

**KfK 5330**  
**April 1993**

# **Jahresbericht 1993 der Hauptabteilung Sicherheit**

**Redaktion:**  
**W. Koelzer**  
**Hauptabteilung Sicherheit**

**Kernforschungszentrum Karlsruhe**



**KERNFORSCHUNGSZENTRUM KARLSRUHE**  
**Hauptabteilung Sicherheit**

**KfK 5330**

**Jahresbericht 1993**  
**der Hauptabteilung Sicherheit**

**Redaktion: W. Koelzer**

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

Als Manuskript gedruckt  
Für diesen Bericht behalten wir uns alle Rechte vor

Kernforschungszentrum Karlsruhe GmbH  
Postfach 3640, 76021 Karlsruhe

**ISSN 0303-4003**

## Zusammenfassung

Der Sicherheits- und Sicherungsbeauftragte der Kernforschungszentrum Karlsruhe GmbH (KfK) ist für die Gewährleistung des Strahlenschutzes und der technischen Sicherheit auf konventionellem und nuklearem Gebiet, die Objektsicherung und die Überwachung der Kernmaterialien und radioaktiven Stoffe innerhalb zuständig. Zur Durchführung dieser Aufgaben bedient er sich der Hauptabteilung Sicherheit.

Die Aufgabenstellung der Hauptabteilung Sicherheit umfaßt sowohl die Strahlenschutz-, Sicherheits- und Sicherungsaufgaben für die Institute und Abteilungen des KfK sowie die Abwasser- und Umgebungüberwachung für das gesamte Kernforschungszentrum als auch Forschungs- und Entwicklungsarbeiten. Schwerpunkte der F+E-Arbeiten waren: Verhalten biologisch besonders wirksamer Schadstoffe in der Umwelt und Möglichkeiten der Bodendekontamination, Verhalten von Tritium im System Luft/Boden-Pflanze sowie Verbesserungen in der Strahlenschutzmeßtechnik.

Der vorliegende Bericht informiert über die einzelnen Aufgabengebiete, gibt die Ergebnisse der Routineaufgaben im Jahr 1993 wieder und berichtet über Untersuchungsergebnisse und Entwicklungen der verschiedenen Arbeitsgruppen der Hauptabteilung.

## Central Safety Department, Annual Report 1993

### Summary

The Safety and Security Officer of the Kernforschungszentrum Karlsruhe GmbH (KfK) is responsible for radiation protection and technical safety, both conventional and nuclear, for the physical protection as well as the safeguards of nuclear materials and radioactive substances within the Kernforschungszentrum Karlsruhe. To fulfill these functions he relies on the assistance of the Central Safety Department.

The Central Safety Department is responsible for handling all tasks of radiation protection, safety and security of the institutes and departments of the Karlsruhe Nuclear Research Center, for waste water activity measurements and environmental monitoring of the whole area of the Center, and for research and development work mainly focusing on nuclear safety and radiation protection measures. The research and development work concentrates on the following aspects: behavior of trace elements in the environment and decontamination of soil, behavior of tritium in the air/soil-plant system, improvement in radiation protection measurement and personnel dosimetry.

This report gives details of the different duties, indicates the results of 1993 routine tasks and reports about results of 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	Aufgabengebiet 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	Die Organisation des Strahlenschutzes im KfK und die 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 der KfK	16
2.1.5.1	Fremdfirmen in Strahlenschutzbereichen der KfK	16
2.1.5.2	KfK-Mitarbeiter in Strahlenschutzbereichen fremder Anlagen	17
2.1.6	Regelmäßige Inkorporationsüberwachung im KfK	17
2.1.6.1	Inkorporationsüberwachung des Eigenpersonals	17
2.1.6.2	Inkorporationsüberwachung des Fremdfirmenpersonals	18
2.1.7	Durchführung der Röntgenverordnung	19
2.1.8	Fortbildungsmaßnahmen	19
2.1.9	Sonstige Änderungen im Strahlenschutz	19
2.2	Arbeitsschutz	20
2.2.1	Betriebsüberwachung	20
2.2.2	Unfallgeschehen	21
2.2.3	Arbeitsplatzüberwachung	22
2.2.4	Aus- und Fortbildung	23
2.2.5	Wiederkehrende Prüfungen	23
2.2.6	Umsetzung der Gefahrstoffverordnung	25
2.2.7	Arbeitsschutzausschuß	27
2.3	Kernmaterialüberwachung	27
2.3.1	Zentrale Buchhaltung zur Erfassung und Meldung von Kernmaterial	27
2.3.2	Aufsichtsbesuche durch Euratom und IAEA	28
2.3.3	Zentrale Buchhaltung zur Erfassung und Meldung „sonstiger radioaktiver Stoffe“	29
2.3.4	Kontrolle der genehmigten Umgangsmengen radioaktiver Stoffe	31
2.3.5	Überwachung der Einhaltung von Grenzwerten für „gemessenen Abfall“	31
2.3.6	Erfassung von Kernmaterialtransporten und Hilfestellung bei Planung und Abwicklung	32
2.4.	Tritiumbilanzierung	32

2.5	Einsatzleitung und Einsatzplanung	33
2.5.1	Aufgaben	33
2.5.2	Statistik und Analyse der EvD-Einsätze	33
2.5.3	Meldepflichtige Ereignisse nach Strahlenschutzverordnung	35
2.5.4	Übungen der Einsatzdienste	35
2.6	Werkfeuerwehr	36
2.6.1	Ausbildung der Feuerwehrleute	36
2.6.2	Feuerwehrtechnische Aufgaben	37
2.6.3	Atemschutzzentrale	38
2.6.4	Aus- und Weiterbildung von Mitarbeitern	38
2.7	Abfallwirtschaft	38
2.7.1	Entsorgung von nicht radioaktiven Abfällen	38
2.8	Kontrollstelle WAK	41
2.8.1	Zielsetzung der Kontrollstelle	41
2.8.2	Aufgaben der Kontrollstelle	41
2.8.3	Planung, Vorbereitung und Durchführung der Kontrollen	41
2.8.4	Durchgeführte Kontrollen	42
2.9	Rechnernetzwerk	
3	Sicherung	47
3.1	Objektsicherung	47
3.2	Verkehrsdienste	48
3.3	Ermittlungsdienste	49
3.4	Technische Sicherungssysteme	50
3.5	Schließwesen	51
3.6	Personelle und administrative Sicherungsfragen	51
3.6.1	Personensicherheitsüberprüfung	51
3.6.2	Empfangsdienst	51
3.6.3	Ausweisbüro	51
4	Strahlenschutzüberwachung	53
4.1	Arbeitsplatzüberwachung im Kernforschungszentrum Karlsruhe	55
4.1.1	Personendosimetrie mit Taschenionisationskammern	55
4.1.2	Oberflächenkontaminationen	57
4.1.3	Raumluftaktivitäten	57
4.2	Summendosen durch externe Exposition	59
4.3	Strahlenschutzmeßlabor	60
4.4	Transporte radioaktiver Stoffe	63

4.5	Programmpflege und -neuentwicklung	64
4.6	Erstellen von Standardmeßgeometrien für die Freimeßanlage	64
4.7	Dichtheitsprüfungen	67
4.8	Strahlenpaßstelle	69
5	Umweltschutz	71
5.1	Fortluftüberwachung	72
5.1.1	Ableitung radioaktiver Stoffe mit der Fortluft 1993	75
5.1.2	Ableitung nichtradioaktiver Stoffe mit der Fortluft 1993	80
5.1.2.1	Verbrennungsanlagen der Hauptabteilung Dekontaminations-betriebe	81
5.1.2.2	Versuchsanlage TAMARA	82
5.1.3	Strahlenexposition in der Umgebung durch die mit der Fortluft abgeleiteten radioaktiven Stoffe 1993	83
5.1.3.1	Berechnungsgrundlagen	83
5.1.3.2	Meteorologische Daten	83
5.1.3.3	Ausbreitung und Ablagerung	84
5.1.3.4	Rechenprogramme	84
5.1.3.5	Einteilung der radioaktiven Emissionen in Nuklidgruppen und Einzelnuclide	84
5.1.3.6	Ergebnisse der Dosisberechnung	86
5.1.4	Berechnung der Strahlenexposition in der Umgebung bei hypothetischen, störfallbedingten Radioaktivitätsfreisetzungen mit der Fortluft im Rahmen atomrechtlicher Genehmigungsverfahren	91
5.2	Abwasserüberwachung	92
5.2.1	System zur zentralen Erfassung und Dokumentation der Meßdaten der Gruppe „Abwasserüberwachung“ mit Ankopplung an das HDB-Datensystem	97
5.2.2	Ableitung radioaktiver Stoffe mit dem Abwasser 1993	99
5.2.3	Ableitung nichtradioaktiver Stoffe mit dem Abwasser 1993	100
5.2.4	Strahlenexposition in der Umgebung durch die mit dem Abwasser abgeleiteten radioaktiven Stoffe 1993	102
5.2.4.1	Berechnung der Strahlenexposition aus den bilanzierten Aktivitätsableitungen	102
5.2.4.2	Berechnung der Strahlenexposition aus den gemessenen Aktivitätsgehalten im Trinkwasser und in Lebensmitteln	103
5.3	Umgebungsüberwachung	104
5.3.1	Ergebnisse der Routineüberwachung 1993	105
5.3.1.1	Direktmessung der Strahlung	105
5.3.1.2	Radioaktivitätsmessungen	106
5.3.1.3	Meßfahrten	109
5.3.2	Ergänzende Überwachungsmaßnahmen	109



