche Überwachung der HVT/EA und HDB	3	-	-	2	-	-	-	2
Überwachung der Fort- und Raumluft (s. Kap. 5.1.1)	1338	-	-	1338	8	-	-	1346
P-32-Messungen für HZY	20	-	-	-	20	-	-	20
Entwicklungsarbeiten	512	-	-	1020	420	-	-	1440
Umgebungsüberwachung	467	-	-	476	-	-	-	476
Externe Aufträge	31	13	13	22	-	-	4	52
Qualitätskontrolle (Kalibrierungen, Ringversuche usw.)	1200	2233	2233	2042	76	7	485	7076
Summe 1994	6723	5168	5168	6127	555	29	1896	18943
Summe 1993	8018	5222	5222	5720	912	179	1918	19173

Tab. 5/7: Art und Anzahl der Proben sowie der 1994 in der Gruppe "Abwasserüberwachung und Spektrometrie" durchgeführten Einzelmessungen

Neben den Messungen im Rahmen des Überwachungskonzeptes, das durch die atomrechtliche Genehmigung und durch Auflagen vorgegeben ist, werden Messungen mit unterschiedlicher Zielsetzung an Wasser- und Feststoffproben verschiedenster Art und Herkunft von der Gruppe "Abwasserüberwachung und Spektrometrie" durchgeführt. Tab. 5/7 gibt eine Übersicht über Herkunft, Art und Anzahl der Proben, die bearbeitet wurden, sowie über Art und Anzahl der daran durchgeführten Einzelmessungen.

5.2.2 System zur zentralen Erfassung und Dokumentation der Meßdaten zur Abwasserüberwachung mit Ankopplung an das HDB-Datensystem

Chr. Wilhelm

Von der Gruppe "Abwasserüberwachung und Spektrometrie" wurde ein Datensystem auf PC-Basis aufgebaut und 1993 in Betrieb genommen. Durch das Datensystem werden alle Ergebnisse der Radioaktivitätsmessungen an Proben zur Abwasserüberwachung erfaßt und zur Beurteilung an eine Zentraleinheit weitergeleitet. Nach Beurteilung der Analyseergebnisse erfolgt eine vorläufige Dokumentation und ein Datensatz mit Entscheidung über die Weiterverarbeitung des Abwassers wird automatisch an das Datensystem der Hauptabteilung Dekontaminationsbetriebe (HDB) weitergeleitet.

Der Aufbau des Datensystems ist in Abb. 5/6 schematisch dargestellt. Die PC's der Meßgeräte sind über das LAN an zwei redundante Server, die zur Datensicherung zusätzlich mit Bandlaufwerken ausgestattet sind, angeschlossen. Für eine Bearbeitung der Probedaten und für die Eingabe der Entscheidung über die Weiterverarbeitung des Abwassers stehen zwei Daten-PC zur Verfügung. Einer dieser Daten-PC befindet sich im Gebäude 605 im Bereich der Abteilung Strahlenschutzüberwachung, bei der die Überwachung des Abwassers außerhalb der regulären Arbeitszeit durchgeführt wird. Die Daten-PC kommunizieren über ein Telegramm-Protokoll mit dem ADOS-Datensystem eines Großrechners der HDB. Ein Kopplungs-PC, der einerseits mit dem LAN und andererseits über eine 3270-Emulation mit dem Großrechner verbunden ist, übernimmt die Kommunikation zwischen dem LAN-PC-System und dem Großrechner.

Für die Bearbeitung der Probedaten und die Kommunikation mit dem ADOS-Datensystem wurde das Programm ABWADAT entwickelt. Vor Eingaben in die Daten-PC's muß sich der Benutzer über einen Kartenleser mit der ihm persönlich zugeordneten Code-Karte identifizieren. Durch ABWADAT wird dann die Berechtigung für Eingaben entsprechend dem innerbetrieblichen Entscheidungsbereich, der dem Benutzer übertragen wurde, überprüft. Das ADOS-System wiederum kommuniziert mit dem AWUS-System des Prozeßrechners, der das Abwassersystem auf dem Gelände des Forschungszentrums steuert. Bei Störung dieses Übertragungsweges werden die Entscheide bezüglich der Weiterverarbeitung der Abwässer über ein zusätzliches serielles Kabel direkt an AWUS übertragen. Da es in der Anfangsphase häufiger zu Störungen der Kopplung zwischen dem LAN-PC-System und den Großrechnern der HDB kam, wurden insbesondere die Programme des Kopplungs-PC's zu Beginn des Jahres überarbeitet. Dadurch konnte die Verfügbarkeit des Systems wesentlich verbessert werden. Im Jahre 1994 gab es keinen Totalausfall, da zumindest in jedem Anforderungsfall die direkte Übermittlung der

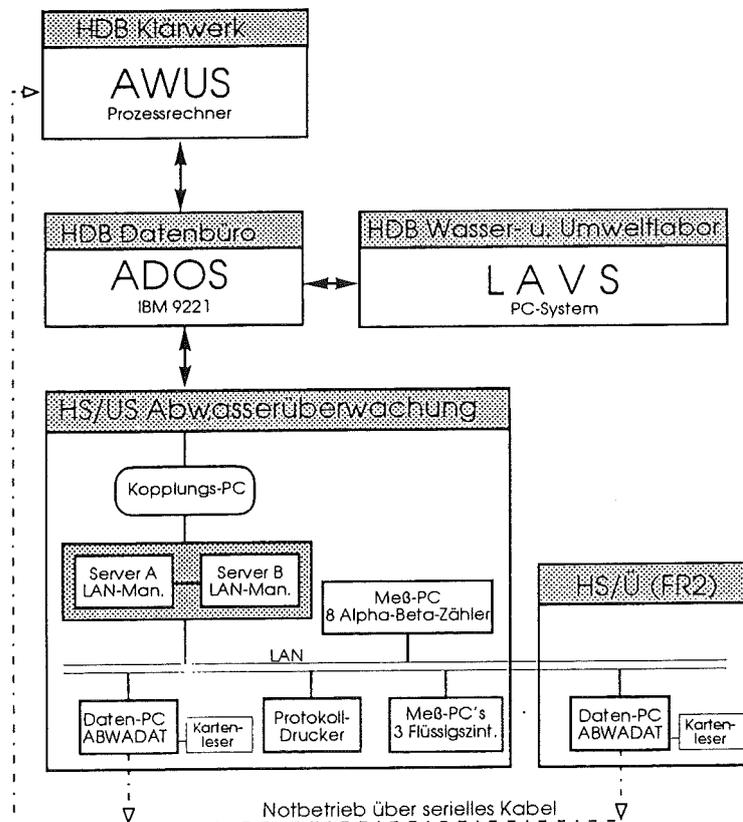


Abb. 5/6: Fließschema der Daten zur Abwasserüberwachung zwischen HDB- und HS-Datensystemen

Entscheide an das Klärwerkssystem AWUS funktionierte. Die Verfügbarkeit des Gesamtsystems lag bei ca. 90%. Die Laborsoftware ABWADAT zeigte im Berichtsjahr keine nennenswerten Störungen, so daß die Ausfallzeit mit kleiner 1% angegeben werden kann. Die Software der Daten-PC's wurde um die im Pflichtenheft ADOS neu definierten Protokolle zur Kommunikation zwischen den Rechnersystemen erweitert.

5.2.3 Ableitung radioaktiver Stoffe mit dem Abwasser 1994

A. Radziwill-Ouf, Chr. Wilhelm, Ch. Stickel, J. Lenfant, H. Genzer

Die Ableitung radioaktiver Stoffe mit dem Abwasser wird anhand von Mischproben bilanziert. Dazu werden mengenproportionale Proben der einzelnen Endbeckenfüllungen zu Wochen- und Monatsmischproben vereinigt und am Ende des Sammelzeitraumes analysiert. Neben den Gesamtaktivitätsmessungen werden auch nuklidspezifische Messungen mittels Gammaskopie durchgeführt. Bei Monatsmischproben werden diese Messungen durch eine chemische Aufbereitung der Proben zur getrennten Bestimmung der Konzentration von Strontium- und Plutoniumisotopen ergänzt.

In der Tab. 5/8 werden die anhand von Monatsmischproben ermittelten Gesamtableitungen radioaktiver Stoffe für 1994 wiedergegeben. Zum Vergleich sind die Vorjahreswerte und die Genehmigungswerte für Einzelnuclide angegeben. Zur Einhaltung der atomrechtlichen Genehmigung des Forschungszentrums Karlsruhe ist für die nachgewiesenen Radionuklide zu gewährleisten, daß die Summe der Verhältniszahlen aus der gemessenen Aktivitätsabgabe und den Genehmigungswerten der einzelnen Radionuklide kleiner als 2/3 ist.

Radionuklid	Genehmigungswerte J_n für die Aktivitätsabgaben in Bq/a	Bilanzierte Ableitungen in Bq/a	
		1994	1993
H-3	1,6 E + 14	4,4 E + 13	1,2 E + 13
C-14	6,4 E + 10	1,8 E + 09	6,2 E + 08
Sr-89	1,9 E + 11	0*	7,5 E + 05
Sr-90	7,0 E + 09	7,8 E + 06	4,8 E + 06
Cs-137	6,5 E + 09	2,2 E + 07	1,9 E + 07
Pu-238	1,1 E + 09	4,5 E + 05	3,9 E + 05
Pu-239 + 240	9,7 E + 08	2,4 E + 05	4,5 E + 05
Pu-241	5,0 E + 10	2,8 E + 07	1,6 E + 07
aus dem Forschungszentrum abgeleitete Abwassermenge in m ³	-	143 000	156 000

* Werte unterhalb der Erkennungsgrenze wurden bei der Bilanzierung nicht berücksichtigt.

Tab. 5/8: 1994 aus dem Forschungszentrum Karlsruhe in den Vorfluter abgeleitete Abwassermenge und -aktivität sowie Genehmigungswerte gemäß atomrechtlicher Genehmigung

Einen Überblick über die Entwicklung der mit dem Abwasser des Forschungszentrums Karlsruhe in den letzten 23 Jahren in den Vorfluter abgeleiteten Tritiumaktivität gibt Abb. 5/7. Der Anstieg der Tritiumableitungen in den Jahren 1993 und 1994 gegenüber 1992 ist auf Arbeiten im Rahmen der Stilllegung und des Rückbaues des seit 1984 außer Betrieb genommenen MZFR zurückzuführen.

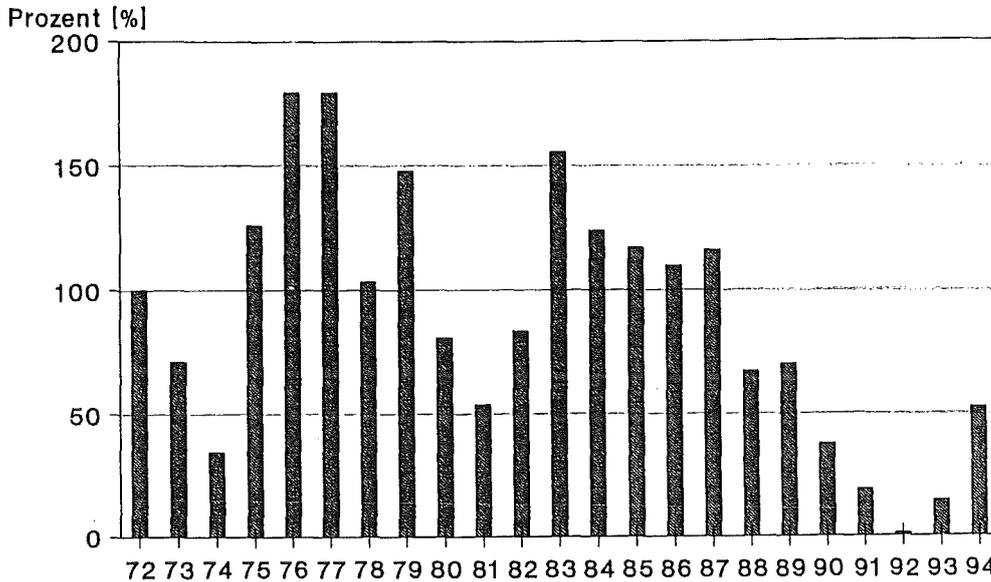


Abb. 5/7: Entwicklung der mit dem Abwasser aus dem Forschungszentrum Karlsruhe jährlich abgeleiteten Tritiumaktivität seit 1972 (1972 = 100 %)

5.2.4 Ableitung nichtradioaktiver Stoffe mit dem Abwasser 1994

K.-G. Langguth

Die Überwachung der aus den Endbecken der Kläranlagen für häusliches Abwasser und für Chemieabwasser in den Vorfluter eingeleiteten Abwässer hinsichtlich nichtradioaktiver Stoffe wird von der Hauptabteilung Dekontaminationsbetriebe durchgeführt. Zur Ermittlung der Jahresabgaben dienen dabei die Ergebnisse der Messungen, die an den einzelnen Endbeckenchargen gemäß den Vorgaben des wasserrechtlichen Erlaubnis- und Genehmigungsbescheides und der Eigenkontrollverordnung des Landes Baden-Württemberg durchgeführt wurden. Darüber hinaus wurden zahlreiche weitere Stoffe als Eigenkontrolle des Forschungszentrums Karlsruhe in die Überwachung einbezogen. In Tab. 5/9 sind die bilanzierten Ableitungen mit dem häuslichen Abwasser und dem Chemieabwasser sowie die errechneten Jahreskonzentrationsmittelwerte für Jahr 1994 wiedergegeben. Die Daten wurden von der Hauptabteilung Dekontaminationsbetriebe zur Verfügung gestellt. Die Genehmigungswerte wurden in keinem Fall überschritten. Dies bestätigen auch die amtlichen Überwachungsmessungen.

Das Volumen des abgeleiteten Chemieabwassers hat im Jahr 1994 geringfügig abgenommen (10 %), während das Volumen des abgeleiteten häuslichen Abwassers konstant blieb. Bei der Chemiekäranlage erreichte die Ableitung von CSB (chemischer Sauerstoffbedarf) und KW (mineralölähnliche Kohlenwasserstoffe) ähnliche Werte wie im Vorjahr. Die bereits im letzten Jahr festgestellten niedrigen Frachten an AOX, TOC sind im Jahr 1994 weiter zurückgegangen, und zwar bei der Fracht an adsorbierbaren organischen Halogenverbindungen (AOX) um 26 %, bei der TOC-Fracht (organischer Gesamtkohlenstoff) um 19 %. Die Phosphat-, Nitrat- und Nitrit-Frachten sind im Vergleich zum Vorjahr deutlich zurückgegangen, und zwar die Nitrat-Fracht um 71 %, die Phosphatfracht um 58 % und die Nitrit-Fracht um 47 %. Dies ist im wesentlichen auf einen geringeren Anfall von Abwässern mit derartigen Verunrei-

nigungen infolge von Änderungen im Tätigkeitsfeld des Forschungszentrums und auf eine gesonderte Entsorgung dieser Abwässer zurückzuführen.

Der in den letzten Jahren erreichte stabile und störungsfreie Betrieb der biologischen Kläranlage konnte auch 1994 aufrechterhalten werden. In der biologischen Anlage erreichten die Ableitungen von AOX, TOC, KW und Ammonium ähnlich niedrige Werte wie im Vorjahr. Die Nitrat-Fracht, die im Vorjahr durch Umbauarbeiten angestiegen war, konnte durch den stabilen und störungsfreien Betrieb im Jahr 1994 wieder deutlich reduziert werden.

Bezeichnung der Stoffe	Chemieabwasser		häusliches Abwasser	
	Ableitung kg	Mittelwert g/m ³	Ableitung kg	Mittelwert g/m ³
biochem. Sauerstoffbedarf (BSB-5)	-	-	1,2 E + 02	1,6 E + 00
Trockenrückstand	8,3 E + 04	1,2 E + 03	5,6 E + 04	7,8 E + 02
chem. Sauerstoffbedarf (CSB)	2,3 E + 03	3,3 E + 01	2,1 E + 03	2,9 E + 01
adsorbierbare organ. Halogenverb. (AOX)	4,7 E + 00	6,6 E - 02	2,7 E + 00	3,7 E - 02
mineralölähnliche Kohlenwasserstoffe (KW)	8,0 E + 00	1,2 E - 01	7,6 E + 00	1,0 E - 01
flüchtige organ. Halogenverb. (POX)	1,4 E + 00	2,0 E - 02	-	-
organ. Gesamtkohlenstoff (TOC)	5,6 E + 02	8,0 E + 00	6,5 E + 02	0,9 E + 01
Gesamt-Stickstoff	-	-	1,7 E + 03	2,4 E + 01
organisch gebundener Stickstoff	-	-	1,8 E + 02	2,5 E + 00
Chlorid	2,5 E + 04	3,5 E + 02	1,0 E + 04	1,3 E + 02
Nitrat	8,0 E + 02	1,2 E + 01	6,7 E + 03	0,9 E + 02
Nitrit	1,0 E + 02	1,4 E + 00	2,4 E + 01	3,6 E - 01
Phosphat	1,0 E + 02	1,4 E + 00	2,1 E + 03	2,9 E + 01
Sulfat	2,0 E + 04	2,8 E + 02	7,1 E + 03	9,8 E + 01
Ammonium	2,6 E + 02	3,7 E + 00	1,0 E + 02	1,4 E + 00
Cadmium	< 3,6 E - 01	5,1 E - 03	< 3,7 E - 01	< 5,1 E - 03
Chrom	< 7,0 E - 01	< 1,0 E - 02	< 7,4 E - 01	< 1,0 E - 02
Eisen	4,2 E + 01	6,0 E - 01	5,4 E + 00	0,7 E - 01
Quecksilber	< 1,0 E - 02	< 1,0 E - 04	< 1,0 E - 03	< 1,0 E - 04
Blei	< 2,9 E + 00	< 4,0 E - 02	< 2,9 E + 00	< 4,0 E - 02
Kobalt	< 1,4 E + 00	< 2,0 E - 02	< 1,5 E + 00	< 2,0 E - 02
Kupfer	< 1,5 E + 00	< 2,0 E - 02	< 1,5 E + 00	< 2,1 E - 02
Mangan	2,5 E + 01	3,5 E - 02	< 1,5 E + 00	< 2,1 E - 02
Nickel	< 5,3 E + 00	< 7,4 E - 02	< 1,5 E + 00	< 2,0 E - 02
Zink	3,2 E + 00	4,5 E - 02	1,1 E + 01	1,5 E - 01

Tab. 5/9: Bilanzierte Mengen und Jahreskonzentrationsmittelwerte der 1994 mit dem Chemieabwasser (71 000 m³) und dem häuslichen Abwasser (72 000 m³) in den Vorfluter abgeleiteten nichtradioaktiven Stoffe

5.2.5 Strahlenexposition in der Umgebung durch die mit dem Abwasser abgeleiteten radioaktiven Stoffe 1994

D. Papadopoulos, K.-G. Langguth, M. Winter

Die aus den Ableitungen radioaktiver Stoffe mit dem Abwasser des Forschungszentrums Karlsruhe resultierende Strahlenexposition von Personen, die sich am Rheinniederungskanal, der als Vorfluter dient, aufhalten und Lebensmittel aus diesem Gebiet konsumieren, ist so gering, daß sie direkt nicht meßbar ist. Sie kann aber nach den in der Allgemeinen Verwaltungsvorschrift zu § 45 StrlSchV angegebenen Modellen berechnet werden. Dabei kann entweder von den bilanzierten Aktivitätsableitungen oder, realistischer, von den gemessenen Aktivitätsgehalten im Trinkwasser und in Lebensmitteln ausgegangen werden. Beide hier vorgelegten Berechnungsergebnisse zeigen, daß die ermittelten Dosen die Dosisgrenzwerte des § 45 der Strahlenschutzverordnung deutlich unterschreiten.

5.2.5.1 Berechnung der Strahlenexposition aus den bilanzierten Aktivitätsableitungen

Die Berechnung wurde mit Hilfe des Rechenprogrammes RHEIN_1 durchgeführt. RHEIN_1 berechnet die über 50 Jahre integrierten Folgeäquivalentdosen entsprechend den Modellen der Allgemeinen Verwaltungsvorschrift. Es wurden die Effektivdosen und die Dosen des relativ am stärksten exponierten Organs jeweils für Erwachsene und Kleinkinder berechnet. Bei der Berechnung wurden alle für den Standort des Forschungszentrums Karlsruhe relevanten Expositionspfade berücksichtigt. Als mittlerer Wert für den Durchfluß im Rheinniederungskanal wurde der der Genehmigung zugrundeliegende Wert von 0,7 m³/s verwendet. Tab. 5/10 enthält die Rechenergebnisse für die effektiven Dosen und die Dosen für die jeweils am stärksten exponierten Organe für Erwachsene und Kleinkinder.

Bilanzierte Aktivitätsableitungen 1994		Maximale Körper-Folgedosen 1994 in µSv			
		Erwachsene		Kleinkinder	
Nuklid	Aktivität in Bq	effektive Dosis	Dosis für das re- lativ am stärk- sten exponierte Organ	effektive Dosis	Dosis für das re- lativ am stärk- sten exponierte Organ
H-3	4,4 E + 13	8,6 E + 01		8,5 E + 01	
C-14	1,8 E + 09	8,5 E + 00		1,8 E + 00	
Sr-90	7,8 E + 06	7,0 E - 02	3,4 E - 01(RK)	4,1 E - 02	1,8 E - 01(RK)
Cs-137	2,2 E + 07	1,0 E + 00		7,8 E - 01	
Pu-238	4,5 E + 05	4,0 E - 02	7,5 E - 01(KO)	2,4 E - 02	3,3 E - 01(KO)
Pu-239 + Pu-240	2,4 E + 05	2,4 E - 02	4,5 E - 01(KO)	1,3 E - 02	1,9 E - 01(KO)
Pu-241	2,8 E + 07	5,5 E - 02	1,0 E + 00(KO)	2,5 E - 02	3,4 E - 01(KO)
Summe, gerundet:		9,6 E + 01	-	8,8 E + 01	-

(KO): Knochenoberfläche, (RK): Rotes Knochenmark

Tab. 5/10: Maximale Körper-Folge-Äquivalentdosen, berechnet aus den bilanzierten Aktivitätsableitungen mit dem Abwasser 1994

5.2.5.2 Berechnung der Strahlenexposition aus den gemessenen Aktivitätsgehalten im Trinkwasser und in Lebensmitteln

Die Äquivalentdosen werden als Produkte der durch Ingestion aufgenommenen Aktivitäten und den zugehörigen Dosisfaktoren ermittelt. Die Berechnung basiert auf den von HS/US gemessenen Aktivitätsgehalten im Trinkwasser und in Lebensmitteln im Bereich des Rheinniederungskanal. Bei allen Messungen der Aktivität von Trinkwasser wurde nur Tritium nachgewiesen. Da das aus dem Grundwasser gewonnene Trinkwasser auch zur Viehtränke und zur Beregnung verwendet wird, kann angenommen werden, daß dort erzeugte landwirtschaftliche Produkte außer Tritium keine anderen künstlichen Radionuklide aus dem Abwasser des Forschungszentrums enthalten. Mit Ausnahme von Fleisch ist für alle dort erzeugten und in der Allgemeinen Verwaltungsvorschrift angegebenen Lebensmittel die spezifische Tritiumaktivität aus Messungen bekannt. Für Fleisch wurde die spezifische Tritiumaktivität aus dem Tritiumgehalt der Viehtränke und des Viehfutters nach dem Modell der Allgemeinen Verwaltungsvorschrift berechnet. In Tab. 5/11 sind die der Dosisberechnung für Erwachsene zugrundeliegenden Tritiumgehalte für Trinkwasser und landwirtschaftliche Produkte für das Jahr 1994 eingetragen.

Für Trinkwasser wurde der Mittelwert der Tritiumkonzentrationen (216 Bq/l), der sich 1994 aus der vierteljährlichen Überwachung der Eigenwasserversorgungen von zwei landwirtschaftlichen Betrieben am Rußheimer Altrhein ergab, in die Rechnung eingesetzt.

Bei Messungen von Fisch aus dem Rheinniederungskanal wurden geringe Mengen von Cs-137 nachgewiesen. Für die Dosisberechnung wurde der Mittelwert von 0,25 Bq/kg eßbarer Substanz verwendet. Im Vorfluter wurde Sr-90 in den Quartalsmischproben nachgewiesen (Variationsbereich 1,8 bis 5,0 mBq/l). Der Mittelwert von 4,0 mBq/l wurde für das Gewebewasser im Fischfleisch eingesetzt. Daraus wurde die spezifische Sr-90-Aktivität für Fischfleisch ermittelt. Für die spezifischen Aktivitäten dieser Nuklide in Fisch errechnet sich ein Beitrag zur effektiven Dosis von 0,1 µSv. Für das Fischfleisch wurde der Mittelwert aus den 1994 gemessenen Tritiumgehalten (1130 Bq/kg eßbarer Substanz) zur Dosisberechnung verwendet. Hieraus ergibt sich ein Beitrag zur effektiven Dosis von 0,4 µSv.

Zur Bestimmung des Tritiumgehaltes pflanzlicher Produkte wurde die spezifische Aktivität von Getreide, Kartoffeln und Gurken gemessen. Die Meßwerte variierten zwischen 2 und 5 Bq/kg eßbarer Substanz. Für die Dosisberechnung wurde der Mittelwert von 3 Bq/kg verwendet. Im Jahr 1994 wurde in den landwirtschaftlichen Betrieben am Rußheimer Altrhein Rindvieh ausschließlich zur Fleischgewinnung für den Eigenbedarf gehalten. Zur Berechnung des Tritiumgehaltes im Fleisch wurde der Mittelwert von 216 Bq/l der Trinkwasser-Eigenwasserversorgungen verwendet, da dieses Wasser auch zur Viehtränke und zur Beregnung benutzt wird. Zur Berechnung des Beitrages durch Futtermittel wurden die Meßwerte der spezifischen Tritiumaktivität, die einen Variationsbereich von 1,4 bis 3,5 Bq/kg Futter aufwiesen, herangezogen. Zur Berechnung wurde der Mittelwert von 2,8 Bq/kg verwendet.

Lebensmittel	Tritiumgehalt	Jahresverbrauch Erwachsene	Effektive Dosis µSv
Trinkwasser	216 Bq/l	800 l	2,8
Fisch	1130 Bq/kg	20 kg	0,5*
Fleisch	328 Bq/kg	150 kg	0,8
Pflanzliche Produkte	3 Bq/kg	500 kg	0,1
Summe:			4,2*

*einschließlich Sr-90 und Cs-137

Tab. 5/11: Effektive Folge-Äquivalentdosis für Erwachsene für den Expositionspfad Abwasser im Jahr 1994, berechnet aus den ermittelten Aktivitätskonzentrationen in Trinkwasser und Lebensmitteln

Die Effektivdosisbeiträge der verschiedenen Lebensmittel, die zu ihrer Berechnung verwendeten Tritiumgehalte und der Jahresverbrauch entsprechend den Daten der Allgemeinen Verwaltungsvorschrift sind in Tab. 5/11 eingetragen. Als Summe der Dosisbeiträge ergibt sich für 1994 eine effektive Folge-Äquivalentdosis für den Expositionspfad Abwasser von 4,2µSv.

5.2.6 Spektrometrische Messungen

Chr. Wilhelm, K.-G. Langguth, S. Rinn, Ch. Stickel

Die Arbeitsgruppe Spektrometrie führt für alle Gruppen der Abteilung Umweltschutz Messungen durch. Für gammaspektrometrische Messungen stehen vier "Hochenergie" -, vier "Niederenergie" - und zwei Gamma-X-Detektoren zur Verfügung. Zur Alphaspektroskopie werden acht Halbleiterdetektoren eingesetzt. Die Detektoren werden in einem Meß- und Auswertesystem betrieben, welches in Kap. 5.2.7 näher beschrieben ist. Neben den spektrometrischen Detektoren stehen für die Messung von Alpha- und Beta-Bruttoaktivitäten zwei Großflächen-Durchfluß-Meßplätze mit Probenwechsler und Pseudokoinzidenzelektronik zur Verfügung. Mit diesen Meßplätzen werden die Bilanzierungsmessungen 'Aerosole' der Fortluftüberwachung durchgeführt.

Die Anzahl der Proben und der daran durchgeführten Messungen ist in Tab. 5/12 aufgeführt. An den Aerosolproben zur Fortluftüberwachung werden stets zwei Messungen vorgenommen. Zunächst wird unmittelbar nach Anlieferung eine α- und β-Bruttoaktivitätsmessung durchgeführt, um erhöhte Aktivitätsabgaben rechtzeitig erkennen und Gegenmaßnahmen einleiten zu können. Zur Bilanzierung der abgeleiteten Aktivität werden die Filter dann nach Abklingen der kurzlebigen natürlichen Aktivität erneut gemessen. Zur γ-spektrometrischen Bilanzierung der mit der Fortluft und dem Abwasser abgeleiteten Aktivität sind Messungen sowohl im Nieder- als auch im Hochenergiebereich erforderlich, so daß - außer bei Verwendung der kombinierten Gamma-X-Detektoren - je Probe hier ebenfalls zwei Messungen erforderlich sind. Besondere Erwähnung verdient der hohe Arbeitsaufwand für die Durchführung der verschiedenen Ringversuche. Trotz der geringen Zahl an Proben bei den Ringversuchen 'Abwasser', 'Abluft' sowie 'Boden', ist, wegen der von den durchführenden Institutionen geforderten Mehrfachbestimmungen, tatsächlich eine sehr hohe Zahl an Messungen auszuführen.

Meßzweck	Anzahl Proben	Anzahl der durchgeführten Messungen		
		α- und β-Bruttomessungen	γ-Spektrometrie	α-Spektroskopie
Abwasserbilanzierung	75	-	126	12
Fortluftüberwachung	2335	2990	1543	12
Umgebungsüberwachung	139	-	122	29
externe Aufträge	47	-	47	-
Ringversuche	6	-	41	15
Qualitätskontrolle	73	424	336	73
Training von Gastwissenschaftlern	169	-	-	169

Tab. 5/12 Art und Anzahl der Proben sowie der 1994 in der Gruppe "Abwasserüberwachung und Spektrometrie" durchgeführten spektroskopischen Messungen

5.2.7 Inbetriebnahme eines Mehrplatz-Spektrometriesystems auf Genie-PC-Basis

Chr. Wilhelm, R. Grom

In der Gruppe "Abwasserüberwachung und Spektrometrie" werden für Aufgaben der Abteilung Umweltschutz insgesamt acht Oberflächensperrschichtzähler und zehn Germaniumdetektoren zur α - und γ -Spektrometrie eingesetzt. Diese Detektoren wurden bis Mitte 1994 mit vier "klassischen" ND-66-Vielkanalanalysatoren, im Verbund mit einer VAX-Arbeitsstation, betrieben. Um den gestiegenen meßtechnischen Anforderungen, die sich u. a. aus neuen DIN-Normen und KTA-Regeln ergaben, zu genügen, war es erforderlich, das gesamte Spektroskopiesystem zu erneuern.

Nach dem Test von vier Spektroskopiesystemen verschiedener Hersteller wurde für ein System auf der Basis von Genie-PC entschieden. Es bietet einen netzwerkfähigen Meßbetrieb aller angeschlossener Detektoren mit der Möglichkeit, von allen Arbeitsplätzen aus auf jeden Detektor zugreifen zu können. Die Spektren werden zunächst in einem autarken Interface (AIM: Acquisition Interface Module) gespeichert und nach Ablauf der Meßzeit zur Bearbeitung über das Netz an einen Rechner weitergegeben. Für die Analysen von komplexen Spektren steht neben den Standardroutinen ein sehr gutes interaktives Peak-Fit-Programm zur Verfügung. Der schematische Aufbau des Gesamtsystems ist in Abb. 5/8 dargestellt.

Nach der Installation des Systems war die Analysesoftware den Erfordernissen bei HS/US anzupassen. Für die Erstellung von Standard-Meßroutinen stellt die sehr umfangreiche Genie-PC-Software das Programm "Procount" zur Verfügung. Damit lassen sich mit einfachen Mitteln Meß- und Analyseschritte automatisieren. Mit diesem Programm wurden insgesamt acht Analyseroutinen generiert, die, beginnend mit der Abfrage der Probenkenndaten über die verschiedenen Schritte der Analyse bis hin zu Art und Umfang des Berichtes, alle Programmteile probenindividuell abarbeiten. Spezielle Meß- und Auswerterroutinen, wie zum Beispiel Langzeitmessungen mit Zwischenspeicherung der Spektren auf Festplatte, können nicht mit dem Programm "Procount" erstellt werden. Für derartige Routinen wurden mit der Sprache REXX bisher insgesamt sechs zusätzliche Analysenprogramme entwickelt. Für die Gestaltung der Analysenberichte steht in der Genie-PC-Software eine Seitenbeschreibungssprache zur Verfügung. Mit ihr wurden die Analysenberichte für bisher 16 Routinemeßverfahren nach den jeweiligen Vorgaben gestaltet.

Durch die große Flexibilität der Software des neuen Systems war es möglich, die Meßkapazität des Spektrometriesystems insgesamt zu erhöhen. Den einzelnen Detektoren sind nicht mehr nur bestimmte Meßaufgaben zugeordnet, sondern sie werden nun, je nach Verfügbarkeit, für alle Meßaufgaben eingesetzt. Dazu war es allerdings erforderlich, alle Detektoren auch für alle auftretenden Meßgeometrien zu kalibrieren. Bis zum Jahresende konnten rund 120 Kalibrierungen implementiert und für den Meßbetrieb zur Verfügung gestellt werden.

Mit der Einrichtung des neuen Spektrometriesystems können die vielfältigen Anforderungen, die aufgrund des breiten Aufgabenspektrums der Abteilung Umweltschutz an ein derartiges System gestellt werden, nunmehr besser erfüllt werden. Die flexible Software ermöglicht einen hohen Automatisierungsgrad bei gleichzeitiger Steigerung der Analysenqualität und zusätzlich eine Erhöhung des Probandurchsatzes. Allerdings war der zur Implementierung des Systems erforderliche Aufwand erheblich.

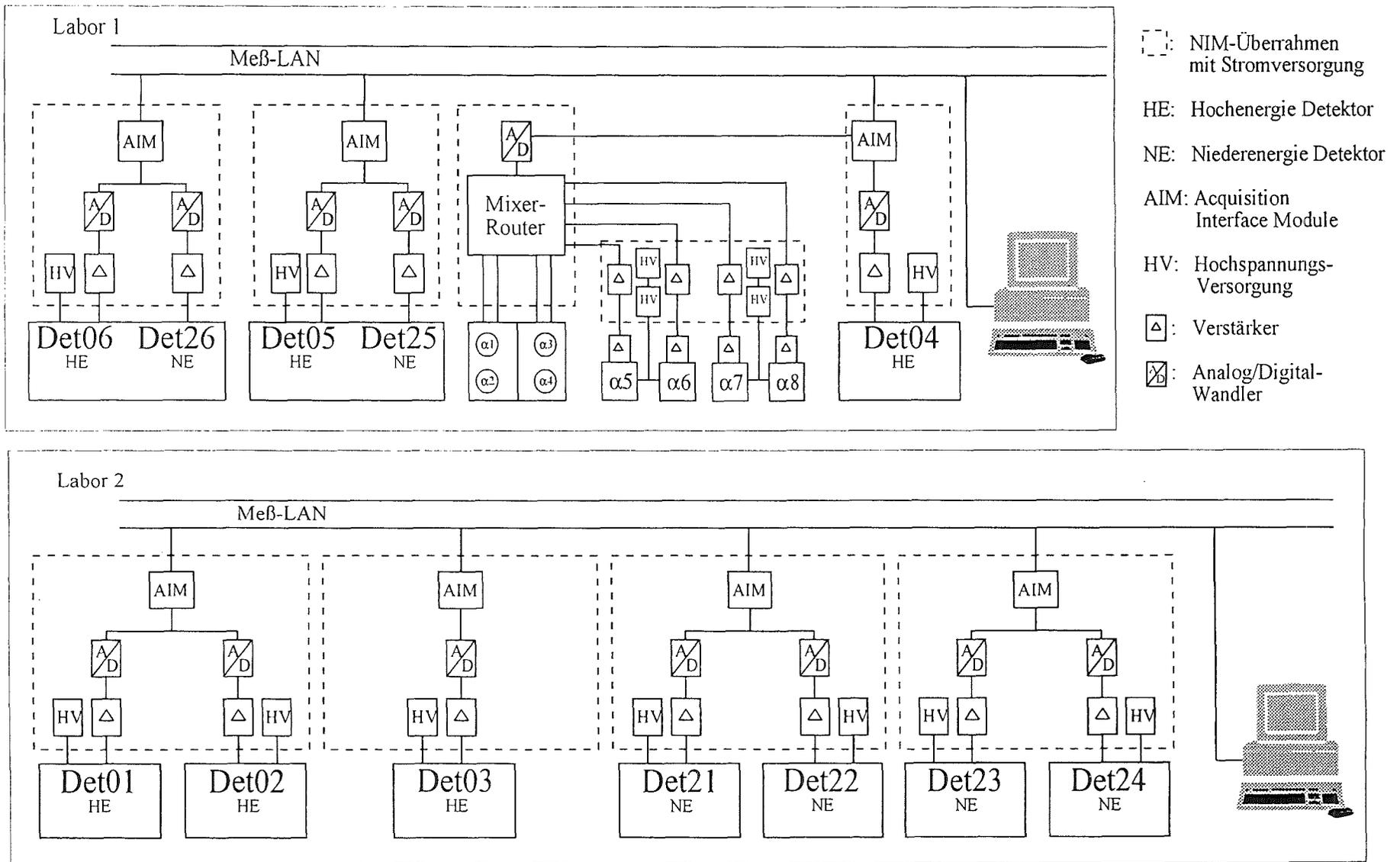


Abb. 5/8: Schematischer Aufbau des Spektrometriesystems

5.3 Umgebungsüberwachung

M. Rietschel, A. Wicke

Die Umgebung des Forschungszentrums Karlsruhe wird gemäß § 48 StrlSchV nach einem vom Umweltministerium Baden-Württemberg angeordneten Routinemeßprogramm überwacht. Das routinemäßig überwachte Gebiet umfaßt eine Fläche von ca. 200 km². Die meisten Meß- und Probeentnahmeorte liegen innerhalb eines Kreises von ca. 8 km Radius um das Forschungszentrum Karlsruhe (s. Lageplan Nr. 1). Im betriebliche Überwachungsbereich - das ist die ca. 2 km² große Fläche innerhalb des Zauns - ist das Meßstellennetz (s. Lageplan Nr. 2) wesentlich dichter als in der eigentlichen Umgebung.

Das auflagenbedingte Überwachungsprogramm umfaßt die Ermittlung der direkten Strahlenexposition sowie die Messung der Aktivität von Probenmaterialien aus verschiedenen Umweltmedien. Wenn sich im Rahmen der Routineüberwachung gegenüber bekannten Schwankungsbereichen signifikant erhöhte Meßwerte ergeben, werden grundsätzlich ergänzende, zeitlich befristete Überwachungsmaßnahmen durchgeführt. Monatliche Meßfahrten dienen dem Training des Einsatzpersonals bei Störfällen. Insgesamt werden dabei jährlich an ca. 900 Proben rund 1 800 Messungen durchgeführt.

Die sehr umfangreiche Zusammenstellung aller Einzelmeßergebnisse wird für jedes Quartal den zuständigen Aufsichtsbehörden zugeleitet. Das Routineüberwachungsprogramm zur Überwachung der Umgebung hat folgende Struktur:

1 *Direktmessung der Strahlung*

- 1.1 Außenstationen
- 1.2 Monitoranlage zur Überwachung des Betriebsgeländes einschließlich WAK
- 1.3 Festkörperdosimeter

2 *Radioaktivitätsmessungen*

- 2.1 Luft
- 2.2 Niederschlag
- 2.3 Boden
- 2.4 Bodenoberfläche
- 2.5 Bewuchs
- 2.6 Laub
- 2.7 Pflanzliche Nahrungsmittel
- 2.8 Oberflächenwasser
- 2.9 Grund- und Trinkwasser
- 2.10 Sediment
- 2.11 Fisch

3 *Meßfahrten (Störfalltrainingsprogramm)*

- 3.1 γ -Ortsdosisleistung
- 3.2 Aerosole
- 3.3 gasförmiges Iod
- 3.4 Bodenoberfläche
- 3.5 Boden

5.3.1 Ergebnisse der Routineüberwachung 1994

M. Rietschel, F. Werner, W. Bohn

5.3.1.1 Direktmessung der Strahlung

Zur Direktmessung der Strahlung befinden sich zwei On-line-Systeme im Einsatz. Das eine System, die sogenannte Monitoranlage, dient der Überwachung des betrieblichen Überwachungsbereichs, das andere System, die sogenannten Außenstationen, dient der Überwachung der umliegenden Ortschaften. 1994 wurde durch die Monitoranlage eine Überschreitung der Warnschwelle von 1 $\mu\text{Sv/h}$ registriert. Ursache dieser erhöhten Dosisleistung auf dem Gelände des Forschungszentrums war ein Transport radioaktiver Stoffe. Bei den Außenstationen wurden keine erhöhten Dosisleistungsmeßwerte registriert. In Abb.5/9 sind die mittleren wöchentlichen Ortsdosisleistungen 1994 an den Außenstationen der Ortschaften Blankenloch, Friedrichstal und Leopoldshafen und an der Station "Forsthaus" dargestellt. Der Schwankungsbereich lag zwischen rund 70 nSv/h und 100 nSv/h. Die Wochenwerte für die Ortschaften Eggenstein, Graben-Neudorf, Karlsruhe und Linkenheim, die lediglich aus darstellungstechnischen Gründen nicht in Abb. 5/9 aufgenommen wurden, lagen alle innerhalb dieses Schwankungsbereichs. Die geringen Unterschiede des Strahlungspegels werden im wesentlichen durch standortspezifische Parameter wie z. B. verschiedene Dachhöhen, Dachneigungen, Alter und Baumaterial der Dächer und Gebäude, aber auch durch die Nähe zu anderen Gebäuden bestimmt.

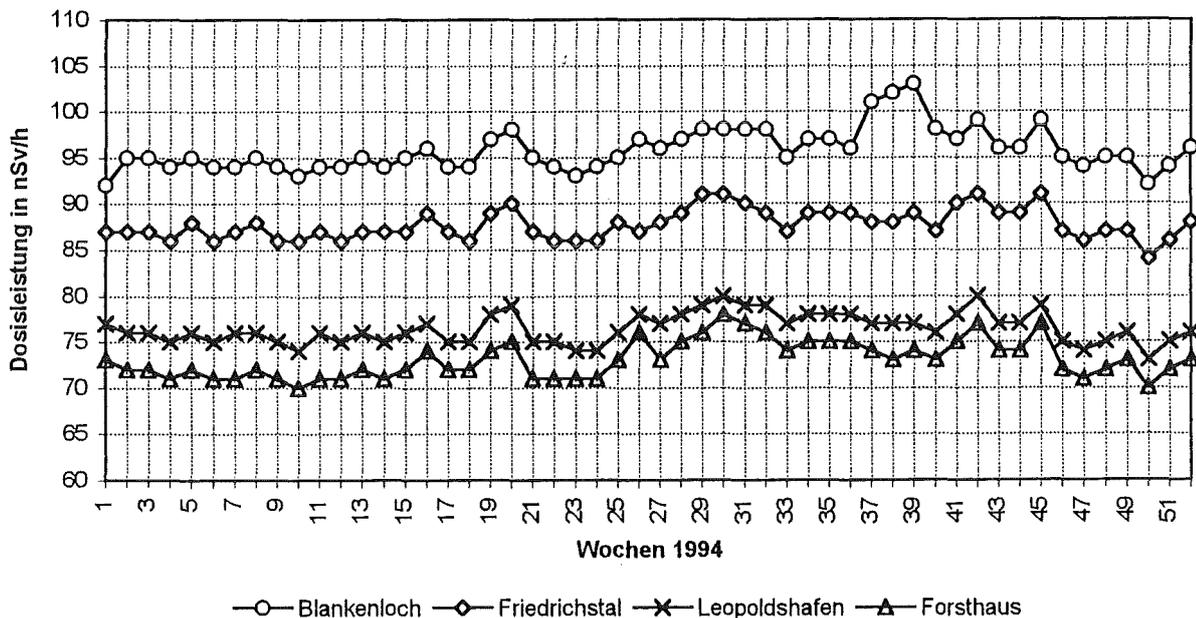


Abb. 5/9: Mittlere wöchentliche γ -Ortsdosisleistung 1994 in den nächstgelegenen Ortschaften und am Forsthaus

Die niedrigste Dosisleistung wird am "Forsthaus" (einzelnes Gebäude, hauptsächlich von Wald umgeben) gemessen. Dies wird auch durch die Messung der Ortsdosis mittels Thermolumineszenzdosimetern bestätigt. Die Ortsdosis entlang des Betriebsgeländezaunes (insgesamt 23 Meßorte) lag auch 1994 innerhalb der Schwankungsbreite (0,6 bis 0,79 mSv/a) der Meßwerte der 32 Umgebungsdosimeter in den umliegenden Ortschaften.