5.3.3	In-situ-Gammaspektrometrie in der Umgebung des KfK	111
5.3.4	Tritiumkonzentrationen in landwirtschaftlichen Produkten	112
5.4	Spektrometrie und chemische Analytik	113
5.4.1	Spektrometrische Untersuchungen	113
5.4.2	Radiochemische Arbeiten	115
5.4.3	Aktinidenableitungen mit der Fortluft der WAK 1993	117
5.4.4	Plutonium- und Strontiumableitungen mit dem Abwasser des KfK 1993	118
5.5	Tritium im System Luft-Pflanze-Boden	119
5.5.1	Modellentwicklung und Feldmessungen	119
5.5.2	Experimente	121
5.6	Die sanfte Bodendekontamination	122
5.6.1	Ionenaustauscher im System Boden-Bodenwasser-Schwermetalle	122
5.6.2	Schwermetalle aufnehmende Pflanzen	124
6.1	Amtliche Personendosimetrie	127
6.1.1	Photolumineszenzdosimetrie	128
6.1.2	Thermolumineszenzdosimetrie	128
6.1.3	Sonstige Personen- und Ortsdosimeter	130
6.1.4	Bauartprüfungen und Vergleichsbestrahlungen	130
6.2	Photonendosimetrie	132
6.2.1	Vergleich von Flachglasdosimetern mit elektronischen Personendosimetern	132
6.2.2	Einsatz von Flachglasdosimetern in der medizinischen Röntgendiagnostik	134
6.2.3	Eigennulleffekt und Ansprechvermögen von Festkörperdosimetern gegenüber kosmischer Strahlung	135
6.2.4	Fadingverhalten verschiedener TLD-Chargen	136
6.3	Neutronendosimetrie	137
6.3.1	Entwicklung eines neuen Neutronendosisleistungsmeßgerätes	137
6.3.2	Optimierung des elektrochemischen Ätzverfahrens von Polykarbonatdetektoren zum Nachweis schneller Neutronen	138
6.3.3	Kernspurätzdetektor zum Nachweis hochenergetischer Neutronen	139
6.3.4	Neues Verfahren zur Bestimmung des kritischen Winkels von Kernspurätzdetektoren	141
6.3.5	Messungen in einem Referenzstreustrahlenfeld einer <sup>252</sup> Cf- und Am-Be-Neutronenquelle	142
6.4	Strahlenexposition durch Radon-Zerfallsprodukte	144
6.4.1	Messungen am Arbeitsplatz	144
6.4.2	Kalibrierung, Qualitätssicherung und Optimierung	146
6.4.3	Neues Meßverfahren zur Bestimmung des Gleichgewichtsfaktors von Radon und dessen Folgeprodukten mit Kernspurdetektoren	148

6.4.4	Meßunsicherheit bei der Bestimmung des Radongleichgewichtsfaktors mit passiven Kernspurätzdetektoren	150
6.5	Inkorporationsmessung	151
6.5.1	Routine- und Sondermessungen	151
6.5.2	Cs-137-Referenzmessungen	153
6.5.3	Neues Auswertesystem für Ganzkörperzähler und Phoswich-Teilkörperzähler	155
6.5.4	HPGe-Sandwich-Detektoren mit Anti-Compton-Diskriminierung zur in-vivo Messung von Aktiniden	157
6.5.5	Pilotstudie zur retrospektiven Bestimmung der Radon-Exposition von Mitarbeitern der ehemaligen SDAG Wismut	160
6.5.6	Untersuchung einer Ca-45-Inkorporation	162
6.5.7	Altersbedingte Ausscheidungsintensivierung	164
6.5.8	Verteilung und Dosimetrie von alphastrahlenden Radionukliden im Skelett; Trefferstatistik von Oberflächenzellen	169
6.5.8	Mikroverteilung von Pu-239 im Beagle-Skelett	170
6.6	Strahlenschutzmeßtechnik	172
6.6.1	Aufgaben	172
6.6.2	Wartung und Reparatur	173
6.6.3	Routinekalibrierung	174
6.6.4	Amtliche Eichabfertigungsstelle	174
7	Veröffentlichungen	175
7.1	Veröffentlichungen, die gedruckt vorliegen	175
7.2	Vorträge, die noch nicht gedruckt vorliegen	177



Verzeichnis der Abkürzungen

BFE	Bundesforschungsanstalt für Ernährung
BfS	Bundesamt für Strahlenschutz
BMFT	Bundesministerium für 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
HBAU	Hauptabteilung Bauwesen
HBT	Hauptabteilung Betriebstechnik
HBT/IH	HHauptabteilung Betriebstechnik/Instandhaltung
HDB	Hauptabteilung Dekontaminationsbetriebe
HDI	Hauptabteilung Datenverarbeitung und Instrumentierung
HF	Hauptabteilung Finanz- und Rechnungswesen
HKF	Hand-Fuß-Kleider-Monitor
HIT	Hauptabteilung Ingenieurtechnik
HPS	Hauptabteilung Personal und Soziales
HPS/FD	Hauptabteilung Personal und Soziales/Fahrdienst
HS	Hauptabteilung Sicherheit
HS/AS	Hauptabteilung Sicherheit/Arbeitsschutz und Sicherheit
HS/D	Hauptabteilung Sicherheit/Dosimetrie
HS/S	Hauptabteilung Sicherheit/Sicherung
HS/Ü	Hauptabteilung Sicherheit/Strahlenschutzüberwachung
HS/US	Hauptabteilung Sicherheit/Umweltschutz
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
ITox	Institut für Toxikologie
ITP	Institut für Technische Physik
KAZ	Kompaktzyklotron
KBG	Kernkraftwerk-Betriebsgesellschaft mbH, Leopoldshafen
KfK	Kernforschungszentrum Karlsruhe GmbH, Karlsruhe
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
LIT	Laboratorium für Isotopentechnik
LUFA	Landwirtschaftliche Untersuchungs- und Forschungsanstalt Augustenburg
MED	Medizinische Abteilung
MZFR	Mehrzweckforschungsreaktor
ÖA	Stabsabteilung Öffentlichkeitsarbeit
OKD	Stabsabteilung Organisation und Kaufmännische Datenverarbeitung
OSD	Objektsicherungsdienst
PBA	Projektbereich Anlagen
PTB	Physikalisch-Technische Bundesanstalt
RöV	Röntgenverordnung
SSB	Strahlenschutzbeauftragter
StrlSchV	Strahlenschutzverordnung
SUR	Siemens Unterrichtsreaktor
TAMARA	Testanlage zur Müllverbrennung, Abgasreinigung, Rückstandsverwertung und Abwasserbehandlung
TEKO	Technikumshalle zur Komponentenerprobung
TL	Thermolumineszenz
TU	Europäisches Institut für Transurane
UM	Ministerium für Umwelt Baden-Württemberg
WAK	Wiederaufbereitungsanlage Karlsruhe

## 1 Aufgabengebiet und Organisation der Hauptabteilung Sicherheit

W. Koelzer

Die Hauptabteilung Sicherheit ist für die Gewährleistung der Sicherheit auf konventionellem und nuklearem Gebiet, den Werkschutz und die Sicherung der Kernmaterialien und radioaktiven Stoffe zuständig. Ihr Leiter ist gleichzeitig als Sicherheitsbeauftragter und als Sicherungsbeauftragter des Kernforschungszentrum Karlsruhe GmbH (KfK) bestellt.

Die Aufgabenstellung der Hauptabteilung Sicherheit umfaßt die Strahlenschutz-, Sicherheits- und Sicherungsaufgaben für die Institute und Abteilungen des KfK sowie die Abwasser- und Umgebungüberwachung für das gesamte Kernforschungszentrum als auch Forschungs- und Entwicklungsarbeiten, die sowohl im Rahmen der KfK-Arbeitsschwerpunkte als auch in extern geförderte Forschungsvorhaben durchgeführt werden. Schwerpunkte der F + E-Arbeiten waren:

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

Am 31. Dezember 1993 waren in der Hauptabteilung Sicherheit 22 Akademiker, 40 Ingenieure, 210 technische und administrative Mitarbeiter, 3 Doktoranden und Diplomanden und 12 Mitarbeiter zur Ausbildung als Strahlenschutzingenieur beschäftigt. Ende des Jahres 1992 wurde die F + E-Abteilung „Biophysik und Ökologie“ aufgelöst. Die biophysikalischen Arbeiten wurden in das neugegründete Institut für Toxikologie eingegliedert, die ökologischen Arbeiten verblieben bei der Hauptabteilung Sicherheit und werden in der Abteilung Umweltschutz fortgeführt.

### 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 Katastrophenschutzes. 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 (Abgrenzungsverträge gemäß § 20 StrlSchV) und stellt die Strahlenpässe für Mitarbeiter aus, die in fremden Anlagen tätig werden.

Der Gruppe „Kernmaterialüberwachung“ obliegt die zentrale Buchhaltung für KfK GmbH zur Erfassung und Überwachung von Kernmaterial und sonstigen radioaktiven Stoffen. Sie erstattet alle Bestandsänderungs- und Materialbilanzberichte für die Materialbilanzzonen, erledigt die Korrespondenz mit Euratom, bereitet die Inspektionen und Inventuren durch Euratom vor und begleitet die Inspektoren von Euratom und IAEO bei deren Aufsichtsbesuchen.

Die Gruppe „Arbeitsschutz“ 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 Gefahrstoffdatenbank 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 KfK besondere Funktionen übernehmen.

Die Gruppe „Einsatzleitung und Einsatzplanung“ stellt „rund um die Uhr“ den Einsatzleiter vom Dienst (EvD) für die Sicherheitsorganisation des Kernforschungszentrums Karlsruhe, sie erarbeitet und aktualisiert Einsatzunterlagen, organisiert Alarmübungen der Einsatztrupps, erstattet Einsatzberichte und meldet sicherheitstechnisch bedeutsame Ereignisse den Aufsichtsbehörden.

Die Gruppe „Werkfeuerwehr“ ist mit einer Schicht ständig auf dem KfK-Gelände einsatzbereit. Die Aufgaben der Werkfeuerwehr umfassen neben Löscheinsätzen, vorbeugenden Brandschutzmaßnahmen und vielfältigen technischen Hilfeleistungen auch den Betrieb der Atemschutzzentrale und die Durchführung von Prüfungen, Instandsetzungen und Wartungsarbeiten an allen in der KfK benutzten atemschutztechnischen Geräten.

#### 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 Dosen sowie der Messung 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 Dosen 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 durch, wie auch an den festinstallierten Gammapegel-Meßstellen zur Überwachung von Arbeitsplätzen und der Umwelt. Weitere Aufgaben sind die Eingangskontrolle neu angeschaffter 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 Sicherung

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

Der „Objektsicherungsdienst“ ist für die Sicherung des Kernforschungszentrums Karlsruhe verantwortlich. Zu den Aufgaben gehören die Sicherung des Gesamtareals 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. Der Objektsicherungsdienst 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 Kernforschungszentrums Karlsruhe zuständig. Mit Hilfe des Ermittlungsdienstes werden die Einhaltung der Ordnungs- und Kontrollbestimmungen der Kernforschungszentrums, 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.

### Abteilung Strahlenschutzüberwachung

Die Abteilung Strahlenschutzüberwachung ist vor allem für den Schutz der mit radioaktiven Stoffen umgehenden oder ionisierender Strahlung ausgesetzten Personen der Kernforschungszentrum Karlsruhe GmbH zuständig. Aus dieser Aufgabenstellung heraus sind die Mitarbeiter dezentral in den einzelnen Organisationseinheiten des Kernforschungszentrums tätig. Die Mitarbeiter der Strahlenschutzüberwachung unterstützen die Strahlenschutzbeauftragten in 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 Stabdosismeter und die Registrierung der erhaltenen Personendosis. Monatlich werden die amtlichen Dosimeter sowie nach Bedarf Teilkörper- oder Neutronendosismeter ausgegeben. In den Gebäuden und Anlagen 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 Kernforschungszentrums und aus dem Gelände des Kernforschungszentrums 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

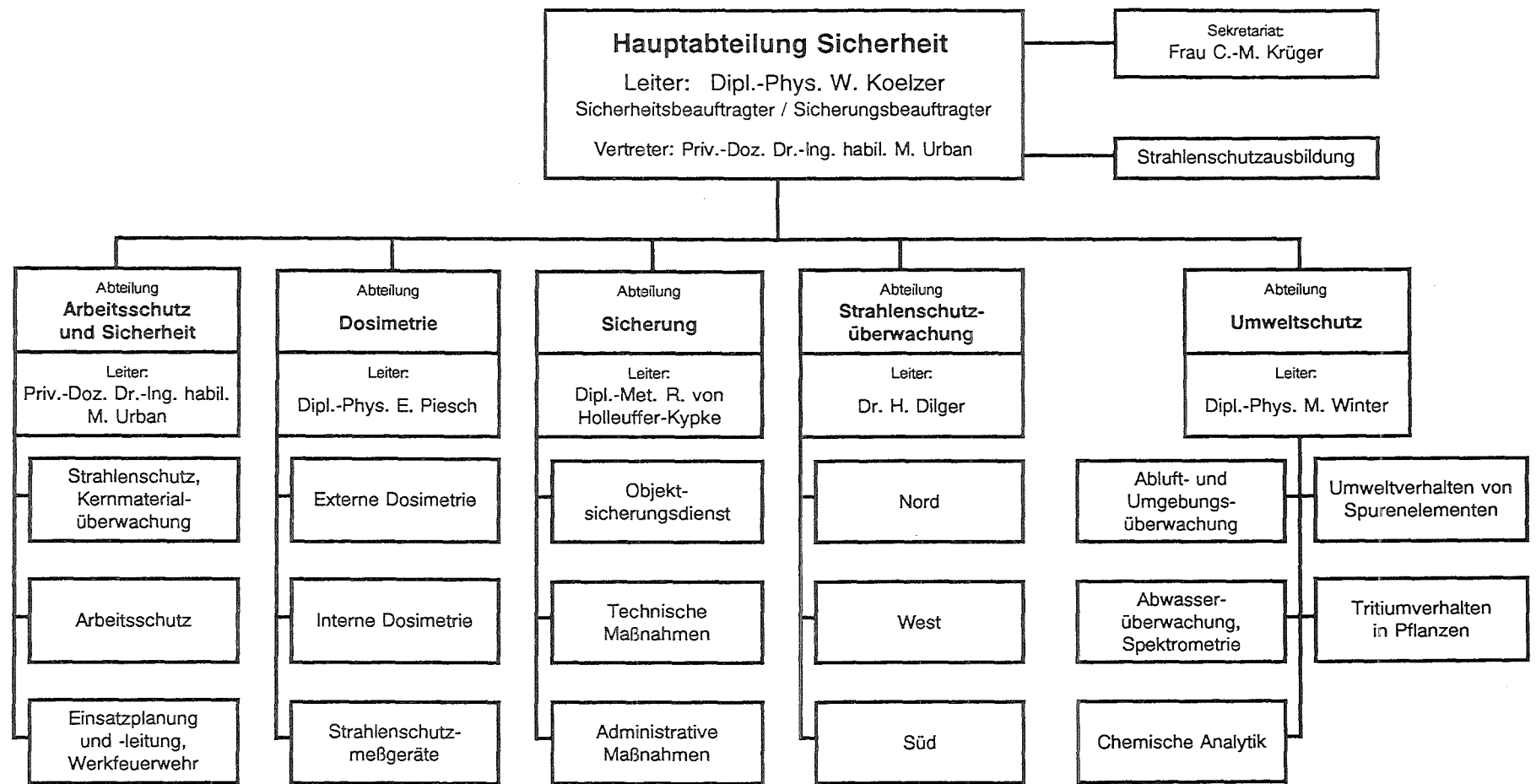
Die Aufgaben der Abteilung Umweltschutz umfassen die Überwachung der Emissionen radioaktiver Stoffe mit Abluft und Abwasser aus den kerntechnischen Einrichtungen und Instituten des Kernforschungszentrums Karlsruhe und die Überwachung der Immissionen in seiner Umgebung. Überwachungsziel ist die möglichst 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 in die Atmosphäre aus dem gesamten Kernforschungszentrum. Sie ermittelt die Strahlenexposition der Umgebung. Die Umgebung des Kernforschungszentrums 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 Kernforschungszentrums Karlsruhe 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 Abwässern 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.



## Duties and Organization of the Central Safety Department

W. Koelzer

The Central Safety Department is responsible for ensuring radiation protection and nuclear safety, both in conventional and nuclear fields, for security and surveillance of nuclear materials and radioactive substances. The head of the department at the same time is Safety Officer and Security Officer of the Karlsruhe Nuclear Research Center (Kernforschungszentrum Karlsruhe GmbH).

The Central Safety Department is responsible for handling all problems of radiation protection, safety and security of the institutes and departments of the KfK GmbH, for waste water activity measurements and environmental monitoring of the whole area of the Center and for research and development work on the following aspects: Behaviour of trace elements in the environment, behavior of tritium in the air/ soil/plant system, tritium accountancy methods for the fusion fuel cycle, improvement of radiation protection measurement and personnel dosimetry.

On December 31, 1993 the Central Safety Department employed 22 graduated staff members, 40 engineers and 210 other staff members, 1 candidate for doctor's degree and 12 staff members undergoing training as radiation protection engineers. At the beginning of 1993 the former "Biophysics and Ecology Division" of the Central Safety Department was divided, the Biophysics Group changed to the new founded Institute of Toxicology and the Ecology Group became part of the Environmental Protection Division of the Central Safety Department.

### "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 Nuclear 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 Nuclear Material Safeguards Group is responsible for the central accountancy for KfK GmbH, recording and safeguarding nuclear material and other radioactive substances. It writes all inventory change and material balance reports for the material balance areas of KfK, handles the correspondence

with Euratom, prepares inspections and physical inventory verifications by Euratom, and accompanies the inspectors of Euratom and IAEA on their inspection tours of KfK.

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 Management Group provides the squad leader in charge of the safety organization of KfK GmbH "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.

The Fire Brigade of KfK 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 KfK.

### "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 Measurement Devices" 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 Monitoring Service for Solid State Dosimeters is established. The service distributes and evaluates official phosphate glass dosimeters, thermoluminescent finger ring dosimeters and albedo neutron dosimeters.

## "Security"

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

The Physical Security Service is responsible for security within the Nuclear 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 Nuclear Research Center arising from persons. The same group runs the bureau issuing permits.