5.3.1.2 Radioaktivitätsmessungen

Zweimal wöchentlich werden die Aerosolfilter, die in den drei Meßhütten kontinuierlich bestaubt werden, gewechselt. γ -spektrometrische Untersuchung und Plutoniumanalyse der Filter erfolgen vierteljährlich. 1994 lagen alle durch γ -Spektrometrie bestimmten Aktivitätskonzentrationen künstlicher Radionuklide unter oder nahe der Nachweisgrenze ($10 \mu\text{Bq}/\text{m}^3$ für Cs-137). Die Be-7-Aktivitätskonzentration schwankte zwischen 2,9 und $5,0 \text{ mBq}/\text{m}^3$. Be-7 ist ein natürliches Radionuklid, das als Leitnuklid für den vertikalen atmosphärischen Austausch angesehen werden kann und dessen Aktivitätskonzentration je nach Jahreszeit schwankt. Pu-238 wurde 1994 nicht nachgewiesen. Im 3. Quartal wurde bei der Meßhütte Forsthaus Pu-239 + Pu-240 in der Luft nachgewiesen. Der Meßwert betrug $0,4 \pm 0,2 \mu\text{Bq}/\text{m}^3$. In allen übrigen Fällen lagen die Aktivitätskonzentrationen ebenfalls unterhalb der Nachweisgrenze (vgl. Kap. 5.4).

Im Niederschlag wurde bei der γ -spektrometrischen Bestimmung der künstlichen Radionuklide keine Aktivitätskonzentration oberhalb der Nachweisgrenze ($0,04 \text{ Bq}/\text{l}$ für Cs-137) festgestellt. Die Monatswerte der H-3-Aktivitätskonzentration schwankten zwischen der Nachweisgrenze ($3 \text{ Bq}/\text{l}$) und dem Maximalwert von $26 \text{ Bq}/\text{l}$.

Tab. 5/13 enthält eine Übersicht über den Schwankungsbereich der 1993 und 1994 gemessenen spezifischen Aktivitäten in Boden- und Sedimentproben. Aufgeführt wurden nur solche künstlichen Nuklide, für die im Jahre 1994 mindestens ein Meßergebnis über der Erkennungsgrenze lag. Bei K-40 handelt es sich um ein natürliches Radionuklid. Gegenüber dem Vorjahr wurde keine erhöhte spezifische Aktivität im Boden oder Sediment festgestellt. Die gemessenen Cs-134- und Cs-137-Aktivitäten beruhen zum größten Teil auf dem Fallout vom Reaktorunfall in Tschernobyl im Jahr 1986. Die Sedimentproben werden im Rheinniederungskanal und Hirschkanal kontinuierlich in sogenannten Sedimentsammelkästen aufgefangen, die monatlich geleert werden.

Überwachtes Medium	Nuklid	spezifische Aktivität in Bq/kg Trockensubstanz			
		1994		1993	
		Minimum	Maximum	Minimum	Maximum
Boden (0-5cm)	K-40	450	680	390	640
	Cs-134	0,79	0,99	0,5	1,3
	Cs-137	23	56	11	37
	Sr-90	0,3	2,3	0,2	2,9
	Pu-238	< 0,004	0,05	< 0,007	0,04
	Pu-239 + 240	0,16	0,6	0,1	1,1
Boden (In-situ-Gamma-Spektrometrie)	K-40	310	420	360	410
	Cs-134	< 0,8	1,4	< 1,1	2,0
	Cs-137	11	23	7,4	25
Sediment (Rheinniederungskanal unterhalb Einleitung)	K-40	360	470	310	380
	Cs-134	< 1,9	5,5	2,3	3,0
	Cs-137	33	100	41	74
	Pu-238	0,25	0,26	0,1	0,7
	Pu-239 + 240	0,53	0,55	0,2	1,0
Sediment (Hirschkanal)	K-40	340	580	300	450
	Co-60	< 1,9	5,8	3,3	6,8
	Cs-134	6,9	16	15	26
	Cs-137	330	710	520	940
	Am-241	< 9,4	29	< 12	38

Tab. 5/13: Schwankungsbereich der spezifischen Aktivität im Boden und Sediment

Zur Bestimmung der spezifischen Aktivität im Boden wurden in den Hauptausbreitungssektoren der WAK und an einer Referenzstelle Proben bis zu einer Tiefe von 5 cm entnommen und anschließend im Labor gemessen. Außerdem wurde die spezifische Aktivität im Boden auch durch In-situ-Gamma-spektrometrie ermittelt. Hierzu wurden an vier ausgewählten Orten der Zentralzone Messungen durchgeführt, zwei davon in den Hauptausbreitungsrichtungen.

Eine Übersicht über den Schwankungsbereich der 1993 und 1994 gemessenen spezifischen Aktivitäten in Nahrungsmitteln gibt Tab. 5/14. Aufgeführt wurden nur solche künstlichen Nuklide, für die in den Jahren 1993 und 1994 mindestens ein Meßergebnis über der Erkennungsgrenze lag. Die landwirtschaftlichen Produkte wurden in den beiden Hauptausbreitungssektoren angebaut. Der Fisch stammt aus dem Rheinniederungskanal in der Höhe von Linkenheim. Die mittlere spezifische Cs-134- und Cs-137-Aktivität ist im Vergleich zum Vorjahr etwas geringer.

Überwachtes Medium	Nuklid	spezifische Aktivität in Bq/kg Frischsubstanz			
		1994		1993	
		Minimum	Maximum	Minimum	Maximum
Wurzelgemüse	K-40	24	72	40	83
	Cs-137	< 0,02	0,04	< 0,02	0,1
	Sr-90	< 0,07	0,093	< 0,1	< 0,2
Getreide	K-40	110	120	92	110
	Cs-137	< 0,04	< 0,08	< 0,03	0,2
	Sr-90	0,3	0,3	0,1	0,2
Blattgemüse	K-40	37	150	47	140
	Cs-137	< 0,02	0,03	< 0,02	0,09
	Sr-90	0,12	0,7	0,06	0,06
Fisch	K-40	54	81	67	99
	Cs-134	< 0,04	< 0,06	< 0,06	0,1
	Cs-137	0,2	0,3	0,7	1,0

Tab. 5/14: Schwankungsbereich der spezifischen Aktivität in Nahrungsmitteln

Zur Überwachung des Grundwassers im Nahbereich der HDB werden zahlreiche Beobachtungspegel im Rahmen des Umgebungsüberwachungsprogrammes beprobt. Diese Pegel befinden sich innerhalb und außerhalb des Betriebsgeländes in Grundwasserfließrichtung. Die H-3-Konzentration schwankte 1994 zwischen der Nachweisgrenze (3 Bq/l) und 14 Bq/l und zeigt damit eine abnehmende Tendenz im Vergleich mit den Vorjahreswerten. Die H-3-Aktivitätskonzentration des Grund- und Trinkwassers der Wasserwerke Linkenheim, Leopoldshafen, Hardtwald, des Forschungszentrums Karlsruhe und der Beobachtungsbrunnen zwischen dem Forschungszentrum Karlsruhe und Linkenheim lag im Schwankungsbereich des Nullpegels (3 bis 8 Bq/l).

Bei Aussiedlerhöfen, die sich in der Nähe des Rheinniederungskanals bei Liedolsheim, Rußheim und Rheinsheim befinden, wird vierteljährlich die H-3-Aktivitätskonzentration im Grundwasser bestimmt. Die H-3-Aktivitätskonzentration schwankte hier zwischen 2 und 300 Bq/l.

Unterhalb der Einleitungsstelle für die Abwässer des Forschungszentrums Karlsruhe werden Wasserproben aus dem Rheinniederungskanal kontinuierlich über eine Woche gesammelt. Die Wochenwerte

der H-3-Aktivitätskonzentration im Jahr 1994 schwankten zwischen 38 Bq/l und 7 200 Bq/l. In Abb. 5/10 ist der zeitliche Verlauf der H-3-Aktivitätskonzentration im Rheinniederungskanal dargestellt.

Vierteljährlich werden außerdem vier Baggerseen und kleinere Gewässer, die zum Teil eine direkte Verbindung zum Rheinniederungskanal haben, beprobt. Ihre H-3-Aktivitätskonzentration schwankte 1994 zwischen 3 Bq/l und 100 Bq/l.

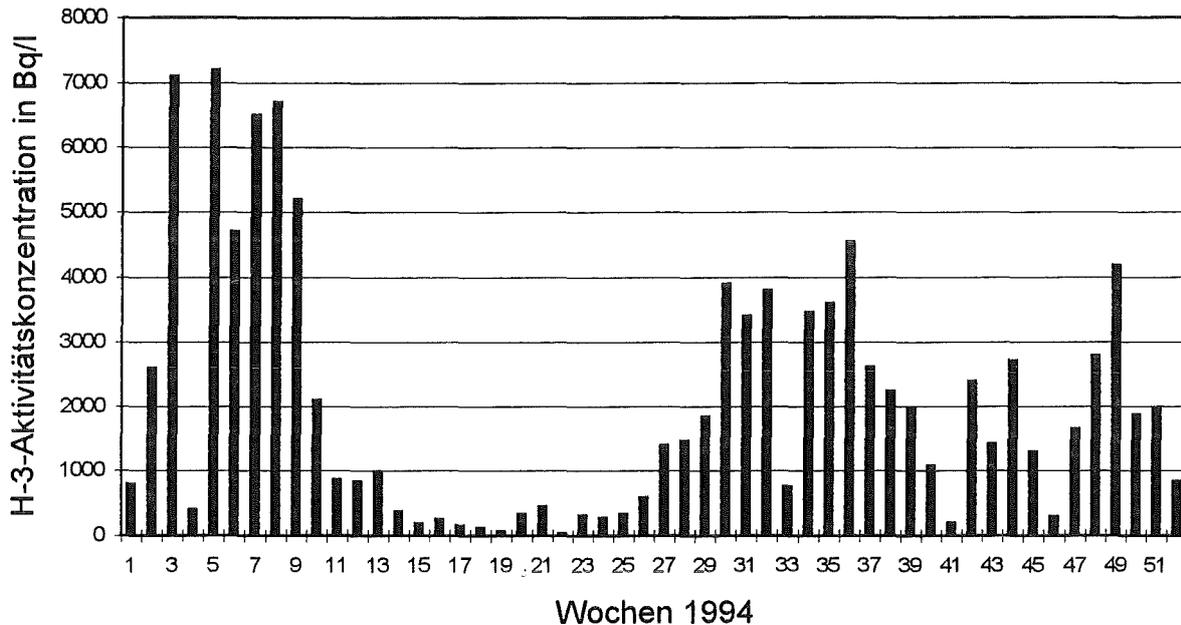


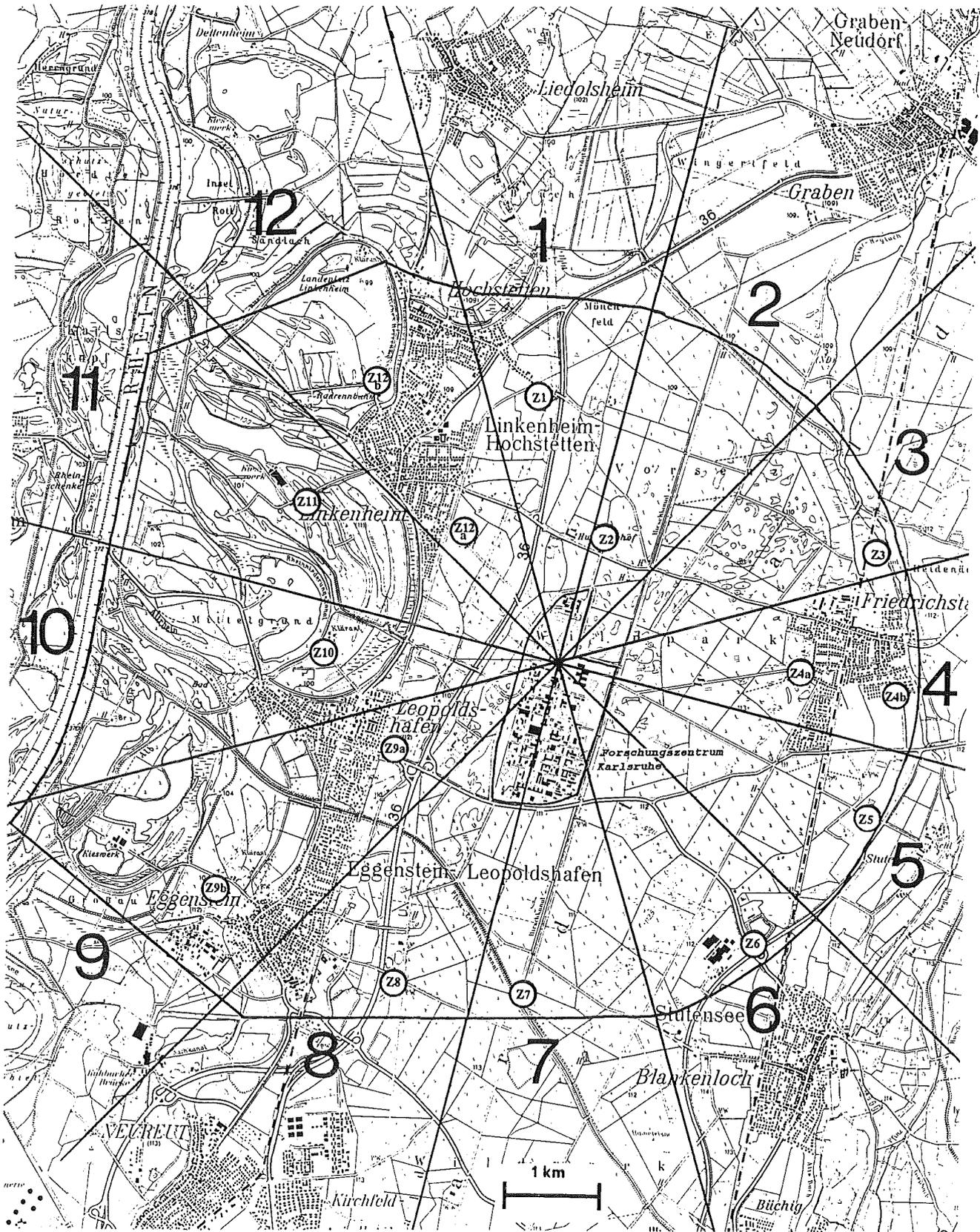
Abb. 5/10: H-3-Aktivitätskonzentration im Rheinniederungskanal

5.3.1.3 Meßfahrten

Im Rahmen des Störfalltrainingsprogrammes werden monatliche Meßfahrten zu wechselnden Meß- und Probenahmeorten durchgeführt. Die anzufahrenden Stellen wurden in der Zentralzone (s. Lageplan Nr. 3, Seite 117) gemäß dem "Besonderen Katastropheneinsatzplan für die Umgebung des Forschungszentrums Karlsruhe" festgelegt. Ziel dieser Meßfahrten ist das Training des Rufbereitschaftspersonals der HS/US. Alle Meßergebnisse entsprachen der Erwartung und zeigten keinerlei Auffälligkeiten.

5.3.1.4 Ergänzende Überwachungsmaßnahmen

Wenn sich im Rahmen der Routineüberwachung gegenüber bekannten Schwankungsbereichen signifikant erhöhte Radioaktivitätsmeßwerte ergeben, für die sich bei konservativer Betrachtung ein relevanter Bruchteil der Dosisgrenzwerte des § 45 StrlSchV abschätzen läßt, werden grundsätzlich ergänzende, zeitlich befristete Überwachungsmaßnahmen durchgeführt, deren Umfang dem jeweiligen Anlaß angemessen ist. Ergänzende Überwachungsmaßnahmen sind z. B. eine Erhöhung der Probenahmefrequenz, eine Ausdehnung der Probenahmen auf andere Stellen als die im Routineprogramm festgelegten oder eine erweiterte Analytik.



Lageplan Nr. 3: Meß- und Probenahmeorte in den zwölf Sektoren der Zentralzone gemäß dem "Besonderen Katastropheneinsatzplan für das Forschungszentrum Karlsruhe"

Im Jahr 1994 wurden zusätzlich zum Routineprogramm 2 Probenahmen und Messungen aufgrund von Verfärbungen oder pH-Wertveränderungen der Regen- und Kühlwässer in den Sandfängen durchgeführt. Es wurden jeweils Wasserproben entnommen und vorsorglich deren H-3- sowie die α - und β -Aktivitätskonzentrationen bestimmt. Bei sämtlichen Messungen konnte keine erhöhte Aktivität nachgewiesen werden.

Nach Druckprüfungen kam es an undichten Stellen der Chemie I -Abwasserleitungen bei Gebäude 400 und zwischen Schacht 0713 und 0714 zu Wasseraustritten. In beiden Fällen wurden Bodenproben aus dem vermutlichen Leckbereich im Rahmen der Lecksuche entnommen und vorsorglich deren spezifische α - und β -Aktivität bestimmt sowie die H-3-Konzentration der Bodenfeuchte. Erhöhte Aktivitätswerte konnten nicht nachgewiesen werden.

5.3.2 In-situ-Gammaspektrometrie

M. Rietschel, A. Wicke

Das Verfahren der In-Situ-Gammaspektrometrie eignet sich als Schnellmethode zur nuklidspezifischen Messung von Radioaktivität in der Umgebung. Neben der Ermittlung störfall- oder unfallbedingter Bodenkontaminationen wie z. B. durch den Reaktorunfall von Tschernobyl, durch Kernwaffenfallout oder durch den langfristigen Betrieb kerntechnischer Einrichtungen, kann mit diesem Verfahren auch eine radiologische Vermessung von Gebieten mit erhöhter natürlicher Radioaktivität vorgenommen werden.

Damit überprüft werden kann, ob das jeweils verwendete In-Situ-Meßsystem bestimmten Qualitätskriterien genügt, werden zur Qualitätssicherung sogenannte Ringversuche durchgeführt. Der erste internationale Ringvergleich fand 1991 in Paks in Ungarn statt. Weitere Ringversuche wurden 1992 in Landsberg am Lech und 1993 in Gera/Thüringen durchgeführt. Einem vorläufigen Bericht des BfS über die Meßkampagne von 1993 zufolge ist das zur Umgebungsüberwachung des Forschungszentrums Karlsruhe eingesetzte In-Situ-Meßsystem gut kalibriert und sind die mit diesem System gewonnenen Meßdaten von hoher Qualität. 1994 wurde der Ringversuch vom Forschungszentrum Seibersdorf zusammen mit der Universität Salzburg in Österreich organisiert. Als Meßorte wurden Salzburg und eine Alm bei Badgastein gewählt. In beiden Gegenden wurden seit dem Reaktorunfall von Tschernobyl regelmäßig Messungen durch die Universität Salzburg durchgeführt. Daher waren hier die Aktivitätskonzentrationen von Cäsium im Boden einschließlich ihrer Tiefenverteilung bekannt und standen als Referenzwerte zur Verfügung. Das Forschungszentrum Karlsruhe hat an den Meßkampagnen von 1993 und 1994 teilgenommen. Abschließende Berichte der Organisatoren lagen bei Abfassung dieses Jahresberichts noch nicht vor.

Im Jahr 1994 wurden vom Forschungszentrum Karlsruhe außerdem auf einer Halde eines ehemaligen Erzbergwerks bei Baden-Baden In-Situ-spektrometrische Messungen vorgenommen. Hier wurde die nuklidspezifische Aktivitätskonzentration des Haldenmaterials mit einem Referenzgebiet verglichen.

5.3.3 Tritiumkonzentrationen in landwirtschaftlichen Produkten aus den Hauptausbreitungssektoren und aus dem Bereich des Vorfluters

K.-G. Langguth, H. Genzer, Chr. Wilhelm

Im Jahre 1994 wurden die Tritiumkonzentrationen in verschiedenen landwirtschaftlichen Produkten aus den beiden Hauptausbreitungssektoren und aus dem Bereich des Vorfluters bestimmt. Dazu wurde die Tritiumkonzentration sowohl im Wasser, das durch Gefriertrocknung extrahiert wurde (HTO), als auch im Verbrennungswasser der organischen Trockensubstanz (OBT), das durch Verbrennung der wasserfreien Proben in einem Plasmaprozessor gewonnen wurde, gemessen. Aus den gemessenen Tritiumgehalten und dem gemessenen Anteil des extrahierten Wassers an der Frischsubstanz wurde die Tritiumaktivität pro kg Frischsubstanz unter Annahme eines konstanten Gewichtverhältnisses von Oxidationswasser zu Trockensubstanz von 0,56 berechnet. Die Ergebnisse zeigt Tabelle 5/15.

Herkunft der Proben	Probenart	Probenahmedatum	Wassergehalt in %	Tritiumaktivität		
				in Bq/l		in Bq/kg FS*
				HTO	OBT	
Referenzstelle Augustenberg in Karlsruhe-Durlach	Bewuchs	16.05.94	77	3,2 ± 1,1	3,9 ± 1,1	3,0 ± 1,0
	Bewuchs	19.10.94	80	3,4 ± 1,1	3,1 ± 1,0	3,1 ± 1,1
Umgebung des Vorfluters (Rheinniederungskanal)	Bewuchs	09.05.94	87	1,6 ± 1,0	4,0 ± 1,4	1,7 ± 1,0
	Kartoffeln	07.09.94	82	3,8 ± 1,1	3,5 ± 1,1	3,5 ± 1,0
	Gurken	10.08.94	89	3,5 ± 1,1	3,7 ± 1,1	3,3 ± 1,0
	Fisch	24.01.94	83	1300 ± 40	1700 ± 50	1200 ± 40
	Fisch	08.12.94	81	1300 ± 40	1800 ± 50	1200 ± 40
Weizen	26.07.94	5,2		8,6 ± 1,4	4,6 ± 1,2	2,9 ± 0,7
1. Hauptausbreitungssektor (Raum Friedrichstal)	Roggen	18.07.94	8,2	4,8 ± 1,2	6,0 ± 1,2	3,5 ± 0,7
	Kartoffeln	29.07.94	88	3,7 ± 1,1	4,0 ± 1,1	3,5 ± 1,0
	Spinat	08.06.94	92	5,8 ± 1,3	4,6 ± 1,2	5,5 ± 1,2
2. Hauptausbreitungssektor (Raum Eggenstein-Leopoldshafen)	Spinat	21.06.94	90	1,8 ± 1,0	4,9 ± 1,2	1,9 ± 1,0
	Roggen	01.08.94	5,3	6,2 ± 1,3	3,7 ± 1,0	2,3 ± 0,6
	Kartoffeln	30.08.94	81	3,8 ± 1,2	3,7 ± 1,1	3,5 ± 1,1
Betriebsgelände des Forschungszentrums Karlsruhe (Bereich: Tritiumlabor)	Laub	05.05.94	75	3,4 ± 1,1	4,6 ± 1,2	3,2 ± 1,0
	Laub	08.08.94	55	6,6 ± 1,3	9,7 ± 1,5	6,1 ± 1,1
	Laub	07.09.94	54	3,2 ± 1,1	9,1 ± 1,5	4,1 ± 1,0

* FS: Frischsubstanz

Tab. 5/15 Tritiumkonzentration in landwirtschaftlichen Produkten aus den beiden Hauptausbreitungssektoren, aus dem Bereich des Vorfluters und in Laub vom Betriebsgelände des Forschungszentrums Karlsruhe

Die spezifische Tritiumaktivität im Fisch aus dem Vorfluter liegt bis zu einem Faktor 4 über den Werten des Vorjahres. Dies ist auf die zu den Probenahmezeitpunkten 1994 gegenüber dem Vorjahr erhöhten Tritiumkonzentrationen im Vorfluter zurückzuführen.

Unter der Annahme, daß die gesamte Tritiumzufuhr eines Menschen über das Trinkwasser erfolgt, läßt sich aus dem in § 45 der Strahlenschutzverordnung festgelegten Dosisgrenzwert für die effektive Dosis von 0,3 mSv pro Jahr, dem Dosisfaktor für Tritium und dem ebenfalls in der StrlSchV für Dosisberechnungen festgelegten Jahresverbrauch von Trinkwasser für Erwachsene eine mittlere zulässige Tritiumkonzentration für Trinkwasser berechnen. Sie ergibt sich zu rund 23 kBq/l. Im Vergleich dazu sind die 1994 gemessenen Tritiumkonzentrationen in landwirtschaftlichen Produkten sehr niedrig und somit unter dem Aspekt des Strahlenschutzes ohne Bedeutung.

5.4 Chemische Analytik

M. Pimpl

Die Gruppe "Chemische Analytik" führt die nuklidspezifischen Bestimmungen für die Emissions- und Immissionsüberwachung des Forschungszentrums aus, bei denen radiochemische Analysenverfahren zur Probenpräparation notwendig sind. Für die Abluft-, Abwasser- und Umgebungsüberwachung des Forschungszentrums Karlsruhe GmbH und der WAK werden verschiedene Radionuklide im Low-level-Bereich mittels radiochemischer Analysenverfahren aus verschiedenen Probenmaterialien wie Aerosolfiltern, Pflanzen, Boden, Sedimenten, Fischen, Lebensmitteln und Wasser abgetrennt und nuklidspezifisch gemessen. Routinemäßig werden die Radionuklide Pu-238, Pu-239+240, Pu-241, Am-241, Cm-242, Cm-244, Sr-89, Sr-90, C-14, S-35 und K-40 erfaßt. Zu den Routineaufgaben der Gruppe "Chemische Analytik" gehören des weiteren die Beschaffung der benötigten radioaktiven Stoffe, die Herstellung von Kalibrierstandards und die Bilanzierung des Bestands an radioaktiven Stoffen für die Abteilung HS/US. Neben begleitenden Arbeiten zur Qualitätssicherung werden Entwicklungsarbeiten zur Verbesserung bestehender Verfahren und zur Einführung neuer Methoden geleistet. Zusätzlich zu diesen Routineaufgaben werden, soweit es die Personalkapazitäten zulassen, nuklidspezifische Bestimmungen gegen Berechnung auch für externe Auftraggeber durchgeführt. Zur Überprüfung von Geräten und Methoden hat die Gruppe auch 1994 an verschiedenen Ringversuchen und Vergleichsmessungen teilgenommen, wobei durchweg sehr gute Ergebnisse erzielt werden konnten.

5.4.1 Radiochemische Arbeiten

M. Pimpl, K. Bender, P. Perchio, E. Sadri, S. Vater

Im Berichtszeitraum wurde wöchentlich die Fortluft der Verbrennungsanlagen der HDB (Geb. 436), der LAW-Eindampfanlage (Geb. 545) und der MAW-Eindampfanlage (Geb. 555) auf C-14 überwacht. Aus den Verbrennungsanlagen wurden im gesamten Jahr 1994 nur 4,3 % der nach Abluftplan zulässigen C-14-Ableitungen von 300 GBq emittiert, aus der MAW-Eindampfanlage nur 0,2 % von 200 GBq und aus der LAW-Eindampfanlage nur 58,5 % von 200 GBq.

Der seit einigen Jahren zu beobachtende Trend, daß die Aktivitätsabgaben aus dem Forschungszentrum in die Umgebung sehr viel geringer sind als in den Jahren 1973-1985, setzte sich auch 1994 fort. Die 1994 monatlich erfolgten Abgaben mit dem Abwasser des Forschungszentrums in den Vorfluter (Kap. 5.4.3) lagen - mit Ausnahme von Tritium - in der gleichen Größenordnung wie 1993, ebenso die Aktinidenemissionen mit der Fortluft der WAK (Kap. 5.4.2). In Monatsmischproben aus den Endbecken wurden C-14 und S-35 routinemäßig bestimmt, wobei für S-35 nur Werte unterhalb der Erkennungsgrenze ermittelt werden konnten, die zwischen 2,5 und 10,7 Bq/l lag. Die C-14-Konzentration lag in neun Monatsmischproben unter der Erkennungsgrenze, die zwischen 1,0 und 2,5 Bq/l schwankte.

Lediglich im März, April und Dezember wurden C-14-Konzentrationen zwischen 7,9 und 97 Bq/l gemessen. Im gesamten Jahr 1994 wurde nur 2,8 % der zulässigen Menge von 64 GBq an C-14 mit dem Abwasser in den Vorfluter abgeleitet.

Die Überwachung der Plutoniumkonzentrationen der bodennahen Luft brachte ein mit 1993 vergleichbares Resultat. Die Ergebnisse der Plutoniumbestimmungen der an den Probenahmestellen "Forsthaus", Meßhütte "Nordost" und Meßhütte "Südwest" je Quartal gesammelten Proben lagen unter den erreichten Erkennungsgrenzen von 0,03 µBq/m³.

Zusätzlich wurden Auftragsarbeiten für kerntechnische Anlagen durchgeführt, die nach einer aufwandsbezogenen Gebährentabelle in Rechnung gestellt wurden. Im Jahr 1994 entfielen auf Auftragsarbeiten folgende Analysen: Monatliche Aktinidenanalysen von Aerosolfiltern der WAK (bis einschließlich Februar 1994), monatliche Sr-89/90-Analysen sowie Alphabruttomessungen von Abwasserproben der Kernkraftwerke Obrigheim, Neckarwestheim Block I und Block II und Plutonium- und Americiumanalysen von Primärwasserproben des Kernkraftwerks Obrigheim.

Die im Laufe des Jahres 1994 insgesamt in der Gruppe "Chemische Analytik" durchgeführten Laborarbeiten sind in Tab. 5/16 aufgelistet. Mit in die Tabelle aufgenommen wurden Vergleichsanalysen und Entwicklungsarbeiten, an denen zwei Gastwissenschaftler zusammen insgesamt 7 Monate mitgearbeitet haben. Abb. 5/11 vermittelt einen Überblick über den zeitlichen Aufwand für die 1994 routinemäßig angefallenen radiochemischen Arbeiten.

Tätigkeitsgebiet	Art der Analysen	Anzahl der Bestimmungen
Umgebungsüberwachung	Pu-238, Pu-239 + 240	19
	Sr-89, Sr-90	13
	K-40	122
Abwasserüberwachung	Pu-238, Pu-239 + 240	13
	Pu-241	13
	Am-241, Cm-242, Cm-244	2
	Sr-89, Sr-90	61
	C-14	12
	S-35	12
	α-Bruttomessungen	12
Fortluftüberwachung	Pu-238, Pu-239 + 240	3
	Pu-241	3
	Am-241, Cm-242, Cm-244	3
	C-14	158
Kalibrierstandards	K-40, Th-229, U-232, U _{nat} , Sr-90, Am-241, I-131	57
Kontroll- und Vergleichsanalysen	Sr	10
	Pb	10
	Pu	12
	U, Th	56
	C-14	14
	Blindelektrolysen	230
Ringversuche	U, Pu, Sr	10
Entwicklungsarbeiten	U, Th	40

Tab. 5/16: Arbeiten der Gruppe "Chemische Analytik" im Jahr 1994

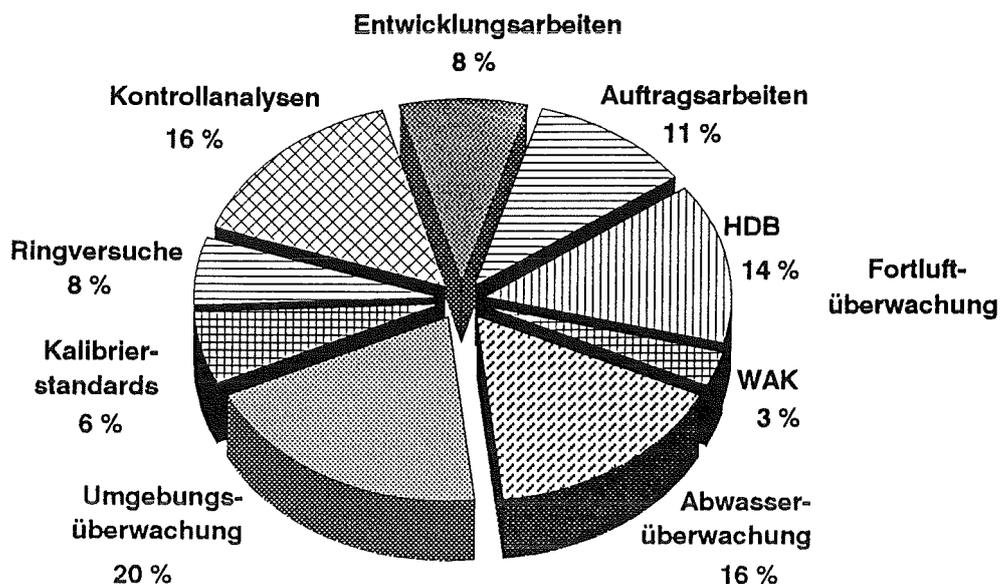


Abb. 5/11: Aufteilung der radiochemischen Arbeiten nach Zeitaufwand im Jahr 1994

5.4.2 Aktinidenableitungen mit der Fortluft der WAK 1994

K. Bender, M. Pimpl

Zur Messung der Aktinidenkonzentrationen in der Kaminabluft der WAK (Fortluft aus Prozeßgebäude und Behälterabgas) wird ein konstanter Volumenstrom im Bypass über ein Aerosolfilter geleitet. Die täglich entnommenen Filter werden zu einer Monatsmischprobe zusammengefaßt, die nuklidspezifisch analysiert wird. Die Messung der Aktiniden erfolgt mittels α -Spektrometrie. Tab. 5/17 enthält die für Januar und Februar 1994 ermittelten Aktinidenemissionen der WAK. Ab März 1994 wurden die von HS/US durchgeführten nuklidspezifischen Aktinidenbestimmungen eingestellt. Abb.5/12 zeigt die zeitliche Entwicklung der Pu-Ableitungen mit der Fortluft der WAK von 1977 bis 1994, wobei die Pu-Ableitungen im Januar und Februar auf das gesamte Jahr 1994 unter Annahme konstanter Emissionen hochgerechnet sind.

Monat	Emissionsraten in kBq/Monat					
	Pu-238	Pu-239+240	Pu-241	Am-241	Cm-242	Cm-244
Januar	0,016	0,016	1,3	0,026	< 0,003	< 0,005
Februar	0,011	0,015	1,3	0,026	< 0,005	< 0,006

Tab. 5/17: Aktiniden-Emissionen mit der Fortluft der WAK im Januar und Februar 1994

Plutonium-Ableitungen in %

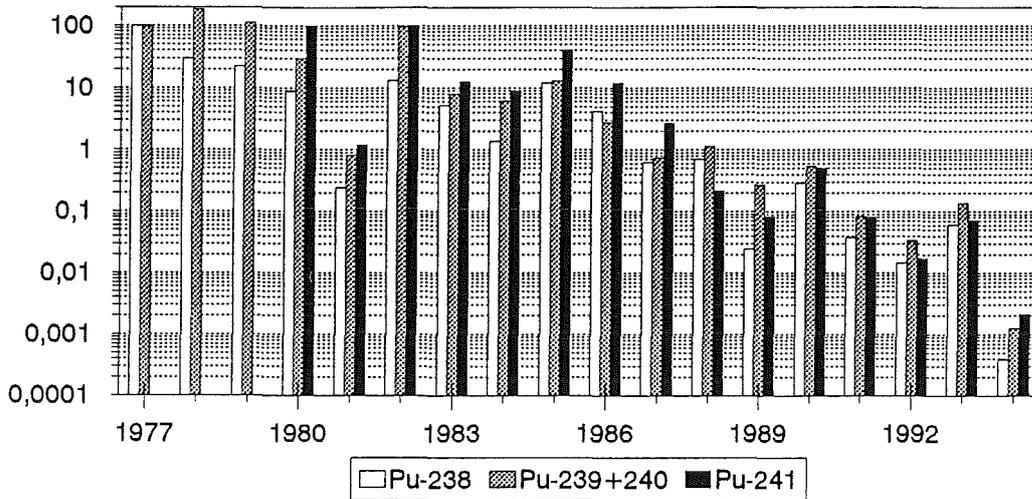


Abb. 5/12: Entwicklung der Plutoniumableitungen aus der WAK mit der Fortluft 1977-1994 (Die Ableitungen für Pu-238 und Pu-239 + 240 im Jahr 1977 sind gleich 100 % gesetzt, für Pu-241 die des Jahres 1980. Die Werte für 1994 wurden aus den Meßwerten von Jan. und Febr. extrapoliert).

5.4.3 Plutonium- und Strontiumableitungen mit dem Abwasser des Forschungszentrums Karlsruhe 1994

K. Bender, M. Pimpl

Zur Bilanzierung der mit dem Abwasser aus dem Forschungszentrum in den als Vorfluter dienenden Rheinniederungskanal abgeleiteten Aktivitäten an Sr-90, Pu-238, Pu-239 + 240 und Pu-241 werden die Konzentrationen dieser Nuklide in Monatsmischproben aus den Endbecken gemessen. Die Herstellung der Monatsmischproben erfolgt mengenproportional. Hierzu werden jeweils entsprechende Teilmengen der einzelnen, während eines Monats abgeleiteten Abwasserchargen entnommen und zu einer Mischprobe vereinigt. Die nuklidspezifischen Analysen erfolgen monatlich an Teilmengen der jeweiligen Monatsmischproben.

Radiostrontium wird als Sulfat aus der Probe abgetrennt. Nach radiochemischer Reinigung wird der Aufbau von Y-90 abgewartet, dieses als Oxalat abgetrennt und im Low-level- β -Meßplatz gemessen. Die Plutoniumisotope werden gemeinsam aus der Probe extrahiert, radiochemisch gereinigt und in einer Elektrolysezelle durch Elektrodeposition auf Edelstahlplättchen abgeschieden. Die α -Strahler Pu-238 und Pu-239 + 240 werden α -spektrometrisch bestimmt, der niederenergetische β -Strahler Pu-241 wird im Flüssigszintillationsspektrometer gemessen.

Die 1994 erfolgten monatlichen Aktivitätsabgaben mit dem Abwasser des Forschungszentrums in den Vorfluter sind Tab. 5/18 zu entnehmen. Abb.5/13 gibt einen Überblick über die Entwicklung der Plutonium- und Strontiumableitungen in den Vorfluter seit Beginn der nuklidspezifischen Überwachung im zweiten Halbjahr 1973.

Monat	Emissionsraten in MBq/Monat			
	Pu-238	Pu-239 + 240	Pu-241	Sr-90
Januar	< 0,02	< 0,02	< 1,2	0,62
Februar	< 0,025	0,030	2,6	< 0,37
März	0,039	0,076	< 5,2	< 0,28
April	0,019	0,017	4,2	2,4
Mai	0,12	< 0,041	< 2,6	0,58
Juni	0,11	< 0,027	< 2,2	1,3
Juli	0,095	< 0,018	3,9	< 0,26
August	< 0,015	< 0,014	4,0	< 0,30
September	< 0,026	< 0,026	2,3	0,35
Oktober	0,034	0,066	5,5	0,24
November	0,030	0,017	3,1	0,80
Dezember	< 0,017	0,030	2,1	1,47

Tab. 5/18: Monatliche Pu- und Sr-Aktivitätsableitungen mit dem Abwasser des Forschungszentrums Karlsruhe 1994

Strontium- und Plutonium-ableitungen in %

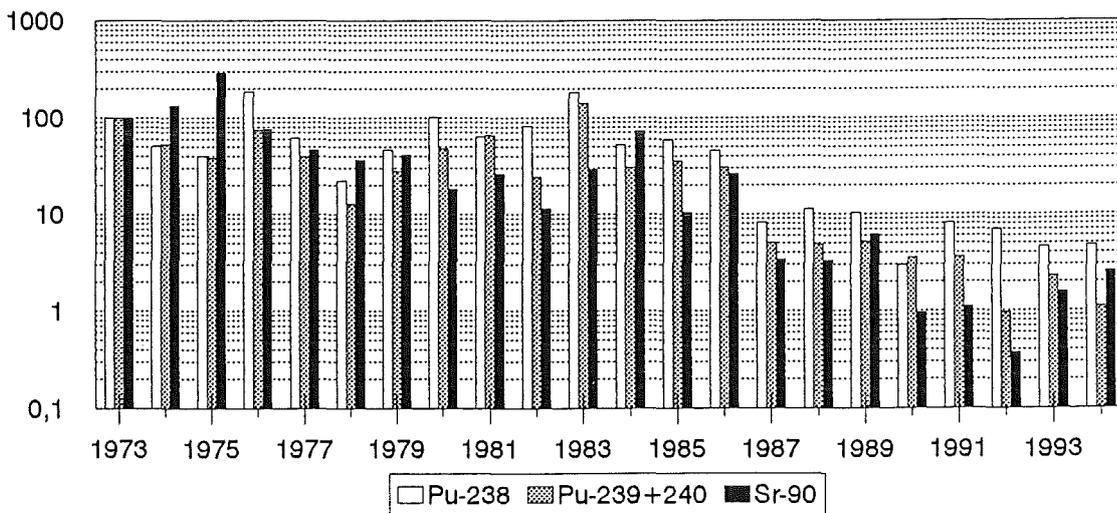


Abb. 5/13: Entwicklung der mit dem Abwasser aus dem Forschungszentrum abgeleiteten Aktivitäten an Pu-238, Pu-239 + 240 und Sr-90 von 1973 - 1994 (Für Pu und Sr sind die Ableitungen von 1973 gleich 100% gesetzt.)

5.5 Tritium im System Luft-Pflanze-Boden

S. Diabaté, J. Müller, S. Strack

Bei der Berechnung der Ingestionsdosis nach einer Freisetzung von Tritium in die Atmosphäre soll nicht nur die Aufnahme von Tritium ins Gewebewasser der Pflanzen sondern auch der Einbau von Tritium in das organische Material von ernährungsrelevanten Pflanzen, insbesondere der eßbaren Pflanzenteile, berücksichtigt werden. Dabei ist nur das organisch gebundene Tritium (organically bound tritium = OB_T) relevant, das kovalent an Kohlenstoff fixiert und damit nicht austauschbar ist, weil der größte Teil dieser Fraktion bis zum Verzehr erhalten bleibt.

5.5.1 Modellentwicklung

Das in Zusammenarbeit mit dem Institut für Neutronenphysik und Reaktortechnik entwickelte Pflanzen-OB_T-Modell bezieht sich zunächst auf Weizen als Hauptnahrungsmittel. Aus den Tritiumkonzentrationen in der Atmosphäre und den stündlichen meteorologischen Daten (Lufttemperatur, Luftfeuchte, Globalstrahlung) werden die Tritiumkonzentrationen im Gewebewasser (tissue free water tritium = TF_{WT}) und im organischen Material der Weizenkörner stündlich bis zur Ernte berechnet.

Die Kalibrierung des Pflanzen-OB_T-Modells für Weizen wurde auf weitere Teilbereiche (Tritiumaufnahme ins Gewebewasser, Bildung und Transport von OB_T) ausgedehnt. Dazu wurden die Ergebnisse der Laborexperimente mit Sommerweizen und der Gaswechsellmessungen im Freiland an Winterweizen von 1993 verwendet. Die mit dem Modell berechneten spezifischen Aktivitäten des OB_T stimmen bei den meisten Versuchen mit den gemessenen Werten gut überein (siehe Abb. 5/14). Bei den berechneten TF_{WT}-Konzentrationen ist bisher nur eine Angleichung an die gemessenen Anfangs- und Endwerte gelungen.

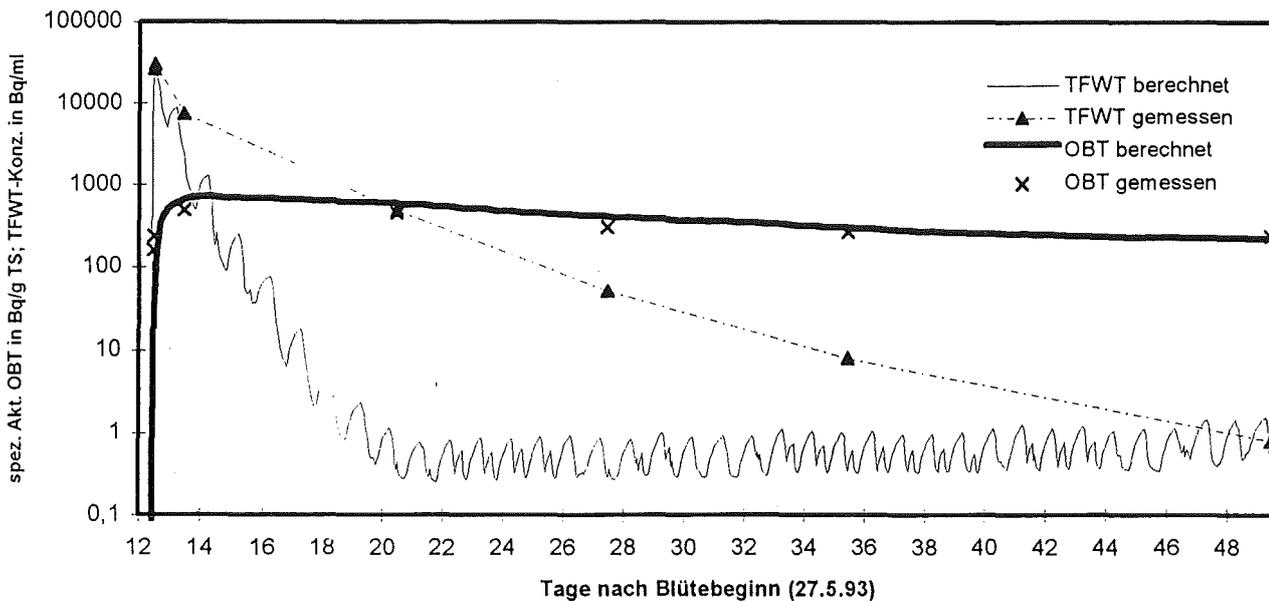


Abb. 5/14: Beispiel für einen Vergleich von berechneten und gemessenen TF_{WT}-Konzentrationen und der spezifischen Aktivitäten des OB_T in der Ähre von Sommerweizen, der am 12. Tag nach Beginn der Blüte zwei Stunden lang einer HTO-haltigen Atmosphäre ausgesetzt wurde bei einer Photonenflußdichte der photosynthetischen Strahlung von 120 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$.