## "Radiation Protection Monitoring"

The Radiation Protection Monitoring Division is mainly responsible for protection of the personnel of the Karlsruhe Nuclear 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 Nuclear 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 official 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 Nuclear Research Center and out of the Nuclear 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 Nuclear 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

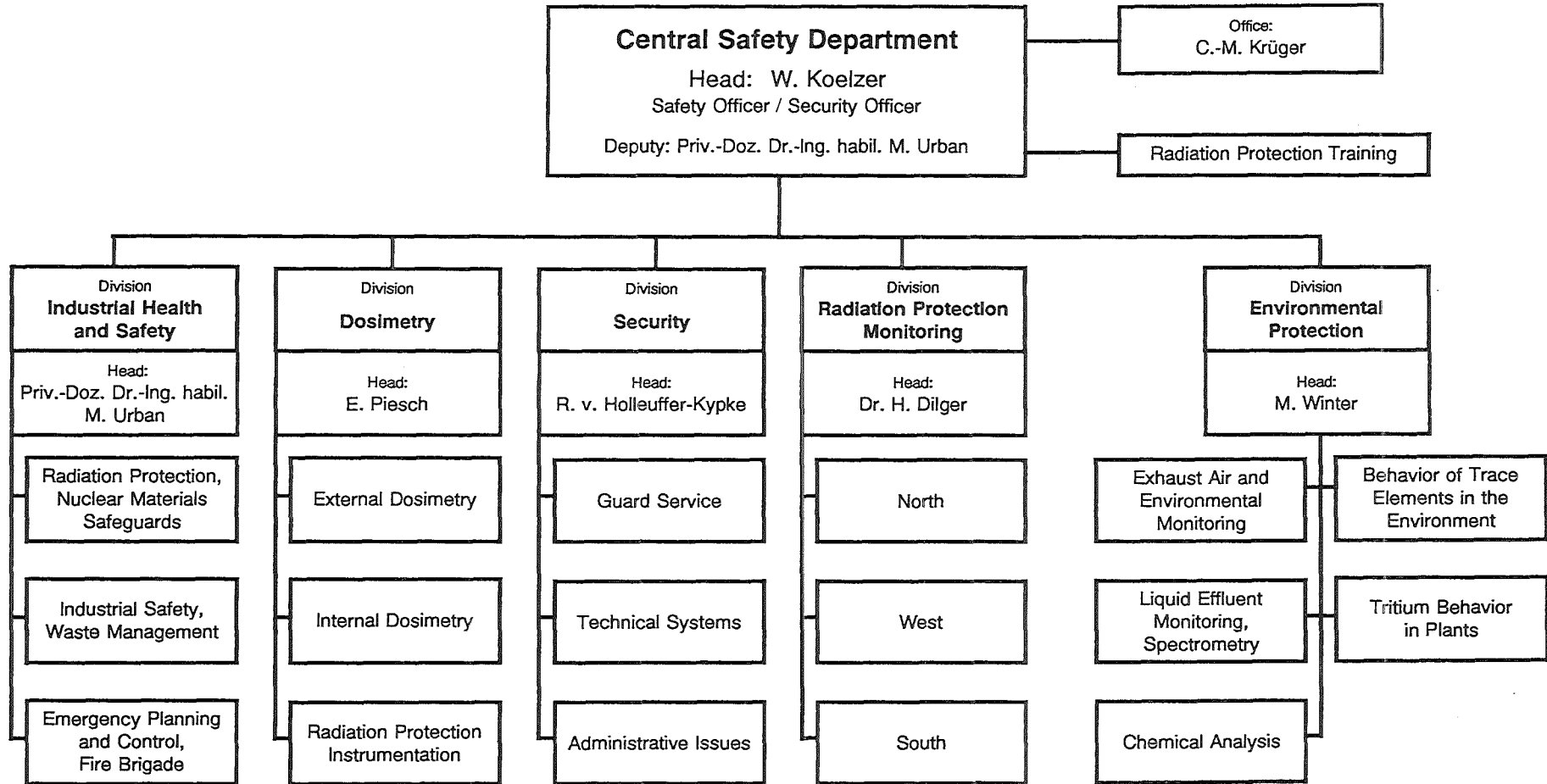
Nuclear Research Center. The Group determines the radiation exposure of the neighboring area. The vicinity of the Karlsruhe Nuclear Research Center and its premises are monitored at dose rate measuring stations and by means of solid state dosimeters. Samples collected in the environment of the Karlsruhe Nuclear Research 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 radionuclids is done in this group.

As a part of the KfK 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.

State as of Dec. 31, 1993



## 2 Arbeitsschutz und Sicherheit

M. Urban

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 im Kernforschungszentrum Karlsruhe GmbH. Zu ihren Aufgaben gehören die zentrale Erfassung, Bewertung und Dokumentation sicherheitsrelevanter Daten, Fakten und Vorgänge.

Die Arbeitsgruppe „Strahlenschutz“ führt die Bestellungen der Funktionsträger im Strahlenschutz 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 personenbezogenen Strahlenschutzdaten der beruflich exponierten Personen und verfolgt die Termine für Strahlenschutzbelehrungen und arbeitsmedizinische Untersuchungen. Sie schafft die Voraussetzungen für den Einsatz von Fremdfirmenpersonal bei KfK GmbH (Abgrenzungsverträge gem. § 20 StrlSchV) und für den Einsatz von KfK-Mitarbeitern in fremden Anlagen durch Ausstellen und Führen von Strahlenspässen.

Die Arbeitsgruppe „Arbeitsschutz“ wird auf allen Gebieten der konventionellen Sicherheit im Rahmen von Betriebsbegehungen kontrollierend und beratend tätig. Sie führt eine Gefahrenstoffdatenbank und schlägt Schutzmaßnahmen aufgrund von Arbeitsplatzanalysen vor. Ihr obliegt die Registrierung und Meldung von Arbeitsunfällen und die Bestellung der Personen, die in dem nicht atomrechtlich begründeten Teil der Sicherheitsorganisation der KfK besondere Funktionen übernehmen. Sie sorgt für die ordnungsgemäße Reststoffverwertung und Entsorgung inaktiver Abfälle.

Der Arbeitsgruppe „Kernmaterialüberwachung“ obliegt die zentrale Buchhaltung für KfK zur Erfassung und Überwachung von Kernmaterial und sonstigen radioaktiven Stoffen. Sie erstattet alle Bestandsänderungs- und Bilanzberichte für KfK. Sie bereitet die Inspektionen und Inventuren durch Euratom vor und begleitet die Inspektoren von Euratom und IAEO bei deren Aufsichtsbesuchen im KfK.

Die Arbeitsgruppe „Einsatzleitung, Einsatzplanung, Werkfeuerwehr“ stellt „rund um die Uhr“ den Einsatzleiter vom Dienst (EvD) und eine Schicht der Feuerwehr für die Sicherheitsorganisation der KfK. Die Gruppe erarbeitet und aktualisiert Einsatzunterlagen, organisiert Alarmübungen der Einsatztrupps, erstattet Einsatzberichte und meldet sicherheitstechnisch bedeutsame Ereignisse den Aufsichtsbehörden. Die Aufgaben der Werkfeuerwehr umfassen neben Löscheinsätzen, vorbeugenden Brandschutzmaßnahmen und vielfältigen technischen Hilfeleistungen auch den Betrieb der Atemschutzzentrale mit Prüfungen, Instandsetzungen und Wartungsarbeiten aller atemschutztechnischen Geräte.

Zur Wahrnehmung der KfK-Aufsichtspflichten bei den Stilligungsarbeiten der Wiederaufarbeitungsanlage Karlsruhe Betriebsgesellschaft mbH wurde eine „Kontrollstelle“ eingerichtet. Sie hat kontrollierende Funktion auf den Gebieten Anlagensicherheit, Strahlenschutz und Entsorgung radioaktiver Abfälle.



## Abteilungsleitung

Strahlenschutz	Arbeitsschutz	Kernmaterial- überwachung	Einsatzleitung, Einsatz- planung, Werkfeuerwehr	Kontrollstelle WAK
<p><b>1. Umsetzen und Kontrollieren strahlenschutzrechtlicher Bestimmungen (StrlSchV/RöV)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Bestellen der Strahlenschutzbeauftragten</li> <li>- Aktualisieren des internen Regelwerkes</li> <li>- KfK-Melderegulung</li> <li>- Beratung, Information</li> <li>- Strahlenschutzbegehungen</li> <li>- Behördenkontakte</li> </ul> <p><b>2. Betreuung der Fremdfirmen</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Abgrenzungsverträge</li> <li>- Kontaktstelle seitens KfK</li> <li>- Dosismitteilungen und Korrespondenz</li> <li>- Datenbank</li> </ul> <p><b>3. Personendosisregister</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Strahlenpässe, KfK-Personal</li> </ul> <p><b>4. Terminüberwachung</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Untersuchungen</li> <li>- Inkorporationsüberwachung</li> <li>- Belehrungen</li> </ul> <p><b>5. Dokumentation</b></p> <p><b>6. HS/AS-Rechnernetzwerk</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Betrieb</li> <li>- Softwarepflege</li> <li>- Anwendungsprogrammierung</li> </ul>	<p><b>1. Umsetzen und Kontrollieren arbeitsschutz- und unfallverhütungsrechtlicher Bestimmungen</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Bestellwesen</li> <li>- Aktualisieren des internen Regelwerkes</li> <li>- Beratungen, Informationen</li> <li>- Arbeitsplatzbegehungen einschl. Messungen</li> <li>- Behördenkontakte</li> </ul> <p><b>2. Baulicher Brandschutz</b></p> <p><b>3. Umsetzen der Gefahrstoff-Verordnung</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Gefahrstoffdatenbank</li> <li>- Arbeitsplatzanalysen</li> <li>- Betriebsanweisungen</li> </ul> <p><b>4. Wiederkehrende Prüfungen</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Prüflisten</li> <li>- Terminüberwachung</li> <li>- Dokumentation</li> </ul> <p><b>5. Terminüberwachung</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- medizinische Vorsorgeuntersuchungen</li> </ul>	<p><b>1. Umsetzen und Kontrollieren der kernmaterialspezifischen Bestimmungen</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Aktualisieren des internen Regelwerkes</li> <li>- Beratungen, Informationen</li> </ul> <p><b>2. Kernmaterialbuchführung und Dokumentation</b></p> <p><b>3. Behördenkontakte</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Meldewesen</li> <li>- Begleiten bei Euratom- und IAEO-Begehungen</li> </ul> <p><b>4. Transportwesen für radioaktive Stoffe</b></p>	<p><b>1. Umsetzen und Aktualisieren einsatzspezifischer Unterlagen</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Alarmplan</li> <li>- allg. Sicherheitsregelung</li> <li>- Einsatz- und Anschlußpläne</li> <li>- Brandbekämpfungspläne</li> <li>- Katastropheneinsatzpläne</li> </ul> <p><b>2. Betreuung der EvD-Ausrüstung</b></p> <p><b>3. Betreuung der Einsatztrupps</b></p> <p><b>4. Werkfeuerwehr</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Feuerwehrspezifische Aufgaben <ul style="list-style-type: none"> <li>o Einsätze einschl. techn. Hilfe</li> <li>o Warten der Geräte</li> <li>o Schulungen, Weiterbildung</li> <li>o Übungen</li> <li>o Fitneßtraining</li> </ul> </li> <li>- Zusatzaufgaben <ul style="list-style-type: none"> <li>o Feuerlöscherprüfungen</li> <li>o Atemschutzzentrale</li> <li>o Fahrradwerkstatt</li> </ul> </li> </ul> <p><i>Alle bestellten EvD (alternierend):</i></p> <p><b>5. Einsatzleitung einschl. Berichte und Meldungen</b></p> <p><b>6. Alarmübungen</b></p> <p><b>7. Ortseinweisungen</b></p>	<p><b>1. Auditierung: Vorgaben Betriebshandbuch</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Strahlenschutzmaßnahmen</li> <li>- Emissionsüberwachung</li> <li>- Wiederkehrende Prüfungen</li> </ul> <p><b>2. Buch/Bestandsprüfung Kernbrennstoffe, sonst. rad. Stoffe</b></p> <p><b>3. Auditierung: Abfallwirtschaft radioaktiver und nicht radioaktiver Stoffe</b></p>

## 2.1 Strahlenschutz

### 2.1.1 Die Organisation des Strahlenschutzes im KfK und die Aufgaben der Gruppe „Strahlenschutz“

W. Tachlinski

Das Kernforschungszentrum Karlsruhe GmbH (KfK) ist als juristische Person Genehmigungsinhaber aller atomrechtlichen Genehmigungen des KfK und somit Strahlenschutzverantwortlicher i. S. der Strahlenschutzverordnung (§ 29 StrlSchV).

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 KfK und die ständig erforderlichen Aktualisierungen bedingen einen erheblichen organisatorischen Aufwand. Für KfK sind (nach StrlSchV und RöV) 186 Personen zu Strahlenschutzbeauftragten bestellt, die in 214 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 KfK-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 KfK-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 der Fremdfirmenproblematik (§ 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 KfK-interne Regelwerk

beachtet werden. Dies kann neben allgemeinen Begehungen auch durch Schwerpunktprüfungen erfolgen, die sich auf Teilbereiche oder Teilaspekte erstrecken.

Zu den Begehungen werden der Strahlenschutzbeauftragte des Bereiches, die Abteilung Strahlenschutzüberwachung, die Medizinische Abteilung und ein Vertreter des Betriebsrates eingeladen. Die Ergebnisse der Begehungen und - soweit erforderlich - die Meldung, daß ein festgestellter Mangel beseitigt ist, werden dokumentiert. Die 1993 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 inneren Strahlenexposition (durch Inkorporation) sowie dagegen 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. 1993 gab es für ca. 2 800 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 3 262 Intervallen entfallen ca. 1 463 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 KfK die prozentualen Häufigkeitsverteilungen der Jahresdosiswerte, die Jahresmittelwerte und die höchste für einen Mitarbeiter festgestellte Jahresdosis aus externer Bestrahlung angegeben.

Dosisintervall in mSv	Externe Dosis einschl. Neutronendosis		nur Neutronendosis
	Häufigkeitsverteilungen der Jahresdosiswerte 1993 in %		Häufigkeitsverteilungen der Jahresdosiswerte 1993 in %
	Kategorie A	Kategorie B	alle Überwachten
H = 0,0	73,7	79,4	96,9
H = 0,2	9,3	14,7	1,0
H = 0,4	3,7	3,2	1,0
0,5 < H ≤ 1,0	4,7	2,2	0,7
1,0 < H ≤ 2,0	5,1	0,4	0,3
2,0 < H ≤ 5,0	3,0	0,1	0
5,0 < H ≤ 10,0	0,4	0	0
H > 10,0	0,2	0	0
Anzahl erfaßter Monatsdosiswerte	5 908	10 486	3 151
Jahresmittelwert in mSv	0,3	0,08	0,02
höchste Jahresdosis in mSv	12,2	3,8	1,6

Tab. 2/1: Ergebnisse der Personendosisüberwachung der KfK-Mitarbeiter bei äußerer Bestrahlung

Für beruflich strahlenexponierte Personen der Kategorie A wurden die Ergebnisse der amtlichen Meßstellen zugrunde gelegt, für Personen der Kategorie B wurden die monatlichen Dosissummen der nicht-amtlichen Dosimetrie (Taschenionisationskammer) herangezogen. In beiden Fällen sind die angegebenen Dosiswerte jeweils die Summe aus Photonen- und - soweit gemessen - Neutronendosis. Außerdem enthält die Tabelle die gleichen Angaben für die reine Neutronendosis, unabhängig von der Überwachungskategorie.

Im Jahresmittel waren 492 KfK-Mitarbeiter als beruflich strahlenexponierte Personen der Kategorie A und 874 KfK-Mitarbeiter als beruflich strahlenexponierte Personen der Kategorie B eingestuft. Gemessen am Vorjahr ging 1993 die mittlere Strahlenexposition der KfK-Mitarbeiter nochmals geringfügig zurück. Die durchschnittliche Strahlenexposition für beruflich strahlenexponierte Personen der Kategorie A betrug nur noch 0,3 mSv und die der beruflich strahlenexponierten Personen der Kategorie B betrug wie im Vorjahr 0,1 mSv. Die für Einzelpersonen festgestellten höchsten Jahreswerte der Personendosis blieben mit 24 % bei Kategorie A und mit 25 % bei Kategorie B deutlich unter den jeweiligen Jahreshöchstwerten.

Die Summendosis aller beruflich strahlenexponierten KfK-Mitarbeiter betrug im Jahre 1993 insgesamt 313 mSv. Die Werte der Tabelle 4/5 auf Seite 60 sind nicht unmittelbar mit den hier genannten Werten vergleichbar, da diese auch die Daten der Strahlenexposition von Fremdfirmenmitarbeitern enthalten.

#### 2.1.5 Personal in fremden Strahlenschutzbereichen der KfK, § 20 StrlSchV

W. Tachlinski, B. Setrdle

Die Schutzvorschriften der Strahlenschutzverordnung unterscheiden nicht zwischen fremdem Personal und Personal des Betreibers einer kerntechnischen Anlage. Da sowohl der Arbeitgeber, der seinen Mitarbeiter in einer fremden Anlage tätig werden läßt, als auch der Betreiber dieser Anlage den Schutz des tätigwerdenden Arbeitnehmers sicherzustellen haben, sind die Strahlenschutzverantwortlichkeiten und die daraus resultierenden Aufgaben genau abzugrenzen. Wer seine Mitarbeiter in fremden kerntechnischen Einrichtungen tätig werden läßt oder selbst tätig wird, bedarf einer Genehmigung (§ 20 StrlSchV). Diese Genehmigungen machen zur Auflage, daß zwischen der Fremdfirma und dem Betreiber der kerntechnischen Anlage 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 der KfK

Zum Jahresende 1993 bestanden mit 238 Fremdfirmen Abgrenzungsverträge. Die §-20-Genehmigungen dieser Firmen liegen KfK vor. In angemessenen Abständen werden allen Strahlenschutzbeauftragten sowie einigen Zentralstellen im KfK Listen zur Verfügung gestellt, aus denen hervorgeht, mit welchen Firmen ein Abgrenzungsvertrag besteht, d. h. welche Firmen ihre beruflich strahlenexponierten Mitarbeiter in Strahlenschutzbereichen des KfK 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 im KfK tätigen Fremdfirmenmitarbeiter muß KfK gemäß Abgrenzungsvertrag die nichtamtlichen Personendosen ermitteln. Diese Dosen werden durch HS/AS monatlich allen betroffenen Fremdfirmen übermittelt. Falls die Fremdfirmenmitarbeiter im Besitz neuer Strahlenpässe sind, werden diese Dosen außerdem beim Verlassen des KfK durch HS/Ü in die Strahlenpässe eingetragen. Werden Fremdfirmenmitarbeiter in inkorporationsgefährdeten Bereichen tätig, so werden 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 aus Inhalation unter Berücksichtigung der jeweiligen Aufenthaltsdauer berechnen. Sind Fremdfirmenmitarbeiter in Zwischenfälle verwickelt, die eine Inkorporationsüberwachungsmaßnahme erforderlich machen, wird den Firmen das Ergebnis von HS/AS mitgeteilt. Neben diesen routinemäßigen Mitteilungen an die unter § 20 StrlSchV im KfK arbeitenden Fremdfirmen ist HS/AS auch die Kontaktstelle in allen Fragen des Strahlenschutzes und nimmt alle aus den Abgrenzungsverträgen resultierenden Informationspflichten der KfK gegenüber den Fremdfirmen wahr. Offizieller Schriftverkehr dazu soll ausschließlich von HS/AS abgewickelt werden.