Auf Wunsch der international zusammengesetzten Tritiumarbeitsgruppe der BIOMOVs II (Biospheric Model Validation Study) wurden die Klimadaten und Tritiumkonzentrationen in der Atmosphäre von zwei Laborexperimenten, einer Tag- und einer Nachtexposition von Sommerweizen, als Modellierungsszenario zur Verfügung gestellt. Die Teilnehmer erhielten die entsprechend aufbereiteten Daten zur Verwendung in ihren eigenen Modellen, ohne das Endergebnis, d.h. die gemessene spezifische Aktivität des OBT in den Weizenkörnern bei der Ernte, zu erfahren. Anschließend sollen die Ergebnisse untereinander und mit den Meßergebnissen verglichen werden, um eine Validierung der verschiedenen Modelle zu ermöglichen.

5.5.2 Experimente

5.5.2.1 Laborexperimente zur Translokation von OBT in Weizen

Weizenpflanzen in unterschiedlichen Entwicklungsstadien nach der Blüte wurden zwei Stunden lang mit Tritium in der Atmosphäre exponiert, wobei die Lichtverhältnisse variiert wurden. Bei Experimenten unter Tagesbedingungen betrug die photosynthetische Photonenflußdichte (photosynthetic photon flux density = PPFd) ca. $120 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ in Höhe der Fahnenblätter (oberste Blätter bei Weizen) bzw. ca. $900 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ unter Verwendung von Zusatzlampen.

Die verschiedenen Photonenflußdichten wirken sich auf die stomatare Leitfähigkeit und damit auf die Tritiumaufnahme aus der Atmosphäre ins Gewebewasser der Blätter aus, was im Experiment bestätigt werden konnte (siehe Tab. 5/19). Als Maß für die Tritiumaufnahme ins Gewebewasser wird das Verhältnis der Tritiumkonzentrationen des TFWT und der Luftfeuchte ($\text{HTO}_{\text{Atm.}}$) angesehen. Dieses Verhältnis war zwei Stunden nach Versuchsbeginn bei der hohen Photonenflußdichte mit 86 % am höchsten. In der Nacht wurde ein Verhältnis von 20 % beobachtet, d.h. die Stomata schließen nicht vollständig.

Die Nettophotosyntheserate der Blätter steigt mit zunehmender Photonenflußdichte bis die sog. Lichtsättigung erreicht ist. Mit Hilfe von Gaswechsellmessungen konnte gezeigt werden, daß die Nettophotosyntheserate bei $900 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ in der Nähe ihres Maximalwertes liegt, d. h. ca. 5x höher als bei $120 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$. Um den Einfluß des Lichts auf die OBT-Bildung zu analysieren, wurde das Verhältnis der Aktivitätskonzentrationen des TFWT und des Oxidationswassers des OBT berechnet. OBT wurde zwar als spezifische Aktivität in Bq/g Trockensubstanz gemessen, kann aber in Bq/ml Oxidationswasser umgerechnet werden, unter der Annahme, daß bei der Verbrennung von 1 g Trockensubstanz 0,6 ml Oxidationswasser entstehen. Dabei wurde ein mittlerer Wasserstoffgehalt von 6,3 % des Trockengewichts bei allen Pflanzenproben zugrunde gelegt. In Tab. 5/19 sind die mittleren Konzentrationsverhältnisse von OBT/TFWT nach zwei Stunden aus verschiedenen Experimenten dargestellt. Bei der OBT-Bildung der Blätter unter verschiedenen Lichtverhältnissen wurde kein signifikanter Unterschied gefunden. Der Unterschied zwischen Tag und Nacht war nur geringfügig. Das deutet darauf hin, daß die Photosynthese eine geringere Rolle für die OBT-Bildung spielt als bisher angenommen. Die Stoffwechselreaktionen, die sowohl im Licht als auch im Dunkeln stattfinden, wirken sich offensichtlich stärker aus.

	PPFD $120 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$	PPFD $900 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$	Nacht- bedingungen
Konzentrations-Verhältnis TFWT / $\text{HTO}_{\text{Atm.}}$ nach 2h	75 %	86 %	20 %
Konzentrations-Verhältnis OBT / TFWT nach 2h	1,4 %	1,2 %	0,9 %

Tab. 5/19: Vergleich der Tritiumaufnahme in Blätter von Weizenpflanzen bei verschiedenen Lichtverhältnissen (Temperaturen 24°C am Tag, 16°C in der Nacht, relative Luftfeuchte 82 - 90 %).

5.5.2.2 Untersuchungen zur Aufnahme von tritiiertem Formaldehyd in Pflanzen

Aus tritiumverarbeitenden Anlagen und Fusionsreaktoren können neben HT und HTO auch geringe Mengen tritiierte organische Verbindungen in die Atmosphäre freigesetzt werden. Tritiiertes Methan, Formaldehyd und Ameisensäure wurden bisher mit einem Anteil an den Gesamt-Tritiumemissionen von <1 % nachgewiesen. Über die Aufnahme solcher Verbindungen in Pflanzen ist bisher nur sehr wenig bekannt.

Im Rahmen einer Diplomarbeit wurde für eine erste Untersuchung ^3H -Formaldehyd als Beispiel für eine tritiierte organische Verbindung ausgewählt, weil diese Substanz für ihre starke Reaktionsfähigkeit mit organischen Materialien bekannt ist. Es wurde eine Meßmethodik zur selektiven Bestimmung von ^3H -Formaldehyd in der Atmosphäre entwickelt. Anschließend wurden verschiedene Pflanzen (Sommerweizen, Sonnenblumen, Buschbohnen) unter definierten Klimabedingungen für kurze Zeit (0,5 - 1h) mit ^3H -Formaldehyd und zum Vergleich mit HTO in der Atmosphäre exponiert. Als Maß für die Tritiumaufnahme ins OB-T dient die Depositionsgeschwindigkeit, die als Quotient aus dem OB-T-Inventar pro m^2 Blattfläche und der über die Expositionszeit integrierten Tritiumkonzentration in der Atmosphäre definiert wird. Die ermittelten Depositionsgeschwindigkeiten ins OB-T der Blätter lagen für ^3H -Formaldehyd im Mittel bei $4 \cdot 10^{-6} \text{m/s}$. Das entspricht etwa dem 10-fachen der Depositionsgeschwindigkeit von HTO. Um die Ergebnisse abzusichern, müßten weitere Experimente durchgeführt werden.

5.5.2.3 Beteiligung am HT-Freisetzungsexperiment in Kanada

Im Rahmen des "Cooperative Research Program on the Environmental, Safety and Economic Aspects of Fusion Energy" der OECD/IEA wurde im Sommer 1994 in Kanada ein HT-Freisetzungsexperiment als kanadisch-japanisches Gemeinschaftsprojekt durchgeführt, an dem sich das Forschungszentrum Karlsruhe beteiligen konnte.

Durch eine kontinuierliche Freisetzung geringer HT-Mengen in die Atmosphäre sollten HT-Emissionen bei Normalbetrieb von Fusionsanlagen simuliert werden. Hauptziel war die Bestimmung der Gleichgewichts-Konzentrationen von HTO in Luft, Boden und Vegetation, bezogen auf die HT-Konzentration in der Atmosphäre, und des zeitlichen Verlaufs bis zum Erreichen des Gleichgewichts. Das HTO wird durch mikrobielle Oxidation von HT im Boden gebildet. Außerdem wurde die Dynamik der Konzentrationen des TFWT und des OB-T in der Vegetation untersucht. Die Ergebnisse werden für die Entwicklung und Validierung von Modellen zum Tritiumverhalten in der Umwelt genutzt.

Vom 27.07. - 08.08.94 wurden auf dem Gelände der AECL Chalk River insgesamt ca. 10 TBq HT in 0,5 m Höhe in Abhängigkeit von Windrichtung und Windgeschwindigkeit computergesteuert so freigesetzt, daß eine bepflanzte Fläche von 10m x 10m mit nahezu konstanter HT-Konzentration exponiert wurde. Die mittlere HT-Konzentration in Bodennähe betrug $2,5 \cdot 10^5 \text{Bq/m}^3$ während der Versuchsperiode. Die mittleren HTO-Konzentrationen in der Atmosphäre, im Boden und in der Vegetation waren an den letzten drei bis vier Tagen der Freisetzung annähernd konstant, d. h. das Gleichgewicht schien nahezu erreicht. Die mittlere HTO-Luftkonzentration in Bodennähe betrug an den letzten Tagen $6 \cdot 10^3 \text{Bq/m}^3$; d. h. das HTO/HT-Konzentrationsverhältnis lag bei 0,02.

Im Forschungszentrum Karlsruhe wurden Pflanzenproben, die am 7. Tag nach Beginn des Experiments entnommen wurden, auf Tritium untersucht. Die Aktivitätskonzentrationen des TFWT und des OB-T von Radieschen, Tomaten und Komatsuna (asiatisches Blattgemüse), unterteilt in jüngere und ältere Pflanzenteile, sind in Abb. 5/15 dargestellt. Detailliertere Ergebnisse zum Experiment werden Mitte 1995 erwartet.

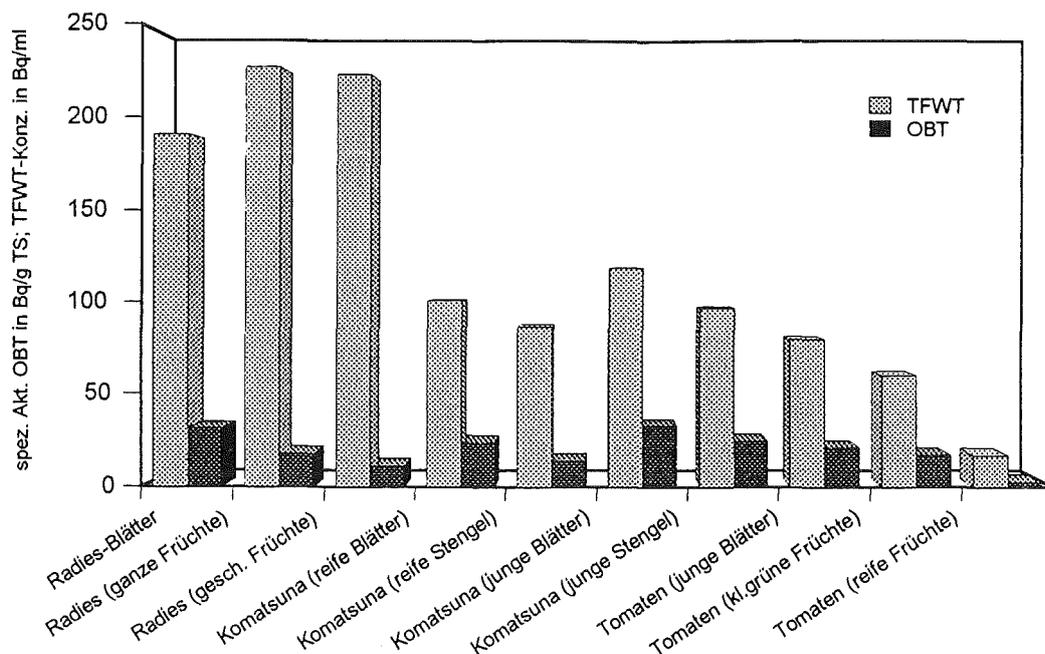


Abb. 5/15: Tritiumkonzentrationen im Gewebewasser (TFWT) und spezifische Aktivität der organischen Substanz (OBT) in verschiedenen Pflanzen am 7. Tag (3.8.1994) nach Beginn der kontinuierlichen HT-Freisetzung in Chalk River (TS = Trockensubstanz).

5.6 Die sanfte Bodendekontamination

H. Schüttelkopf, S. Becker, G. Hefner, J. Hiller, G. Rinn, T. Sollich

5.6.1 Sanfte Bodendekontamination mit Ionenaustauschern

Gegenstand dieses Teils unserer Untersuchungen ist der Einsatz entnehmbarer, regenerierbarer und wieder einsetzbarer Ionenaustauscher auf mit Schwermetallen kontaminierten Böden. Das angestrebte Ziel ist eine ökonomisch vertretbare Dekontamination von großen Bodenflächen in nicht zu langen Zeiträumen unter Nutzung von Ionenaustauschern und üblichen landwirtschaftlichen Methoden und Maschinen.

Die Experimente mit verschiedenen Ionenaustauschern in unterschiedlichen Böden und der Aufzucht von Gras und Klee wurden fortgesetzt. Der Vergleich der Metallkonzentrationen in den Pflanzen von 1993 und 1994 wird eine Aussage über die Abbaubarkeit der funktionellen Gruppen der Austauscher erlauben.

In perforierten Rohren wurden verschiedene Ionenaustauscher in schwermetallhaltige Böden gebracht. Nach einem halben Jahr Standzeit und Bewässerung wurden mit Rohren wachsenden Durchmessers konzentrisch Proben entnommen. Die Ionenaustauscher wurden ebenfalls zur Analyse gebracht. Die Analysenergebnisse werden im April 1995 vorliegen. Das mit den Radiotracer Cd-109 und Zn-65 eingestellte Boden-Wasser-Gleichgewicht wurde durch Zusatz von Huminsäuren, Bentonit und verschiedener Ionenaustauscher gestört. Zeitabhängigkeiten der Störung wurden aufgenommen. Der Ionenaustauscher Chelite C, Fa. Serva, senkt die löslichen Anteile von Cd und Zn ganz wesentlich und ist daher als besonders geeignet für die Bodendekontamination anzusehen. In Abb. 5/16 wird die Zeitabhängigkeit der Verteilungskoeffizienten (Konzentration im Boden/Konzentration im Wasser) für Cd mit Boden von Schlechttau wiedergegeben.

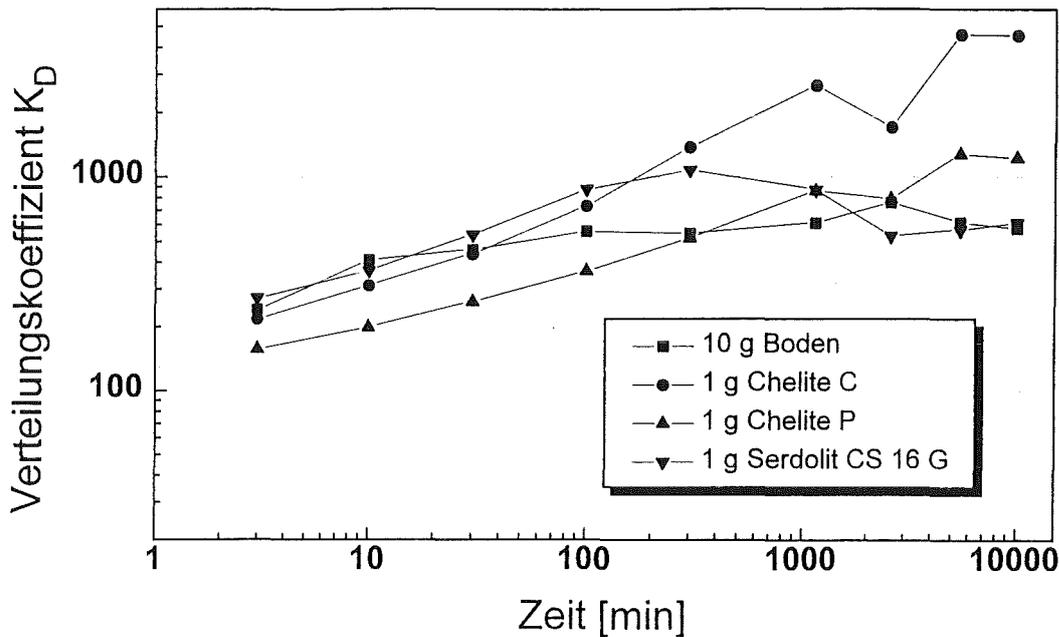


Abb. 5/16: Veränderung der Verteilungskoeffizienten K_D für Cadmium in Abhängigkeit von der Zeit mit schwermetallhaltigem Boden von Schlechttau

5.6.2 Sanfte Bodendekontamination durch schwermetallaufnehmende Pflanzen

Ziel dieses Teils unserer Arbeiten ist die Identifizierung von Pflanzen, die in der Lage sind, dem Boden in ausreichender Menge Schwermetalle zu entziehen, um für eine wirksame Dekontamination benutzt werden zu können. Insbesondere sind dabei sogenannte Hyperakkumulatoren und Pflanzen mit großer Biomasse von Interesse. Nach Auswahl vielversprechender Pflanzen sollen genetische Maßnahmen zur Verbesserung der vorhandenen Eigenschaften hinsichtlich des Schwermetallentzuges zum Einsatz kommen. Durch den Anbau derart spezialisierter Pflanzen soll neben der Schwermetallreduktion im kontaminierten Boden auch ein wirtschaftlicher Nutzen zur Kostenminimierung erbracht werden. Beispiele sind die Gewinnung von Ölen und Kohlehydraten für industrielle Anwendung, pharmazeutisch verwertbare Erzeugnisse oder wertvolle Ausgangsverbindungen für eine energie- und abfallarme Syntheschemie. In jedem Fall ist eine Energiegewinnung durch Verbrennung des getrockneten Pflanzenmaterials und die Elution des Verbrennungsrückstandes zur K_2CO_3 -Gewinnung als Düngemittel bei gleichzeitiger Rückhaltung der Schwermetalle in der Pflanzenasche vorgesehen. Das zurückbleibende Schwermetallkonzentrat kann entweder als Zuschlag für die Metallgewinnung verwendet oder sonderdeponiert werden.

Die Auswertung des 1993 durchgeführten Experimentes mit Hyperakkumulatoren wurde 1994 durchgeführt und abgeschlossen. Mit den 24 eingesetzten Arten, kultiviert auf jeweils vier Schwermetallböden, wurden folgende Ergebnisse erhalten: Wie bereits 1992 ist das Element mit dem höchsten Entzug das Cadmium. Ein Jahresentzug von 3 % wurde mit Voralpenhellerkraut erreicht. Zn: -2%, Cu: -0,1%, Ni: -0,05% und Pb: -0,01%. Diese Werte sind deutlich höher als die des 1992er Experimentes. Besonders hohe Entzüge wurden erreicht, wenn der Boden des 1992er Experimentes wieder benutzt wurde. Beim Vergleich des Originalbodens mit dem bereits benutzten Boden konnte durch Isotopenverdünnungsanalyse eine um Faktoren 2 bis 5 höhere Mobilität von Zn und Cd beim benutzten Boden nachgewiesen werden. Die bereits in den samenliefernden botanischen Gärten auf schwermetallhaltigen Böden wachsenden Pflanzen nehmen weniger Schwermetalle auf als solche, die auf normalem Boden wuchsen. Der Cd-Entzug durch verschiedene Hyperakkumulatoren auf Boden von Heitersheim wird in Abb. 5/17, der Entzugsbereich für alle untersuchten Elemente in Abb. 5/18 wiedergegeben.

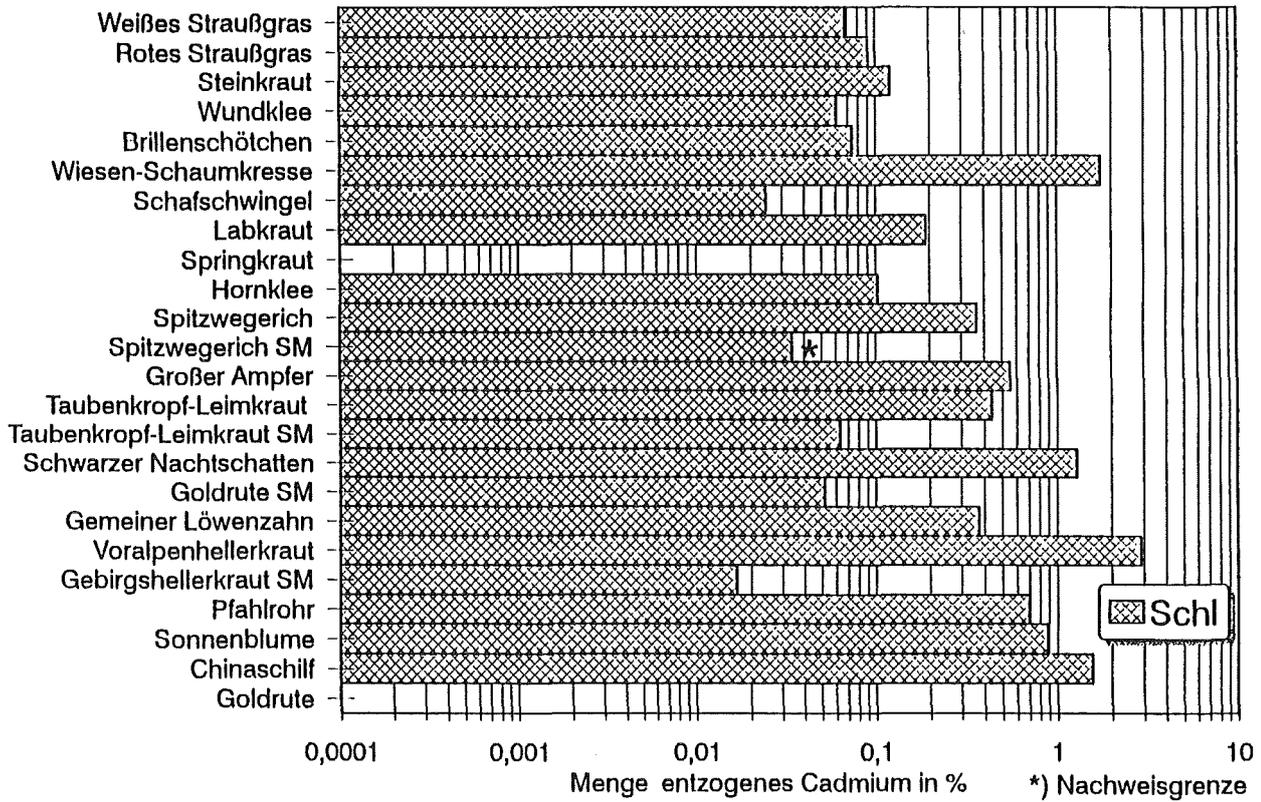


Abb. 5/17: Prozentsätze des durch die Pflanzen pro Jahr dem Boden entzogenen Cadmiums

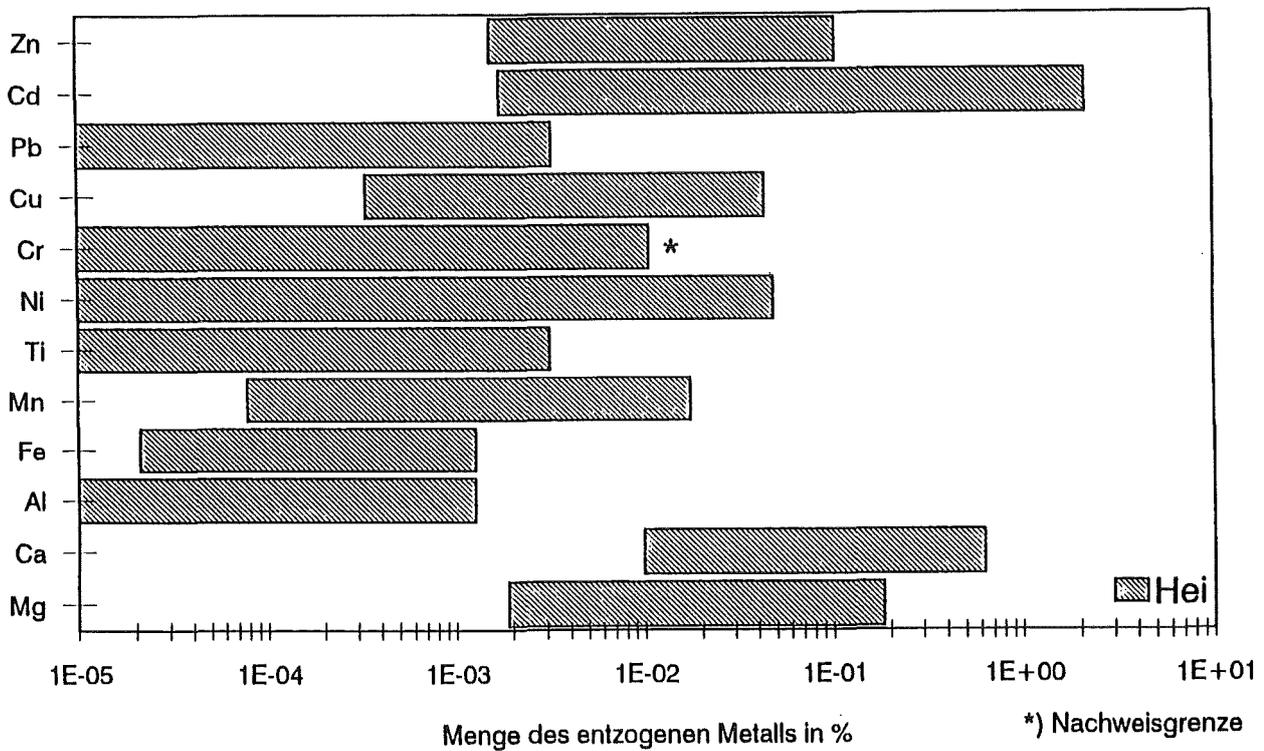


Abb. 5/18: Bereiche des Metallentzuges durch alle untersuchten Pflanzen am Heitersheimer Boden

Von der nach der Literaturrecherche verbliebenen Zahl von Pflanzen, die als potentielle Hyperakkumulatoren anzusehen sind, wurden weitere 30 aussortiert, die in Mitteleuropa nicht wachsen. Von den dann noch verbliebenen ca. 50 Pflanzen wurden 1994 Keimlinge und je eine bis zwei reife Pflanzen gezogen. Die Schwermetallgehalte der Keimlinge waren in den allermeisten Fällen deutlich höher als die der reifen Pflanzen. Die höchsten Cd-Konzentrationen wurden in *Betunia axillaris*, *Solanum pseudocapsicum* und *Solanum capsicastrum* gefunden.

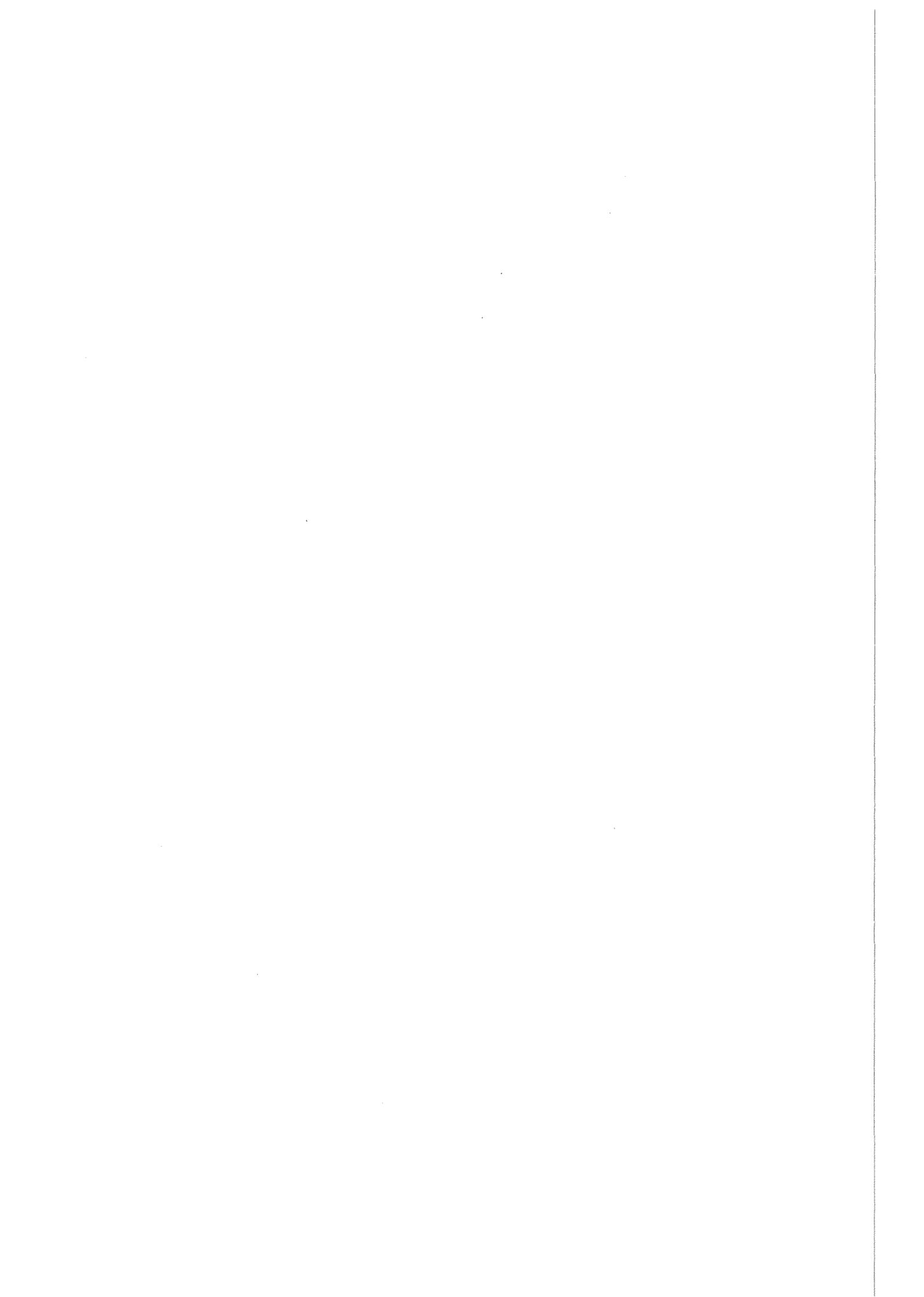
Drei Tomaten, eine Wildform und zwei Kulturformen, wurden auf ihre Eignung zum Cd-, Zn- und Pb-Entzug untersucht. Variationen bei der Düngung, dem Humuszusatz und den Aufzuchtbedingungen hatten wenig Einfluß auf den Metallentzug. Eine dauerhafte Versauerung des Bodens machte nennenswerte Schwierigkeiten und dürfte trotz der zu erwartenden Erhöhung der Metallmobilität im Feldversuch nicht anwendbar sein.

Die 1993 auf mehreren Schwermetallhalden gesammelten Samen verschiedener Wildpflanzen wurden 1994 auf verschiedenen, zum Teil hochkontaminierten Böden, aufgezogen. Für weitere Experimente wurden Samen, teilweise unter Ausschluß der Fremdbestäubung, geerntet. Die Analyse der Boden- und Pflanzenproben auf 14 Elemente wird im Februar 1995 abgeschlossen sein.

5.6.3 Verschiedene Experimente

Bodenchemische Methoden wurden systematisch untersucht, ihre Anwendbarkeit auf mineralisierte Abfallstoffe geprüft und in der Arbeitsgruppe eingeführt. Dazu gehören: verfügbares Eisen, Phosphat, organischer und anorganischer Kohlenstoff, verfügbare Metallanteile, Kationenaustauschkapazität, verschiedene Stickstoff-Formen u.s.w. Eine Literaturrecherche zum Thema der Abtrennung von Humin- und Fulvosäuren aus Boden wurde abgeschlossen und verschiedene Methoden geprüft. Eine Methode mit kleinstmöglicher Veränderung der gewonnenen Huminsäuren wurde als Standardmethode eingeführt.

Schlacke aus einer Müllverbrennungsanlage wurde, zerkleinert und künstlich gealtert (neun Monate unter Wasser, 80 °C), direkt in zwei verschiedene Böden eingebracht und Spinat und Brunnenkresse als Indikatorpflanzen darauf gezogen. Ziel ist die Messung der Unterschiede der Schwermetallverfügbarkeit. Die Analysenergebnisse werden im April 1995 vorliegen.



6 Dosimetrie

6.1 Amtliche Personendosimetrie

S. Ugi

Die für die Personendosisüberwachung in Baden-Württemberg Ende 1984 eingerichtete amtliche Meßstelle für Festkörperdosimeter ist eine von sechs eigenständigen Meßstellen in Deutschland. Nach der Eichordnung vom 12. August 1988 müssen von den nach Landesrecht zuständigen Meßstellen Dosimeter eingesetzt werden, für die sowohl eine Zustimmung durch die Länderausschüsse Atomkernenergie bzw. Röntgenverordnung als auch eine Bauartzulassung vorliegt. Anstelle einer Eichung nehmen die Meßstellen einmal jährlich an den Vergleichsmessungen der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt teil.

Amtliches Personendosimeter dieser Meßstelle ist seit 1993 das Photolumineszenz-Phosphatglasdosimeter in der Ausführung als Flachglasdosimeter. Nach einer erfolgreichen Erprobung erhielt der Hersteller des Flachglasdosimeters eine allgemein gültige Bauartzulassung und von den Länderausschüssen die Zustimmung zur Messung der Personendosis nach StrlSchV und RöV. Unter der Bezeichnung KfK-PGD FGD-10 & SC-1 (PTB-Zulassungsnummer 6.21-PD-92.05 und 6.21-OD-92.06) wird es zur Personenganzkörper- und Ortsdosimetrie für Photonenstrahlung im Energiebereich oberhalb 25 keV eingesetzt. Zu den besonderen Vorzügen dieses Dosimeters zählt die höhere Empfindlichkeit, die Langzeitstabilität der Meßwertspeicherung und die gute Reproduzierbarkeit der Dosismessung bis in den Dosisbereich von 0,1 mSv. Im Hinblick auf die ab 1995 eingeführte neue Meßgröße $H_p(10)$ kann das Flachglasdosimeter, im Gegensatz zu den anderen Personendosimetern, ohne Änderung der Dosimeterkapselung bzw. des Auswerteverfahrens weiterhin eingesetzt werden.

Als zweites amtliches Dosimeter wird mit der Bezeichnung KfK-TLD-TD2 (PTB-Zulassungsnummer 6.21-PD-93.10) ein Thermolumineszenzdosimeter für die Teilkörperdosimetrie ausgegeben. Das Dosimeter besteht aus einem TLD-700-Detektor in einem Edelstahl-Fingerring hinter einer Abdeckung von 15 mg/cm². Meßgröße ist die Photonen-Äquivalentdosis.

Als drittes amtliches Dosimeter wird ein vom Forschungszentrum Karlsruhe entwickeltes universelles Albedoneutronendosimeter eingesetzt, dessen bundesweiter Einführung vom Länderausschuß für Atomkernenergie zum Jahresende 1986 zugestimmt wurde. Das Neutronendosimeter unter der Bezeichnung KfK-TLD-GD2 (PTB-Zulassungsnummer 6.21-PD-93.09) mit TLD-600 (⁶LiF:Mg,Ti)- und TLD-700 (⁷LiF:Mg,Ti)-Thermolumineszenzdetektoren dient zur Personenüberwachung in Neutronen-Gamma-Mischstrahlungsfeldern. Für spezielle Überwachungsaufgaben können die Albedodosimeter auch mit gammastrahlungsunempfindlichen Kernspurätzdetektoren sowohl anstelle der Thermolumineszenzdetektoren als auch zum getrennten Nachweis schneller Neutronen eingesetzt werden.

Neben den amtlichen Dosimetern wird von der Meßstelle eine größere Anzahl an nichtamtlichen Dosimeterauswertungen und Meßverfahren angeboten (Tab. 6/1). Nichtamtliche Überwachung basierte in der Regel auf freiwilligen Zusatzmaßnahmen der Kunden, aber auch auf auflagebedingten Auswertungen.

Zur Umgebungsüberwachung werden sowohl Phosphatglas- als auch Thermolumineszenzdosimeter eingesetzt. Zur Überwachung der Radonkonzentration in der Luft werden passive im Forschungszentrum Karlsruhe entwickelte Radondiffusionskammern (Radondosimeter) mit Kernspurätzdetektoren angebo-

ten. Zusätzlich erfolgt die Bereitstellung von Kernspurdetektoren für Kunden, die die Auswertung der Dosimeter selbst durchführen.

6.1.1 Photolumineszenzdosimetrie

A. Hager, B. Rittinger

Die Anzahl der mit Photolumineszenz-Glasdosimetern überwachten Betriebe erhöhte sich im Berichtszeitraum leicht, wobei die Auswertezahlen gegenüber dem Vorjahr durch Umstellung der amtlichen Überwachung von Film- auf Glasdosimeter im Forschungszentrum Karlsruhe um 15% anstiegen (Tab. 6/1). Die Entwicklung der Auswertezahlen in den letzten zehn Jahren ist in Abb.6/1 dargestellt.

Den überwiegenden Anteil an den Phosphatglasauswertungen stellen die amtlichen Personenüberwachungen bei den Kernkraftwerken mit monatlichem Überwachungszeitraum dar. Den kleinsten Teil bilden die Feuerwehren und Katastrophenschutzeinheiten, die im jährlichen Rhythmus überwacht werden. Die in Abb. 6/2 sichtbaren monatlichen Schwankungen der Auswertezahlen sind zum einen die Folge des Zusammentreffens unterschiedlicher Überwachungszeiträume, zum anderen resultieren sie aus der teilweisen Überlappung der Revisionsphasen in den einzelnen Kraftwerken in der Jahresmitte.

Für das Flachglas liegen nun die Ergebnisse der PTB-Vergleichsbestrahlungen für zwei Jahre vor. Wie Abb. 6/3 zeigt, liegen die Ergebnisse im ganzen Dosisbereich sehr gut beim Sollwert. Die beiden Hüllkurven zeigen die nach Eichordnung maximal zulässigen Meßunsicherheiten an. Innerhalb der Routineüberwachung an Kernkraftwerken wurde eine gute Übereinstimmung der Meßergebnisse des amtlichen Flachglasdosimeters und elektronischer Personendosimeter in Eigenüberwachung erhalten (33).

Amtliche Auswertung	Auswertezahl	Kundenzahl
Phosphatglas-Ganzkörperdosimeter	89 817	88
Thermolumineszenz-Teilkörperdosimeter	23 865	237
Albedo-Neutronen-Ganzkörperdosimeter	10 925	54
Nichtamtliche Auswertung		
Phosphatglasdosimeter	2 802	8
Thermolumineszenzdosimeter	1 278	9
Radondosimeter	3 344	33

Tab. 6/1: Serviceleistungen der amtlichen Meßstelle 1994

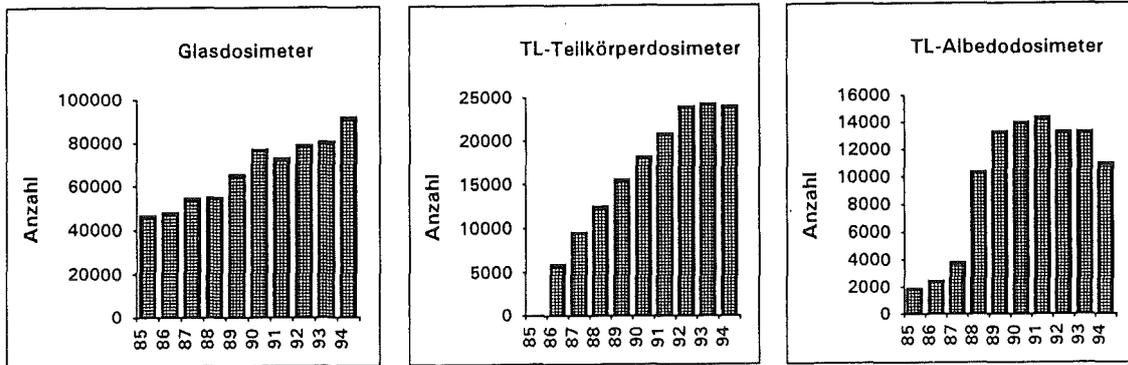


Abb. 6/1: Entwicklung der Auswertezahlen pro Jahr seit 1985

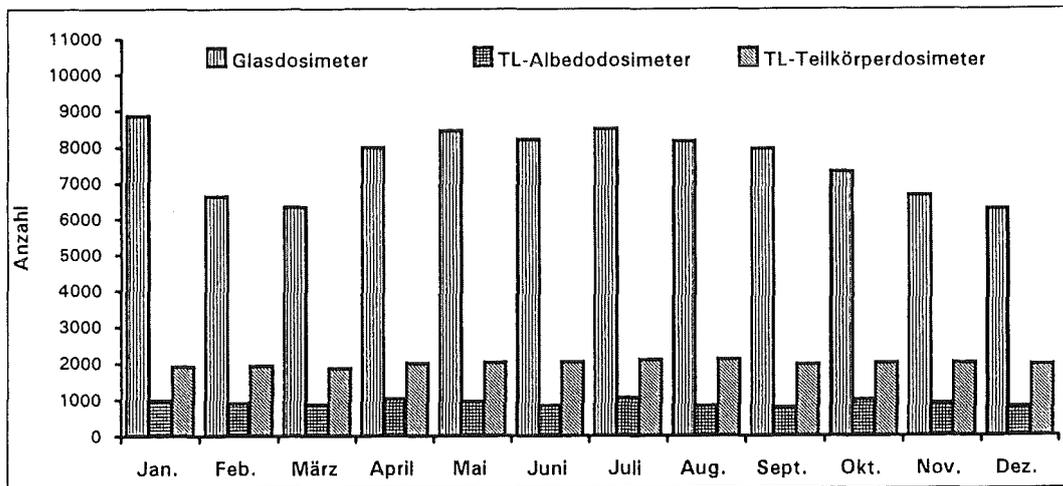


Abb. 6/2: Verlauf der Auswertezahlen pro Monat im Jahr 1994

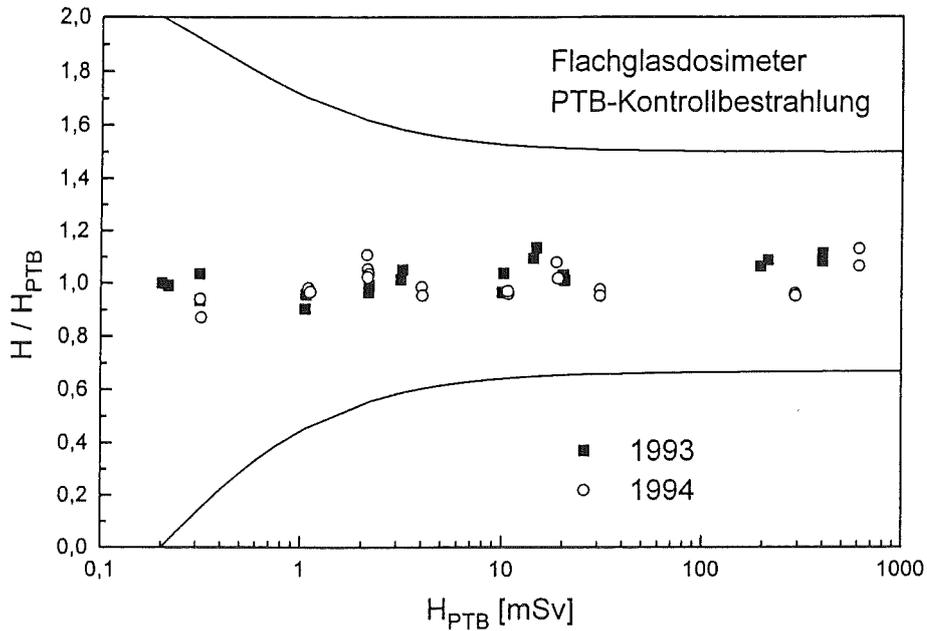


Abb. 6/3: Ergebnisse der PTB-Kontrollbestrahlung 1993 und 1994 von Flachglasdosimetern

6.1.2 Thermolumineszenzdosimetrie

N. Biegard, S. Volk

Die Auswertezahlen der Teilkörperdosimetrie stiegen von anfänglich 400 auf derzeit ca. 2 000 im Monat. Während der Revisionsphasen in den Kernkraftwerken besteht Bedarf an Teilkörperdosimetern zur Messung von Betastrahlung. Die Meßstelle bot für diesen Zweck das Fingerringdosimeter bestückt mit zwei TL-Detektoren an. Die Anzahl der automatisch ausgewerteten Albedoneutronendosimeter hat sich bei etwa eintausend Dosimetern pro Monat eingependelt.

6.1.3 Sonstige Personen- und Ortsdosimeter

N. Biegard, A. Hager, B. Rittinger, S. Volk

Neben den amtlichen Dosimetern werden Festkörperdosimeter zur Eigenüberwachung im Forschungszentrum sowie im Auftrag auswärtiger Stellen ausgewertet. Eingeschlossen sind Dosismessungen mit Festkörperdosimetern in der Umgebung kerntechnischer Anlagen und die Bereitstellung und Einführung von neuen Dosimetern, Geräten und Methoden zum Nachweis von Beta-, Gamma- und Neutronenstrahlung in der Routine- bzw. Unfalldosimetrie.