#### 2.1.5.2 KfK-Mitarbeiter in Strahlenschutzbereichen fremder Anlagen

Die KfK 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. Da zum 31.12.93 die Strahlenpässe in der Form der Anlage XII der StrlSchV vom 20. Okt. 1976 ungültig wurden, ersetzte HS/AS die noch im Umlauf befindlichen Pässe dieser Art durch die neue Form, soweit der Bedarf weiterhin bestand. Dazu wurde in jedem Einzelfall der künftige Bedarf in Zusammenarbeit mit dem zuständigen Strahlenschutzbeauftragten überprüft. Von den 263 für KfK Mitarbeiter geführten Pässen wurden 88 im Jahre 1993 neu registriert. Durch die Überprüfungsaktion konnte in 79 Fällen auf die Weiterführung eines PASSES verzichtet werden.

#### 2.1.6 Regelmäßige Inkorporationsüberwachung im KfK

##### 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 (Anlage IV, Tabelle IV 1-3, Spalten 5 und 6 StrlSchV). Zur Bestimmung der zugeführten Aktivität durch Inkorporation können verschiedene Meßmethoden angewandt werden, z. B. Messung der Raumluftaktivität am Arbeitsplatz oder 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 über die Verfahren zur Inkorporationsüberwachung, der Ermittlung der Aktivitätszufuhr und der Körperdosen" vom 3.12.1991. Diese Festlegung setzte bereits die als Entwurf vorliegende Richtlinie des BMU für die "Physikalische Strahlenschutzkontrolle bei innerer Exposition" um. Bis Mitte des Jahres 1993 wurde die überwiegende Anzahl der zur regelmäßigen Inkorporationsüberwachung gemeldeten Mitarbeiter

auf Transurane überwacht. Durch die Eröffnung des Tritiumslabors Karlsruhe Ende Oktober erhöhte sich die Anzahl der Personen, die auf Tritium überwacht werden, erheblich. Zum Jahresende wurden etwa gleich viele Personen auf Transuran- oder auf Tritiuminkorporation überwacht.

Die Inkorporationsüberwachung auf Transurane stützte sich maßgeblich auf die regelmäßige Überwachung der Aktivitätskonzentration der Luft am Arbeitsplatz (Raumluftüberwachung). Außerdem sind pro Jahr zwei Stuhlanalysen zur Überprüfung der durch die Raumluftüberwachung ermittelten Zufuhrwerte durchzuführen. Das neue Überwachungsverfahren erlaubt eine individuelle Überwachung, ohne auf die Meßwerte einer Referenzperson für eine gesamte Gruppe zurückgreifen zu müssen. Zusätzlich zu den Forderungen im Richtlinienentwurf wurden von KfK einmal jährlich Teilkörpermessungen im Lung-Counter durchgeführt. Das Erfordernis einer regelmäßigen Inkorporationsüberwachung auf Transurane war im Berichtsjahr nur in Gebäuden der HDB gegeben. Es wurden ca. 70 Personen überwacht. Das Verfahren zur Bewertung der Raumluftüberwachung führte in vielen Fällen zu einer sehr konservativen Feststellung von Körperdosen. Die Meßergebnisse der Lung-Counter-Untersuchungen blieben regelmäßig unterhalb der Nachweisgrenze und konnten somit bei der regelmäßigen Überwachung nicht zur Quantifizierung der Inkorporationen von Transuranen beitragen.

Neben der Überwachung auf Transurane war in verschiedenen Instituten des KfK (HVT/HZ, HVT/TL, IRCh) 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 4200 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 den Meßstellen und HS/AS erforderlich. Nachdem HS/AS die betroffenen Personen bei den Meßstellen zur Inkorporationsüberwachung angemeldet hat, wird die Einbestellung zur Untersuchung von den Meßstellen 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. Die KfK übernimmt diese Aufgabe der Fremdfirmen nur für Firmen, die einen Vertrag über die Durchführung der regelmäßigen Inkorporationsüberwachung mit der KfK abgeschlossen haben. Die Kosten der regelmäßigen Inkorporationsüberwachung sind von der Fremdfirma zu tragen. Die KfK-Leistungen solcher Sonderverträge beinhalten 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 zehn Fremdfirmenmitarbeitern durchgeführt wird.

### 2.1.7 Durchführung der Röntgenverordnung

Der Bestand an Einrichtungen, die unter die RöV fallen, betrug zum Jahresende 64 Geräte, wobei es sich dabei um elf genehmigungspflichtige Störstrahler, 29 genehmigungspflichtige Röntgeneinrichtungen sowie 24 anzeigepflichtige Röntgeneinrichtungen (Voll- bzw. Hochschutzgeräte) handelt.

Mitte 1993 wurde die Aktenlage der im KfK vorhandenen Röntgeneinrichtungen überarbeitet. Insbesondere wurde die Erledigung der nach § 18 (4) RöV erforderlichen wiederkehrenden Sachverständigenprüfung überprüft. Nur in fünf Fällen mußte die Ausführung der Prüfung angemahnt werden. Die Durchführung wird HS/AS überwachen. Für fünf Röntgeneinrichtungen wurden neue Genehmigungen erteilt, bei einem Gerät die Inbetriebnahme gemäß § 4 RöV angezeigt. Zwölf weitere Röntgengeräte wurden außer Betrieb genommen bzw. abgebaut. Alle neu dazugekommenen Geräte, bei denen eine wiederkehrende Prüfung nach § 18 (4) RöV erforderlich ist, wurden in das Terminüberwachungssystem der wiederkehrenden Prüfungen aufgenommen.

### 2.1.8 Fortbildungsmaßnahmen

Um den Wissensstand der KfK-Strahlenschutzbeauftragten auf hohem Niveau zu halten, wurden für diese Personen im Dezember 1992 und Januar 1993 zwei Fortbildungsveranstaltungen indentschen Inhalts durchgeführt. Im allgemeinen Teil wurde der Stand der durch ICRP 60 ausgelösten Überarbeitung der Euratom-Grundnormen behandelt. Im KfK-spezifischen Teil wurden Änderungen in der atomrechtlichen Melderegelung und aktuelle Fälle behandelt.

### 2.1.9 Sonstige Änderungen im Strahlenschutz

Seit Beginn des Jahres 1993 wird KfK-intern und in Kontakt mit der zuständigen Behörde an einer Fortschreibung des für KfK geltenden Bescheides zur Ermittlung der Körperdosen nach §§ 62 und 63 StrlSchV und zur Messung der Personendosen nach § 35 RöV gearbeitet. Ziel ist es, künftig die Überwachung konform mit der neuen Richtlinie zur physikalischen Strahlenschutzkontrolle durchzuführen.

Bei der Inkorporationsüberwachung soll das bereits im Vorgriff auf die neue Richtlinie durch Festlegung des Sicherheitsbeauftragten des KfK und nach vorläufiger Zustimmung durch die Aufsichtsbehörde seit Januar 1992 eingeführte Überwachungsverfahren nach letzter Feinabstimmung schriftlich festgelegt werden.

In der Personendosimetrie soll die bisher für verschiedene Personengruppen unterschiedliche Dosimeterausrüstung vereinheitlicht werden. Für alle zu überwachenden KfK-Mitarbeiter wird künftig nur noch das Flachglasdosimeter der amtlichen Meßstelle im KfK eingesetzt. Nur in Fällen nicht vernachlässigbarer Neutronenanteile wird abweichend davon das amtliche Albedodosimeter zur Ermittlung der Neutronen- sowie der Photonendosis benutzt.



Für alle beruflich strahlenexponierten Personen, d.h. auch für Fremdfirmen-Mitarbeiter, wird die nicht-amtliche Dosis weiterhin mittels Stabdosisimeter gemessen. Die Ablesefrequenz ist grundsätzlich wöchentlich, vorerst werden in Bereichen größerer Ortsdosis jedoch tägliche Ablesungen freiwillig beibehalten. Der neue Bescheid wird es auch ermöglichen, die persönlich zugeordneten Stabdosisimeter durch nicht persönlich zugeordnete elektronische Dosimeter zu ersetzen. Der Personenbezug der gemessenen Dosiswerte wird dann mittels Personenidentifikation beim Auslesen des Meßwertes rechnergestützt hergestellt. Entsprechende Systeme sollen 1994 in die Testphase gehen. Mit der oben beschriebenen Vereinheitlichung werden alle weiteren Dosimetersysteme wie TLD-Dosimeter, Glas-Kugeldosisimeter, nichtamtliche Flachgläser etc. aus dem Verkehr gezogen. Im Zuge der genannten Neuregelungen wird eine neue Erfassung und Bewertung der Expositionsbedingungen der betroffenen Personen in 1994 erforderlich.