Folgende Dosimeter werden routinemäßig zur Personen- und/oder Ortsdosimetrie eingesetzt:

- Thermolumineszenzdosimeter zur Personenüberwachung in Beta-Gamma-Mischstrahlungsfeldern. Es werden neutronenunempfindliche TLD-700 (${}^7\text{LiF:Mg,Ti}$) von 0,9 mm Dicke in einer Kapsel der Firma Alnor hinter einer Abdeckung von 30 mg/cm^2 und 450 mg/cm^2 verwendet und in einem automatischen Auswertesystem ausgewertet.
- Thermolumineszenzdosimeter zur Umgebungsüberwachung bestehend aus TLD-700-Detektoren in einer Polyäthylenkapsel entsprechend einer Abdeckung von 500 mg/cm^2 .
- Phosphatglasdosimeter zur Umgebungsüberwachung in der Flachglaskapselung zum praktisch energieunabhängigen Nachweis der Photonenstrahlung im Energiebereich von 25keV bis 8MeV.
- Passive Radondosimeter in zwei Ausführungen, bestehend aus Kernspurätzdetektor und Diffusionsfilter.
- Passive Neutronen-Äquivalentdosismesser, bestehend aus einer Polyäthylenkugel von 30 cm Durchmesser mit einem thermischen Neutronendetektor im Zentrum. Als Detektoren können Thermolumineszenzdetektoren oder Kernspurdetektoren im Kontakt mit einem (n, α)-Konverter verwendet werden. Mit letzteren läßt sich der Beitrag der natürlichen Neutronenstrahlung bei Expositionszeiten von einigen Monaten nachweisen.
- Thermolumineszenzdosimeter zur Ortsdosismessung im Gray-Dosisbereich. Bevorzugt werden $\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7$ -Detektoren wegen ihrer relativ geringen Supralinearität und Wiederverwendbarkeit nach Hochdosisbestrahlungen eingesetzt.

Bei der Bereitstellung und Auswertung von Radondosimetern ist eine beachtliche Zahl durch Aufträge aus den neuen Bundesländern bedingt. Im Rahmen der Erstellung eines Altlastenkatalogs sind hier auch weiterhin erhöhte Auswertezahlen zu erwarten.

6.1.4 Datenverarbeitung

R. Weickert

Nachdem in den Vorjahren der Schwerpunkt der Programmierarbeiten auf der Bereitstellung der Routinen für das neue Flachglassystem lag, wurden im Jahr 1994 alle Datenverarbeitungsprogramme auf UNIX-Seite für die TL-Dosimetrie neu programmiert. Hierbei wurde zusätzlich die Bestimmung der Vordosis von einer mittleren Chargenvordosis auf die aktuelle individuelle Dosis der Regenerationsdaten der TLDs verfeinert.

Somit sind alle Programme, die von unserer Meßstelle verwendet werden, auf die Programmiersprache C umgeschrieben. Der Zugriff wurde damit um ungefähr das 10-fache beschleunigt. Lästige Wartezeiten auf freie Rechnerkapazität entfallen fast ganz. Während vor einem Jahr noch kaum mehr als 1 bis 2 Programme auf einmal ausgeführt werden durften, um das System nicht zu überlasten, können nun alle Bediener bzw. Meßplätze uneingeschränkt arbeiten.

Mit der Umstellung auf die Nachfolge-Maschine HP-835 kann die Rechenkapazität nochmals um ca. das 10-fache gesteigert werden. Die Vorbereitungen wurden Ende 1994 abgeschlossen. Anfang 1995 werden dann alle Benutzer auf der HP-835 arbeiten. Die Hardware wurde um drei 1-Gigabyte-Festplatten erweitert, wodurch sichergestellt ist, daß der Ausfall einer Platte nicht das Datenbank-System zerstört.

Die Datenbank wurde zur Verbesserung der System-Leistung auf zwei Platten verteilt, das Unix-Betriebssystem liegt auf einer eigenen Platte, genauso wie die BACKUPS.

Weiterhin wurden beträchtliche Systemarbeiten am Server des Bodycounters durchgeführt. Durch einen Festplattendefekt war die Datenbank des Bodycounters nicht mehr verfügbar. Die Meßstelle stellte dem Bodycounter eine 1-GigaByte SCSI-Platte zur Verfügung und eine neue Instanz der Datenbank wurde erstellt. Dies benötigte sehr viel Zeit, da das Backupkonzept, das bisher verwendet wurde, hierzu keine Möglichkeiten bot. Als einzigen Weg stellte sich heraus, die alte Instanz über die neu installierte Datenbank zu kopieren, nachdem die Parameter der alten Instanz mühsam rekonstruiert wurden. Die Defizite im Backupkonzept konnten nicht behoben werden, da die Struktur der Datenbank nicht dokumentiert ist und eine Einarbeitung in das System wohl mehrere Monate in Anspruch nehmen würde.

6.2 Photonen-Betadosimetrie

6.2.1 Dosimetrische Eigenschaften eines dünn-schichtigen Zweischichtdetektors zur Messung von $H_p(0,07)$ für Photonen- und Betastrahlung

B. Burgkhardt, M. Vilgis, E. Piesch, P. Bilski

Zur Betadosimetrie werden dünne TL-Detektoren benötigt, um Elektronen mit geringer Reichweite im Detektor nachzuweisen. Das Einbetten von TL-Materialien in dünn-schichtige Teflon-Detektoren oder die Beimischung von Graphit in dicke Detektoren zur Begrenzung der Lichtemission auf dünne Oberflächenschichten führten bei den herkömmlichen TL-Materialien zu keiner befriedigenden Lösung. Als nachteilig erwiesen sich die geringe Empfindlichkeit, die hohe Nullanzeige unbestrahlter Detektoren und die ungünstigen Materialeigenschaften hinsichtlich Regenerierung und Wiederverwendung in der Routineüberwachung.

Bei der Entwicklung eines für Betastrahlen empfindlichen Teilkörperdosimeters ergaben sich in den letzten Jahren neue Gesichtspunkte durch die Anwendung eines hochempfindlichen TL-LiF-Materials mit Mg-Cu-P-Aktivierung und einer neuartigen Technik der Zweischichtdetektorherstellung. Zweischichtdetektoren bestehen aus einem dünn-schichtigen, TL-empfindlichen Material und einer dicken, nicht-aktiven LiF-Trägerschicht. Hierbei werden zwei gesinterte Scheiben aufeinandergeklebt (Fa. Harshaw-Bicron) oder zwei feinkristalline Schichten nach schrittweiser Pressung aufeinander gesintert (Institute for Nuclear Physics, INP, Krakau).

Die von uns untersuchten, am INP hergestellten Zweischichtdetektoren (Tab. 6/2) bestehen aus einer 30µm-dicken Detektorschicht und einer inaktiven LiF-Trägerschicht von 0,7 mm Dicke mit einem zusätzlichen Graphitanteil (2 - 4 %) zur Absorption des restlichen Lumineszenzlichtes. Die Auswertung der Detektoren erfolgte in einem Pitman-Toledo-Auswertegerät im Bereich des TL-Glowpeaks bei 150 bis 190 °C. Trotz der dünnen aktiven Detektorschicht ist das Photonenansprechvermögen des dünn-schichtigen LiF:Mg,Cu,P-Detektors vergleichbar mit dem des 0,9 mm dicken TLD-700-Detektors. Zur Wiederverwendung werden die Zweischichtdetektoren 10 min bei 240 °C im Ofen regeneriert. Eine 15-malige Bestrahlung und Wiederverwendung der Detektoren führte zu keiner Änderung des relativen Beta-Ansprechvermögens R_β/R_γ und zu keiner Verschlechterung des für eine Detektorcharge mit 2 % ermittelten Variationskoeffizienten. Abb. 6/4 zeigt das Beta-Ansprechvermögen des mit 2 mg·cm⁻² abgedeckten Detektors für die Messung von $H_p(0,07)$ in Abhängigkeit von der Strahleneinfallrichtung bezogen auf senkrechten Strahleneinfall. Bis zu einem Winkelbereich von 60° wird im Energiebereich 0,23 bis 2,3 MeV ($E_{\beta_{max}}$) eine Energie- und Richtungsabhängigkeit von weniger als 10 % erwartet.

	Detektoren	TL-Schicht		Trägerschicht		R_Y
		Material	mm	Material	mm	R_Y (TLD 700)
γ	TLD 700 ¹⁾	$^7\text{LiF:Mg, Ti}$ ¹⁾	0,89	—	—	1,00
β, γ	MCP-Ns	$^{\text{nat}}\text{LiF:Mg, Cu, P}$	0,03	$\text{Li}/^7\text{LiF: + 2 \% C}$	0,69	1,28
	MTS-7S	$^7\text{LiF:Mg, Ti}$	0,03	$\text{Li}/^7\text{LiF: + 2 \% C}$	0,69	0,08
γ	MTS-7	$^7\text{LiF:Mg, Ti}$	0,9	—	—	2,00
	MTS-7S	$^7\text{LiF:Mg, Ti}$	0,1	$\text{Li}/^7\text{LiF: + 4 \% C}$	0,62	0,24

1) Hersteller der Detektoren bzw. des Ausgangsmaterials ist die Fa. Harshaw, sonst INP Krakau

Tab. 6/2: Zweischichtdetektoren im Vergleich mit dicken Detektoren

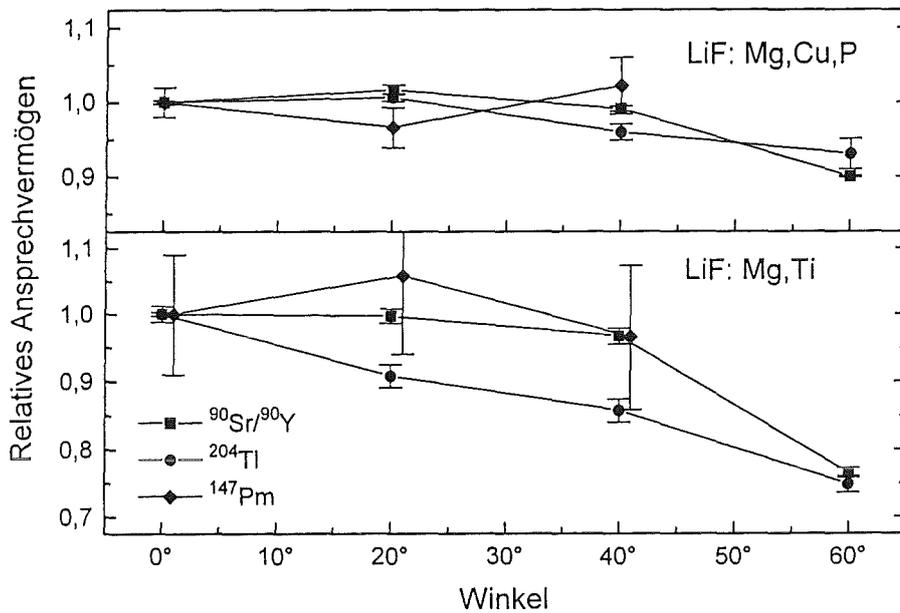


Abb. 6/4: Relative Richtungsabhängigkeit für $H_p(0,07)$ der mit $2\text{mg}/\text{cm}^2$ abgedeckten dünn-schichtigen TL-Detektoren

6.2.2 Photonenansprechvermögen des Fingerringdosimeters mit dünn-schichtigen TL-Detektoren aus LiF:Mg,Ti und LiF:Mg,Cu,P

B. Burgkhardt, M. Vilgis, E. Piesch

Zur Teilkörperdosimetrie von Photonen- und Betastrahlung werden im Karlsruher Edelstahl-Fingerringdosimeter dünn-schichtige TL-Detektoren eingesetzt, die durch einen PVC-Schrumpfschlauch von $9\text{mg}\cdot\text{cm}^{-2}$ Dicke abgedeckt werden. Bei dünn-schichtigen Detektoren ist das Photonenansprechvermögen zu einem wesentlichen Teil auf den Meßwertbeitrag durch Sekundärelektronen aus dem den Detektor umgebenden Material zurückzuführen. Geringe Abweichungen von der Gewebeäquivalenz, beispiels-

weise durch die Verwendung eines Schrumpfschlauches aus PVC, führen wegen der höheren Sekundärelektronenausbeute im Energiebereich von etwa 50 keV zu einem Anstieg der Energieabhängigkeit des Photonenansprechvermögens von mehr als 50 %. Wegen der geringen Reichweite der Sekundärelektronen ist es bei den Zweischichtdetektoren jedoch ausreichend, die Detektoroberfläche unter dem PVC-Schrumpfschlauch mit einer dünnen PE-Folie von 10 µm abzudecken.

Abb. 6/5 zeigt die Photonenenergieabhängigkeit des im INP entwickelten Zweischichtdetektors im Edelstahl-Fingerring bei zusätzlicher PE-Abdeckung im Vergleich zu einem um den Faktor 0,02 unempfindlicheren, graphitierten LiF:Mg,Ti-Detektor. Der LiF:Mg,Cu,P-Zweischichtdetektor zeigt wegen seines günstigen LET-Ansprechvermögens eine geringe Photonenenergieabhängigkeit und für Betastrahlung ein ausreichendes Ansprechvermögen oberhalb $E_{\beta\text{max}} = 0,4 \text{ MeV}$ (siehe Abschnitt 6.2.1). Damit steht der Meßstelle ein geeignetes Fingerringdosimeter zur Messung von $H_p(0,07)$ für Beta- und Photonenstrahlung zur Verfügung.

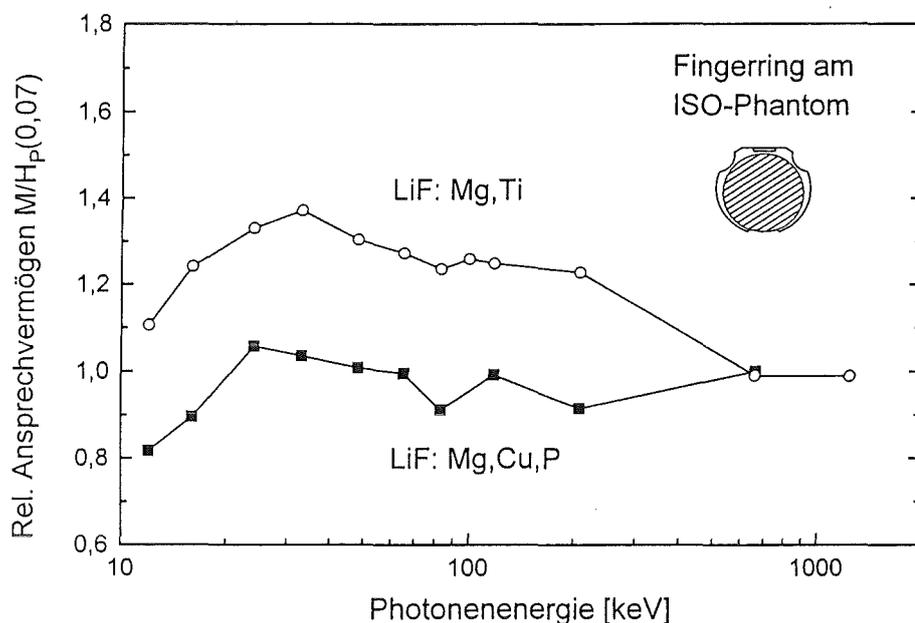


Abb. 6/5: Relatives Photonenansprechvermögen dünn-schichtiger LiF-Detektoren in einem Edelstahl-Fingerring mit einer 1 mg/cm² PE-Abdeckung und einem 9mg/cm² PVC-Schrumpfschlauch bezogen auf $H_p(0,07)$ am ISO-Fingerring-Phantom

6.2.3 Photonen- und Betastrahlen-Ansprechvermögen eines Vielkomponenten-Phosphatglasdosimetriesystems

B. Burgkhardt, M. Vilgis, S. Ugi, E. Piesch

Das in Zusammenarbeit mit Toshiba Glass im Forschungszentrum Karlsruhe entwickelte Flachglasdosimeter mit gepulster UV-Laseranregung und vollautomatischer Auswertung erhielt 1992 eine allgemeine Bauartzulassung durch die Physikalisch-Technische Bundesanstalt. Das Flachglasdosimeter kann als amtliches Personendosimeter zur Personenüberwachung nach StrlSchV und RöV von allen Meßstellen nach Landesrecht u. a. auch im medizinischen Bereich eingesetzt werden.

Dieses System wird seit Januar 1993 innerhalb der amtlichen Personendosimetrie zur Zeit von zwei, ab 1996 von drei Meßstellen nach Landesrecht eingesetzt. Erste Erfahrungen innerhalb der Routineüberwachung in Kernkraftwerken in Baden-Württemberg zeigten eine gute Übereinstimmung der mit Flachglasdosimetern und elektronischen Personendosimetern durch den Betreiber gemessenen Personendosen, insbesondere auch im Dosisbereich von 30 μSv .

Zusätzlich zu dem in Deutschland eingeführten Flachglasdosimetriesystem wurden von Toshiba Glass auch Vielkomponenten-Glasdosimeter entwickelt. Tab. 6/3 vergleicht die verschiedenen kommerziell erhältlichen Dosimetriesysteme. Vielkomponenten-Glasdosimeter benutzen zur Messung der Photonendosis einen auch bei Film- und TL-Dosimetern üblichen Auswertalgorithmus, der u.U. auch die getrennte Messung eines Betastrahlenanteiles erlaubt.

Für das Vielkomponentendosimeter GD-403 wurde im Forschungszentrum Karlsruhe die Energieabhängigkeit des Photonensprechvermögens für Strahleneinfallrichtungen unter 0° und 45° ermittelt (Abb. 6/6). Zur Auswertung wurde eine Linearkombination von drei Detektoranzeigen benutzt, die im Energiebereich 15 keV - 1,3 MeV eine Energie- und Richtungsabhängigkeit von $\pm 15\%$ ergibt. Gegenüber einer Linearkombination mit zwei Detektoranzeigen können hierbei auch Dosen unterhalb einer Photonenergie von 25 keV gemessen werden. Die Untersuchung des Beta-Ansprechvermögens ergab einen Nachweis von $H_p(0,07)$ oberhalb einer maximalen Beta-Energie von 0,4 MeV.

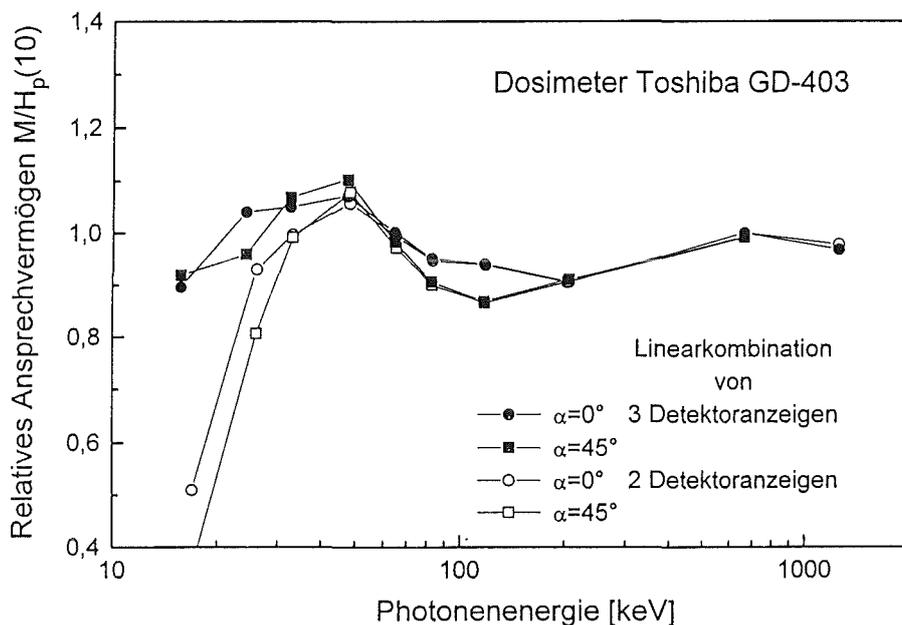


Abb. 6/6: Energieabhängigkeit des Vielkomponentendosimeters GD-403 für eine Strahleneinfallrichtung von 0° und 45° bei Linearkombination von zwei bzw. drei Detektoranzeigen bezogen auf die Meßgröße $H_p(10)$

	Einelement-Dosimeter	Vielkomponenten-Dosimeter
Auswertegerät (kontinuierliche Messung)	FGD-10 (500x) FGD-203 (20x)	FGD-601 (500x) FGD-501 (10x)
Dosimeterart	SC-1	GD-403 ¹⁾
ID-Nummer		
Glaskarte	20 Bits	24 Bits
Kapseln	8 Digits	14 Digits
Filterposition		
1	Sn/Plastik	Sn
2	-	Al
3	-	Plastik 38 µm
4	-	Plastik 250 µm
Auswerteposition	1	1, 2, 3, 4
Energiebereich		
H _X ²⁾	E _γ : 25 keV - 1,3 MeV	E _γ : 30 keV - 1,3 MeV
H _p (10)	E _γ : 12 keV - 1,3 MeV	E _γ : 20 keV - 1,3 MeV
H _p (0,07)	E _γ : 25 keV - 1,3 MeV	E _γ : 20 keV - 1,3 MeV E _{βmax} : 0,5 - 2,3 MeV
Anzeige der Strahlenqualität	automatisch	automatisch
kleinster Skalenteil	1 µSv	1 µSv
Dosisbereich	30 µSv - 10 Sv	30 µSv - 10 Sv
Qualitäts- Sicherung	PTB- Bauartzulassung	

1) Dosimeter GD-401 und GD-402 verwenden modifizierte Filter zum wahlweisen Nachweis von Photonen (ohne Beta-Fenster) oder Photonen und thermischen Neutronen (Cd-Filter)

2) $H_X = k \cdot X$ mit $k = 0,01 \text{ Sv/R}$

Tab. 6/3: Photolumineszenz-Dosimetriesysteme mit vollautomatischer Auswertung

6.2.4 Gesetzliche Einführung neuer Meßgrößen und Konsequenzen für Personendosimeter

B. Burgkhardt, M. Vilgis, S. Ugi

In der Bundesrepublik Deutschland werden ab 01.01.1995 neue Dosismessgrößen eingeführt. Es sind dies u.a. die Personendosis $H_p(10)$ für eine Ganzkörperexposition von Photonenstrahlung, energiereichen Elektronen und Neutronen, und die Personendosis $H_p(0,07)$ durch Strahlung geringer Eindringtiefe für eine Teilkörperexposition, insbesondere der Extremitäten einschließlich der zugehörigen Haut. Dies bedeutet die Änderung der Bauart von Personendosimetern hinsichtlich Energie- und Richtungsabhängigkeit des Ansprechvermögens. Personendosimeter wurden bisher frei in Luft auf die Meßgröße Photonenäquivalentdosis H_X kalibriert, die ein isotropes Ansprechvermögen der Dosimeter vorsieht. Für die neuen Meßgrößen in der Personendosimetrie wird jetzt eine Richtungsabhängigkeit vorgegeben, die sich für $H_p(10)$ und $H_p(0,07)$ unterscheidet. Die Kalibrierung erfolgt hierbei an einem Quaderphantom.

Abb. 6/7 zeigt am Beispiel des Albedodosimeters, wie sich das Ansprechvermögen mit der Meßgröße ändert. Wird bei der bisherigen Albedodosimeterkapselung an der Vorderseite zwischen der Alnor-TLD-Halterung und der Borplastikkapselung zusätzlich eine Kupferfolie von 0,05 mm Dicke eingeführt, erhält man für $H_p(10)$ eine mit dem bisherigen Ansprechvermögen für H_X vergleichbare Photonenenergieabhängigkeit.

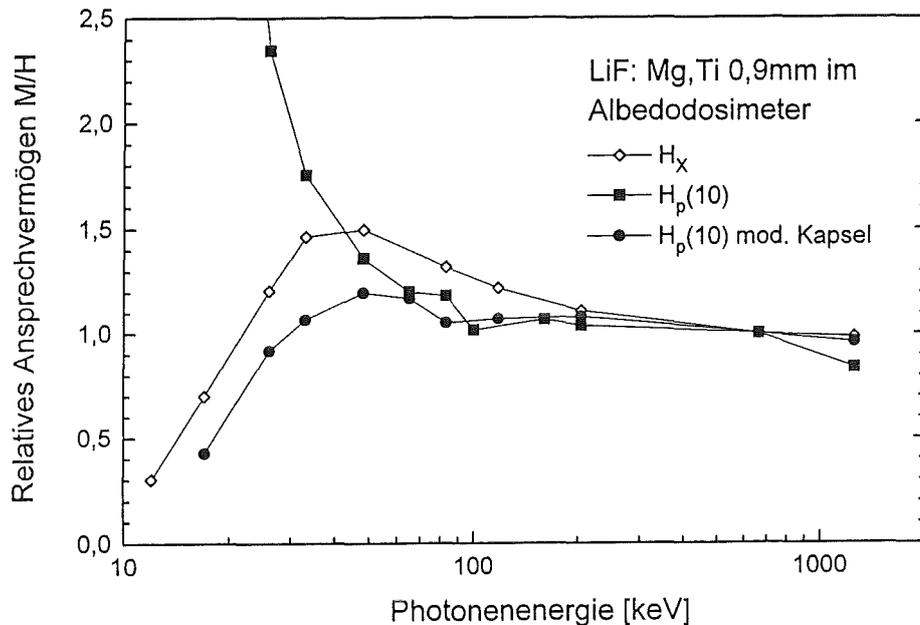


Abb. 6/7: Energieabhängigkeit des Albedodosimeters für die Meßgröße H_X und $H_p(10)$ sowie der modifizierten Albedokapsel mit zusätzlicher 0,05mm Cu-Filterung für die Meßgröße $H_p(10)$

Teilkörperdosimeter, die für die Meßgröße $H_p(0,07)$ an einem Fingerphantom mit vernachlässigbarem Rückstreuanteil kalibriert werden, zeigen keine Änderung der Energieabhängigkeit des Ansprechvermögens (siehe Abb. 6/4).

Auch das Flachglasdosimeter muß in der Dosimeterkonstruktion bzw. im Auswerteverfahren nicht verändert werden, da dieses Dosimeter für beide Meßgrößen optimiert wurde (Abb. 6/8). Für die neue Meßgröße muß nur eine neue Bauartzulassung beantragt werden. Im Gegensatz zum Flachglasdosimeter, für das eine Bauartzulassung durch den Hersteller (Musterprüfung) vorliegt, ist für die anderen Personendosimeter von jeder Meßstelle eine Bauartprüfung aufgrund einer erweiterten Vergleichsmessung zu beantragen.

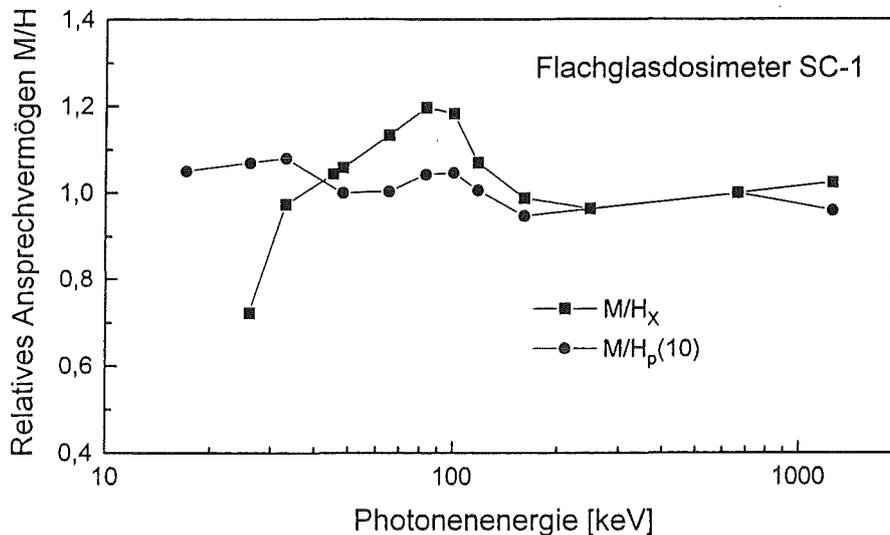


Abb. 6/8: Energieabhängigkeit des Flachglasdosimeters SC-1 bei frontaler Einstrahlung für die Meßgrößen H_X und $H_p(10)$

6.2.5 Flachglasdosimeter zur Messung der Ortsdosis $H^*(10)$

B. Burgkhardt, M. Vilgis

Bei der bisher vorgeschriebenen Kalibrierung von Personen- und Ortsdosimetern frei in Luft auf die Meßgröße Photonenäquivalentdosis H_X konnte das neu entwickelte Phosphatglasdosimeter auch zur Messung der Ortsdosis innerhalb der Umgebungsüberwachung eingesetzt werden. Eine entsprechende Bauartzulassung liegt für den Einsatz in der Personen- und Ortsdosimetrie vor. Die gesetzliche Einführung neuer Meßgrößen sieht für Personen- und Ortsdosimeter unterschiedliche Meßgrößen vor. Personendosimeter werden jetzt auf einem Quaderphantom kalibriert. Im Gegensatz zu TL- und Filmdosimetern kann das Flachglasdosimeter wahlweise die bisherige Meßgröße H_X und die neue Meßgröße $H_p(10)$ anzeigen. In der Ortsdosimetrie werden die Dosimeter weiterhin frei in Luft kalibriert, das Ansprechvermögen des Flachglasdosimeters muß jedoch auf die neue Meßgröße $H^*(10)$ in 10 mm Gewebetiefe optimiert werden.

Abb. 6/9 verdeutlicht, daß das bisherige Flachglas-Ortsdosimeter bei einer Kalibrierung frei in Luft nur die bisherige Meßgröße H_X ausreichend energieunabhängig anzeigt, nicht jedoch die neue Meßgröße $H^*(10)$. Das Energiekompensationsfilter des Flachglasdosimeters ist daher hinsichtlich Filtermaterial und Filterdicke neu zu optimieren. Bei der Neukonstruktion der Dosimeterkapselung wurde die Filtergeometrie beibehalten und das Zinnfilter von 0,75 mm Dicke durch ein Kupferfilter von 0,70 mm Dicke ersetzt. Wegen des jetzt erforderlichen isotropen Ansprechvermögens wurde auf die bisherigen Filter an den Schmalseiten der Dosimeterkapselung verzichtet. Abb. 6/10 zeigt die Energieabhängigkeit des Ansprechvermögens für eine frontale Einstrahlung sowie eine Rotation des Dosimeters in zwei Ebenen. Im Energiebereich 15 keV - 7 MeV beträgt die Energieabhängigkeit etwa 20 % bei Frontaleinstrahlung und

etwa 10 % bei Rotation. Im Vergleich zum bisherigen Personendosimeter zeigt das neue Ortsdosimeter eine Verbesserung der unteren Energieschwelle von 25 keV auf 15 keV.

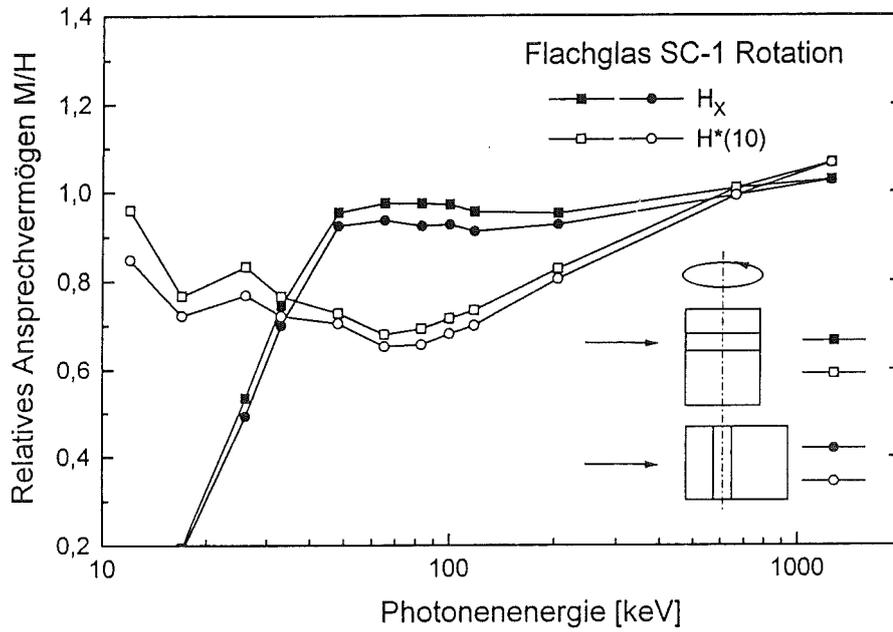


Abb. 6/9: Energieabhängigkeit des Flachglasdosimeters SC-1 bei rotierender Bestrahlung um zwei Achsen für die Meßgröße H_x und Umrechnung auf die Meßgröße $H^*(10)$

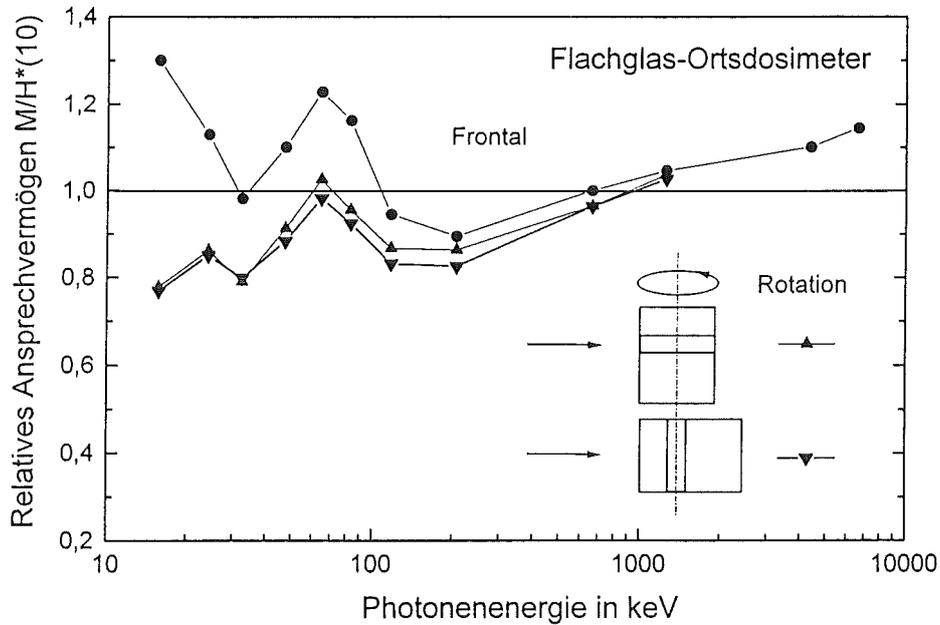


Abb. 6/10: Energieabhängigkeit des modifizierten Flachglas-Ortsdosimeters mit Cu-Filterung für die Meßgröße $H^*(10)$ bei frontaler bzw. rotierender Bestrahlung um zwei Achsen

6.2.6 Temperverfahren von Flachglaskalibrierdosimetern

B. Burgkhardt, M. Vilgis, E. Piesch

Phosphatglasdosimeter haben den Vorteil einer sehr stabilen Meßwertanzeige. Diese wird jedoch nicht unmittelbar nach der Bestrahlung erreicht, sondern baut sich bei Zimmertemperatur innerhalb von Tagen auf (Build-up). Der Aufbau kann durch Erhöhung der Temperatur beschleunigt werden. Kalibrierdosimeter des Glastyps FD-1 wurden deshalb in der Vergangenheit 20 min bei 100 °C getempert und erreichten damit eine stabile Anzeige, die um 6 % höher lag als die Anzeige von Gläsern nach einem Monat Lagerung bei Zimmertemperatur. Dies wird durch den Kalibrierfaktor bei der Gerätekalibrierung berücksichtigt. Das Flachglasdosimeter des Glastyps FD-7 zeigt die gleiche Erhöhung. Dieser Meßwert unterliegt hier jedoch einem Langzeitfading, das den Einsatz des gleichen Glasdosimeters zur Gerätekalibrierung über einen längeren Zeitraum nicht zuläßt.

Entsprechende Versuche zur Langzeitstabilität des Flachglases ergaben besonders stabile Anzeigen nach einer Temperung von 24 h bei 35 °C und einer anschließenden Wartezeit von mindestens vier Tagen. Abb. 6/11 vergleicht das Ansprechvermögen von nicht getemperten mit unmittelbar nach der Bestrahlung bei 35 °C/24 h getemperten Flachglasdosimetern. Dieses Ergebnis wird nicht beeinflusst von der täglichen Gerätekalibrierung. Nach fünf Tagen unterscheidet sich das Ansprechvermögen der ungetemperten, bei Zimmertemperatur gelagerten Flachglasdosimeter von den getemperten nur um 2 %, nach 30 Tagen um weniger als 1 %. Bei der Gerätekalibrierung ist eine Korrektion des unterschiedlichen Ansprechvermögens des getemperten Kalibrierdosimeters und der ungetemperten Routinedosimeter daher nicht erforderlich.

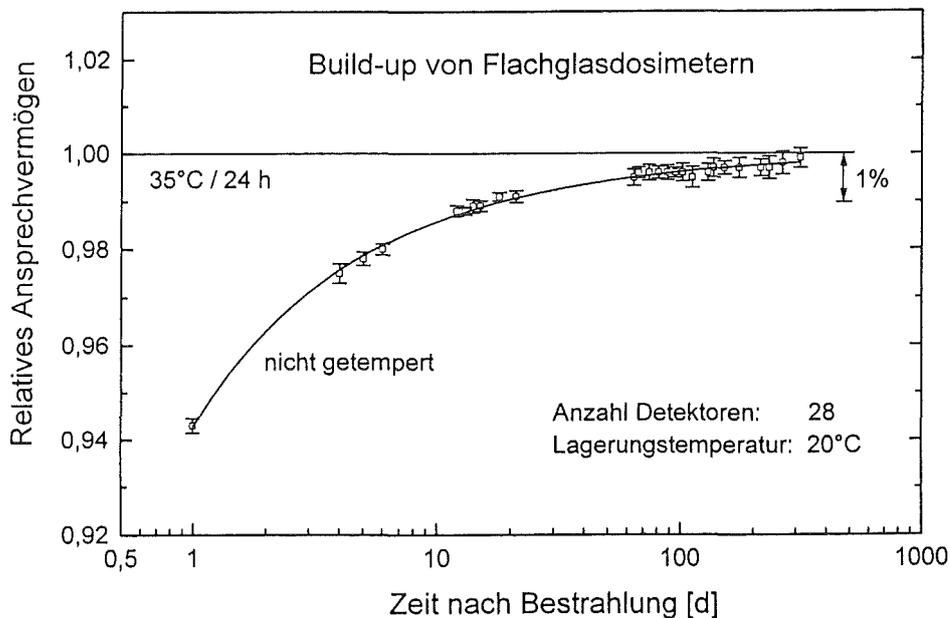


Abb. 6/11: Relatives Ansprechvermögen von ungetemperten Flachglasdosimetern bei Zimmertemperatur bezogen auf das Ansprechvermögen der bei 35 °C/24 h getemperten Kalibrierdosimeter

Die Stabilität des Ansprechvermögens der so getemperten Gläser wird in Abb. 6/12 gezeigt. Aus einer Charge von Flachglasdosimetern wurden zu Versuchsbeginn (I) und in den darauffolgenden Monaten (II, III, IV usw.) jeweils vier Dosimeter bestrahlt und bei 35 °C/24 h getempert. Die Kalibrierung des Auswertegerätes erfolgt über den gesamten Zeitraum mit dem Mittelwert der Gruppe I. Die Abbildung verdeutlicht, daß auch nach fünf Monaten das Ansprechvermögen der Gruppe I und IV nach dem Build-up in den ersten zehn Tagen innerhalb eines halben Prozents gut übereinstimmt. Daraus läßt sich auf eine Langzeitstabilität der bei 35 °C/24 h getemperten Flachglasdosimeter über fünf Monate schließen. Die Gebrauchsanweisung gemäß Bauartprüfung sieht eine Erneuerung des Kalibrierungsglases nach spätestens drei Monaten vor.

Die Ergebnisse der Untersuchungen bestätigen die gute Langzeitstabilität der Phosphatgläser und damit ihre besondere Eignung auch als Langzeitdosimeter in der Personen- und Ortsdosimetrie.

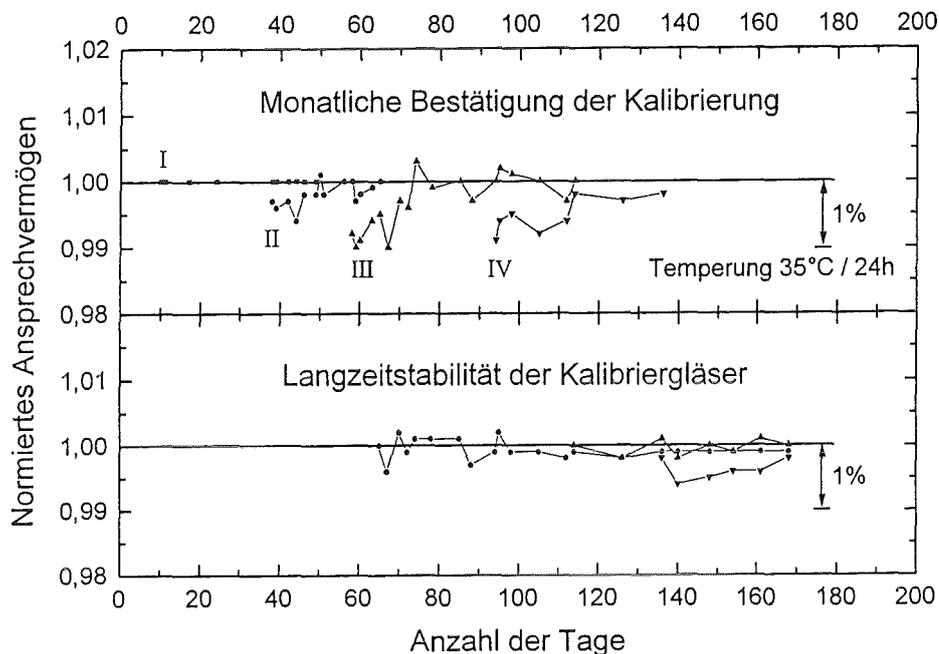


Abb. 6/12: Langzeitstabilität der bei 35 °C/24 h getemperten und bei Zimmertemperatur gelagerten Kalibrierungsgläser

6.3 Neutronendosimetrie

6.3.1 Neutronenansprechvermögen und kleinste nachweisbare Dosis von Kernspurdetektoren unter Berücksichtigung neuer Q-Faktoren nach ICRP 60

M. Vilgis, B. Burgkhardt, E. Piesch

Die Kalibrierung von Neutronendosimetern basierte bisher auf den in ICRP 21 vorgegebenen Neutronenfluenz-Äquivalentdosiskonversionsfaktoren. In ICRP 60 werden neue Q-Faktoren zugrundegelegt, wodurch sich diese Konversionsfaktoren im interessierenden Energiebereich von 50 keV - 1 MeV bis zu 50 %, im Bereich hochenergetischer Neutronen von 10 - 50 MeV bis zu 30 % erhöhen und oberhalb 50 MeV stetig bis zu einem Faktor 2 bei 150 MeV abfallen. Die Erhöhung des Konversionsfaktors führt zu

einer Verringerung des Ansprechvermögens der Dosimeter. Im folgenden werden die Energieabhängigkeit des Neutronenansprechvermögens sowie die damit verbundene Änderung der kleinsten nachweisbaren Dosis bei den im Forschungszentrum Karlsruhe untersuchten und hinsichtlich des Neutronenansprechvermögens im Ätzverfahren optimierten Kernspurdetektoren vorgestellt.

Abb. 6/13 vergleicht das von der Neutronenenergie abhängige Ansprechvermögen von CR-39-Kernspurdetektoren unterschiedlicher Hersteller (AA American Acrylics, Tas Tastrak) nach einer zweistufigen ECE bei unterschiedlicher elektrischer Feldstärke. Das entsprechende Ansprechvermögen des Polycarbonatdetektors Makrofol DE ist in Abb. 6/14 für monoenergetische Neutronen wiedergegeben. Zugrundegelegt wurde hier eine ECE bei einer elektrischen Feldstärke von $42 \text{ kV}\cdot\text{cm}^{-1}$. Das Ansprechvermögen der Makrofol-Detektoren für die Neutronenkalibrierspektren bei PSI in Villigen mit Energien von 44 und 66 MeV entspricht demjenigen für Cf-252-Neutronen ($109 \text{ Spuren}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{mSv}^{-1}$). Die neuen Q-Faktoren führen hier im Energiebereich 1 - 70 MeV zu einer Energieabhängigkeit des Ansprechvermögens von $\pm 25 \%$. Auch Kalibrierbestrahlungen bei CERN im Hadronenfeld hinter einer Betonabschirmung zeigen ein vergleichbares Ansprechvermögen, welches für das Neutronenspektrum der kosmischen Strahlung in Flughöhen von 10 - 14 km als repräsentativ angesehen wird. Mit einer unteren Nachweisgrenze von etwa 0,15 mSv ist der Makrofol-Kernspurdetektor zur Zeit das einzige akkumulierende Neutronendosimeter, das zu einer langzeitigen Messung der Neutronenexposition des Flugpersonals in Zivilflugzeugen als Alternative zu kontinuierlich anzeigenden Dosisleistungsmessungen mit TEPC-Detektoren eingesetzt werden kann.

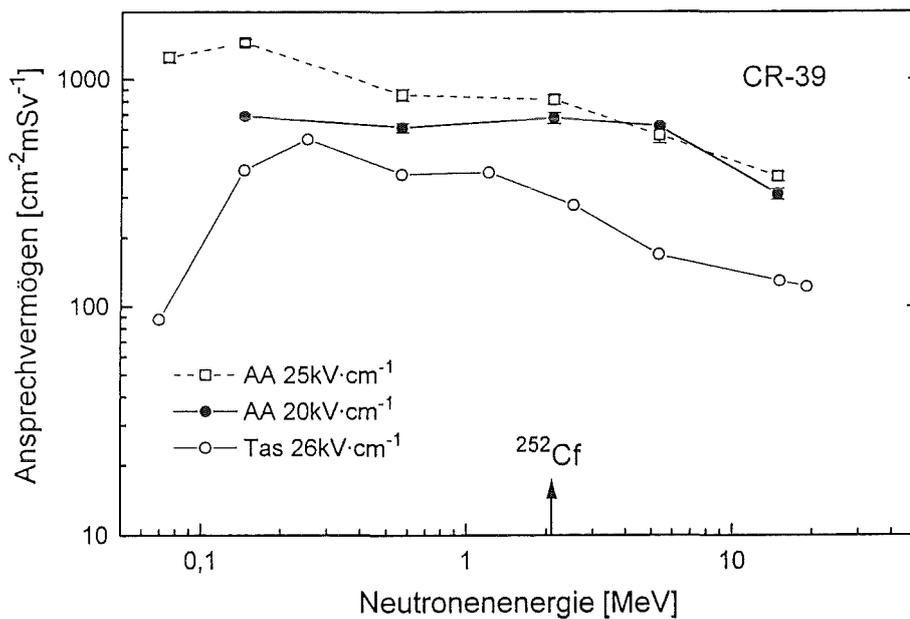


Abb. 6/13: Neutronenansprechvermögen der CR-39-Materialien American Acrylics (AA) und Tastrak (Tas) bei verschiedenen elektrischen Feldstärken für die Meßgröße $H_p(10)$

Unter Zugrundelegung der neuen Q-Faktoren und einer dreifachen Standardabweichung der Backgroundanzeige wurde die kleinste nachweisbare Dosis für die bisher untersuchten Neutronendetektoren ermittelt. Abb. 6/15 zeigt H_{\min} in Abhängigkeit von der Neutronenenergie für die Kernspurdetektoren CR-39 und Makrofol DE sowie den Blasendetektor BD-100. Beide Kernspurdetektoren haben im Energiebereich 1 - 5 MeV eine vergleichbare untere Nachweisgrenze. Makrofol zeigt ein günstigeres Ansprechvermögen im Energiebereich 1 - 70 MeV. Hochempfindliche, direkt anzeigende Blasendetektoren haben hingegen eine wesentlich bessere untere Nachweisgrenze, jedoch eine ausgeprägte Energieabhängigkeit.

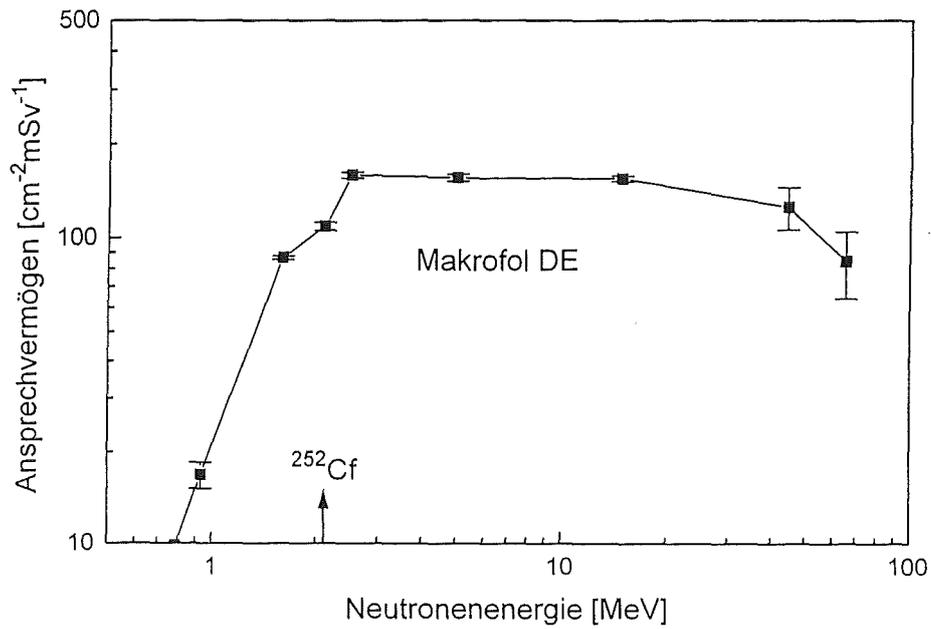


Abb. 6/14: Neutronenansprechvermögen des Makrofoldetektors bei elektrochemischer Ätzung mit $42\text{kV}\cdot\text{cm}^{-1}$ für die Meßgröße $H_p(10)$

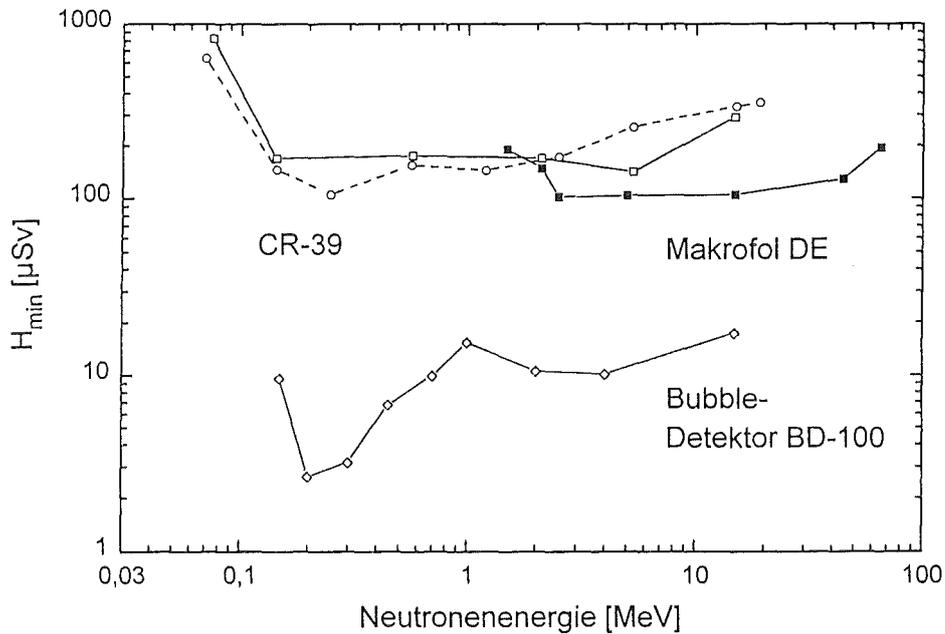


Abb. 6/15: Energieabhängigkeit der unteren Nachweisgrenze von MakrofolDE und zwei CR-39-Materialien sowie des Blasen-Detektors BD-100 für die Meßgröße $H_p(10)$

6.3.2 Neues Verfahren zur Messung der Richtungsabhängigkeit von Neutronenkernspurdetektoren

B. Burgkhardt, E. Piesch, K. Turek

Üblicherweise werden zur Bestimmung der Richtungsabhängigkeit von Kernspurdetektoren mehrere Detektoren unter verschiedenen Strahleneinfallrichtungen bestrahlt. In Zusammenarbeit mit dem Institut für Strahlenphysik der tschechischen Akademie der Wissenschaften in Prag wurde ein dort entwickeltes Verfahren erprobt, welches nur mit einem einzigen Detektor die Bestimmung des Ansprechvermögens in Abhängigkeit vom Einstrahlwinkel ermöglicht. Hierbei wird der Detektor auf einer zylindrischen Halterung bestrahlt, wobei gleichzeitig alle Einfallrichtungen zwischen 0° (streifender Einfall) und 90° (senkrechter Einfall) erfaßt werden. Jedem Abstand von der Detektormitte (90°) kann ein Einfallswinkel zugeordnet werden. Dieses Verfahren wurde u. a. auch zur Ermittlung des kritischen Winkels für α -Strahlung eingesetzt.

Abb. 6/16 zeigt am Beispiel der Bestrahlung eines CR-39-Detektors mit Am-Be-Neutronen die gemessene Spurendichte in Abhängigkeit vom ermittelten Einstrahlwinkel und den mit einer Kosinusfunktion angepaßten Kurvenverlauf. Das entsprechende relative Neutronenansprechvermögen aufgrund von PTB-Bestrahlungen mit monoenergetischen Neutronen zeigt Abb. 6/17. Im Vergleich zur bisherigen Bestrahlungstechnik mit diskreten Bestrahlungswinkeln von 90° , 60° , 45° und 0° ermöglicht das neue Verfahren mit einer einzigen Bestrahlung die kontinuierliche Bestimmung der Richtungsabhängigkeit des Neutronenansprechvermögens.

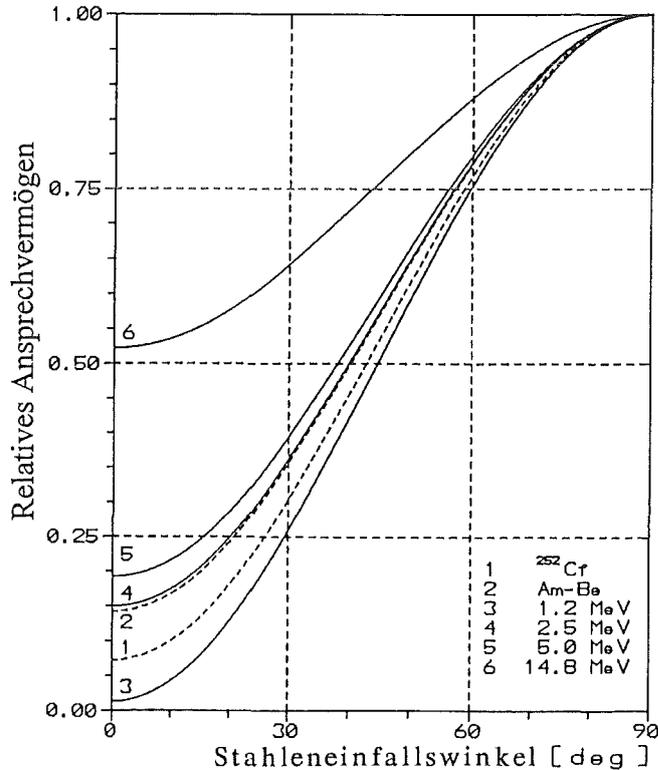


Abb. 6/16: Gemessene Spurendichte eines CR-39-Detektors in Abhängigkeit vom Strahleneinfallswinkel für Am-Be-Neutronen

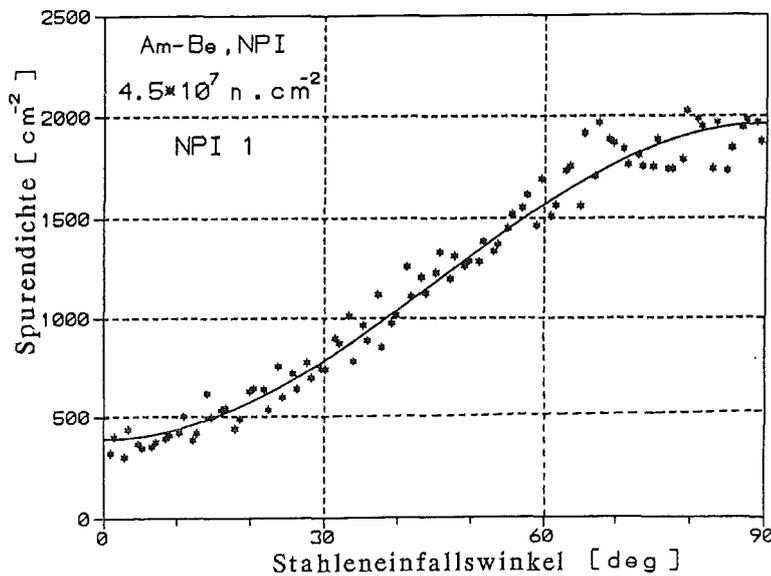


Abb. 6/17: Normierte und mit einer Kosinusfunktion angepaßte Richtungsabhängigkeit eines CR-39-Detektors für ²⁵²Cf-, Am-Be- und monoenergetische Neutronen

6.3.3 Kritikalitäts-Personendosimetrie mit amtlichen Glas- und Albedodosimetern

B. Burgkhardt, M. Vilgis

Im Juni 1993 fand am SILENE-Forschungsreaktor in Valduc, Frankreich, eine internationale Vergleichsbestrahlung von Kritikalitätsunfalldosimetern statt, wobei die Referenzwerte erst im Berichtszeitraum bekannt gegeben wurden. Mit einer hochangereicherten wässrigen Uranyl-nitratlösung in einem zylindrischen Reaktorkessel wird die Kritikalität bei etwa 38 Litern erreicht und führt zu einem "Puls" von Neutronen und Photonen mit einer Dosisleistung von mehreren Gy in wenigen Sekunden. Der Puls 1 mit dem unabgeschirmten Reaktorkessel ließ ein durch Wasser moderiertes Neutronenspektrum erwarten. Die zusätzliche Bleiabschirmung von 10 cm Dicke während Puls 2 bewirkte eine Verringerung der Photonendosisleistung und eine Verschiebung zu weicheren Neutronenenergien. Die Dosimeter wurden frei in Luft und an Phantomen im Abstand von 4 m in einem Halbkreis um den Reaktor bestrahlt. Für die Referenzwerte wird eine Unsicherheit von etwa $\pm 10 \%$ angegeben.

Tab. 6/4 gibt nur die Neutronendosisergebnisse der Phantombestrahlungen der Personendosimeter des Forschungszentrums Karlsruhe wieder.

Die Neutronendosisanzeige für das Phosphatglas FD-1 in der Zinnkugelhülle beruht insbesondere auf der Aktivierungsreaktion $^{31}\text{P}(n,p)^{31}\text{Si}$ mit einem Wirkungsquerschnitt von etwa 36 mb für schnelle Neutronen, die den Hauptanteil zur Neutronendosis beitragen. Die Betastrahlung des mit einer Halbwertszeit von 2,6 h zerfallenden ^{31}Si wird über die im Glas entstehende Cerenkov-Strahlung in einem Flüssigszintillationszähler gemessen. Der Korrekturfaktor zur Berücksichtigung des mittleren Ansprechvermögens der Dosimeter in den Valduc-Feldern im Vergleich zum Cf-Neutronen-Kalibrierfeld

wurde aus vergleichbaren Spektren in den IAEA-Reports Serie 180 und 318 entnommen. Der guten Übereinstimmung unseres Ergebnisses mit dem Referenzwert beim abgeschirmten Spektrum steht ein höherer Neutronendosiswert beim ungeschirmten Spektrum gegenüber. Auch der Mittelwert D aller Teilnehmer liegt hier zu hoch.

Strahlungsfeld	D _n (ref) [Gy]	Dosimeter	D [Gy]	D/D _n (ref)	D/D _n (ref)
Spaltspektrum + 10 cm Blei	3,66	Albedo ¹⁾	4,28	1,17	1,02 ± 10%
		Glas ²⁾	3,70	1,01	
Spaltspektrum	2,90	Albedo	3,55	1,22	1,14 ± 15%
		Glas	3,80	1,31	

1) Karlsruher Albedo-Neutronendosimeter (Amtliches Personendosimeter)

2) Aktivierung von Phosphatglas FD-1 in Kugelkapselung

Tab. 6/4: Ergebnisse der eingesetzten Dosimeter des Forschungszentrums Karlsruhe zur Messung der Neutronenunfalldosis

Beim neuen Flachglasdosimeter, das das FD-1-Glas in der Photonenpersonenüberwachung ersetzt hat, läßt sich die ³¹Si-Aktivität wegen des Natriumanteils von 11 % in der Glaszusammensetzung und als Folge der Aktivierungsreaktion ²³Na(n,γ)²⁴Na mit einem Wirkungsquerschnitt von 841 mb über den gesamten Neutronenenergiebereich zum Neutronennachweis nicht nutzen. Die fast 20-fache Beta-Intensität des ²⁴Na mit einer Halbwertszeit von 15 Tagen überdeckt die des ³¹Si bei der Messung. Eine Dosisermittlung aufgrund der ²⁴Na-Aktivität würde die stärkere Berücksichtigung des mittelschnellen Neutronenanteils im Spektrum erfordern.

Andererseits emittieren das ²⁴Na ebenso wie weitere Aktivierungsprodukte des Flachglases und der Edelstahlglaskarte auch Photonen. Die Tab. 6/5 zeigt die gemessenen und auf das Bestrahlungsende zurückgerechneten Dosisleistungen in 5 cm Abstand vom Flachglasdosimeter für die beiden Strahlungsfelder in Valduc und einer Kalibrierbestrahlung mit thermischen Neutronen bei der PTB. Die Meßergebnisse in Abhängigkeit von der Zeit nach Bestrahlungsende ergaben eine kurz- und langlebige Aktivitätskomponente (HWZ von 2,6 h und größer 15 h), die hauptsächlich den Aktivierungsprodukten ²⁴Na und ⁵⁶Mn zugeordnet und durch mindestens zwei Messungen nach etwa 2 h und 24 h getrennt werden können. Photonendosisleistungsmessungen am Flachglas ermöglichen demnach eine grobe Abschätzung der Neutronendosis nach einem Kritikalitätsunfall.

Strahlungsfeld		D [Gy]	Photonendosisleistung in µSv/h in 5cm Abstand ¹⁾	
			Kurzzeitige Komponente	Langzeitige Komponente
Valduc	Spaltspektrum + 10 cm Blei	3,66	0,86	0,26
	Spaltspektrum	2,90	1,40	0,31
PTB	n _{th}	1,71	1,92	2,21

1) normiert auf Bestrahlungsende nach Kurzzeitbestrahlung

Tab. 6/5: Photonendosisleistung in 5 cm Abstand vom Flachglasdosimeter durch Aktivierungsprodukte im Glas und Edelstahlkarte, normiert auf das Bestrahlungsende

Das Karlsruher Albedodosimeter, das in Bereichen mit Kritikalitätsrisiko auch als amtliches Personendosimeter zur Neutronenüberwachung eingesetzt werden kann, zeigte in der Kritikalitätsvergleichsstrahlung gute Ergebnisse. Die Neutronendosis wurde hier nach dem Routineauswerteverfahren für Personendosimeter unter Verwendung der Kalibrierfaktoren für den für Kritikalitätsüberwachung vorgesehenen Anwendungsbereich ohne zusätzliche Annahmen ausgewertet. Das Ergebnis in Äquivalentdosisseinheiten wurde mit den aus den vergleichbaren IAEA-Spektren abgeleiteten Q-Faktoren von 10,6 und 12 (Feld mit Bleiabschirmung) in die Energiedosis umgerechnet. Der Vorteil des routinemäßig getragenen Personendosimeters gegenüber Aktivierungsdetektoren ist die ständige Verfügbarkeit des Dosimeters und der Routinemess-technik, die gleichzeitige Messung der Photonen- und Neutronendosis und die Unabhängigkeit vom Auswertzeitpunkt nach einem Kritikalitätsereignis.

6.4 Strahlenexposition durch Radon-Zerfallsprodukte

6.4.1 Messungen an Arbeitsplätzen

J. Schmitz, R. Nickels

Aus den von 1989 bis Mitte 1993 durchgeführten Erhebungsmessungen in Untertage- und balneotherapeutischen Betrieben ergibt sich eine Reihe konkreter Betriebe, deren Beschäftigte bei Aufenthalt in diesen Bereichen wegen der hohen Konzentration an Radonfolgeprodukten als besonders strahlenexponiert betrachtet werden müssen. Aufgrund der von uns vorgelegten Zahlen unterstützten das BMU bis Mitte 1994 und das Umweltministerium Baden-Württemberg zur Zeit Detailmessungen in diesen Betrieben. Mit Hilfe von kontinuierlichen Radon- und Radonfolgeproduktmessungen, Bestimmung wettertechnischer Daten, dem Einsatz unserer passiven Radondosimeter und zahlreicher Einzelmessungen werden die Untertagebetriebe in ihrer strahlenhygienischen Situation durchleuchtet und zusammen mit den zuständigen Bergämtern und Betreibern Verbesserungsvorschläge ausgearbeitet. Ziel ist dabei, durch wettertechnische Maßnahmen oder Arbeitszeitvorschriften die Exposition der Beschäftigten unter der Obergrenze des "Normalbereichs" (1 Working Level Month/Jahr = 5 mSv/Jahr) im Sinne der SSK-Empfehlung vom 30.06.1994 zu halten, die sich an der ICRP-Veröffentlichung 65 orientiert.

Die Abb. 6/18 zeigt die kontinuierliche Aufnahme der Radon- bzw. Radonfolgeprodukt-Konzentration am Abbauort einer Produktionsgrube über einen Zeitraum von drei Tagen. Das Bild wird geprägt von der Wettertechnik: Mit Schichtbeginn um 6.00 Uhr werden in den Abbauort Frischwetter eingeblasen, die aber erst nach ca. zwei Stunden zu einer deutlichen Verbesserung der Situation führen. Nach Abschalten der (teuren) Lüftung steigt der Aktivitätspegel im Laufe der Nacht stark an, um erst wieder mit Einsetzen der Bewetterung verdrängt zu werden. Die aus diesen Kurven für den Arbeitsort berechnete Exposition ließ erkennen, daß der o. a. "Normalbereich" wahrscheinlich überschritten wird. Deshalb werden drei Bergleute mit Radon-Personendosimetern für einen Zeitraum von fünf Monaten ausgerüstet. Die Hochrechnung der erhaltenen fünfzehn Monatswerte auf elf Arbeitsmonate pro Jahr bestätigte die Vorausberechnung. Verbesserungsvorschläge für die Wettertechnik wurden von uns ausgearbeitet.

Ein weiteres Beispiel für die Grenzsituation im Untertage-Strahlenschutz zeigt Abb. 6/19. In einer Besuchergrube im Schwarzwald wird zur Zeit auf der tiefsten Sohle versucht, einen verschütteten Wasserlösungsstollen wieder aufzuwältigen und damit einen natürlichen Wetterzug zu erreichen. Die über zwei Tage registrierte Luftaktivität zeigt deutlich, daß keinerlei direkte Verbindung mit der Außenluft besteht, da sich die üblichen, oft über den Faktor 5 bis 10 unterschiedlichen Tag-/Nacht-Konzentrationschwankungen nicht auswirken. Die Hochrechnung ergab für beide Bergleute eine zu erwartende Jahresexposition von mehr als 1 WLM (5 mSv). Im vorliegenden Fall wurde daher der Einbau einer Zwangsbewetterung empfohlen.

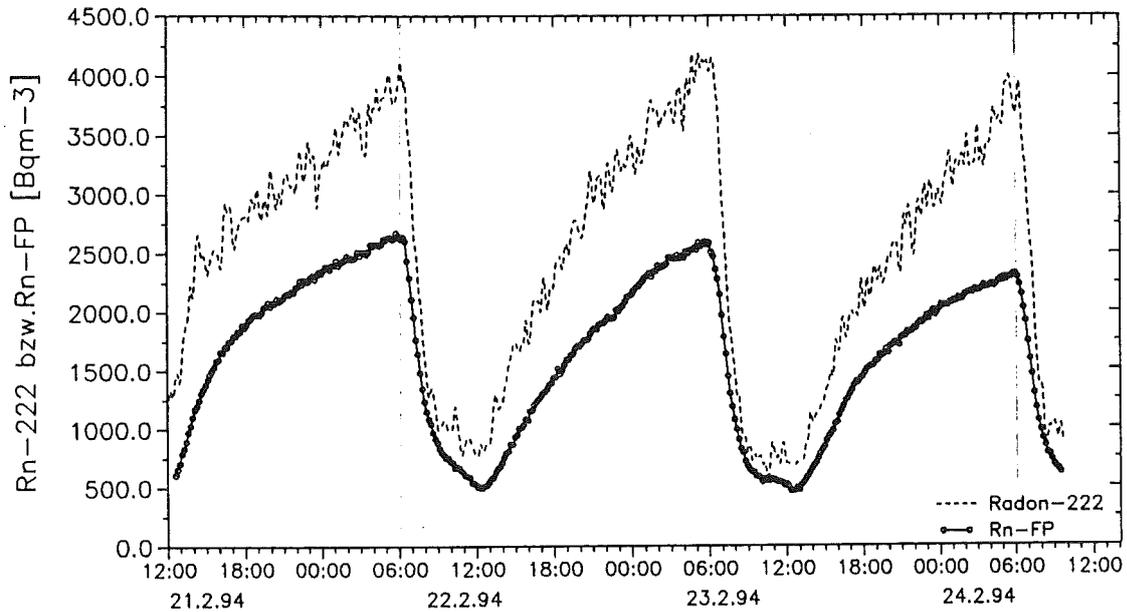


Abb. 6/18: Zeitlicher Verlauf der Radon- und Radonfolgeprodukt-Konzentration in einer zwangsbelüfteten Produktionsgrube

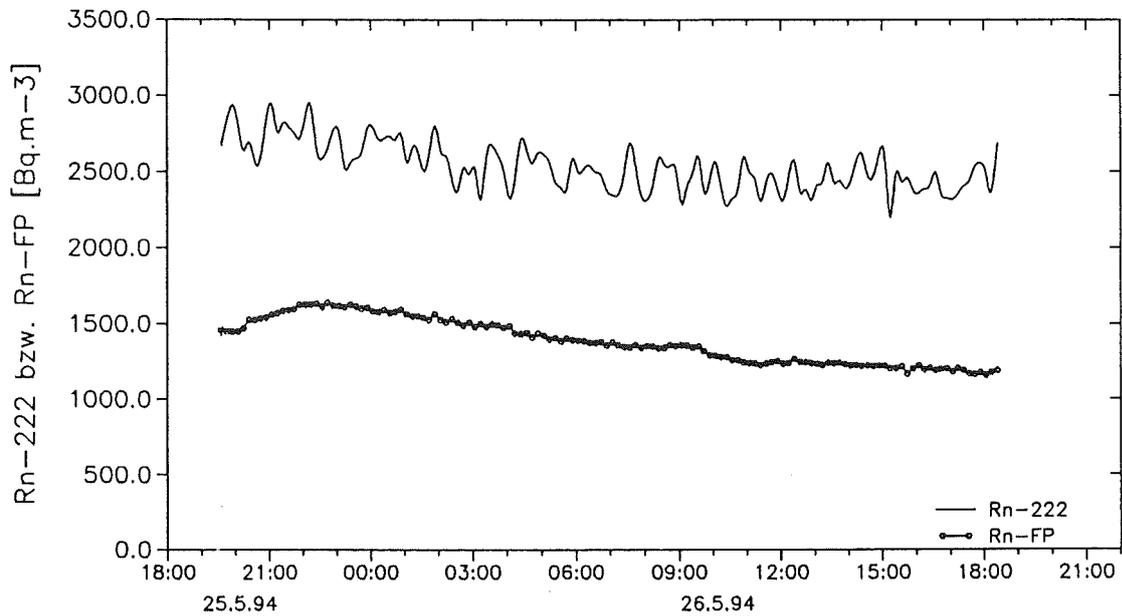


Abb. 6/19: Zeitlicher Verlauf der Radon- und Radonfolgeprodukt-Konzentration in einer unbewetterten Besuchergrube

Insgesamt wurden 1994 zwölf Untertagebetriebe detailliert untersucht und entsprechende Strahlenschutzempfehlungen ausgearbeitet.

Zu den möglicherweise radonexponierten Arbeitsplätzen gehören auch die Trinkwassergewinnungsanlagen. In den neuen Bundesländern wurden in den uranhaltigen Südregionen schon seit Anfang der 70er Jahre gezielt Trinkwassergewinnungsanlagen auf Radon überwacht und gegebenenfalls mit Strahlen-

schutzaufgaben versehen. Vor zwei Jahren wurde ein eklatanter Expositionswert aus einem bayrischen Wasserwerk bekannt. Dies führte zu verstärkten Tätigkeiten auf Länderebene, Wasserwerke in die Erhebungsmessungen zur Ermittlung der Strahlenexposition am Arbeitsplatz mit einzubeziehen. Seit Mitte 1994 führen wir diese Messungen in einem vom Umweltministerium Baden-Württemberg geförderten Vorhaben durch. In zweieinhalb Jahren sollen die etwa 100 wichtigsten Betriebe (von ca. 1 100) des Landes aufgenommen sein. Die ersten Ergebnisse brachten nur in den meist von der übrigen Technik abgeschlossenen Rohwasserbecken höhere Radonkonzentration bis zu $50\,000\text{ Bq m}^{-3}$. Hier wird im Luftraum der Hochbehälter, insbesondere bei druckentspanntem turbulenterm Eintrag des Rohwassers Radon wegen des ungünstigen Verteilungskoeffizienten ($C_{\text{Wasser}}/C_{\text{Luft}} < 1$) angereichert. Eine nennenswerte Exposition ist in diesen Bereichen wegen der sehr kurzen Aufenthaltszeiten jedoch nicht zu erwarten. Durch die systematische Durchführung dieser Erhebungsmessungen ist in den nächsten Jahre mit einer ähnlich umfassenden Strahlenschutzanalyse zu rechnen wie für die Untertagebetriebe und die Balneotherapie.

Neben den Detailmessungen in Untertagebetrieben und den Erhebungsmessungen in Wasserwerken wurden zahlreiche Hilfestellungen bei Anwendern unseres Radondosimeters gegeben. Die Weiterführung der Personendosimetrie in der australischen Urangrube Olympic Dam wurde ebenso betreut wie erste Versuche zur Personendosimetrie von zehn Bergleuten in einer kanadischen Urangrube der Comeco. Mit zahlreichen kleineren Probeexpositionen, z. B. im Bundesland Sachsen, wurde die Anwendung unseres Dosimeters propagiert. Erfolgreich war die Akquisition in den Niederlanden, wo ein besonderes Häuserprogramm des staatlichen Hygieneinstituts mit über 5 000 Langzeitmessungen unter Verwendung unseres Radondosimeters begonnen wurde.

6.4.2 Qualitätssicherung und Optimierung von Radondosimetern

J. Schmitz, R. Nickels, P. Wolff

Das Inkrafttreten von DIN 25 706 ("Passive Radondosimeter") bedeutet, daß auch unser Radondosimeter den dort vorgeschriebenen Verfahren der Qualitätssicherung und Nachkalibrierung unterzogen werden muß. Deshalb wurden im Januar und April 1994 Radondosimeter unter kontrollierten Expositionsbedingungen bestrahlt. Die erste Charge von ca. hundert Stück wurde im Antonstollen (Schwarzwald) bei einer Konzentration von $6,7\text{ kBq m}^{-3}$ zwei Tage exponiert, die zweite einen Tag in der Versuchsgrube Roter Bär (Harz) bei 27 kBq m^{-3} . An der Auswertung waren die Amtliche Meßstelle für Festkörperdosimetrie des Forschungszentrums Karlsruhe und das Institut für Biophysik der Universität des Saarlandes beteiligt. Bei Standardätzbedingungen war die Reproduzierbarkeit besser als 5 %. Im Juli 1984 wurden 120 Detektoren in der Radonkammer des Bundesamtes für Strahlenschutz bei drei um mehr als eine Größenordnung differierenden Expositionen bestrahlt. Auch hier ergab sich bei den drei Auswertelabors eine Abweichung der Kalibrierfaktoren um weniger als 10 %. Damit entspricht unser Radondosimeter den Anforderungen der Norm. Seit Dezember 1994 läuft ein großangelegter europäischer Ringversuch, der sowohl Expositionen in der Radonkammer des NPRB (England) als auch Expositionen in Häusern unterschiedlicher Klimazonen einschließt. Die Rücksendung unserer 60 Detektoren soll etwa im April 1995 erfolgen.

Neben der Qualitätssicherung und Kalibrierung wird an Verbesserungen des Dosimetersystems gearbeitet, die in erster Linie aus der praktischen Anwendung resultieren. Für eine Reihe von Langzeitmessungen sollen Jahresmittelwerte in Wohnungen bestimmt werden, wobei es häufig zu Überexpositionen kommt, d. h. unser Dosimeter ist zu empfindlich. Deshalb wurden Versuche zur Reduzierung des Ansprechvermögens durchgeführt. Fünf Aluminiumplatten von $20\text{ cm} \times 30\text{ cm}$ wurden mit beschichteten Makrofolblättern belegt und mit Distanzringen auf 1, 3, 6 und 10 mm Abstand zusammengeschraubt. Die Seitenflächen waren mit hydrophobiertem Glasfaserfilter gegen Aerosoleintritt abgedichtet. Dieses überdimensionale Diffusionsdosimeter wurde 48 Stunden bei $5,6\text{ kBq m}^{-3}$ Radon, $4,4\text{ kBq m}^{-3}$

Folgeproduktkonzentration ($F = 0,75$), $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ und 60% relative Luftfeuchte exponiert. Der Plattendetektor stand senkrecht und war niedrigohmig geerdet. Nach der Exposition wurden die Makrofolblätter abgelöst, die Randzonen verworfen und in Detektorfolien $25\text{ mm} \times 25\text{ mm}$ geschnitten. Durch Variation der Vorätzzeit wurde die Abhängigkeit der Spurenzahl von der Eindringtiefe der α -Teilchen bestimmt. Für diese Versuche wurden etwa 300 Detektorfolien geätzt. Die Spurenzahlen lagen zwischen 50 und 250 cm^{-1} , bei Nullwerten von weniger als 4 Spuren cm^{-1} .

Abb. 6/20 zeigt die Spurenverteilung für unterschiedliche Plattenabstände und die entsprechende Kurve für die Halbkugelgeometrie des Standarddosimeters. Auffällig sind die unveränderte Lage des Spurendichtemaximums und die lineare Abhängigkeit des Ansprechvermögens vom Plattenabstand. Zur Reduzierung der Empfindlichkeit um den Faktor 2 gegenüber dem dem Standarddosimeter wäre ein Plattendosimeter mit 4 mm Abstand notwendig, geringere Abstände zeigen in der praktischen Anwendung Fehlerquellen. Eine weitere Möglichkeit zur Verlängerung der Expositionszeit läge in einer höheren zulässigen Spurendichte, d. h. in kleineren Spuren. Da bei elektrochemischer Standardätzung bereits 80% der Spuren nach einer Stunde Ätzzeit erfaßt werden mit etwa $100\text{ }\mu$ Durchmesser (vgl. Jahresbericht 1992, Kap. 6.4.3), wäre eine höhere Sättigungsdichte durch kürzere ECE-Zeiten möglich. Auch durch Zurücknehmen der Feldstärke bei der elektrochemischen Ätzung wäre ein solcher Effekt zu erreichen, was jedoch eine völlig neue Optimierung des Ätzprozesses notwendig macht. In beiden Fällen müßte die jetzige einfache Praxis der Auswertung mit Hilfe eines Microfiche-Lesers/Druckers geändert werden.

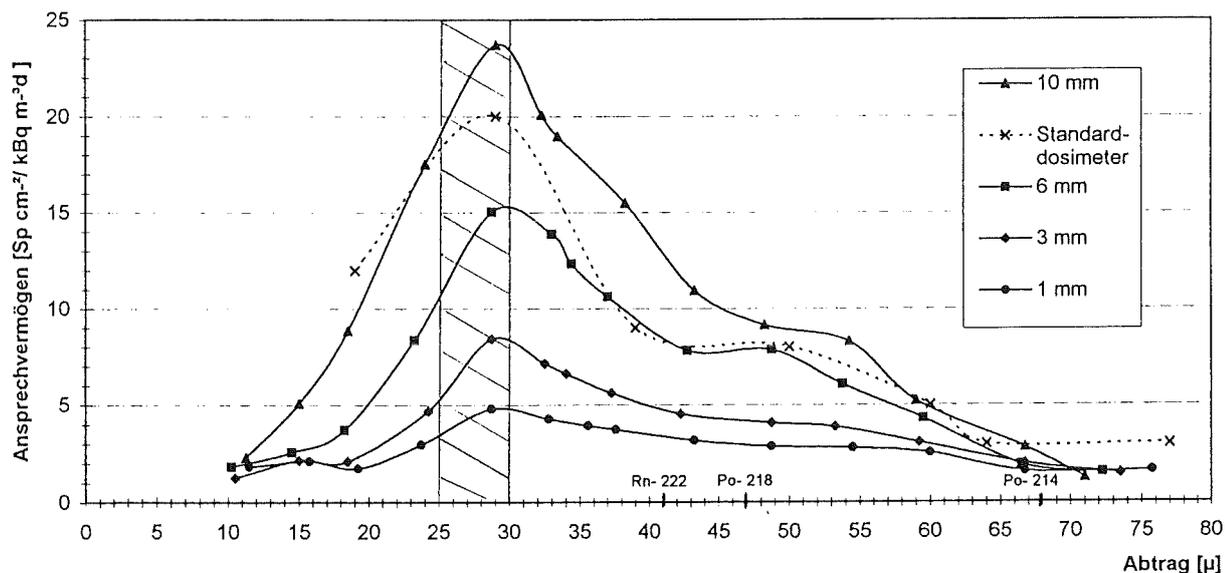


Abb. 6/20: Ansprechvermögen als Funktion der Eindringtiefe für Sandwich-Dosimeter mit steigendem Plattenabstand (schraffiert: Bereich der Routineauswertung)

Ein weiteres praxisnahes Problem der Passivdosimetrie ist die Suche nach einer Möglichkeit, nicht nur die Radonkonzentration, sondern auch den Gleichgewichtsfaktor und damit die Folgeproduktkonzentration mit dieser Detektionsmethode zu bestimmen. Wir hatten bereits erste Versuche mit offenene Dosimetern in Standardgeometrie 1983 bei Umweltmessungen ohne Erfolg durchgeführt und 1992 und 1993 systematisch ohne brauchbares Ergebnis verfolgt. Durch Belegen der beiden Außenseiten des oben beschriebenen Plattendosimeters wurden eine größere Anzahl von frei im Luftraum exponierten Dosimeterfolien gewonnen, die sowohl dem Radon wie auch seinen Folgeprodukten ausgesetzt waren. Diese Detektoren wurden den gleichen Ätzbedingungen unterworfen wie die durch Filter abgeschirmten Folien im Inneren. Abb. 6/21 zeigt die Abhängigkeit der Spurendichte von der Eindringtiefe (Oberflächenabtrag). Hier sieht man deutlich die Veränderung des Spektrums mit hohen Anfangswerten bei niedrigen Eindringtiefen (höhere Energieabsorption in der Luft durch größeren Erfassungsraum), aber auch ein

deutliches Minimum bei 45-50 μm im Bereich der maximalen Reichweite der Po-218 α -Strahlung bei senkrechtem Einfall von der Detektoroberfläche. Die Spuren mit hoher Eindringtiefe können daher nur vom Po-214 oder dem häufig anzutreffenden Po-212 (Th C') stammen. Eine Vorätzzeit unter Standardbedingungen von ca. zehn Stunden und eine ECE von 1,5 Stunden würde die niederenergetischen Rn-222- und Po-218 α -Teilchen ausschließen. Eine Bestimmung des Gleichgewichtsfaktors über die Po-218-Konzentration wäre damit theoretisch möglich. Deutlich zeigen die Ergebnisse den ungewöhnlich hohen Fehler der Einzelmessung von über 20%. Diese werden durch eine Reihe bekannter Einflußfaktoren hervorgerufen, die bei Eichbestrahlungen in Radonkammern unter kontrollierten Bedingungen berechenbar, bei Expositionen in der Praxis jedoch nur mit höherem Aufwand als die Folgeproduktkonzentration selbst instrumentell zu bestimmen sind. Die Empfehlung der ICRP und der Strahlenschutzkommission, bei Unkenntnis des Gleichgewichtsfaktors zunächst 0,4 einzusetzen und erst bei Überschreiten des "Ermessensbereiches" durch genauere Meßwerte, z. B. an radonbelasteten Arbeitsplätzen, die Exposition zu berechnen, schließt nach dem Stand der Technik die instrumentelle Bestimmung des Gleichgewichtsfaktors mit ein.

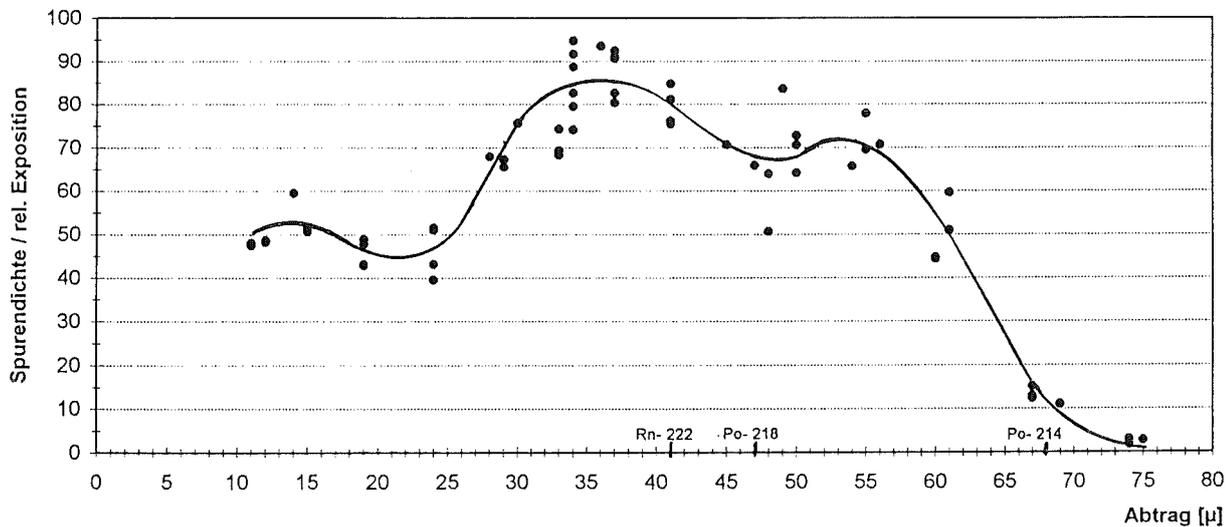


Abb. 6/21: Relatives Ansprechvermögen als Funktion der Eindringtiefe für freie Detektorfolien (2 π -Geometrie)

6.4.3 Qualitative Bestimmung eines detektorspezifischen α -Spektrums mit Makrofol-Kernspurdetektoren

A. Kupschus, B. Burgkhardt, E. Piesch, M. Vilgis

Kernspurdetektoren zeigen gegenüber α -Strahlung ein von der Teilchenenergie und der Einstrahlrichtung abhängiges Ansprechvermögen. Das Ansprechvermögen beschränkt sich hierbei auf einen durch den kritischen Winkel vorgegebenen, vom Ätzverfahren und der α -Energie abhängigen Konus von etwa 45° bis 60° mit der Konusachse als Senkrechte auf der Detektoroberfläche. Halbleiterdetektoren messen demgegenüber die aktuelle α -Energieverteilung am Detektorort ohne Berücksichtigung der Strahleneinfallrichtung. α -spektrometrische Messungen am Detektorort in der Radondiffusionskammer können daher nicht unmittelbar zur Interpretation des zu erwartenden Ansprechvermögens der Kernspurdetektoren, d. h. zur Optimierung des Ätzverfahrens herangezogen werden.

Polykarbonatdetektoren, die im Anschluß an eine chemische Vorätzung (CPE) nur kurzzeitig bei geringem Schichtabtrag elektrochemisch zur Vergrößerung der Kernspuren geätzt werden (ECE), zeigen bei Kalibrierung mit monoenergetischen α -Teilchen ein minimales α -Energiefenster von etwa 0,7 MeV. Durch chemische Vorätzung werden α -Teilchen mit einer Reichweite kleiner als die Schichtdicke des Abtrags nicht nachgewiesen.

Die Lage der α -Energiefenster ergibt sich damit durch die Vorgabe eines Schichtabtrages bzw. die Dauer der CPE, die zwischen 0,6 und 5 h gewählt werden kann. Zur ausreichenden Vergrößerung des Kernspurdurchmessers bei möglichst geringem Abtrag wird bei der nachfolgenden ECE (3 kHz, 2100 V) eine Ätzdauer von 20 min gewählt. Abb. 6/22 zeigt die nach Bestrahlung mit monoenergetischen α -Teilchen experimentell ermittelten α -Energiefenster mit einer Breite von 1,5 MeV im niederenergetischen und 0,7 MeV im hochenergetischen Energiebereich.

Den aus diesen Versuchen ermittelten Schichtabtrag für die untere Schwelle eines Energiefensters bzw. für den Beginn des maximalen Ansprechvermögens einer bestimmten α -Energie zeigt Abb. 6/23 im Vergleich zu der theoretisch zu erwartenden maximalen Reichweite von α -Teilchen in Makrofol.

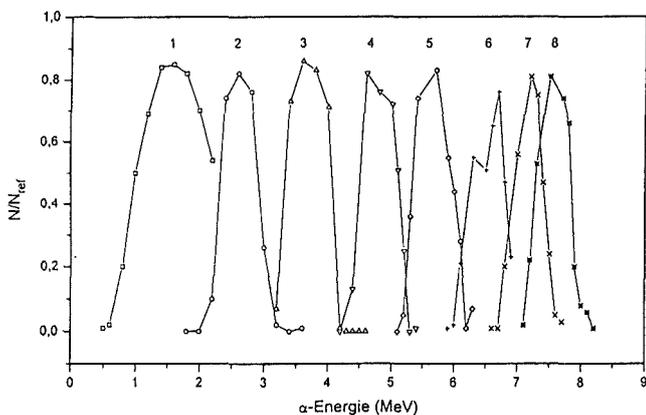


Abb. 6/22: Erzeugung von α -Energiefenstern bei unterschiedlicher CPE bei Bestrahlung mit monoenergetischen α -Teilchen

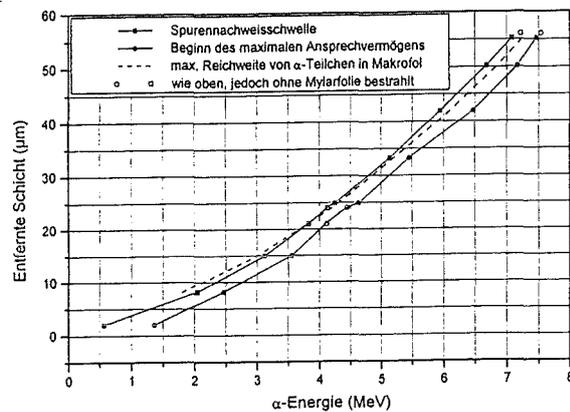


Abb. 6/23: Erforderlicher Schichtabtrag (CPE + Mylarfolie) für die untere Schwelle eines Energiefensters einer bestimmten α -Energie ermittelt aus Abb. 6/18

Möglichst lückenlos über den gesamten Energiebereich verteilte Energiefenster können zur qualitativen Bestimmung eines detektorspezifischen α -Energiespektrums eingesetzt werden. Hierzu werden mehrere gleichmäßig in einer aktuellen Radonatmosphäre exponierte Detektoren mit unterschiedlicher CPE geätzt. Ein solches mit Makrofol-Detektoren in der Karlsruher Radondiffusionskammer ermitteltes "8-Kanalspektrum" ist in Abb. 6/24 wiedergegeben. Die Breite der Balken entspricht dem Nachweisbereich des α -Energiefensters. Pro Energiebereich wurden jeweils vier in Radondiffusionskammern exponierte Detektoren ausgewertet.