## 2.2 Arbeitsschutz

### 2.2.1 Betriebsüberwachung

M. Creutzmann

KfK ist als Arbeitgeber verpflichtet, die Betriebsstätten so einzurichten und die Arbeitsmittel so auszuwählen und instandzuhalten, daß die Arbeitnehmer keine Schäden erleiden können und vor Gefährdungen - soweit wie vernünftigerweise machbar - geschützt sind. Die Konkretisierung dieser allgemeinen Forderung erfolgt im Arbeitsschutzrecht und im Unfallverhütungsrecht in einer Vielzahl von Gesetzen, Verordnungen und Technischen Regeln. Die Einhaltung dieser Bestimmungen ist im KfK die Aufgabe der Leiter der Organisationseinheiten. Die Gruppe „Arbeitsschutz“ hat die Aufgabe,

- die Verantwortlichen bei der Umsetzung dieser vielschichtigen, ständig wachsenden Aufgaben zu beraten,
- für den Arbeitgeber zu überwachen, ob die betriebliche Wirklichkeit mit den gesetzlichen Anforderungen in Einklang steht,
- für den Arbeitgeber abteilungsübergreifende Konzepte zu erarbeiten und zusammen mit den Verantwortlichen umzusetzen.

Neben Beratungen im Einzelfall sind daher die Betriebsbegehungen das wichtigste Instrument, um

- sich vom jeweiligen Zustand der Einrichtungen mit ständig wechselnden Anforderungen ein Bild zu machen,
- mit den Verantwortlichen in Kontakt zu kommen,
- auf eine im Zentrum einheitliche Umsetzung einzelner Vorschriften hinwirken zu können,
- Mängel aufzuzeigen und Lösungswege abzustimmen.

Bei diesen Begehungen arbeiten die Sicherheitsingenieure der Gruppe „Arbeitsschutz“ mit den Verantwortlichen der Organisationseinheiten, den Sicherheitsbeauftragten gem. § 719 der Reichsversicherungsordnung, dem Betriebsrat und ggf. den Aufsichtsbehörden eng zusammen. Die Begehungen werden protokolliert und die Beseitigung festgestellter Mängel durch die Verantwortlichen wird überwacht. Bis zum 31.12.1993 erfolgten 83 Betriebsbegehungen und sechs Begehungen von Baustelleneinrichtungen. Dabei festgestellte Mängel stellten keine akute Gefährdung dar und konnten in der Regel von den Verantwortlichen kurzfristig abgestellt werden. Soweit Verbesserungen mit Baumaßnahmen verbunden sind erfolgt dies in enger Abstimmung mit der Hauptabteilung Bauwesen.

### 2.2.2 Unfallgeschehen

P. Kaul

Nach § 1552 der Reichsversicherungsordnung besteht die Verpflichtung binnen drei Tagen jeden Arbeitsunfall mit Verletzungen, der bei einem Beschäftigten eine mehr als dreitägige Arbeitsunfähigkeit zur Folge hat, anzuzeigen, 1993 waren dies 66 Arbeitsunfälle. Unabhängig von dieser Verpflichtungen werden generell auch die Unfälle, die eine Arbeitsunfähigkeit von weniger als drei Tagen zur Folge haben, dem Versicherungsträger übermittelt. Abb. 2/1 zeigt die anzeigepflichtigen Arbeitsunfälle, unterteilt nach Unfallarten. Absolute Unfallzahlen allein können aber noch keinen Hinweis auf die Höhe der Gefährdung und die Schwere der Unfälle geben. Eine Bewertung ermöglicht das Verhältnis zwischen der Zahl der Unfallereignisse und der Zahl der Beschäftigten oder der tatsächlich geleisteten Arbeitsstunden. Um dies darzustellen, aber auch um Vergleiche mit anderen Personengruppen ziehen zu können, sind besondere Meßziffern entwickelt worden. Die Darstellung der Unfallhäufigkeit bezogen auf 1 000 Vollarbeiter (Tausend-Mann-Quote) gibt einen schnellen Überblick über die Wirksamkeit von Unfallverhütungsmaßnahmen in einem Betrieb. Sie gestattet, mehrere Tätigkeitsbereiche einer Organisationseinheit untereinander, Unternehmen derselben Branche oder anderer Wirtschaftszweige zu vergleichen. Diese allgemein gebräuchlichen Vergleichswerte werden nach den vom Internationalen Arbeitsamt empfohlenen Regeln ermittelt.

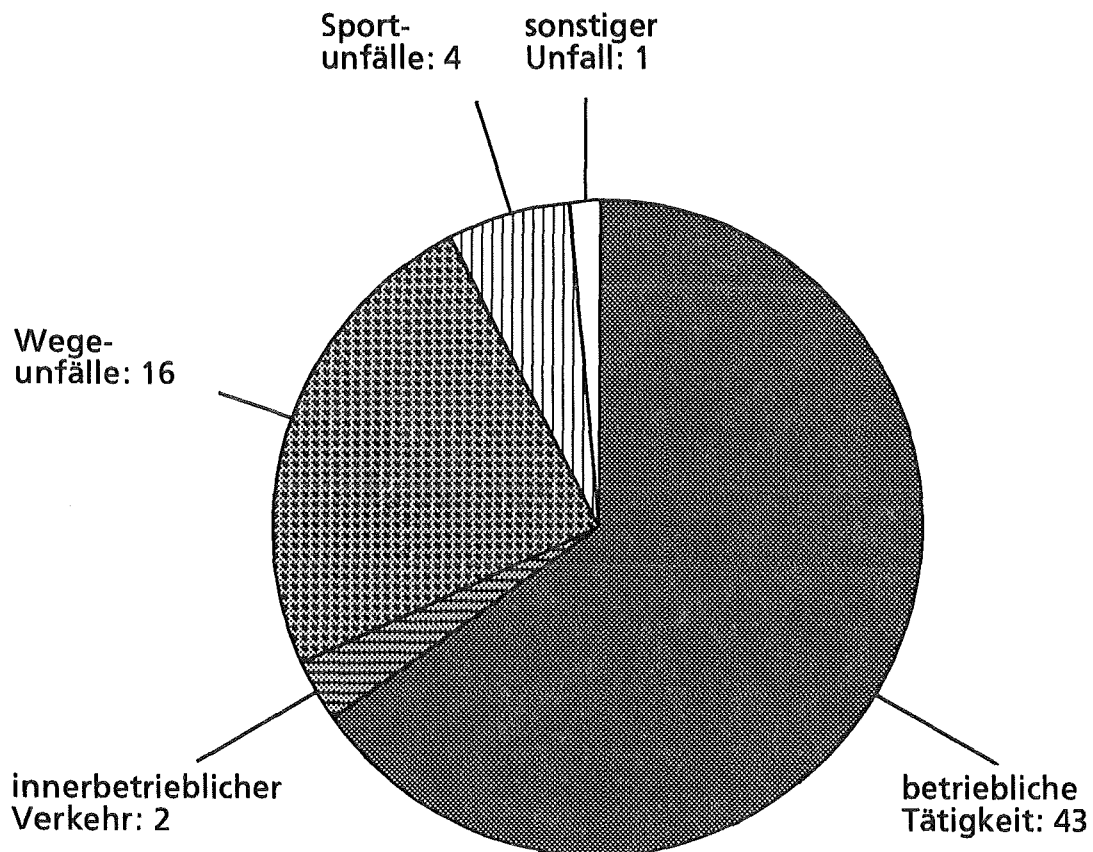


Abb. 2/1: Anzeigepflichtige Arbeitsunfälle 1993

Diese statistischen Meßziffern sind für das Unfallgeschehen des KfK im Jahre 1993 in Tab. 2/2 wiedergegeben. Als Basis der Berechnung wurde von 4 200 Mitarbeitern ausgegangen. Zum Vergleich enthält die Tabelle die Unfallmeßziffern der gewerblichen Wirtschaft für 1992 (Daten für 1993 sind noch nicht verfügbar), die vom Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften veröffentlicht wurden.

Statistischer Begriff	Definition	Statistische Meßziffer	
		KfK GmbH 1993	gewerbliche Wirtschaft 1992
Meldepflichtige Arbeitsunfälle (Tausend-Mann-Quote)	Zahl der anzeigepflichtigen Arbeitsunfälle ( <u>ohne</u> Berücksichtigung der Wege- und Sportunfälle) bezogen auf 1 000 Vollarbeiter	11	54
Meldepflichtige Wegeunfälle (Tausend-Mann-Quote)	Zahl der anzeigepflichtigen Wegeunfälle bezogen auf 1 000 Vollarbeiter	4	6

Tab. 2/2: Statistische Daten zum Unfallgeschehen im KfK 1993

### 2.2.3 Arbeitsplatzüberwachung

M. Creutzmann

Unabhängig von der Betriebsüberwachung erfolgt je nach Anforderung eine Überwachung einzelner, ausgesuchter Arbeitsplätze, um aufgrund von Messungen konkrete Belastungen einzelner Mitarbeiter oder Gruppen zu erfassen. Hierbei handelt es sich im wesentlichen um Lärmpegelmessungen, Beleuchtungsmessungen, Klimamessungen und Konzentrationsbestimmungen gesundheitsgefährdender Gase, Dämpfe und Stäube.