Im Vergleich zum Halbleiterdetektorspektrum in der Diffusionskammer (Abb. 6/25) verschiebt sich hier der Peak von Po-218 von 6 MeV deutlich auf etwa 4,5 MeV. Dies entspricht der Schwächung der α -Teilchen in der Luftschicht zwischen Plate-out- und Detektoroberfläche in der Diffusionskammer. Der Kernspurdetektor zeigt nur diesen Peak. Die Plate-out-Peaks sind hingegen nicht direkt erkennbar.

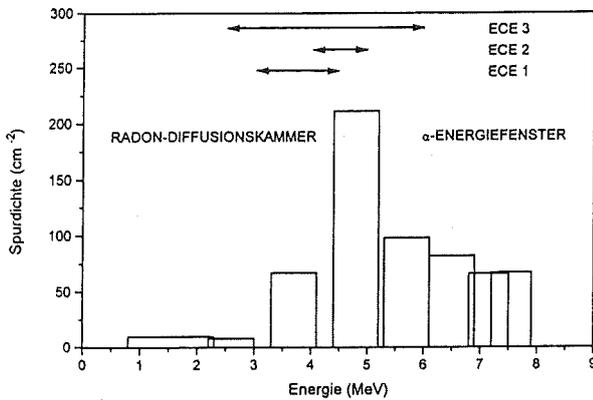


Abb. 6/24: "8-Kanal-Spektrum" der Karlsruher Rn-Diffusionskammer, ermittelt mit Makrofol-Detektoren und minimalem α -Energiefenster nach Exposition in der Rn-Bestrahlungsanlage

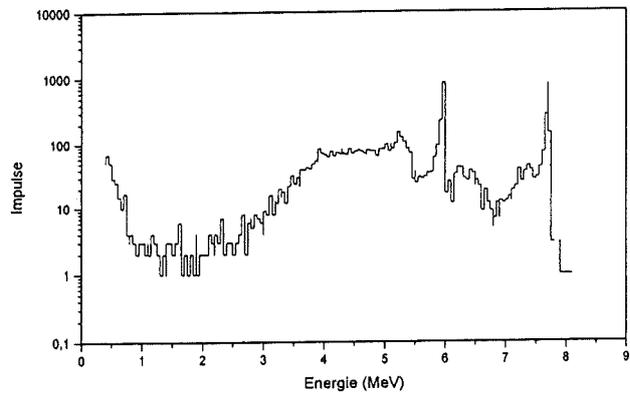


Abb. 6/25: α -Spektrum der Radonkammer, aufgenommen mit einem in der Rn-Diffusionskammer exponierten Halbleiterdetektor

6.4.4 Optimierung des α -Energiefensters für das Karlsruher Radondosimeter

A. Kupschus, B. Burgkhardt, E. Piesch

Für den in der Radondiffusionskammer exponierten Kernspurdetektor wurden bisher innerhalb des Routineeinsatzes unterschiedliche Kombinationen von chemischer Vorätzung (CPE) und elektrochemischer Ätzung (ECE) angewendet, welche den Nachweis von α -Teilchen in einem Energiebereich von etwa 1,5 MeV ermöglichen. Das in Abb. 6/24 mit dem Kernspurdetektor ermittelte α -Spektrum in der Diffusionskammer verdeutlicht, daß bei Optimierung der Vorätzdauer ein α -Energiefenster von 3,5 MeV Breite direkt in den Po-218-Peak gelegt werden kann. Hierbei müßten der rechte und linke Rand des α -Energiefensters in die Energiebereiche des Spektrums mit niedriger Spurenzahl bzw. kleiner Änderung der Spurenzahl bei unterschiedlicher abgetragener Schichttiefe gelegt werden (ECE3 in Abb. 6/24). Bisher angewandte Ätzverfahren (ECE1 und ECE2) entsprechen nicht diesem Optimierungsgesichtspunkt (Abb. 6/24). Ungenauigkeiten bei der Durchführung der Ätzung, z. B. unterschiedliche Zeitspannen beim Einfüllen der Ätzlösung, können zu unterschiedlichem Schichtabtrag und zur Verschiebung des gesamten Energiefensters führen. Befindet sich der Fensterrand auf der Anstiegs- bzw. Abstiegsflanke, so sind selbst bei kleinen Unterschieden im Schichtabtrag vor der ECE größere Schwankungen der Spurenzahl zu erwarten. Bei einem optimierten α -Energiefenster müßten die Ätzbedingungen so festgelegt werden, daß möglichst nahezu der gesamte Peakbereich des Radonspektrums erfaßt wird. Ein solches α -Energiefenster, das eine Verbesserung der Empfindlichkeit und Reproduzierbarkeit erwarten läßt, wird mit einer zweistufigen ECE erreicht.

Die hierzu durchgeführten Meßreihen mit monoenergetischen α -Teilchen dienten insbesondere zur Optimierung der linken und rechten Flanke des α -Energiefensters, wie dies in Abb. 6/26 wiedergegeben ist. Im Versuch RD1 wurde der Einfluß der CPE-Zeit (20, 30, 40 min) bei gleichbleibendem rechten Rand des Energiefensters auf das Ansprechvermögen der Radondiffusionskammer untersucht. Um zu verhindern, daß sich das α -Energiefenster bei Verlängerung der CPE zu höheren Energien verschiebt, wurde die erste Stufe der ECE in der Ätzkammer so variiert (260, 250, 240 min), daß Gesamtätzzeit und Schichtab-

trag konstant blieben. In einem weiteren Versuch RD2 wurde dann die Dauer der CPE konstant gehalten (30 min) und die Dauer der ersten Stufe der ECE verändert, so daß der Einfluß einer Verschiebung der Abstiegsflanke des Energiefensters untersucht werden konnte. Die Dauer der zweiten Stufe der ECE wurde in beiden Experimenten auf 40 min erhöht, da der Spurdurchmesser bei einer ECE-Zeit von 20 Minuten mit ca. 60 µm für eine Routineauswertung zu klein ist.

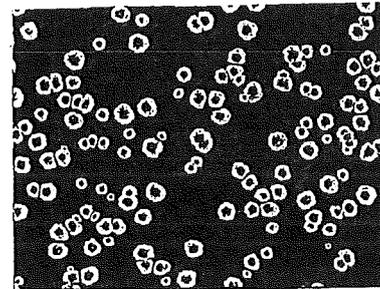
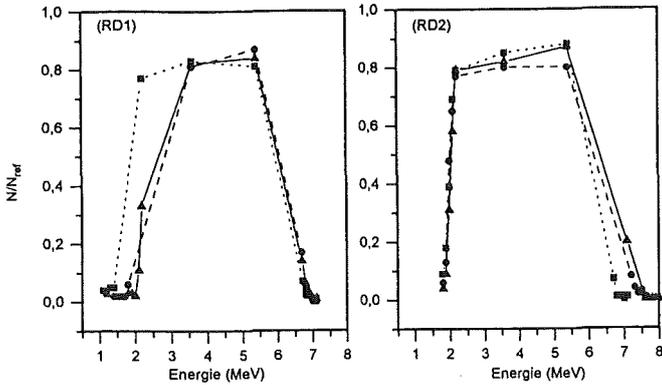


Abb. 6/26: α -Energiefenster bei Bestrahlung mit monoenergetischen α -Teilchen, Variation der Ätzbedingungen, Versuche RD1 (a) und RD2 (b) bei Bestrahlung

Abb. 6/27: Spurverteilung eines in der Rn-Diffusionskammer exponierten Makrofol-Kernspurdetektors, optimierte Ätzbedingungen aus Tab. 6/6, 10fache Vergrößerung

Die optimierten Ätzbedingungen sind in Tab. 6/6 wiedergegeben. Abb. 6/27 zeigt eine typische Spurenverteilung mit einem maximalen Spurendurchmesser von 200 µm bei 10facher Vergrößerung. Kalibrierbestrahlungen mit 15 Radondosimetern ergaben bei 900 Spuren/cm² und einer Standardabweichung von 37 cm⁻² eine Verbesserung der Reproduzierbarkeit, die nahezu der zählstatistischen Abweichung von 30 cm⁻² entspricht. Das Radonansprechvermögen der Radondiffusionskammer erhöhte sich gegenüber der bisherigen Ätzung um einen Faktor 3 auf 42 cm⁻²·m³·d·kBq. Wegen des breiten α -Energiebereiches erhöht sich der Nulleffekt von 10 auf 25 ± 4 cm⁻².

CPE im Rahmen	Ätzlösung	
	Ethanol:6N KOH	80:20
	Temperatur (°C)	40
	Ätzzeit (h:min)	0:30
	abgeätzt (µm)	6
ECE	Ätzlösung	
	Ethanol:6N KOH	80:20
	FS (kV/cm)	43
	HV (V)	2100
	1. Stufe	Frequenz (Hz)
2. Stufe	Ätzzeit (h:min)	4:50
	Frequenz (Hz)	3000
PE	Ätzzeit (h:min)	0:40
	abgeätzt (µm)	50

Tab. 6/6: Optimierte Ätzbedingungen für den Nachweis von Radon mit Makrofol-Detektoren in der Rn-Diffusionskammer

6.4.5 Untersuchungen zur Messung von Po-214 in Luft mit Makrofol-Kernspurdetektoren

A. Kupschus, T. Kubsch, B. Burgkhardt, E. Piesch

In Zusammenarbeit mit dem Institut für Strahlenschutzphysik der Technischen Universität Dresden wird ein neuartiges Meßverfahren zum Nachweis von Radonfolgeprodukten mit einem offenen Kernspurdetektor entwickelt. Die bisherigen Arbeiten zeigten, daß ein Polykarbonatdetektor die Möglichkeit bietet, über eine Messung von Po-214 die Gesamtkonzentration von Radonfolgeprodukten repräsentativ zu bestimmen und zur getrennten Messung von Po-214 ein entsprechendes α -Energiefenster experimentell zu realisieren. Gegenüber der bisherigen Methode, den Gleichgewichtsfaktor mit einer offenen und einer geschlossenen Radondiffusionskammer zu bestimmen, läßt das Meßverfahren insbesondere wegen der signifikant geringeren Meßunsicherheit eine praktische Anwendung erwarten.

1994 konzentrierten sich die experimentellen Untersuchungen auf die Optimierung des Ätzverfahrens. Für das gewünschte α -Energiefenster mit einem Energiebereich zwischen 6,1 und 7,5 MeV wurde die untere und die obere Energieschwelle genau festgelegt. Für den offenen Detektor konnte u. a. gezeigt werden, daß die zu messende, in Luft abgebremste α -Strahlung des Po-214 von der α -Strahlung der auf der Detektoroberfläche abgelagerten Folgeprodukte Po-218 (6 MeV) und Po-214 (7,7 MeV) getrennt werden kann.

Die gewünschte untere Energieschwelle des erforderlichen α -Energiefensters ergibt sich aus einem Schichtabtrag des Makrofol-Detektors von 39 μm bei der CPE, die obere Energieschwelle durch eine Verlängerung der ECE auf 1 h. Abb. 6/28 zeigt das mit monoenergetischen α -Teilchen ermittelte Ansprechvermögen des offenen Makrofol-Detektors, und Tab. 6/7 die entsprechenden Ätzbedingungen. Um den Einfluß des Schichtabtrages während der CPE zu untersuchen, wurden gleichzeitig in einer Radonatmosphäre exponierte Detektoren unterschiedlich lang chemisch vorgeätzt und danach elektrochemisch geätzt.

Abb. 6/29 verdeutlicht, daß bei einer Bestrahlung des offenen Detektors in einer Rn-Atmosphäre bei einem Schichtabtrag zwischen 38,5 und 41 μm eine Trennung der Plate-out-Anteile möglich ist. Wegen des geringen Gleichgewichtsfaktors ($F \approx 0,2$) ist der Anteil an Rn-Folgeprodukten jedoch gering. Die mit zwölf offenen Detektoren ermittelte Reproduzierbarkeit der Po-214-Messung ergab bei einem Detektornulleffekt von $10 \pm 1,5 \text{ cm}^{-2}$ eine Standardabweichung von 9,4 %. Dieser etwa dreifache Wert der Zählstatistik muß insbesondere auf die Ortsabhängigkeit der Folgeproduktkonzentration in der zur Verfügung stehenden kleinvolumigen Bestrahlungskammer ($30 \times 36 \times 50 \text{ cm}^3$) zurückgeführt werden.

CPE	Schichtabtrag	39
ECE	Ätzlösung	
	Ethanol:KOH	80:20
	Feldstärke (kV/cm)	51
	HV (V)	2100
1. Stufe	Ätzzeit (h:min)	0
2. Stufe	Frequenz (Hz)	3000
	Ätzzeit (h:min)	1:00
PE	Ätzzeit (h:min)	0:30

Tab. 6/7: Optimierte Ätzbedingungen für den Nachweis von Rn-Folgeprodukten mit offen exponierten Detektoren

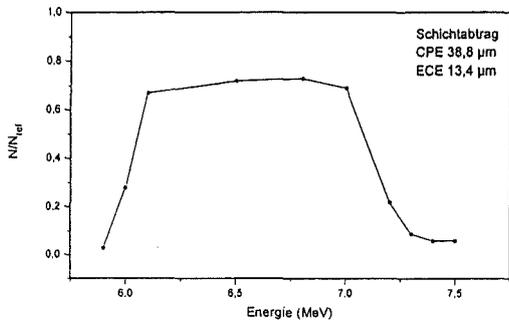


Abb. 6/28: Optimiertes α -Energiefenster zum getrennten Nachweis von Po-214 aus der Luft bei einem Schichtabtrag von 38,8 μm

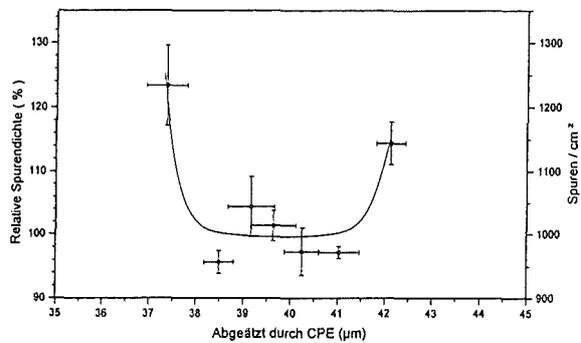


Abb. 6/29: Einfluß einer Verschiebung des α -Energiefensters durch Variation der CPE zum getrennten Nachweis von Po-214 mit offenen Detektoren nach Exposition mit Radon/Radonfolgeprodukten

Es zeigte sich ferner, daß fertigungsbedingte Schwankungen der Detektordicke von $\pm 4 \mu\text{m}$ innerhalb einer Charge bzw. $\pm 2 \mu\text{m}$ innerhalb eines Detektors keinen Einfluß auf die Reproduzierbarkeit des Meßverfahrens insbesondere hinsichtlich der unteren Energieschwelle haben, da unabhängig von der Detektordicke während der chemischen Ätzung ein gleichmäßiger Schichtabtrag erhalten wird. Innerhalb eines Routineeinsatzes ist der Schichtabtrag daher nur bei repräsentativen Detektoren nachträglich durch Kontrollmessungen zu ermitteln. Es ist vorgesehen, die CPE und ECE in einem Ätzgang ohne Unterbrechung in den Ätzzellen durchzuführen. Zur Kalibrierung des Meßverfahrens, das mit einer Radondiffusionskammer und einem offenen Detektor die Messung des Gleichgewichtsfaktors zwischen Radon und dessen Folgeprodukten ermöglichen soll, sind Bestrahlungen in einer Referenzkammer bei unterschiedlichen Gleichgewichtsfaktoren vorgesehen.

6.5 Inkorporationsmessung

6.5.1 Routine- und Sondermessungen

H. Doerfel, I. Hofmann, A. Zieger

Die Abteilung Dosimetrie betreibt einen Ganzkörperzähler und verschiedene Teilkörperzähler zum gammaspektroskopischen Nachweis von Radionukliden im menschlichen Körper. Der Ganzkörperzähler besteht aus vier NaI(Tl)-Detektoren, die paarweise oberhalb und unterhalb der zu messenden Person angeordnet sind. Mit dieser Meßanordnung können in erster Linie Spalt- und Aktivierungsprodukte mit Photonenenergien zwischen 100 keV und 2 000 keV nachgewiesen werden. Die verschiedenen Teilkörperzähler umfassen insgesamt drei 8"-Phoswich-Detektoren, zwei 1"-Phoswich-Detektoren sowie fünf hochauflösende HPGe-Sandwich-Detektoren und werden vorwiegend zum Nachweis niederenergetischer Photonenstrahler wie I-125, Pb-210 und Am-241 eingesetzt. Die Meßgeometrie richtet sich hierbei

nach der Art und der Lage der Nukliddeposition im Körper. So werden bei kurz zurückliegenden Inkorporationen hauptsächlich Messungen an den Lungen durchgeführt, während bei länger zurückliegenden Inkorporationen darüberhinaus auch Messungen an der Leber sowie am Kopf und an den Knien der Probanden durchgeführt werden können.

Die Tabellen 6/8 und 6/9 vermitteln einen Überblick über die im Jahr 1994 mit den Ganz- bzw. Teilkörperzählern durchgeführten Personenmessungen und ihre Verteilung auf die verschiedenen Überwachungsbereiche.

Überwachungsbereich	Anzahl der überwachten Mitarbeiter	Anzahl der routinemäßigen Inkorporationsmessungen	Anzahl der Inkorporationsmessungen aus besonderem Anlaß
HBT	4	5	
HBT-BW	2	2	
HBT-IH	3	3	
HBT-IH-E	1	1	
HBT-IH-M	6	6	
HBT-PV	1	1	
HDB	139	262	4
HDB-AKE	17	26	1
HDB-ANE1	108	182	6
HDB-ANE2	92	124	2
HDB-AZA	3	3	1
HIT	5	7	
HS-Ü	30	57	1
HVT-HZ	40	65	1
HVT-TL	1	1	
HZY	10	11	
IMF I	2	2	
INE	36	55	
IRCh	21	30	2
ITC-CPV	91	132	14
PBS	1	1	
PBS-FR2	58	90	1
PBS-HDR	2	2	
KBG-KNK	107	120	
KBG-MZFR	131	222	
TU	220	245	7
WAK	390	572	1
Fremdauftrag	93	102	
Summe	1614	2329	41

Tab. 6/8: Anzahl der Personenmessungen im Ganzkörperzähler

Insgesamt wurden 1 614 Personen mit dem Ganzkörperzähler und 187 Personen mit den Teilkörperzählern untersucht. Etwa die Hälfte der Ganzkörpermessungen erfolgten im Auftrag der auf dem Gelände des Forschungszentrums angesiedelten Institutionen einschließlich Wiederaufarbeitungsanlage Karlsruhe (24 % der Messungen), Kernkraftwerk-Betriebsgesellschaft mbH (14 %) und Europäisches Institut für Transurane (11 %). Die Teilkörpermessungen wurden hauptsächlich für das Europäische Institut für

Transurane (42 %) sowie für EURATOM Luxemburg (38 %) durchgeführt. Bei den für für das Forschungszentrums selbst durchgeführten Ganzkörpermessungen handelte es sich zu 90 % um Eingangs-/Ausgangsmessungen von Fremdfirmenmitarbeitern der Kategorie A. Bei den für FZK durchgeführten Teilkörpermessungen handelte es sich dagegen in erster Linie um Untersuchungen aus besonderem Anlaß sowie um Untersuchungen zur retrospektiven Bestimmung der Berufslebensdosis.

Überwachungsbereich	Anzahl der überwachten Mitarbeiter	Anzahl der routinemäßigen Inkorporationsmessungen	Anzahl der Inkorporationsmessungen aus besonderem Anlaß	Anzahl der Messungen mit Befund
HDB	6	2	4	
HDB-AKE	2	1	1	
HDB-ANE1	9	5	6	
HDB-ANE2	4	2	2	
HDB-AZA	2	1	1	
HS-Ü	1	1		
HVT-HZ	4	3	1	
IRCh	3	3	2	
ITC-CPV	10	4	12	2
PBS-FR2	1		1	
TU	94	101	8	1
WAK	1		1	
Fremdauftrag	50	97		
Summe	187	220	39	3

Tab. 6/9: Anzahl der Personenmessungen im Teilkörperzähler

Im Rahmen der regelmäßigen Inkorporationsüberwachung wurden mit dem Ganzkörperzähler bei 47 Personen beruflich bedingte Inkorporationen festgestellt. Bei den nachgewiesenen Nukliden handelte es sich hauptsächlich um Co-60 (96 % der Fälle), Co-58 (13 %), Mn-54 (2 %) und Ag-110m (2 %). In keinem der Fälle lag die nachgewiesene Aktivität oberhalb der Interpretationsschwelle nach der "Richtlinie für die physikalische Strahlenschutzkontrolle". Die resultierende effektive Ganzkörperdosis war damit für alle Personen kleiner als 1,5 mSv. Mit den Teilkörperzählern wurden im Rahmen der Routineüberwachung verschiedene Am-241- und Cm-244-Depositionen nachgewiesen, die in allen Fällen auf länger zurückliegende Inkorporationen zurückzuführen waren.

Bei etwa 24 % der untersuchten Personen wurden Cs-137-Inkorporationen nachgewiesen, die allerdings in nahezu allen Fällen unter der Erkennungsgrenze für beruflich bedingte Cs-Körperaktivitäten von 95 Bq (siehe Abschnitt 6.5.2) lagen. In den Fällen mit Meßwerten oberhalb der Erkennungsgrenze (Höchstwert 450 Bq) wurden nach Auskunft der Probanden Wildbret oder Pilze verzehrt, so daß auch hier von keiner beruflich bedingten Inkorporation auszugehen war.

Bei den Messungen aus besonderem Anlaß wurden mit dem Ganzkörperzähler in 16 Fällen Cs-137 und mit den Teilkörperzählern in drei Fällen Am-241 nachgewiesen. Die nachgewiesenen Cs-137-Aktivitäten lagen in zwölf Fällen unter der Erkennungsgrenze für beruflich bedingte Inkorporationen. In zwei Fällen handelte es sich um zwischenfallsbedingte äußere Kontaminationen und in zwei weiteren Fällen um zwischenfallsbedingte Inkorporationen von Cs-137. Allerdings lagen die nachgewiesenen Aktivitäten auch in diesen Fällen weit unter der Interpretationsschwelle, so daß von weiteren Untersuchungen Abstand genommen wurde. Bei den mit den Teilkörperzählern nachgewiesenen Am-241-Aktivitäten handelte es sich in zwei Fällen um zwischenfallsbedingte äußere Kontaminationen der unverletzten Haut und im dritten Fall um eine Wunddeposition.

Neben den im Auftrag der erwähnten Institutionen durchgeführten Personenmessungen wurden zahlreiche Messungen zur Ermittlung der Cs-137-Körperaktivität der Karlsruher Referenzgruppe vorgenommen (Kapitel 6.5.2). Außerdem wurden verschiedene Materialproben, wie z. B. Luftfilter, Altchemikalien oder Bohrkerne gammaspektroskopisch untersucht. Zur Qualitätssicherung wurden zahlreiche Kalibriermessungen, Teilkörperreferenzmessungen sowie Nulleffektmessungen durchgeführt. Mit Ausnahme der täglich erfolgenden Energiekalibrierungen sind alle Messungen in Tab. 6/10 aufgelistet. Die Gesamtanzahl der Messungen beläuft sich auf 3224 und liegt damit etwa auf dem gleichen Niveau wie in den Vorjahren bis 1992; in 1993 lag die Gesamtzahl der Messungen aufgrund von zahlreichen Kalibrier- und Referenzmessungen vorübergehend um etwa 30 % über diesem Niveau.

Messung	Ganzkörperzähler	Teilkörperzähler		
		8"-Phoswich	1"-Phoswich	HPGe-Sandwich
Routine	2227	123	2	
besond. Anlaß	41	39		
Fremdauftrag	102	97		
Referenz	227	32		
Nulleffekt	76	61	2	5
Kalibrierung	2	5		92
sonstige	73	8		10
Summe	2748	365	4	107

Tab. 6/10: Anzahl der 1994 in den Ganz- und Teilkörperzählern durchgeführten Messungen

6.5.2 Cs-137-Referenzmessungen

H. Doerfel, I. Hofmann, A. Zieger

Seit Inbetriebnahme des ersten Ganzkörperzählers im Jahr 1961 werden regelmäßige Messungen zur Bestimmung der Cs-137-Körperaktivität an einer Referenzgruppe von zur Zeit etwa 20 nicht beruflich strahlenexponierten Personen aus dem Karlsruher Raum durchgeführt. Die Abb. 6/30 stellt die seit 1961 gemessenen Quartalsmittelwerte der spezifischen Cs-137-Körperaktivität dar. Deutlich erkennbar sind die Auswirkungen des Fallouts der oberirdischen Kernwaffentests in den 60er Jahren sowie des Reaktorunfalls in Tschernobyl im April 1986. Die Tab. 6/11 zeigt die Monatsmittelwerte der spezifischen Cs-137-Körperaktivität für 1994. Der aus diesen Werten resultierende Jahresmittelwert von 0,26 Bq/kg liegt erstmalig unter den vor dem Reaktorunfall von Tschernobyl gemessenen Werten, die im Rahmen der jahreszeitlich bedingten Schwankungsbreite von etwa 1Bq/kg im Jahr 1970 bis auf etwa 0,45 Bq/kg im Jahr 1985 zurückgegangen waren. Extrapoliert man den bis 1985 beobachteten Trend (effektive Halbwertszeit 13 a) bis 1994, so erhält man ein Basisniveau in Höhe von 0,28 Bq/kg. Demnach ist die durch den Reaktorunfall von Tschernobyl bedingte akute Erhöhung der Cs-137-Körperaktivität praktisch vollständig abgeklungen. Nach Korrektur des Basisniveaus ergibt sich für das Abklingverhalten der akuten Komponente eine effektive Halbwertszeit von etwa einem Jahr.

Die Geschlechtsabhängigkeit der Cs-137-Körperaktivität wird durch Abb. 6/31 verdeutlicht. Frauen haben im Mittel eine geringere spezifische Körperaktivität sowohl an Cs-137 als auch an natürlichem K-40 als Männer. Für den Einzelnen läßt sich diese Aussage jedoch nicht pauschalisieren, da auch noch andere Faktoren den Cs-137- und K-40-Gehalt beeinflussen, wie z. B. Muskel/Fett-Verhältnisse, Stoffwechsel und Ernährungsgewohnheiten. Der letztgenannte Einflußfaktor zeigt sich auch im Jahresgang der Meßwerte, der im Spätsommer und Herbst stets einen durch den Verzehr von Pilzen bedingten leichten Anstieg der mittleren Cs-137-Körperaktivität zeigt. Insgesamt führen die verschiedenen Einflußfaktoren

zu einer recht großen Streuung der Einzelwerte. Eine genauere Analyse der Ergebnisse zeigt, daß die 1994 ermittelten Werte der absoluten Cs-137-Körperaktivität sowohl bei den Männern als auch bei den Frauen in guter Näherung durch logarithmische Normalverteilungen beschrieben werden können. Die geometrischen Mittelwerte der Cs-137-Körperaktivität betragen 23 Bq bei den Männern bzw. 9,8 Bq bei den Frauen. Die mittleren Schwankungsfaktoren sind mit 2,5 (Männer) und 2,2 (Frauen) bei beiden Geschlechtern praktisch gleich. Bei Zugrundelegung dieser Verteilungen ergeben sich für die Erkennungsgrenzen der berufsbedingten Cs-137-Körperaktivität nach DIN 25 482 Werte von 95 Bq bei den Männern bzw. 40 Bq bei den Frauen.

Monat	Spezifische Cs-137-Körperaktivität in Bq pro kg Körpergewicht
Januar	0,32
Februar	0,34
März	0,20
April	0,30
Mai	0,27
Juni	0,19
Juli	0,18
August	0,17
September	0,29
Oktober	0,30
November	0,32
Dezember	0,27
1994	0,26 ± 0,07

Tab. 6/11: Monatsmittelwerte der spezifischen Cs-137-Körperaktivität der Karlsruher Referenzgruppe im Jahr 1994

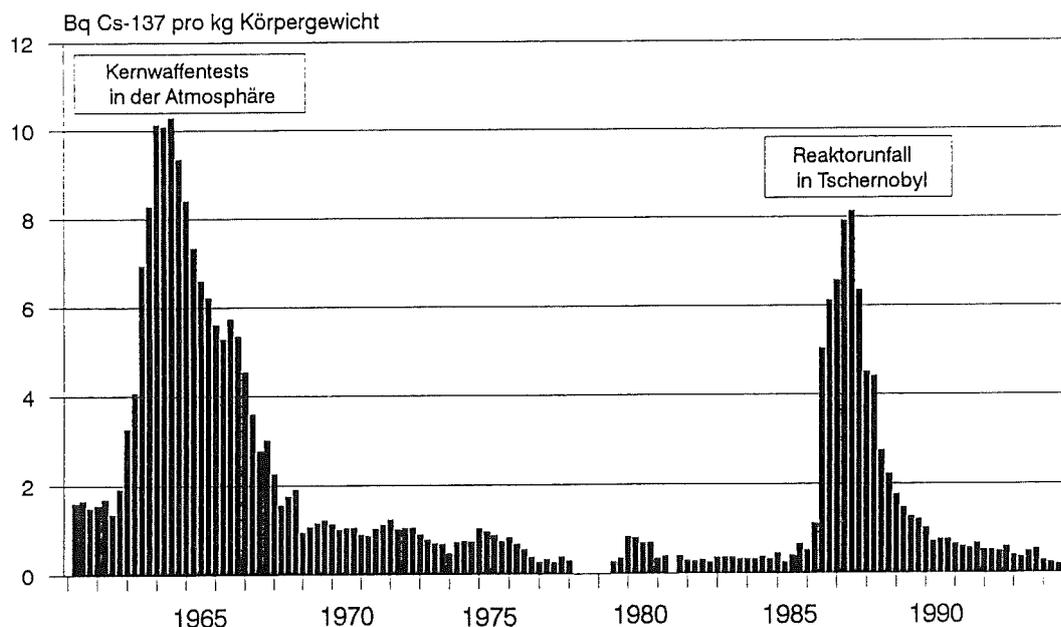


Abb. 6/30: Quartalsmittelwerte der spezifischen Cs-137-Körperaktivität der Karlsruher Referenzgruppe seit 1961

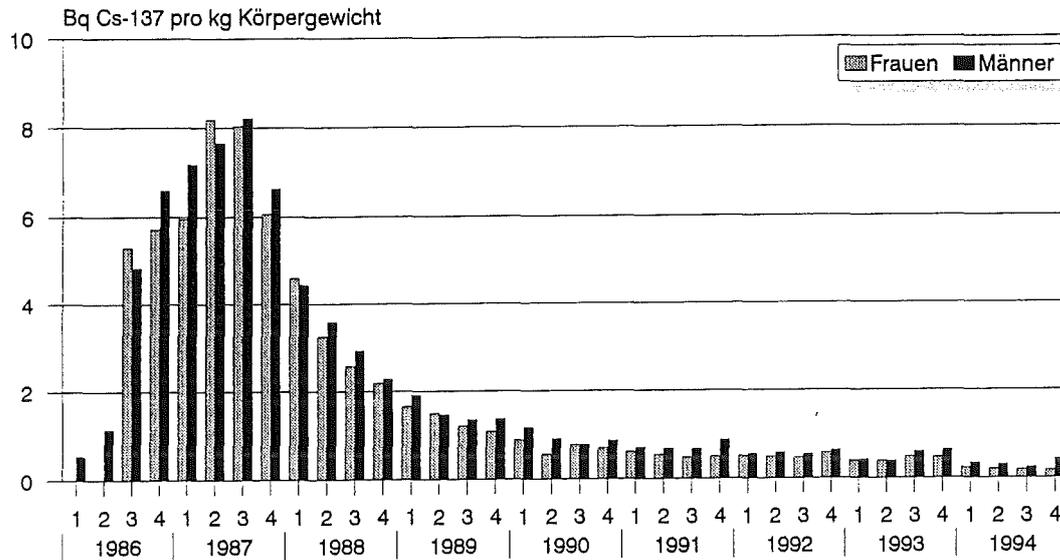


Abb. 6/31: Geschlechtsspezifische Quartalsmittelwerte der Cs-137-Körperaktivitäten der Karlsruher Referenzgruppe seit 1986

6.5.3 In-vivo-Messung von niederenergetischen Photonenstrahlern im Schädel mit HPGe-Detektoren

H. Doerfel, I. Hofmann, A. Zieger

Zur Optimierung der in-vivo-Messung von niederenergetischen Photonenstrahlern im Schädel wurden vergleichende Untersuchungen der Meßeigenschaften von HPGe-Detektoren durchgeführt. Der mit Unterstützung des Instituts für Strahlenschutz der Berufsgenossenschaften durchgeführte Vergleich bezog sich auf die folgenden Detektortypen:

- Konventionelle Low-Energy-HPGe-Detektoren mit einer effektiven Kristallfläche von 20cm² und einer Kristalldicke von 2 cm (BfS Berlin),
- großflächige Low-Energy-HPGe-Detektoren mit einer effektiven Kristallfläche von 36 cm² und einer Kristalldicke von 3 cm (ABB Atom Västeras),
- HPGe-Sandwich-Detektoren mit einer effektiven Kristallfläche von 15 cm² und einer Kristalldicke von 1 cm (HS/D).

Als Kalibrierstandard dienten zwei bei uns angefertigte Pb-210-Kopfphantome. Die Phantome bestehen aus Schädelnachbildungen mit quasihomogenen Oberflächendepositionen von Pb-210 an der Schädelinnenwand (Phantom I) bzw. an der Schädelaußenwand (Phantom II), die mit gewebeäquivalenten Materialien (Zucker und Dental-Wachs) zur Simulation des Weichgewebes gefüllt bzw. beschichtet sind. Die äußere Form der Phantome entspricht etwa dem Kopf einer Person mit den Körperproportionen des Referenzmenschens. Die bei dem Vergleich zugrundegelegten Meßpositionen sind in Abb. 6/32 dargestellt.

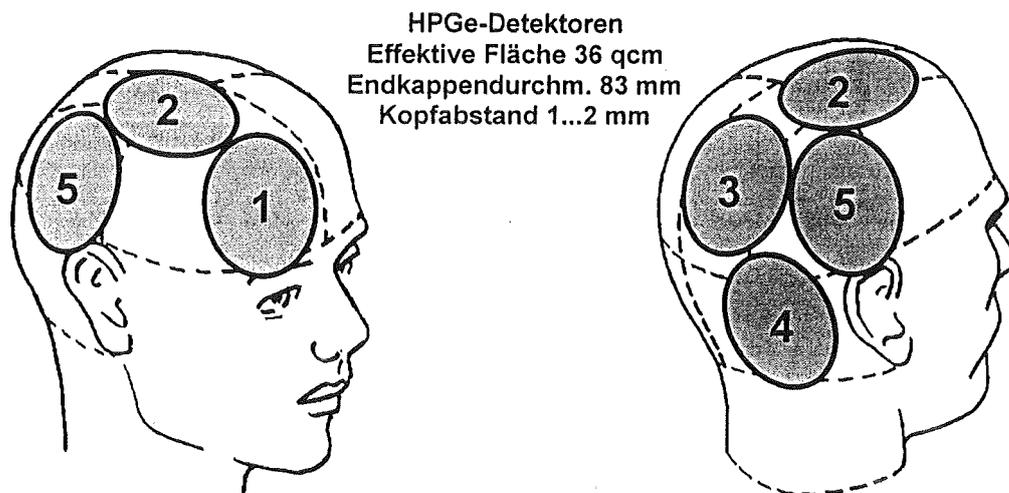


Abb. 6/32: Detektorpositionen zur in-vivo-Messung von niederenergetischen Photonenstrahlern im Schädel

Die wichtigsten Ergebnisse des Vergleichs können folgendermaßen zusammengefaßt werden:

- Die Kalibrierfaktoren der verschiedenen Detektortypen zeigen nur eine geringe Abhängigkeit von der Meßposition im Bereich des Schädeldachs (mittlere Schwankungsbreite < 15 %).
- Bezieht man die Kalibrierfaktoren auf die jeweilige effektive Detektorfläche, so ergeben sich für alle betrachteten Detektortypen sehr ähnliche Werte. Bei den großen HPGe-Detektoren sind die flächenbezogenen Kalibrierfaktoren etwas geringer als bei den kleinen Detektoren. Dies liegt daran, daß die kleinen Detektoren in ihrer Gesamtfläche näher an ein gekrümmtes Objekt herangebracht werden können als die großen Detektoren. Aus diesem Grund sind auch die Unterschiede der flächenbezogenen Kalibrierfaktoren an denjenigen Meßpunkten besonders groß, an denen der Schädel eine besonders große Krümmung aufweist.

Außer den Kalibrierspektren wurden auch die Personenspektren in den Vergleich einbezogen. Dabei wurden sowohl die Spektren von nichtexponierten Referenzpersonen als auch die Spektren von beruflich strahlenexponierten Personen betrachtet. Letztere wurden allerdings nur dann in den Vergleich einbezogen, wenn die Spektren keinerlei Hinweise auf beruflich bedingte Inkorporationen ergaben. Um ein möglichst umfassendes Bild zu bekommen, wurden außer den in der Kopfgeometrie gemessenen Personenspektren auch noch die in der bei Lungenmessungen üblichen Thoraxgeometrie ermittelten Personenspektren betrachtet. Dabei ergab sich folgendes Bild:

- Die Personenspektren werden im wesentlichen von drei charakteristischen Komponenten bestimmt und zwar von dem durch die Umgebungsstrahlung in der Abschirmkammer bedingten Raum-Nulleffekt, von einer personenbezogenen Streukomponente und von einer durch das Körperkalium der Personen bedingten K-40-Komponente.
- Die Raum-Nulleffektkomponente entsteht hauptsächlich durch Compton-Streuprozesse im gesamten Kristallvolumen der Detektoren, während die beiden anderen Komponenten vorwiegend auf Vollabsorptionsereignisse in der vorderen Kristallschicht bis zu einer Tiefe von etwa 1 cm zurückzuführen sind.

- In der Thoraxgeometrie werden die Personenspektren im Energiebereich unter 100 keV bei dünnen HPGe-Detektoren (1 cm Kristalldicke) ohne aktive oder passive Abschirmung zu etwa 40 % vom Raum-Nulleffekt, zu etwa 35 % von der Streukomponente und zu etwa 25 % von der K-40-Komponente bestimmt. Bei dicken HPGe-Detektoren (3 cm Kristalldicke) ohne aktive oder passive Abschirmung steigt der Anteil des Raum-Nulleffekts bis auf etwa 60 % an.
- In der Kopfgeometrie ist der Anteil des Raum-Nulleffekts bei allen betrachteten Detektortypen größer als 70 %. Der Anteil der beiden übrigen Komponenten kann aufgrund der vorliegenden Daten nur grob abgeschätzt werden. Er liegt wahrscheinlich bei 15 ± 8 % (Streukomponente) bzw. bei 10 ± 5 % (K-40-Komponente).
- Durch Anti-Compton-Diskriminierung kann der Raum-Nulleffekt um etwa 40 %, die Streukomponente um etwa 25 % und die K-40-Komponente um etwa 10 % reduziert werden.
- Durch eine passive Abschirmung der Detektoren in Form einer seitlichen Blei/Kupfer-Ummantelung der Endkappen kann der Raum-Nulleffekt um etwa 30 % reduziert werden. Eine Reduzierung der Streukomponente und der K-40-Komponente ist auf der Basis der vorliegenden Daten nicht erkennbar.

Insgesamt zeigt sich, daß die Messung am Kopf einige wesentliche meßtechnische Vorteile in sich birgt. So ist die Abhängigkeit des Wirkungsgrades der Detektoren von der Meßposition im Bereich des Schädeldaches außerordentlich gering. Die Personenspektren werden in weit geringerem Umfang von biometrischen Parametern beeinflußt als dies zum Beispiel bei Thoraxmessungen der Fall ist. Außerdem ist der Anteil des Raum-Nulleffekts so hoch, daß sowohl aktive als auch passive Detektorabschirmungen einen relativ starken Effekt haben. So kann bei geeigneter Wahl der Abschirmung eine sehr hohe Empfindlichkeit erzielt werden.

Die Tab. 6/14 zeigt als Beispiel die mit einer Kombination aus vier HPGe-Sandwich-Detektoren und vier großflächigen HPGe-Detektoren (Gesamtdetektorfläche 200 cm^2) in einer passiven Blei/Kupfer-Abschirmung bei einer Meßzeit von 50 min erreichbaren Nachweisgrenzen.

Meßposition	Kalibrierfaktor für Pb-210 im Volumen des Schädelknochens					
	Absolut in Imp/s pro Bq			Bezogen auf die Detektorfläche in Imp/s pro Bq und cm^2		
	ABB	BfS	FZK	ABB	BfS	FZK
1	$3,33 \cdot 10^{-4}$		$1,48 \cdot 10^{-4}$	$0,93 \cdot 10^{-5}$		$0,99 \cdot 10^{-5}$
2	$3,52 \cdot 10^{-4}$		$1,57 \cdot 10^{-4}$	$0,98 \cdot 10^{-5}$		$1,05 \cdot 10^{-5}$
3	$3,61 \cdot 10^{-4}$		$1,91 \cdot 10^{-4}$	$1,00 \cdot 10^{-5}$		$1,27 \cdot 10^{-5}$
4	$3,30 \cdot 10^{-4}$		$1,37 \cdot 10^{-4}$	$0,92 \cdot 10^{-5}$		$0,91 \cdot 10^{-5}$
5	$3,30 \cdot 10^{-4}$		$1,51 \cdot 10^{-4}$	$0,92 \cdot 10^{-5}$		$1,01 \cdot 10^{-5}$
Mittelwert	$3,41 \cdot 10^{-4}$	$2,15 \cdot 10^{-4}$	$1,57 \cdot 10^{-4}$	$0,95 \cdot 10^{-5}$	$1,08 \cdot 10^{-5}$	$1,05 \cdot 10^{-5}$

Tab. 6/12: Kalibrierfaktoren für Pb-210 im Volumen des Schädelknochens bei Messung mit HPGe-Detektoren am Kopf aufgrund von Kalibriermessungen mit den unserem Kopfphantomen in verschiedenen Institutionen

Energie in keV	Mittlere Impulsrate in Imp/2400s pro keV und 100 cm ² Detektorfläche					
	Kopfgeometrie			Thoraxgeometrie		
	ABB		BfS	ABB	FZK	
	ohne Um-mantelung	mit Um-mantelung	ohne Um-mantelung	mit Blei-mantelung	ohne Anti-Compton	mit Anti-Compton
46,5	40,7 ± 1,6	27,8 ± 2,0	25,2 ± 1,7	61,4 ± 2,8	70,8 ± 5,0	50,7 ± 3,5
59,6	49,3 ± 2,0	34,4 ± 2,4	28,8 ± 2,4	70,2 ± 3,3	66,8 ± 5,5	50,7 ± 5,2
92,6	47,9 ± 1,7	32,1 ± 2,0	28,1 ± 2,4	57,6 ± 2,6	60,5 ± 4,4	46,9 ± 2,0
185,7	30,4 ± 1,0	22,2 ± 1,3		33,5 ± 1,5	28,5 ± 2,2	20,3 ± 1,2

Tab. 6/13: Mittlere Impulsraten in den Spektren des Lungenzählers von ABB ATOM, des Teilkörperzählers von BFS Berlin sowie des Teilkörperzählers von HS/D bezogen auf die jeweilige Gesamtdetektorfläche nach Messungen an Referenzpersonen ohne erkennbare Inkorporationen

Nuklid	Gamma-Linie		Breite der Auswertebereiche ¹⁾ in keV			Wirkungsgrad ²⁾ in Imp/Bq	Nachweisgrenze ³⁾ in Bq
	Energie in keV	Häufigkeit in %	Peakbereich	Linker Seitenber.	Rechter Seitenber.		
Pb-210	49,5	4,05	0,62	9,0	13,6	0,95	23
Am-241	59,6	35,7	0,64	13,6	6,6	13,3	1,9
Th-234	92,4/92,8	5,41	1,19	12,0	12,0	1,7	19
U-235	185,7	54,0	0,79	20,0	20,0	9,5	2,3

- 1) Nach DIN 25 482: Peakbereich entsprechend dem 1,19-fachen der Halbwertsbreite; Seitenbereiche linear interpolierbar und frei von Nebenpeaks
- 2) Bezogen auf die Aktivität im Gesamtskelett bei Zugrundelegung einer Meßzeit von 50 min und einer Gesamtdetektorfläche von 200 cm²
- 3) Nach DIN 25 482 bei Zugrundelegung einer Meßzeit von 50 min und einer Gesamtdetektorfläche von 200 cm²

Tab. 6/14: Parameter zur Berechnung der unteren Nachweisgrenze für einige knochensuchende Radionuklide bei Messung mit HPGe-Detektoren von 200 cm² Gesamtdetektorfläche am Schädel bei einer Meßzeit von 50 min

6.5.4 Neues Verfahren zur direkten Bestimmung der Äquivalentdosis im Knochen bei Inkorporation von Plutonium und Americium

H. Doerfel

Die gängigen Verfahren zur Bestimmung der individuellen Äquivalentdosis bei Inkorporation von Transuranen basieren auf der Abschätzung der Aktivitätszufuhr aus der über Urin und Stuhl ausgeschiedenen Aktivität. Für diese Abschätzung werden umfangreiche Zusatzinformationen hinsichtlich Zufuhrzeit, Zufuhrpfad, physikalisch/chemischer Form der zugeführten Aktivität und Stoffwechselper-

halten benötigt. Da diese Informationen im Rahmen der routinemäßigen Inkorporationsüberwachung im allgemeinen nur vage bekannt sind, kann die Zufuhrabschätzung mit erheblichen Fehlern verbunden sein. Hinzu kommt, daß auch die neuesten biokinetischen Modelle (z. B. ICRP 67) zur Interpretation der Ausscheidungsdaten nur bedingt tauglich sind (siehe Abschnitt 6.5.5).

Bei Americium und Plutonium wird die innere Strahlenexposition durch die Äquivalentdosis in der Knochenoberfläche bestimmt. Mit der Verbesserung der Verfahren zur in-vivo-Messung im Skelett (siehe Abschnitt 6.5.3) eröffnen sich nun neue Möglichkeiten zur direkten Bestimmung der Äquivalentdosis bei Inkorporation dieser Nuklide. So kann mit dem verbesserten Verfahren bei einer Meßzeit von 50min bereits eine Skelettaktivität von 1,9 Bq Am-241 nachgewiesen werden. Diese Aktivität entspricht bei konstanter Dauerbelastung einer Äquivalentdosis von etwa 2 mSv/a in der Knochenoberfläche und damit weniger als 1 % des Grenzwertes für beruflich strahlenexponierte Personen der Kategorie A.

Im kerntechnischen Arbeitsbereich kann die Am-241-Aktivität näherungsweise auch als Maß für die gesamte α -Aktivität von Plutonium und Americium herangezogen werden. Dies gilt sowohl für die zugeführte Aktivität als auch für die langfristig im Körper deponierte Aktivität. Eine zusammenfassende Betrachtung der Ergebnisse der zwischenfallsbedingten Stuhlanalysen der zurückliegenden vier Jahre zeigt, daß das Verhältnis V der gesamten α -Aktivität von Plutonium und Americium zur Aktivität von Am-241 in den meisten Fällen zwischen 1 und 10 liegt (Abb. 6/33). Nur in wenigen Ausnahmefällen war V größer als 10 (Maximalwert 34). In diesen Fällen handelte es sich offenbar um Material mit frisch abgetrenntem Plutonium. Allerdings war die Pu-241-Aktivität auch in diesen Fällen so groß, daß das Aktivitätsverhältnis V - bedingt durch die Nachbildung von Am-241 - bereits nach ein bis zwei Jahren unter 10 zurückging. Bei Berücksichtigung aller Fälle ergibt sich für das Aktivitätsverhältnis V in den Stuhlausscheidungen ein geometrischer Mittelwert von 2,5 mit einer mittleren Schwankungsbreite von einem Faktor 2,1. Zum Vergleich zeigt die Abb. 6/33 auch eine Verteilung für das Aktivitätsverhältnis V im Skelett von beruflich strahlenexponierten Personen aufgrund von Untersuchungen des Amerikanischen Transuran-Registers (USTR). Diese Verteilung zeigt eine sehr große Ähnlichkeit mit der Verteilung der Stuhlwerte (geometrischer Mittelwert 2,8; mittlere Schwankungsbreite Faktor 1,9).

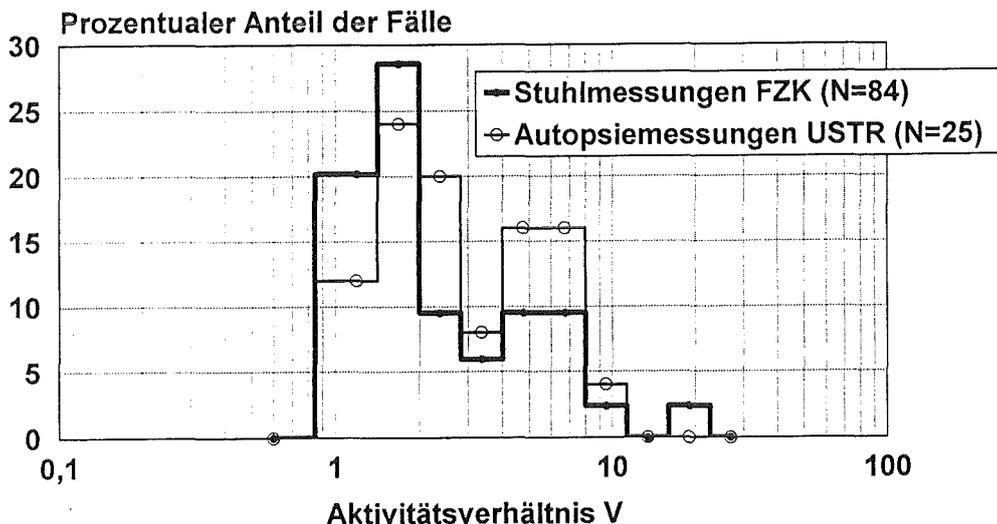


Abb. 6/33: Häufigkeitsverteilungen für das Aktivitätsverhältnis V der Gesamtaktivität von Pu-239 und Am-241 zur Aktivität von Am-241 in den Stuhlausscheidungen (Basis: 84 Untersuchungen nach zwischenfallsbedingten Aktivitätszufuhren von Transuranen in den Jahren 1991 bis 1994) bzw. im Skelett von beruflich strahlenexponierten Personen (Basis: 25 Autopsien des USTR)

Aufgrund dieser und weiterer Betrachtungen kann man davon ausgehen, daß das Aktivitätsverhältnis V bei beruflich strahlenexponierten Personen im kerntechnischen Arbeitsbereich generell durch Verteilungen entsprechend Abb. 6/33 dargestellt werden kann. Demnach kann man innerhalb einer mittleren Schwankungsbreite von etwa einem Faktor 2 die gesamte α -Aktivität von Plutonium und Americium unmittelbar aus der Aktivität von Am-241 ableiten. Dies gilt insbesondere für das Skelett, wobei die gesamte α -Aktivität im Mittel das 2,8-fache der Am-241-Aktivität beträgt. Demnach kann mit dem neuen Verfahren der in-vivo-Messung von Am-241 im Schädel prinzipiell eine Gesamt- α -Skelettaktivität in Höhe von 5,3 Bq nachgewiesen werden. Diese Aktivität entspricht bei konstanter Dauerbelastung einer Äquivalentdosis von 5,6 mSv/a in der Knochenoberfläche und damit etwa 2 % des Grenzwertes für beruflich strahlenexponierte Personen der Kategorie A.

Aufgrund neuerer Ergebnisse des USTR ist die post mortem im Skelett nachgewiesene Pu-239-Aktivität etwa um den Faktor 30 000 größer als die im langfristigen Mittel während der Exposition täglich über den Urin ausgeschiedene Pu-239-Aktivität (USTR-Fälle 193, 208, 213, 242). Mit Hilfe von Modellrechnungen läßt sich zeigen, daß die Skelettaktivität während einer konstanten Dauerexposition im Mittel etwa genauso groß ist wie zehn Jahre nach dem Ende der Dauerexposition. Hieraus kann geschlossen werden, daß eine Urinausscheidungsrate von 1 mBq/d (entsprechend der zur Zeit erreichbaren unteren Nachweisgrenze der Ausscheidungsmessung) einer aktuellen α -Skelettaktivität in Höhe von etwa 30 Bq entspricht.

Demnach ist die in-vivo-Messung hinsichtlich der Pu/Am-Skelettaktivität prinzipiell etwa um den Faktor 5 empfindlicher als die Urinausscheidungsmessung. Allerdings ist die Extrapolation von der am Schädel gemessenen Am-241-Aktivität auf die gesamte Pu/Am-Skelettaktivität bei nicht näher bekannten Aktivitätsverhältnissen mit einem mittleren Fehler von einem Faktor 2 behaftet. Hierbei muß allerdings berücksichtigt werden, daß auch die Interpretation der Urinwerte mit erheblichen Fehlern behaftet sein kann. So ergibt sich allein aus der Unkenntnis des Inkorporationszeitpunkts bei der Routineüberwachung bereits ein wesentlich größeres Fehleinschätzungspotential. Außerdem können die Meßwerte der Urinausscheidungsrate - bedingt durch wechselnde Ernährungs- und Sammelgewohnheiten - von Tag zu Tag um bis zu einen Faktor 3 schwanken. Hinzu kommt, daß die Urinausscheidung auch durch altersabhängige Prozesse (Osteoporose) beeinflusst werden kann. Diese Prozesse sind individuell sehr verschieden und können mit den gängigen Stoffwechselmodellen nicht erfaßt werden. Insgesamt gesehen ist die Interpretation der Urinausscheidungsdaten daher mit einem größeren Fehler behaftet als die Interpretation der am Kopf gemessenen Aktivitätsdaten. Im übrigen kann man die Unsicherheit bei der Extrapolation der gesamten α -Skelettaktivität aus der am Kopf gemessenen Am-241-Aktivität wesentlich verringern, indem man das im Einzelfall vorliegende Aktivitätsverhältnis durch eine Stuhlanalyse genauer bestimmt. Somit kann die in-vivo Messung von Am-241 zu einer wesentlichen Verbesserung der Inkorporationsüberwachung - sowohl in Hinblick auf Am-241 als auch in Hinblick auf Plutonium - beitragen.

6.5.5 Implikationen der neuen ICRP-Modelle für die Biokinetik und die Dosimetrie von Plutonium

H. Doerfel

Die ICRP hat 1994 ein neues biokinetisches Modell für Plutonium, Americium und Neptunium vorgestellt (ICRP Publication 67: Age-dependent Doses to Members of the Public from Intake of Radionuclides: Part 2 Ingestion Dose Coefficients). Das Modell soll in erster Linie zur Berechnung von altersabhängigen Retentionsfunktionen bzw. den resultierenden Dosisfaktoren dienen. Es ist allerdings so aufgebaut, daß auch Ausscheidungsfunktionen berechnet werden können, und es wird daher wohl auch die Grundlage für die künftige Interpretation von Ausscheidungsdaten bei Inkorporation der genannten Elemente bilden.

Das Modell umfaßt die systemischen Bereiche Knochen, Leber, Weichgewebe, Nieren und Gonaden sowie die systemischen Ausscheidungspfade Urin und Stuhl (Abb. 6/34). Die Kompartimentstruktur ist in Hinblick auf die Bereiche Knochen und Leber praktisch identisch mit dem im Vorjahr von uns vorgestellten Modell. In den übrigen Bereichen bestehen jedoch zum Teil erhebliche Unterschiede. So wird das Weichgewebe beim ICRP-Modell durch drei parallel an die Körperflüssigkeiten angeschlossene Kompartimente simuliert, während bei unserem Modell drei in Serie angeschlossene Kompartimente angenommen werden. Bemerkenswert ist hierbei allerdings, daß das Weichgewebe-Kompartiment 0 des ICRP-Modells exakt die gleiche Zeitkonstante hat wie das erste Weichgewebe-Kompartiment unseres Modells (Gefäßwände). Diese Kompartimente haben in beiden Modellen offenbar denselben physiologischen Hintergrund (Pufferfunktion für die Aktivität in den Körperflüssigkeiten). Die Struktur der Urinausscheidungswege ist im ICRP-Modell sehr ungewöhnlich und in dieser Form wohl kaum auf physiologische Prozesse zurückzuführen. So werden 50 % der Aktivität aus dem Weichgewebe-Kompartiment 1 direkt in die Harnblase transferiert, während die Aktivität aus dem Nierengewebe nur zu etwa 2 % in den Urinausscheidungspfad bzw. in die Harnblase geleitet wird. Bemerkenswert ist hierbei, daß der direkte Aktivitätstransfer vom Weichgewebe in die Harnblase ausschließlich im Plutonium-Modell angenommen wird. In allen übrigen Modellen von ICRP 67 (Erdalkalimetalle, Blei, Neptunium, Americium) gibt es diesen Übergang nicht. Offenbar wurde der Übergang bei Plutonium eingeführt, um hier eine besonders gute Übereinstimmung der Retentions- bzw. Ausscheidungsfunktionen mit den zur Verfügung stehenden Humandaten zu erzielen.

Im Vordergrund stehen hierbei die Daten von Langham, die hinsichtlich Zufuhrzeit, Zufuhrpfad (Injektion) und chemischer Form (Pu-Zitrat) sehr genau definiert sind. Die Nachrechnung zeigt jedoch, daß die Urinausscheidung in der ersten Woche nach der Systemzufuhr sowie in der Zeit vom zweiten bis etwa zum zwanzigsten Jahr nach der Systemzufuhr durch das ICRP-Modell systematisch um bis zu einen Faktor 2 überbewertet wird (Abb. 6/35). Nur im mittleren Zeitbereich von etwa 10 bis 500 Tagen nach der Systemzufuhr ergibt sich eine gute Übereinstimmung mit den Langham-Daten. Ein noch etwas schlechteres Bild ergibt sich für die systemische Stuhlausscheidung (Abb. 6/36), da hier der mittlere Zeitbereich um bis zu einen Faktor 4 unterbewertet wird. Die Aktivitätskonzentration im Blut (Abb. 6/37) wird in der ersten Woche um etwa den Faktor 2 überbewertet und im folgenden Monat um bis zu einem Faktor 10 unterbewertet. Insgesamt ergibt sich mit dem neuen ICRP-Modell daher eine deutlich schlechtere Übereinstimmung mit den Langham-Daten als mit unserem neuen Modell.

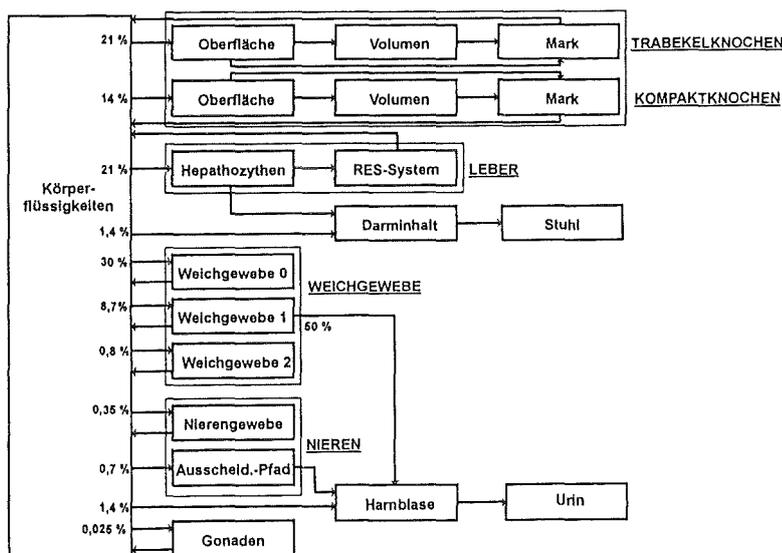


Abb. 6/34: Kompartimentstruktur des neuen Modells für die systemische Biokinetik von Plutonium (ICRP-Publication 67)

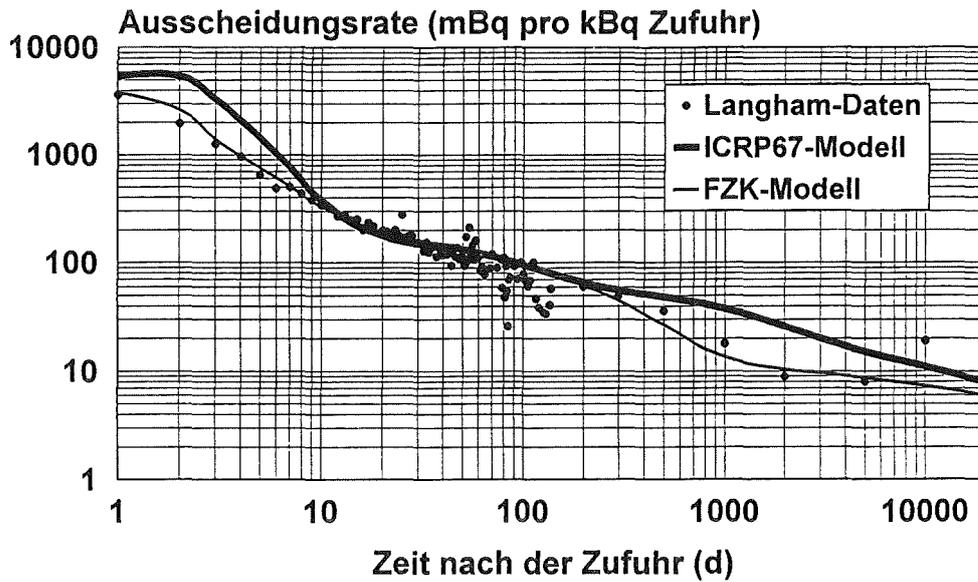


Abb. 6/35: Ausscheidung von Plutonium im Urin nach einmaliger Systemzufuhr durch Injektion: Vergleich der nach den neuen Modellen von ICRP 67 und HS/D berechneten Ausscheidungsfunktionen mit den Meßwerten von Langham

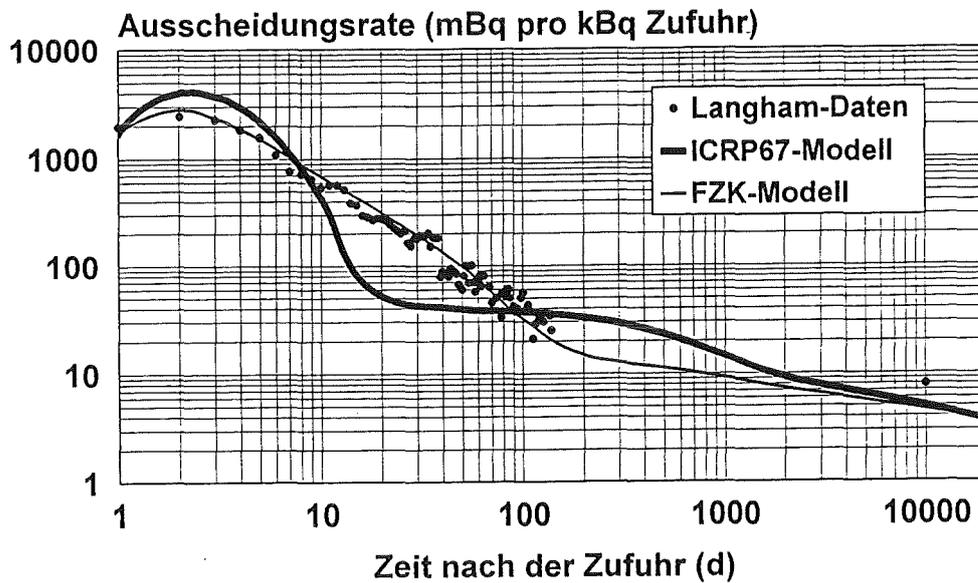


Abb. 6/36: Ausscheidung von Plutonium im Stuhl nach einmaliger Systemzufuhr durch Injektion: Vergleich der nach den neuen Modellen von ICRP 67 und HS/D berechneten Ausscheidungsfunktionen mit den Meßwerten von Langham

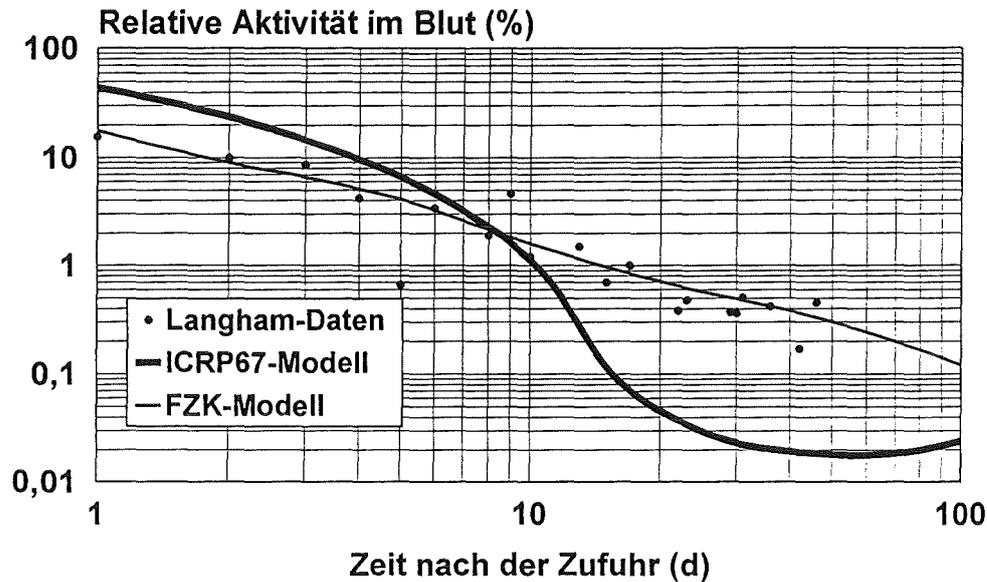


Abb. 6/37: Plutonium im Blut nach einmaliger Systemzufuhr durch Injektion: Vergleich der nach den neuen Modellen von ICRP 67 und HS/D berechneten Retentionsfunktionen mit den Meßwerten von Langham

Ein weiterer Nachteil des neuen ICRP-Modells besteht darin, daß einige für die Biokinetik und die Dosimetrie wichtige Kompartimente und Übergänge nicht berücksichtigt werden. So fehlt ein Kompartiment für Wunddepositionen sowie ein Kompartiment für die regionären Lymphknoten im Weichgewebe. Diese Kompartimente sind für die Interpretation von Wundzufuhren unerlässlich, da insbesondere schwer lösliche Plutoniumverbindungen mit biologischen Halbwertszeiten von mehreren Jahren im Primärdepot verbleiben und von dort mit sehr hoher Wahrscheinlichkeit in die regionären Lymphknoten transferiert werden können. Außerdem fehlt ein Übergang von den Körperflüssigkeiten in die Lunge. Dieser Übergang, der sowohl nach Injektion als auch nach Wundzufuhr von Plutonium beobachtet wurde, kann auch für das Langzeitverhalten der Aktivität in der Lunge nach Inhalation von Bedeutung sein.

Die Tab. 6/15 vermittelt einen Überblick über die nach den alten und den neuen ICRP-Modellen berechneten Faktoren zur Ermittlung der 50-Jahre-Folgeäquivalentdosis nach Inhalation von Pu-239. Die Berechnungen wurden hierbei sowohl nach dem alten Lungenmodell von ICRP 30 als auch nach dem neuen Lungenmodell von ICRP 66 durchgeführt, wobei die Stoffwechselmodelle von ICRP 30 sowie von ICRP 67 zugrundegelegt wurden. Die Berechnung der Faktoren für die effektive Folgeäquivalentdosis basiert auf den alten Wichtungsfaktoren nach ICRP 26 sowie auf den neuen Wichtungsfaktoren nach ICRP 60.

Wie aus der Tab. 6/15 hervorgeht, sind die Stoffwechselmodelle von ICRP30 und ICRP 67 hinsichtlich der Organdosen bei gegebener Lungenretention nahezu äquivalent. Außerdem zeigt sich, daß das neue Lungenmodell in der mäßig transportablen Retentionsklasse M nahezu äquivalent mit dem alten Lungenmodell in der entsprechenden Retentionsklasse W ist. Signifikante Unterschiede ergeben sich dagegen bei den schwer transportablen Verbindungen, bei denen die Äquivalentdosen nach dem neuen Lungenmodell um den Faktor 2 bis 8 kleiner sind als nach dem alten Lungenmodell. Bei der Bewertung dieser Unterschiede ist allerdings Vorsicht angezeigt, da für die schwer transportablen Verbindungen im neuen Lungenmodell eine wesentlich geringere Lymphknotendeposition angenommen wird als im alten Lungenmodell. Aufgrund der vorliegenden Humandaten ist diese Annahme sicher nicht realistisch.

Bezug	Dosisfaktor für Inhalation von Pu-239 in mSv pro Bq							
	Altes Lungenmodell (ICRP 30)				Neues Lungenmodell (ICRP 66)			
	W/1 µm		Y/1 µm		M/1 µm	S/1 µm	M/5 µm	S/5 µm
	ICRP 30	ICRP 67	ICRP30	ICRP 67	ICRP67	ICRP 67	ICRP 67	ICRP 67
Lunge	0,017	0,017	0,32	0,31	0,019	0,17	0,0091	0,081
Knochenoberfläche	2,1	2,5	0,82	0,99	1,9	0,24	1,3	0,18
Rotes Knochenm.	0,17	0,20	0,066	0,080	0,15	0,019	0,10	0,015
Leber	0,38	0,42	0,15	0,17	0,32	0,040	0,21	0,031
Gonaden	0,032	0,021	0,012	0,085	0,016	0,0020	0,011	0,0016
Effektiv (ICRP 26)	0,12	0,13	0,083	0,089	0,10	0,033	0,067	0,019
Effektiv (ICRP 60)	0,069	0,076	0,064	0,082	0,058	0,027	0,039	0,015

Tab. 6/15: Faktoren zur Ermittlung der 50-Jahre-Folgeäquivalentdosis für Inhalation von Plutonium 239 aufgrund von Berechnungen nach dem alten Lungenmodell (ICRP 30) für die Retentionsklassen W und Y (Korngröße 1 µm AMAD) bei Zugrundelegung der Stoffwechselmodelle von ICRP 30 bzw. ICRP 67 sowie aufgrund von Berechnungen nach dem neuen Lungenmodell (ICRP 66) für die Retentionsklassen M und S (Korngrößen 1 µm bzw. 5 µm AMAD) bei Zugrundelegung des Stoffwechselmodells von ICRP 67

Die neuen Wichtungsfaktoren von ICRP 60 haben eine vergleichsweise hohe Relevanz. So ist die effektive Folgeäquivalentdosis bei Inhalation von mäßig transportablen Plutoniumverbindungen nach allen Modellen jetzt etwa 42 % kleiner als bei Zugrundelegung der alten Wichtungsfaktoren von ICRP 26. Für schwer transportable Plutoniumverbindungen ergibt sich je nach Modell eine Reduktion um etwa 8 % bis 23 %. Da im Überwachungsbereich des Forschungszentrums Karlsruhe im allgemeinen von mäßig transportablen Verbindungen ausgegangen wird, haben die neuen Wichtungsfaktoren insbesondere bei der retrospektiven Abschätzung der Beruflebensdosis eine recht große Bedeutung.

6.5.6 Ein stochastisches Modell der Strahlenkarzinogenese mit Berücksichtigung der Zelltötung

A. Yakovlev, E. Polig

Es ist schon seit längerer Zeit bekannt, daß die Abtötung von Zellen bei der mathematischen Modellierung der Strahlenkarzinogenese berücksichtigt werden muß. Einige wenige Modelle dieser Art zur Beschreibung von Dosis-Effekt-Beziehungen nach einmaliger Bestrahlung wurden von verschiedenen Autoren vorgeschlagen. Es gibt jedoch bisher keinen umfassenden theoretischen Ansatz, der das Problem allgemein behandelt.

Das hier vorgeschlagene Modell stellt eine Verallgemeinerung des Modells von Klebanov et al. dar. Es gilt für eine beliebige Zeitabhängigkeit der Dosisleistung. Die Besonderheit dieses Modells besteht darin, daß die Zelltötung mit der Tumorpromotion konkurriert. In seiner gegenwärtigen Form ist das Modell in der Lage, ein weites Spektrum von in der strahlenbiologischen Literatur dokumentierten experi-

mentellen Befunden qualitativ zu beschreiben. Einige Ergebnisse werden hier dargestellt. Es ist insbesondere geplant, das Modell zur Risikoabschätzung von strahleninduzierten Tumoren des Skeletts einzusetzen.

Die zeitabhängige Dosisleistung sei $h(t)$. Für eine gegebene Strahlenempfindlichkeit θ_1 bezüglich der Tumorinduktion ist dann die Zahl der prä-karzinogenen Strahlenschäden pro Zeiteinheit $\theta_1 h(t)$. Der stochastische Prozeß der Bildung von prä-karzinogenen (primären) Strahlenschäden in der Zelle wird als Poisson-Prozeß angenommen. In gleicher Weise ist der Prozeß der Zelltötung ebenfalls ein inhomogener (weil zeitabhängiger) Poisson-Prozeß mit der Intensität $\theta_2 h(t)$. In diesem Fall charakterisiert θ_2 die Strahlenempfindlichkeit bezüglich der Zelltötung.

Mit diesen Grundannahmen lassen sich zwei Fälle unterscheiden:

Modell 1

Hier wird angenommen, daß die Abtötung von Zellen durch Strahlung vor der Induktion von primären Schäden die Zellpopulation und damit auch die Wahrscheinlichkeit einer Induktion verringert. Die Zelltötung nach der primären Induktion eliminiert die induzierte Zelle und vermindert dadurch ebenfalls das Tumorrisiko. Die Wahrscheinlichkeit $S(t)$, daß bis zur Zeit t kein Tumor auftritt, ist dann:

$$S(t) = \exp \left\{ -\theta_1 \int_0^t h(u) \left(\int_0^{t-u} f(x) \exp \left(-\theta_2 \int_0^{u+x} h(z) dz \right) dx \right) du \right\} \quad (1)$$

$f(x)$ ist die Wahrscheinlichkeitsdichte für die Tumorpromotion, d. h. eine Zelle mit einem primären Strahlenschaden entwickelt sich in dem infinitesimalen Zeitintervall $[x, x + dx]$ nach der Induktion mit der Wahrscheinlichkeit $f(x)dx$ in einen sichtbaren Tumor.

Modell 2

Wenn ein Gewebe in der Lage ist, in kurzer Zeit abgetötete Zellen zu ersetzen (große Repopulationskapazität), dann wird eine Zelltötung vor der Erzeugung eines primären Schadens keine Verminderung des Induktionsrisikos des gesamten Gewebes bewirken. Es wird in diesem Fall angenommen, daß eine abgetötete Zelle sofort durch eine andere ersetzt wird. Die Verminderung der Induktionswahrscheinlichkeit geschieht ausschließlich durch Abtötung von bereits induzierten Zellen. Die Überlebenswahrscheinlichkeit $S(t)$ ist dann:

$$S(t) = \exp \left\{ -\theta_1 \int_0^t h(u) \left(\int_0^{t-u} f(x) \exp \left(-\theta_2 \int_u^{u+x} h(z) dz \right) dx \right) du \right\} \quad (2)$$

Zusätzlich zur Zelltötung durch Strahlung gibt es normalerweise auch eine natürliche Elimination durch Differenzierung und Alterung von Zellen. Solche Zellen teilen sich nicht mehr und sind damit bezüglich der Fortpflanzungsfähigkeit "tot". Für einen rein zufälligen Mechanismus der Zellelimination kann man eine konstante Wahrscheinlichkeit μ pro Zeiteinheit annehmen, daß die Zelle eliminiert wird. Für die Überlebenswahrscheinlichkeit $S(t)$ gilt dann:

$$S(t) = \exp \left\{ -\theta_1 \int_0^t h(u) \left(\int_0^{t-u} f(x) \exp \left(-\mu x - \theta_2 \int_u^{u+x} h(z) dz \right) dx \right) du \right\} \quad (3)$$

Gleichung 3 faßt beide Modelle zusammen (Modell 1: $\delta=0$, Modell 2: $\delta=1$). Bei der Ableitung von (3) wurden die Zelltötung durch Strahlung und die natürliche Elimination als unabhängige und konkurrierende Ereignisse angenommen. Für die Tumorinduktion im Skelett kann z. B. μ als die Wahrscheinlichkeit für das Ausscheiden der Zelle durch Umbauprozesse interpretiert werden. μ wäre dann proportional der Skelett-Umbaurate (26 %/Jahr im trabekulären, 3 %/Jahr im kortikalen Knochen).

Theoretisch kann man zeigen, daß für eine kurze Strahlenexposition die beiden Versionen des Modells bezüglich ihrer Dosis-Effekt-Kurven unterscheidbar sein sollten. Leider ist es mit den bestehenden experimentellen Daten nicht möglich, diese theoretische Möglichkeit zu realisieren. Dafür wäre eine erneute Analyse der Originaldaten mit den modernen Methoden der Überlebensstatistik nötig. Im Prinzip kann eine solche Unterscheidung mit Hilfe von Gleichung 3 durchgeführt werden. Durch Anwendung des Likelihood-Ratio-Tests kann die statistische Hypothese $H_0: \delta=0$ gegen die Alternative $H_1: \delta=1$ getestet werden.

In Abb. 6/38 werden einige Überlebenskurven für Modell 1 gezeigt. Für diese Berechnungen wurden folgende Annahmen gemacht: $\delta=0$, $h(t)=D\exp(-at)$, $\theta_1=0,4/\text{Gy}$, $\theta_2=0,1/\text{Gy}$, $\mu=0,004/\text{Tag}$, $a=0,016/\text{Tag}$. Die Dosisleistung (D) wird zwischen 0,01 und 0,2 Gy/Tag variiert. Die Wahrscheinlichkeitsdichte $f(x)$ der Tumorpromotion wurde als Gamma-Verteilung mit dem Formparameter $a=4$ und dem Skalierungsparameter $\beta=0,04$ angenommen. Der Verlauf der Kurven deutet darauf hin, daß die Dosis-Effekt-Beziehung nicht monoton ist, sondern ein Extremum hat.

Es ist geplant, dieses Modell zunächst mit experimentellen Daten der Osteosarkom-Inzidenz von Beagle-Hunden zu testen. Ein vorläufiges Ergebnis wird in Abb. 6/39 gezeigt. Für dieses Versuchstier existieren Ergebnisse sowohl für den α -Strahler ^{226}Ra als auch für die α -strahlenden Aktinide. Wenn das Modell für beide Klassen von Radionukliden das Osteosarkom-Risiko so interpretieren kann, daß nur der Term $h(t)$ entsprechend geändert werden muß, kann man seine Anwendung auf den Menschen in Betracht ziehen. Dort gibt es nur Toxizitätsdaten für ^{226}Ra (Zifferblatt-Maler). Eine Risikoabschätzung im Sinne von Überlebenswahrscheinlichkeiten als Funktion von Zeit und Dosis für Aktinide existiert bisher nicht.

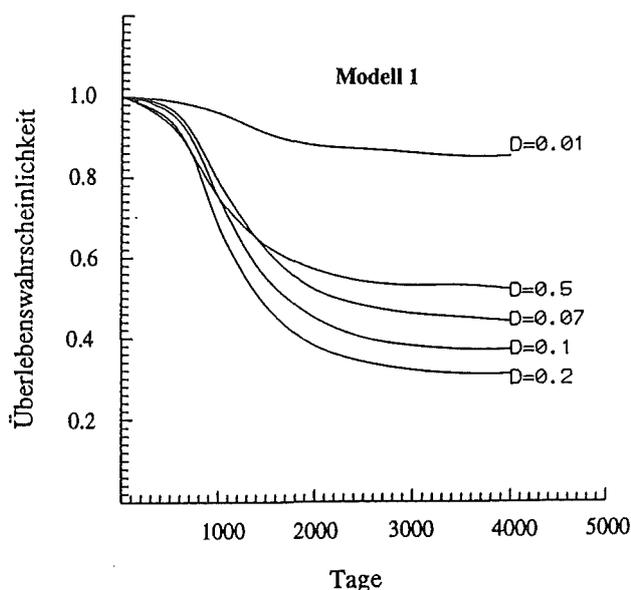


Abb. 6/38: Überlebenswahrscheinlichkeit für die Tumorinduktion berechnet mit Modell 1 (Gleichung 1) für eine exponentiell mit der Zeit abnehmende Dosisleistung, D ist die Dosisleistung (Gy/Tag) bei $t=0$

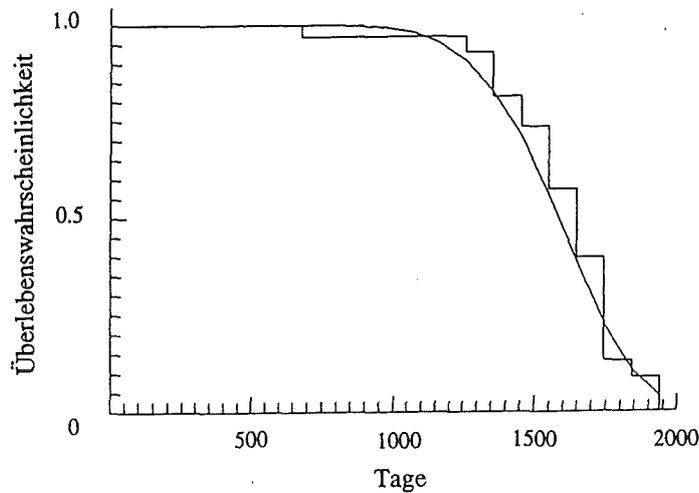


Abb. 6/39: Strahleninduzierte Skelettumore in Beagle-Hunden nach Injektion von ^{226}Ra . Vergleich der experimentellen Überlebenswahrscheinlichkeit nach Kaplan-Meier (Stufenfunktion) mit Modellrechnungen, Modellparameter: $\theta_1 = 150,6/\text{Gy}$, $\theta_2 = 2,35 \times 10^{-6}/\text{Gy}$

6.5.7 Dynamische Radionuklid-Markierungen im Skelett

E. Polig

Das mineralisierte Gewebe im Skelett wird, ähnlich dem weichen Gewebe, beständig erneuert. Diese Erneuerung geschieht in "bone structural units" (BSU) und vollzieht sich durch die Entfernung eines Stückes der alten Knochenmasse und ihre Ersetzung durch neugebildeten Knochen. Das organische Gerüst (Osteoid) der neuen Knochensubstanz wird von einer dazu spezialisierten Zelle, den Osteoblasten, synthetisiert. Die Neubildung hört auf, sobald an einer Erosionsstelle die neue Knochenmasse gleich der alten vorher entfernten Masse ist. Einige Radionuklide, die sich vorzugsweise im Skelett ablagern, werden in den neuen Knochen mit eingebaut. Dazu gehören hauptsächlich die alkalischen Erdmetalle (Kalzium, Radium, Strontium, etc.) und die in der Kerntechnik wichtigen Aktinide (Plutonium, Americium, Neptunium, etc.). Unter dem Gesichtspunkt des Strahlenrisikos sind besonders die α -Strahler (Radium, alle Aktinide) zu beachten.

Die Bildung des neuen Knochens an einer Erosionsstelle im Skelett dauert beim trabekulären Knochen ca. 67 Tage. Während dieser Zeit stellt die kontinuierlich wachsende Knochenmasse eine sich dynamisch vergrößernde Strahlenquelle dar, welche die Osteoblasten und ihre Vorläuferzellen bestrahlt. Die Konzentration des Radionuklids im neuen Knochen, und damit die Intensität der Strahlenquelle, hängt von der jeweiligen Konzentration des Radionuklids im Blut ab.

Für die Berechnung der mittleren Strahlendosis oder Trefferzahl auf den Zellkern wurden einige vereinfachende Annahmen gemacht. Die Grenzflächen zwischen Knochen und Mark werden als ebene Flächen angenommen. Die Markierung expandiert entweder mit konstanter Geschwindigkeit \bar{v}_m (Mineralisierungsgeschwindigkeit $\bar{v}_m = 0,6 \mu\text{m}/\text{Tag}$) oder mit linear abnehmender Geschwindigkeit $v_m = 2\bar{v}_m (1 - t/\sigma_F)$. Letzteres ist eine realistische Annahme, da diese Abnahme tatsächlich beobachtet werden

kann. σ_F ist die o. g. Zeit für die Neubildung des Knochens und die Schließung der Erosionsstelle (67 Tage). Allgemein ist dann die mittlere Trefferzahl (N) oder die Strahlendosis (D) im Zellkern:

$$\frac{N}{D} = G_{x,s} \sigma_F [c_{alt} + (c_{neu} - c_{alt}) \phi] \quad (x = H, D) \quad (1)$$

$G_{x,s}$ ist ein Faktor, der von der Größe und Form des Zellkerns, seiner relativen Position zur Knochenoberfläche, der α -Energie und anderen Einflußgrößen abhängt. Die Faktoren $G_{H,s}$ (Treffer) und $G_{D,s}$ (Dosis) wurden durch Monte-Carlo-Berechnungen in einer vorhergehenden Studie bestimmt. c_{neu} ist die Konzentration des Radionuklids in der neugebildeten Knochenmasse (Bq/cm³). Der obige Ausdruck berücksichtigt die Möglichkeit einer bereits vorhandenen Markierung, die mit einer Tiefe von mindestens der Reichweite der α -Teilchen die neue Markierung umgibt und die Konzentration c_{alt} hat. Nimmt man an, daß $c_{alt} = 0$ und die neue Markierung plötzlich entsteht und während der Zeit σ_F die Zellen bestrahlt, dann wäre die mittlere Trefferzahl oder Strahlendosis gleich $G_{x,s} \sigma_F c_{neu}$.

Der Faktor ϕ in Gleichung 1 gibt also an, wie sich Trefferzahl oder Dosis vermindern, wenn die Markierung nicht sofort vorhanden ist, sondern erst dynamisch aufgebaut werden muß. Für ϕ kann ein analytischer Ausdruck abgeleitet werden. Die damit berechneten Werte für die mittlere Trefferzahl und Dosis als Funktion der Teilchenenergie sind in Abb. 6/40 dargestellt. Beide Parameter nehmen monoton mit der Teilchenenergie zu. Erst oberhalb von 6 MeV gibt es einen nennenswerten Unterschied für konstante oder abnehmende Mineralisierungsgeschwindigkeit. Man kann daraus schließen, daß die genaue Kenntnis der Zeitabhängigkeit von v_m im hauptsächlich interessierenden Energiebereich (4 - 7 MeV) nicht besonders wichtig ist.

Zur Bestimmung von D oder N ist die Kenntnis der Konzentration c_{neu} erforderlich. Diese Größe kann mit Hilfe eines biokinetischen Modells (Kompartiment-Modell) berechnet werden, das die Verteilung des Radionuklids im Körper als ein System von linearen Differentialgleichungen mathematisch beschreibt. In der hier besprochenen Studie wurde zur Demonstration des Prinzips ein einfaches Modell gewählt, das lediglich aus den Kompartimenten trabekuläres Skelett, kortikales Skelett und Leber besteht. Der Übergang auf ein detaillierteres Modell, wie z. B. in ICRP-Publikation 67 vorgeschlagen, ist ohne Schwierigkeiten möglich. Die Konzentration der dynamischen Markierungen und die resultierenden Trefferzahlen und Strahlendosen auf den Zellkern von Osteoblasten sind in Abb. 6/41 dargestellt.

Es wurde eine einmalige Aufnahme von 10 kBq ²³⁹Pu in das Blut angenommen. Ein wichtiger Parameter ist die relative Affinität (q_{rf}) des Radionuklids zu den ruhenden internen Knochenoberflächen an denen keine Neubildung geschieht, verglichen mit den Bereichen aktiver Neubildung. Autoradiographische Studien deuten darauf hin, daß diese Größe in dem Bereich zwischen 0,2 und 1 liegt (Abb. 6/41). Die Abbildung zeigt eine Abnahme von c_{neu} um etwa den Faktor 4 über einen Zeitraum von 50 Jahren. Für eine ²³⁹Pu-Aufnahme von 35,2 kBq/kg ($q_{rf} = 0,2$) bis 150 kBq/kg Körpergewicht ($q_{rf} = 1$) ist die durchschnittliche Trefferzahl eins. Es ist vielleicht kein Zufall, daß in diesem Bereich der injizierten Dosis in Tierexperimenten die größten Tumorzinzen beobachtet werden. Abb. 6/41 zeigt zum Vergleich autoradiographische Messungen von c_{neu} in verschiedenen Skelettbereichen (CV...IC) einer jungen Frau (Hp-4), die eine Injektion von ²³⁹Pu erhielt (Langham-Studie) und ca. 17 Monate nach der Injektion verstarb. Die Übereinstimmung der Modellrechnungen mit der Messung ist bemerkenswert gut.

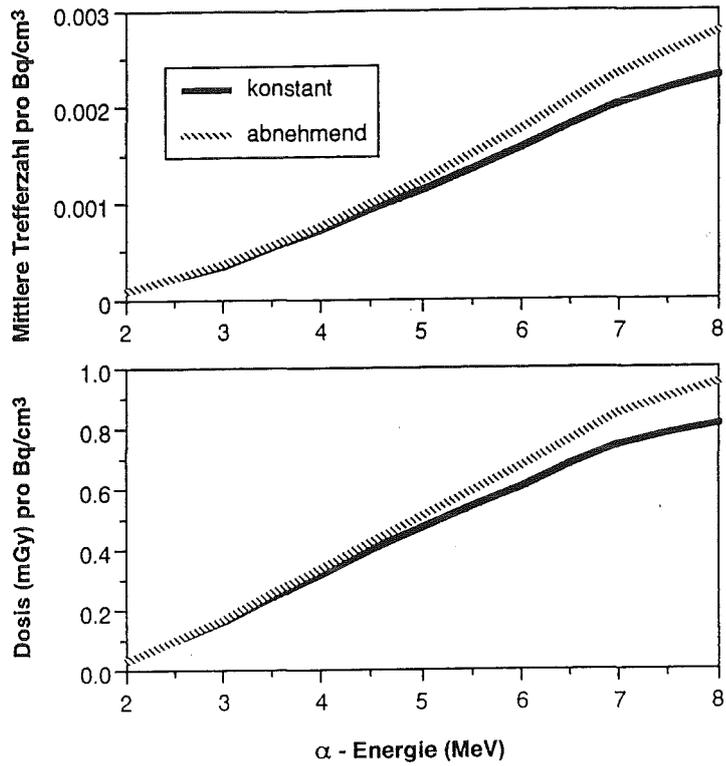


Abb. 6/40: Mittlere Zahl von Treffern oder Strahlendosis im Zellkern von Osteoblasten als Funktion der α -Teilchen-Energie und für konstante oder linear abnehmende Mineralisierungsgeschwindigkeit

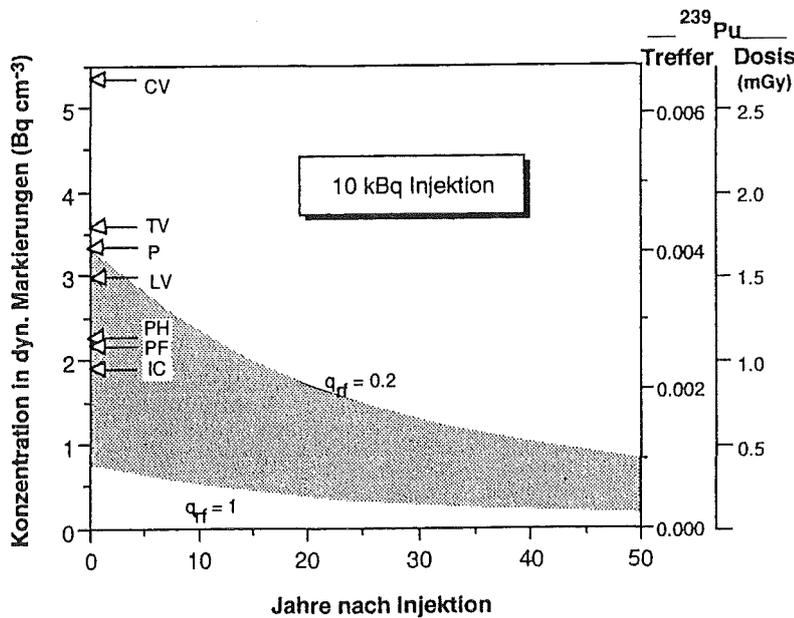


Abb. 6/41: Konzentration von ^{239}Pu in dynamischen Markierungen nach intravenöser Aufnahme von 10 kBq. CV...IC bezeichnen autoradiographische Messungen im Skelett einer Person (Hp-4) aus der Langham-Studie. Die Skalen rechts geben die entsprechende mittlere Trefferzahl oder Strahlendosis im Zellkern von Osteoblasten an

6.6 Strahlenschutzmeßtechnik

6.6.1 Aufgaben

B. Reinhardt

Nach der Strahlenschutzverordnung wird an Strahlenschutzmeßgeräte generell die Forderung gestellt, daß sie dem Stand der Wissenschaft und Technik entsprechen, den Anforderungen des Meßzweckes genügen, in ausreichender Anzahl vorhanden sind und regelmäßig gewartet werden müssen. Der Bestand an elektronischen Strahlenschutzmeßgeräten, der von der Hauptabteilung Sicherheit betreut wird, setzt sich aus einer großen Anzahl von Dosisleistungs- und Kontaminationsmonitoren, aus Meßplätzen zur Aktivitätsbestimmung und den ortsfesten Anlagen zur Pegel- und Luftüberwachung zusammen. Da sich diese Geräte weiträumig in den verschiedenen Instituten und Abteilungen des Forschungszentrums befinden, ergibt sich zwangsläufig eine gewisse Unterteilung im Service, der nach Möglichkeit von den betreffenden Abteilungen selbst durchgeführt wird.

Die Funktionstüchtigkeit der Geräte und Anlagen wird vom Personal der Arbeitsplatzüberwachung regelmäßig, meist täglich, überprüft. Regelmäßig wiederkehrende Prüfungen nach Prüfanweisung und mit Protokollierung werden gemäß den in einem Prüfplan festgelegten Anforderungen durch das Personal der Arbeitsplatzüberwachung, durch Sachkundige einer Service-Firma oder durch hinzugezogene Sachverständige (z. B. TÜV) durchgeführt. Bei der Instandhaltung der Strahlenschutzmeßgeräte fallen folgende Aufgaben an:

- Kalibrierung unser tragbaren Dosisleistungsmeßgeräte sowie Auftragsarbeiten für Fremdfirmen,
- Mitarbeit bei der Eichung von Dosisleistungsmeßgeräten und Dosimetern durch die amtliche Eichabfertigungsstelle,
- Bestrahlung von Dosimetern zur Kalibrierung von Auswertegeräten sowie für F + E - Arbeiten,
- Reparatur und Kalibrierung der Pegel- und Luftüberwachungsanlagen in den verschiedenen Instituten und Abteilungen des Forschungszentrums und in der Umgebung,
- Reparatur sonstiger elektronischer Geräte aus dem Bereich der Abteilung Dosimetrie,
- Erstellung von Prüfanweisungen.

Außerdem werden Eingangskontrollen neubeschaffter Geräte durchgeführt und gelegentlich auch die Eigenschaften von neuen Detektoren und Geräten untersucht. Die in der Praxis gewonnenen Erfahrungen stehen für die Beschaffung und Installation von Geräten und Überwachungsanlagen zur Verfügung. Schließlich werden auch Umbauten und Anpassungen von Geräten selbst vorgenommen und kommerziell nicht erhältliche Geräte für den Eigenbedarf der Hauptabteilung Sicherheit entwickelt.

6.6.2 Wartung und Reparatur

B. Reinhardt

Zur Instandhaltung der von der Hauptabteilung Sicherheit betreuten kontinuierlich messenden Luftüberwachungsanlagen waren 494 Reparatursätze erforderlich. Für die Fortluftüberwachungsan-

gen kamen softwareprogrammierte Steuerungen als Grenzwertgeber zum Einsatz, deren Programmierung und Inbetriebnahme zusätzlich zu den Routinearbeiten erfolgte. Des öfteren waren Reparaturen an Ortsdosisleistungs-Meßstellen notwendig.

1994 wurden 18 Kontaminationsmonitore einer Fremdfirma auf Funktion und Zählwirksamkeit überprüft und soweit nötig repariert. Die Beratung bei der Lösung von Meßproblemen und bei der Beschaffung von neuen Geräten und Anlagen, die Mitarbeit bei Abnahmeprüfungen durch Aufsichtsbehörden, und nicht zuletzt der Versand von Geräten und die Beschaffung von Ersatzteilen erforderten einen erwähnenswerten Arbeitsaufwand.

6.6.3 Routinekalibrierung

B. Burgkhardt, B. Reinhardt

Die routinemäßige Kalibrierung von Dosimetern und Dosisleistungsmeßgeräten dient der Gewährleistung der innerhalb der Strahlenschutzüberwachung erforderlichen Meßgenauigkeit der Geräteanzeige. Die für die Strahlenschutzmeßgeräte vorgeschriebene Meßgenauigkeit ergibt sich aus den Anforderungen der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt an Strahlenschutzdosimeter für die Zulassung zur Eichung und den Prüfregeln der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt für Strahlenschutzdosimeter. Innerhalb der Dosimetrie stehen folgende Aufgaben im Vordergrund:

- Übertragung der Meßgröße vom Primärstandard der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt und Gewährleistung der Meßgenauigkeit an allen Bestrahlungsanlagen durch den Einsatz von Normaldosimetern sowie durch Teilnahme an internationalen Kontroll- und Vergleichsbestrahlungen,
- Kalibrierung von Dosisleistungsmeßgeräten, Dosimetern, Dosiswarngeräten innerhalb der Routinebetreuung nach einer Reparatur sowie bei neu angeschafften Geräten,
- Bestrahlung von Dosimeterchargen zur Kalibrierung von Thermolumineszenz- und Photolumineszenz-Auswertegeräten.

Im Berichtsjahr wurden für das Forschungszentrum 25 Gamma-Dosisleistungsmeßgeräte und 23 Neutronendosisleistungsmeßgeräte kalibriert. Für Forschungs- und Entwicklungsarbeiten und für die Kalibrierung der Auswertegeräte wurden an den Kalibrieranlagen der Eichhalle 544 Gamma- und 51 Neutronenbestrahlungen durchgeführt. An der Röntgenanlage dienten 478 Bestrahlungen der Bestimmung der Energieabhängigkeit von Dosimetersonden. Alle Cs-137-Bestrahlungsanlagen der Eichhalle wurden regelmäßig mit einem Sekundärstandard überprüft.

6.6.4 Amtliche Eichabfertigungsstelle

B. Reinhardt

Aufgrund der Eichordnung ist es Aufgabe des Landes Baden-Württemberg, regelmäßige Eichungen von Personen- und Ortsdosimetern vorzunehmen. Entsprechend einem Vertrag zwischen dem Land Baden-Württemberg und dem Forschungszentrum Karlsruhe werden hierfür die vorhandenen technischen Einrichtungen zur Verfügung gestellt. Bei der amtlichen Eichabfertigungsstelle werden Beamte der Aufsichtsbehörde hoheitlich tätig. Der Beitrag der Hauptabteilung Sicherheit besteht in der Bereitstellung

der Bestrahlungseinrichtungen wie auch in der Unterstützung bei der Durchführung der Eichungen. Im Jahre 1994 wurden für das Zentrum 1 120 Stabdosisimeter und 50 sonstige Geräte geeicht.

6.6.5 Stationäre Kontrollvorrichtung im Forschungszentrum Karlsruhe zur Verlängerung der Eichfristen für Strahlenschutzdosimeter

R. Becker, B. Burgkhardt, M. Hauser

Nach der Eichordnung vom 12. August 1988 ist die Gültigkeit der Eichung von Strahlenschutzmeßgeräten auf zwei Jahre befristet, kann sich aber auf sechs Jahre verlängern, wenn halbjährlich eine protokollierte Kontrollbestrahlung mit einer von der PTB geprüften Kontrollvorrichtung durchgeführt wird. An die Kontrollvorrichtung wird die Anforderung gestellt, daß ein Strahlenfeld zur Erzeugung einer geeigneten Anzeige am zu prüfenden Gerät eindeutig und langfristig reproduzierbar ist. Die Cs-137-Bestrahlungsanlage im Kalibrierbunker der Hauptabteilung Sicherheit im Forschungszentrum, die auch vom Eichamt Karlsruhe zur Eichung von Strahlenschutzdosimetern benutzt wird, kann durch Verwendung einer zusätzlichen Positioniereinrichtung für die zu prüfenden Geräte als stationäre Kontrollvorrichtung verwendet werden (siehe Abb. 6/42). Diese stationäre Kontrollvorrichtung wird von der PTB voraussichtlich unter der Nummer 23.12/94.09 für Kontrollmessungen an zwölf verschiedenen Typen von Strahlenschutzmeßgeräten zur Photonendosimetrie zugelassen werden.

Die Positioniereinrichtung besteht aus einer eindeutig fixierten Positionierschiene und jeweils einem Stativ zu jedem der Gerätetypen. Die Grundplatte des Stativs paßt seitenrichtig nur an die entsprechende Stelle auf der Positionierschiene und die Kopfplatte erlaubt die seitenrichtige Aufnahme allein des zugehörigen Gerätes. Die stationäre Kontrollvorrichtung verwendet nur Cs-137-Quellen. Bei der Eichung der Geräte werden die einzuhaltenden Anzeigegrenzen durch das Eichamt auf Grund der bekannten Dosisleistungen an der stationären Kontrollvorrichtung festgelegt. Die Ergebnisse der halbjährlichen Kontrollbestrahlungen durch werden in einem zum Strahlenschutzmeßgerät gehörenden Laufzettel und in einem Bestrahlungsbuch protokolliert.

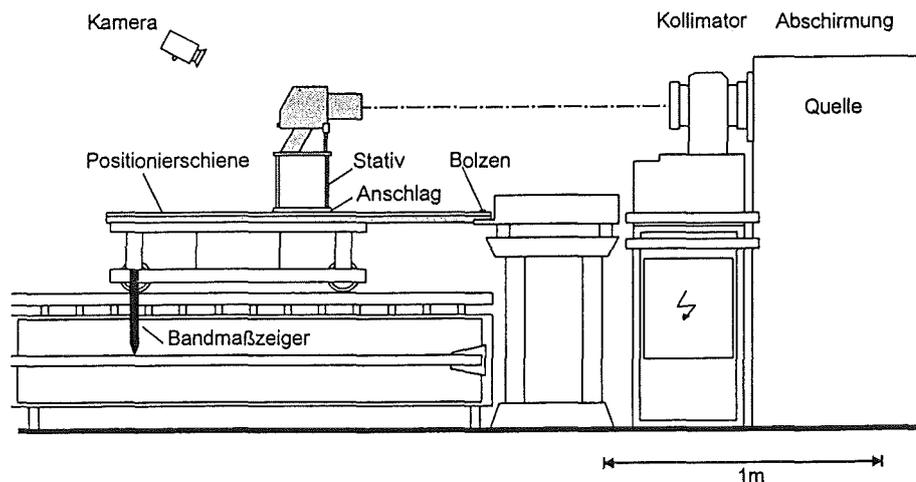


Abb. 6/42: Stationäre Kontrollvorrichtung

7 Veröffentlichungen

7.1 Veröffentlichungen, die gedruckt vorliegen

- [1] AVENHAUS, R.; SPANNAGEL, G.; Dynamic tritium accountancy for ITER. 15th Symp. on Fusion Engineering, Hyannis, Mass., USA, October 11-15, 1993, Proc. Vol.1 S. 969-74
- [2] BAHADIR, M.; PARLAR, H.; SPITELLER, M.; [HRSG.]; KOELZER, W.; u. a.; [Autoren] Springer Umweltlexikon. Berlin [u. a.]: Springer, 1995
- [3] BILSKI, P.; OLKO, P.; BURGKHARDT, B.; PIESCH, E.; WALIGORSKI, M. P. R.; Thermoluminescence efficiency of LiF:Mg, Cu, P (MCP-N) detectors to photons, beta electrons, alpha particles and thermal neutrons. Radiation Protection Dosimetry, 55 (1994) S. 31-38
- [4] BURGKHARDT, B.; FIEG, G.; PIESCH, E.; KLETT, A.; MAUSHART, R. Optimierung einer Neutronen-Äquivalentdosisleistungsmeßsonde. Koelzer, W. [Hrsg.] Strahlenschutz: Physik und Meßtechnik, 26. Jahrestagung des Fachverbandes für Strahlenschutz, Karlsruhe, 24.-26. Mai 1994 Bd. II, S. 590-95, Köln: Verl. TÜV Rheinland, 1994, FS-94-71-T
- [5] BURGKHARDT, B.; FIEG, G.; PIESCH, E.; KLETT, A.; MAUSHART, R.; A new neutron dose equivalent rate meter with improved neutron energy response in terms of H(10). Casson, W. H. [Hrsg.], 4th Conf. on Radiation Protection and Dosimetry, Orlando, Fla., USA, October 23-27, 1994; Proc. S. 227 ORNL/TM-12817 (October 94)
- [6] BURGKHARDT, B.; PIESCH, E.; BILSKI, P.; BUDZANOWSKI, M.; OLKO, P.; Eigenschaften neuer dünnschichtiger Sandwich-Detektoren zur Beta- und Neutronendosimetrie. Koelzer, W. [Hrsg.], Strahlenschutz: Physik und Meßtechnik, 26. Jahrestagung des Fachverbandes für Strahlenschutz, Karlsruhe, 24.-26. Mai 1994, Bd. II, S. 521-26, Köln: Verl. TÜV Rheinland, 1994, FS-94-71-T
- [7] BURGKHARDT, B.; PIESCH, E.; UGI, S.; VILGIS, M.; Moderne Phosphatglasdosimeter - die Alternative in der Personenüberwachung. Koelzer, W. [Hrsg.], Strahlenschutz: Physik und Meßtechnik, 26. Jahrestagung des Fachverbandes für Strahlenschutz, Karlsruhe, 24.-26. Mai 1994, Bd. II S.481-86, Köln: Verl. TÜV Rheinland, 1994, FS-94-71-T
- [8] BURGKHARDT, B.; PIESCH, E.; UGI, S.; ISHIKAWA, T.; IKEGAMI, T.; OMORI, T.; New phosphate glass dosimeter systems for routine individual and environmental monitoring. Casson, W.H. [Hrsg.], 4th Conf.on Radiation Protection and Dosimetry, Orlando, Fla., October 23-27, 1994, Proc. S. 141, ORNL/TM-12817 (October 94)
- [9] DÖRSCHEL, B.; BURGKHARDT, B.; LEWITZ, J.; PIESCH, E.; STREUBEL, G.; Experimental determination of the alpha energy window in makrofol etched track detectors for the separate measurement of the radon decay product ^{214}Po in air. Radiation Protection Dosimetry, 50 (1993), S. 5-12
- [10] DÖRSCHEL, B.; BURGKHARDT, B.; PIESCH, E.; REINHARD, J.; Erzeugung von Alpha-Energiefenstern in der Ansprechfunktion von Makrofol-Spurätzdetektoren zum separaten Nachweis des Radonfolgeprodukts ^{214}Po in Luft. Koelzer, W. [Hrsg.], Strahlenschutz: Physik und Meßtechnik, 26. Jahrestagung des Fachverbandes für Strahlen-

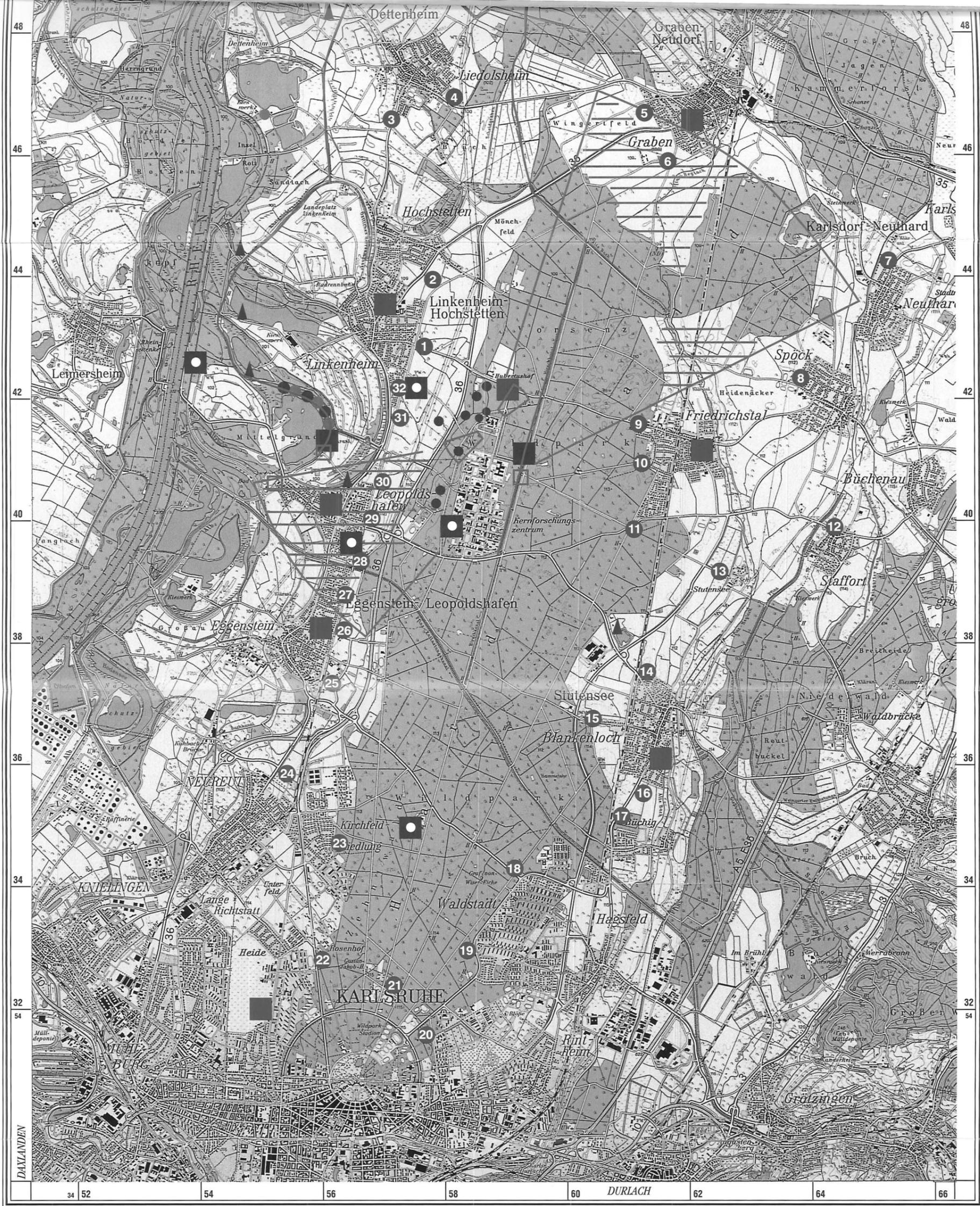
schutz, Karlsruhe, 24.-26. Mai 1994, Bd. II, S. 751-56 Köln: Verl. TÜV Rheinland, 1994, FS-94-71-T

- [11] DÖRSCHHEL, B.; PIESCH, E.; Effect of varying unattached fraction of radon daughters on the measurement of the equilibrium factor using nuclear etched track detectors. Radiation Protection Dosimetry, 54 (1994), S. 41-45
- [12] DIABATE, S.; STRACK, S.; Organically bound tritium. Health Physics, 65 (1993) S. 698-712
- [13] DILGER, H.; Inkorporationsüberwachung im KfK durch Messungen der Raumluftaktivitätskonzentration. KfK-5415 (Dezember 94)
- [14] DILGER, H.; DOERFEL, H.; SCHIEFERDECKER, H.; WIDUA, L.; Inkorporationsüberwachung auf Plutonium und Americium durch Messungen der Aktivitätskonzentration in der Raumluft und der Aktivität der Ausscheidungen. Koelzer, W. [Hrsg.], Strahlenschutz: Physik und Meßtechnik, 26. Jahrestagung des Fachverbandes für Strahlenschutz, Karlsruhe, 24.-26. Mai 1994, Bd. II, S. 438-43, Köln: Verl. TÜV Rheinland, 1994, FS-94-71-T
- [15] DOERFEL, H.; Die direkte interne Dosimetrie: ein neuer Weg zur Bestimmung der effektiven Äquivalentdosis bei Inkorporation gammastrahlender Radionuklide. Koelzer, W. [Hrsg.], Strahlenschutz: Physik und Meßtechnik, 26. Jahrestagung des Fachverbandes für Strahlenschutz, Karlsruhe, 24.-26. Mai 1994, Bd. II, S. 415-20 Köln: Verl. TÜV Rheinland, 1994 FS-94-71-T
- [16] DOERFEL, H.; Pilotstudie zur retrospektiven Bestimmung der Radon-Exposition von Mitarbeitern der ehemaligen SDAG Wismut durch In-vivo-Messung von Pb-210 im Skelett. Winter, M. [Hrsg.], Umweltradioaktivität, Radioökologie, Strahlenwirkungen: 25. Jahrestagung des Fachverbandes für Strahlenschutz, Binz, September 28-30, 1993, Bd. II, S. 63-68, FS-93-67-T
- [17] DOERFEL, H.; BELEZNAY, E.; BELEZNAY, F.; Ein neues bikinetisches Modell zur Beschreibung des Stoffwechsels von Am-241. Koelzer, W. [Hrsg.], Strahlenschutz: Physik und Meßtechnik, 26. Jahrestagung des Fachverbandes für Strahlenschutz, Karlsruhe, 24.-26. Mai 1994, Bd. I, S. 444-49, Köln: Verl. TÜV Rheinland, 1994, FS-94-71-T
- [18] GUELEV, M. G.; MISCHEV, I. T.; BURGKHARDT, B.; PIESCH, E.; A two-element Ca-SO₄:Dy dosemeter for environmental monitoring. Radiation Protection Dosimetry, 51 (1994) S. 35-40
- [19] IBRAHIEM, N.M.; PIMPL, M.; Uranium concentrations in sediments of the Suez canal. Aly, H.F. [Hrsg.], German-Egyptian Seminar on Environmental Research, Kairo, ET, March 21-23, 1994, Jülich: Forschungszentrum Jülich GmbH, Zentralbibliothek, 1994, S. 335-40 (Bilateral Seminars of the International Bureau / Forschungszentrum Jülich GmbH; 19)
- [20] IBRAHIEM, N.M.; PIMPL, M.; Uranium concentrations in sediments of the Suez canal. Appl. Radiat. Isot., 45 (1994) p. 919-921

- [21] KOELZER, W.; [HRSG.] ALLE MITARBEITER DER HAUPTABTEILUNG SICHERHEIT [Autoren]; Jahresbericht 1993 der Hauptabteilung Sicherheit. KfK-5330 (Mai 94)
- [22] KOELZER, W.; MAUSHART, R.; [HRSG.]; Strahlenschutz: Physik und Meßtechnik, 26. Jahrestagung des Fachverbandes für Strahlenschutz, Karlsruhe, 24.-26. Mai 1994, Bd. I+II, Köln: Verl. TÜV Rheinland, 1994, FS-94-71-T
- [23] KRUGLIKOV, I. L.; POLIG, E.; JEE, W. S. S.; Hits to bone cell nuclei from nonuniform radioactive labels. Radiation and Environmental Biophysics, 33 (1994) S. 189-200
- [24] MANDL, B.; PINTER, J.; SCHNEIDER, U.; VÖGELE, P.; Gefahrgut-Transport auf Straße und Schiene. Wegweiser für Gefahrgutbeauftragte, Versand-, Betriebs-, Speditionsleiter und sonstige beauftragte Personen. Neuwied [u. a.]: Luchterhand, 1994
- [25] OLKO, P.; BUDZANOWSKI, M.; BILSKI, P.; BURGKHARDT, B.; PIESCH, E.; ⁶LiF sandwich type detectors for low dose individual monitoring in mixed neutron-photon fields. Radiation Protection Dosimetry, 54 (1994) S. 349-52
- [26] PIESCH, E.; Determination of radon and radon daughters in air. Aly, H.F. [Hrsg.], German-Egyptian Seminar on Environmental Research, Kairo, ET, March 21-23, 1994, Jülich, Bilateral Seminars of the International Bureau Forschungszentrum Jülich GmbH, Vol. 19, 1994, S. 341-50
- [27] PIESCH, E.; BURGKHARDT, B.; Thermoluminescence and personnel dosimetry: potentials and limits. Oberhofer, M. [Hrsg.], Ispra Course Techniques and Management of Thermoluminescence Dosimetry Services, Ispra, I, October 19-23, 1992, Proc. S. 125-29, Bruxelles [u. a.]: ECSC, 1993 Eurocourse 'Techniques and Management of Personnel Thermoluminescence Dosimetry Service', Madrid, E, November 21-24, 1994
- [28] PIESCH, E.; BURGKHARDT, B.; Photoluminescence dosimetry: the alternative in personnel monitoring. Radioprotection, 29 (1994) Nr. 1, S. 39-67
- [29] PIESCH, E.; BURGKHARDT, B.; UGI, S.; The Karlsruhe TLD service for Albedo neutron dosimetry. Oberhofer, M. [Hrsg.], Ispra Course Techniques and Management of Thermoluminescence Dosimetry Services, Ispra, I, October 19-23, 1992, Proc. S. 331-60, Bruxelles [u. a.]: ECSC, 1993 Eurocourse 'Techniques and Management of Personnel Thermoluminescence Dosimetry Service', Madrid, E, November 21-24, 1994
- [30] PIESCH, E.; BURGKHARDT, B.; VILGIS, M.; Neutronendosimetrie mit Makrofol DE-Kernspurätzdetektoren. Koelzer, W. [Hrsg.], Strahlenschutz: Physik und Meßtechnik, 26. Jahrestagung des Fachverbandes für Strahlenschutz, Karlsruhe, 24.-26. Mai 1994, Bd. II, S. 493-98, Köln: Verl. TÜV Rheinland, 1994, FS-94-71-T
- [31] PIESCH, E.; BURGKHARDT, B.; VILGIS, M.; Performance of the new photoluminescent glass dosimetry system at the IAEA intercomparison 1990/91 for individual monitoring. Radiation Protection Dosimetry, 54 (1994) S. 109-17
- [32] PIMPL, M.; Determination of radioisotopes in environmental samples. Aly, H.F. [Hrsg.] German-Egyptian Seminar on Environmental Research, Kairo, ET, March 21-23, 1994, Jülich, Bilateral Seminars of the International Bureau Forschungszentrum Jülich GmbH, Vol. 19, 1994, S. 313-30

- [33] REICHERT, A.; Praktische Erfahrungen bei der Durchführung von Freigabemessungen nach dem Prinzip der Gesamt-Gamma-Messung. Koelzer, W. [Hrsg.], Strahlenschutz: Physik und Meßtechnik, 26. Jahrestagung des Fachverbandes für Strahlenschutz, Karlsruhe, 24.-26. Mai 1994, Bd. I, S. 326-31, Köln: Verl. TÜV Rheinland, 1994, FS-94-71-T
- [34] SCHMITZ, J.; Identification of the radon distribution at the BEH-minerals plant, Ipoh, Malaysia. Rajah, S. S. [Hrsg.], Radiological Hazards in Tin Mining and Heavy Mineral Processing: Proc. of the SEATRADC/BGR Seminar, Ipoh, MAL, June 21-22, 1994, Hannover: Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, 1994, S. 69-72
- [35] UGI, S.; PIESCH, E.; BRIESEN, H.; HASTREITER, J.; IZQUIERDO, L.; LAUDENKLOS, W.; Vergleich der Messergebnisse von Flachglasdosimetern und elektronischen Personendosimetern. Koelzer, W. [Hrsg.], Strahlenschutz: Physik und Meßtechnik, 26. Jahrestagung des Fachverbandes für Strahlenschutz, Karlsruhe, 24.-26. Mai 1994, Bd. II, S. 535-40 Köln: Verl. TÜV Rheinland, 1994, FS-94-71-T
- [36] WERNLI, C.; AMBROSI, P.; PIESCH, E.; Trends bei der Entwicklung von Personendosimetern. Koelzer, W. [Hrsg.], Strahlenschutz: Physik und Meßtechnik, 26. Jahrestagung des Fachverbandes für Strahlenschutz, Karlsruhe, 24.-26. Mai 1994, Bd. II, S. 473-80, Köln: Verl. TÜV Rheinland, 1994, FS-94-71-T
- [37] WICKE, A.; Radonverfügbarkeit im Boden, Transportprozesse und Eintrittspfade in Häuser. Friedrichshagener Fachgespräch '92: Ra-226, Rn-222; Strahlenschutzexperten berichten aus der Praxis, Berlin, 25.-26. November 1992, Frankfurt/Main: Genitron Instruments, 1993
- [38] WINTER, M.; WICKE, A.; [HRSG.]; Umweltradioaktivität, Radioökologie, Strahlenwirkungen. 25. Jahrestagung des Fachverbandes für Strahlenschutz, Binz, Sept. 28-30, 1993. Bd. I + II, Köln: Verl. TÜV Rheinland, 1993, FS-93-67-T
- 7.2 Vorträge, die noch nicht gedruckt vorliegen
- [39] AVENHAUS, R.; SPANNAGEL, G.; Tritium accountancy. 18th Symp. on Fusion Technology, Karlsruhe, August 22-26, 1994
- [40] BUDZANOWSKI, M.; BURGKHARDT, B.; Thin $\{6/7\}$ LiF:Mg, Cu, P and $\{6/7\}$ LiF:Mg, Ti detectors for automatic albedo neutron dosimetry. Symp. on Luminescent Detectors and Transformers of Ionizing Radiation, Tallin, Estonia, September 5-8, 1994
- [41] BURGKHARDT, B.; PIESCH, E.; Adaption of the photon energy response of area and individual dosimeters for the measurement of the new ICRU quantities. 25th Internat. Symp. on Radiation Protection Physics, Dresden, September 26-30, 1994
- [42] DÖRSCHEL, B.; BURGKHARDT, B.; KUBSCH, T.; KUPSCHUS, A.; PIESCH, E.; REINHARD, J.; A new passive method for measuring the potential alpha energy concentration of radon daughters using nuclear track etched detectors. 25th Internat. Symp. on Radiation Protection Physics, Dresden, September 26-30, 1994

- [43] DIABATE, S.; MÜLLER, J.; RASKOB, W.; STRACK, S; Short-term exposure of crop plants to atmospheric tritium. Experimental results and model development. 18th Symp. on Fusion Technology, Karlsruhe, August 22-26, 1994
- [44] DOERFEL, H.; Whole body measurements for in vivo monitoring in emergency situations. Internat Workshop on Radioactive Contamination, Rio de Janeiro, BR, August 29 - Sept. 2, 1994
- [45] KRUGLIKOV, I.L.; POLIG, E.; Alpha-particle hits to bone cells predicted from ICRP biokinetic models. Internat.Seminar Health Effects of Internally Deposited Radionuclides, Heidelberg, April 18-21, 1994
- [46] LUSZIK-BHADRA, M.; ALBERTS, W.G.; DIETZ, E.; PIESCH, E.; SIEBERT, B.R.L.; Cr-39 track neutron dosimeter/spectrometer: investigations in the thermal, epidermal and intermediate energy region. 17th Internat. Conf. on Nuclear Tracks in Solids, Dubna, Russia, August 24-28, 1994
- [47] PIESCH, E.; Passive detectors for beta dosimetry: present state of surface sensitive detectors and trends. 25th Internat. Symp.on Radiation Protection Physics, Dresden, September 26-30, 1994
- [48] PIESCH, E.; Progress in beta dosimetry using passive TL-detectors. Vortr.: National Institute for Standards and Technology (NIST), Gaithersburg, Md., USA, 3. März 1994
- [49] PIMPL, M.; ⁸⁹Sr/⁹⁰Sr-determination in soils and sediments using crown ethers for Ca/Sr-separation. Methods and Applications of Radioanalytical Chemistry III, Kailua-Kona, Hawaii, USA, April 10-16, 1994
- [50] VOLV, V.; LUZ, A.; POLIG, E.; BRUENGER, F.; Chronic toxicity of radium-226 in rats. Internat.Seminar Health Effects of Internally Deposited Radionuclides, Heidelberg, April 18-21, 1994
- [51] YAKOVLEV, A.YU.; KRUGLIKOV, I.L.; POLIG, E.; A latent time distribution for the analysis of radiation-induced and spontaneous carcinogenesis. 13th Meeting of the European Association for Cancer Research, Berlin, September 25-28, 1994



0 1 2 3 4 5 Kilometer

Ausschnitt aus den topografischen Karten L 69 16 und L 67 16
mit Genehmigung des Landesvermessungsamtes Baden-Württemberg,
Az. 5. 13 / 1029

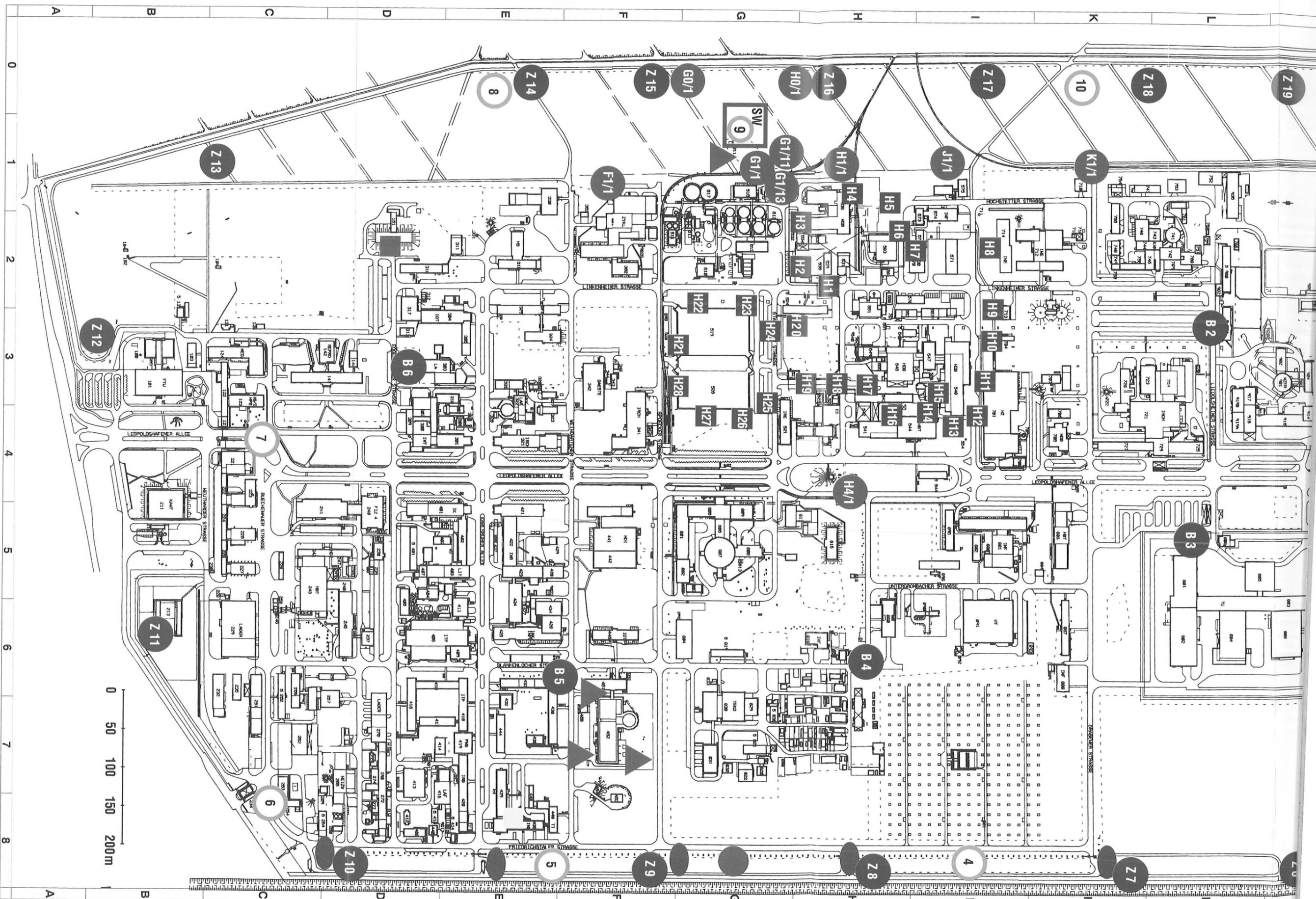
Legende

Bearbeitungsstand: Januar 1993

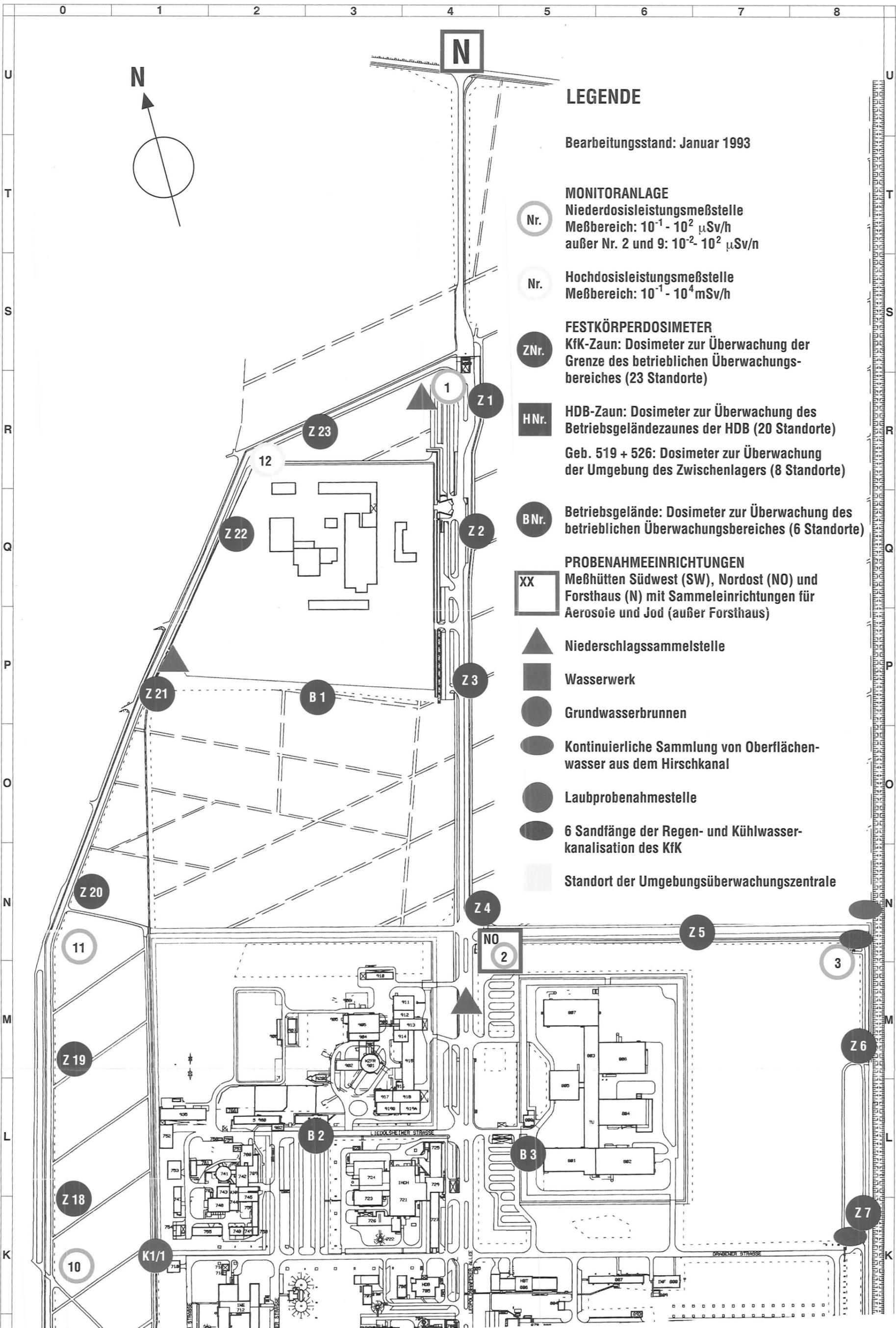
- | | | | | |
|-------------------------------------|---------------------------|--|--|------------------------------|
| Außenstation | Trinkwasser (Wasserwerke) | Oberflächenwasser | Vorflutkanal der Abwässer des KfK zum Rheinniederungskanal | Boden |
| Festkörperdosimeter | Grundwasser (Brunnen) | Schlamm | Verlauf der als Vorfluter dienenden Oberflächengewässer | Landwirtschaftliche Produkte |
| Grundwasser (Eigenwasserversorgung) | Fisch | kontinuierliche Probenahme von Oberflächenwasser | | Hauptausbreitungs-sektoren |

Lageplan Nr.1: Meß- und Probenahmestellen zur Umgebungsüberwachung des Kernforschungszentrums Karlsruhe





Lageplan Nr. 2: Meßstellen und Probenahmeeinrichtungen innerhalb des betrieblichen Überwachungsbereiches des Kernforschungszentrums Karlsruhe



LEGENDE

Bearbeitungsstand: Januar 1993

- Nr.** MONITORANLAGE
 Niederdosisleistungsmeßstelle
 Meßbereich: $10^{-1} - 10^2 \mu\text{Sv/h}$
 außer Nr. 2 und 9: $10^{-2} - 10^2 \mu\text{Sv/n}$
- Nr.** Hochdosisleistungsmeßstelle
 Meßbereich: $10^{-1} - 10^4 \text{mSv/h}$
- ZNr.** FESTKÖRPERDOSIMETER
 KfK-Zaun: Dosimeter zur Überwachung der
 Grenze des betrieblichen Überwachungs-
 bereiches (23 Standorte)
- HNr.** HDB-Zaun: Dosimeter zur Überwachung des
 Betriebsgeländezaunes der HDB (20 Standorte)

 Geb. 519 + 526: Dosimeter zur Überwachung
 der Umgebung des Zwischenlagers (8 Standorte)
- BNr.** Betriebsgelände: Dosimeter zur Überwachung des
 betrieblichen Überwachungsbereiches (6 Standorte)
- XX** PROBENAHMEEINRICHTUNGEN
 Meßhütten Südwest (SW), Nordost (NO) und
 Forsthaus (N) mit Sammeleinrichtungen für
 Aerosole und Jod (außer Forsthaus)
- Niederschlagssammelstelle
- Wasserwerk
- Grundwasserbrunnen
- Kontinuierliche Sammlung von Oberflächen-
 wasser aus dem Hirschkanal
- Laubprobenahmestelle
- 6 Sandfänge der Regen- und Kühlwasser-
 kanalisation des KfK
- Standort der Umgebungsüberwachungszentrale