Die Bewertung der Arbeitsplätze ist die Basis für eventuell erforderliche Vorsorgeuntersuchungen der Mitarbeiter, Optimierung des Arbeitsplatzes und der persönlichen Schutzausrüstung. 1993 wurden 15 Arbeitsplatzüberwachungen durchgeführt. Von HS/AS wurden im Berichtsjahr Messungen fortgesetzt, um für jeden zur arbeitsmedizinischen Vorsorgeuntersuchung bezüglich Lärmeinwirkung gemeldeten Mitarbeiter den persönlichen Beurteilungspegel zu bestimmen und die Ergebnisse dem untersuchenden Arbeitsmediziner mitzuteilen.

#### 2.2.4 Aus- und Fortbildung

##### E. Windbühl

Im Berichtszeitraum wurde die Aus- und Weiterbildung in Arbeits- und Umweltschutzfragen im Fortbildungszentrum für Technik und Umwelt unterstützt. Themenschwerpunkten waren: Betriebliche Abfallwirtschaft, Beauftragte im Umweltschutz, Sicherheitsbeauftragte im allgemeinen sowie in chemisch/technischen Bereichen, vorbeugende bauliche Brandschutzmaßnahmen, Gefahrguttransporte, Aus- und Fortbildung für Kranführer und Gabelstaplerfahrer, Erstprüfung und Instandhaltung von elektrischen Anlagen, Sicherheit auf Baustellen, Gestaltung von Bildschirmarbeitsplätzen.

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 Kernforschungszentrum verantwortliche Tätigkeiten bei Planungen und Sanierungen von baulichen Objekten wahrnehmen.

#### 2.2.5 Wiederkehrende Prüfungen

##### P. Kaul

Zur Gewährleistung der technischen Betriebssicherheit sind bestimmte Anlagengegenstände nach vorgegebenen Zeitintervallen einer Prüfung zu unterziehen. Wiederkehrende Prüfungen sind außerdem durch Auflagen in Genehmigungen und 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 KfK durchzuführen. Zur Vorbereitung und Dokumentation der Prüfungen werden von HS/AS Prüfprotokolle erstellt und an die verantwortlichen Organisationseinheiten bzw. die prüfenden Fachabteilungen verschickt. Die verantwortlichen Organisationseinheiten und die prüfenden Fachabteilungen erhalten jährlich einen Prüfkalender und bei Bedarf pro Monat eine Mahnliste zugeschickt.

Die Tab. 2/3 zeigt die Aufteilung der Prüfobjekte auf unterschiedliche Sachgebiete und den Arbeitsaufwand bei der Prüfungsdurchführung, der sich in der Anzahl der erforderlichen anlagenspezifischen Einzelprüfungen ausdrückt.

Sachgebiet	Anzahl der Prüfobjekte		
	Insgesamt	Strahlen- schutz	Arbeits- schutz
Bauanlagen	261	28	233
Verfahrenstechnische Anlagen	1 441	167	1 274
Strahlenschutzmeßgeräte	1 240	1 240	0
Elektrotechnik	853	9	844
Lufttechnische Anlagen	501	48	453
Medienversorgung und -Entsorgung	128	6	122
Kommunikationsanlagen	168	0	168
Brandschutzeinrichtungen	4 361	0	4 361
Notfalleinrichtungen	1 169	0	1 169
Objektsicherung	518	0	518
Hebe- und Fördermittel	2 046	0	2 046
Fahrzeuge	210	6	204
Betriebstechnische Einrichtungen	693	378	315
Summe absolut	13 598	1 882	11 707
in %	100	14	86

Tab. 2/3: Verteilung der erfaßten Prüfobjekte auf Sachgebiete und Prüfgrundlagen (Stand: 31.12.1993)

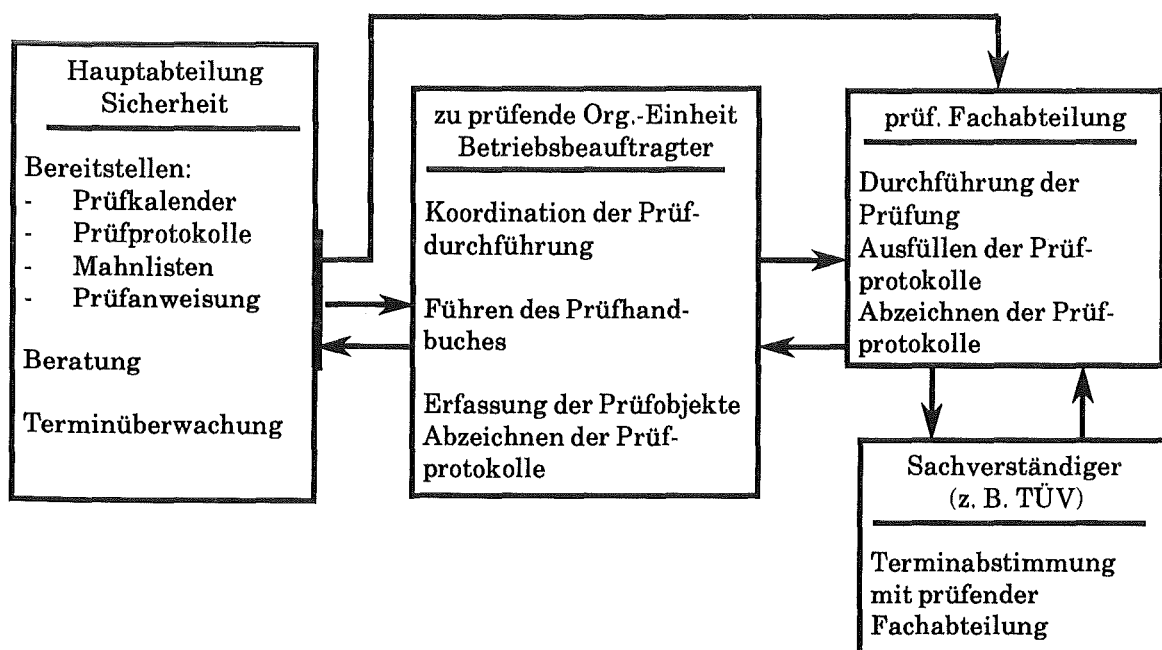


Abb. 2/2: Wiederkehrende Prüfungen, Aufgabenverteilung und Informationsfluß

Die Tab. 2/4 (Stand: 31.12.1993) zeigt den Anteil der Prüfobjekte aufgeschlüsselt nach Prüfintervallen in Monaten.

Prüfintervall in Monaten	Anteil der Prüfobjekte in %	Anzahl der Prüfobjekte
1	3,6	490
3	10,0	1 360
6	3,1	417
12	68,1	9 264
24	5,9	804
36	0,8	113
48	1,5	210
60	5,9	807
> 60	1,1	133
Summe	100	13 598

Tab. 2/4: Prüfintervalle, Anteil der Prüfobjekte und Anzahl der Prüfobjekte

#### 2.2.6 Umsetzung der Gefahrstoffverordnung

W. Winkelmann

Nachdem in den vergangenen Jahren die Erfassung der Gefahrstoffe am Arbeitsplatz, die Durchführung von Arbeitsbereichsanalysen und die Erstellung von Betriebsanweisungen dominierten und mittlerweile für die Laborbereiche als abgeschlossen anzusehen sind, war das Thema Gefahrstoffverordnung in diesem Jahr aus Sicht des Arbeitsschutzes von zweitrangiger Bedeutung. Laufend ändernde Forschungsaufgaben bringen jedoch ein verändertes Spektrum der verwendeten Chemikalien mit sich, so daß eine stetige Ergänzung der Basisdatenbank für Sicherheitsdatenblätter, eine Anpassung der jährlich geänderten Grenz- und Richtwertkonzentrationen und eine Aktualisierung der am Arbeitsplatz vorhandenen Gefahrstoffe erforderlich ist.

Größere Bedeutung hatte in diesem Jahr dagegen die Verknüpfung des Informationsgehalts aus dem Gefahrstoffprogramm mit anderen Datenbanksystemen, um eine Basis für eine zentrumsweite Einbindung in die Systeme des Einkaufs, der Abfallwirtschaft und einem institutseigenen Bestandsführungssystem zu schaffen. Dazu hat die Arbeitsgruppe "Gefahrstoffströme, Arbeitssicherheit und Abfallentsorgung" ein Konzept für die Verwaltung von Gefahrstoffen in den Organisationseinheiten des KfK erarbeitet und ein EDV-Programm erstellen lassen.

Dieses dezentrale Verwaltungssystem fungiert in den Organisationseinheiten in erster Linie als Instrument zur Buchführung von Gefahrstoffen. Daneben bietet es die Möglichkeit, Beschaffungsaufträge zu erstellen und nicht mehr benötigte Stoffe in einer Reststoffbörse anzubieten. Durch geeignete Wahl von Ident-Nummern konnte dieses Programm mit dem System zur "Arbeits- und umweltbezogenen Gefahr-

stofffassung" und dem System des Einkaufs verbunden werden, womit ein Austausch von Daten der verschiedenen Systeme gewährleistet ist. Einen Überblick über die Aufgaben und das Ineinandergreifen der verschiedenen Systeme gibt Abb. 2/3.

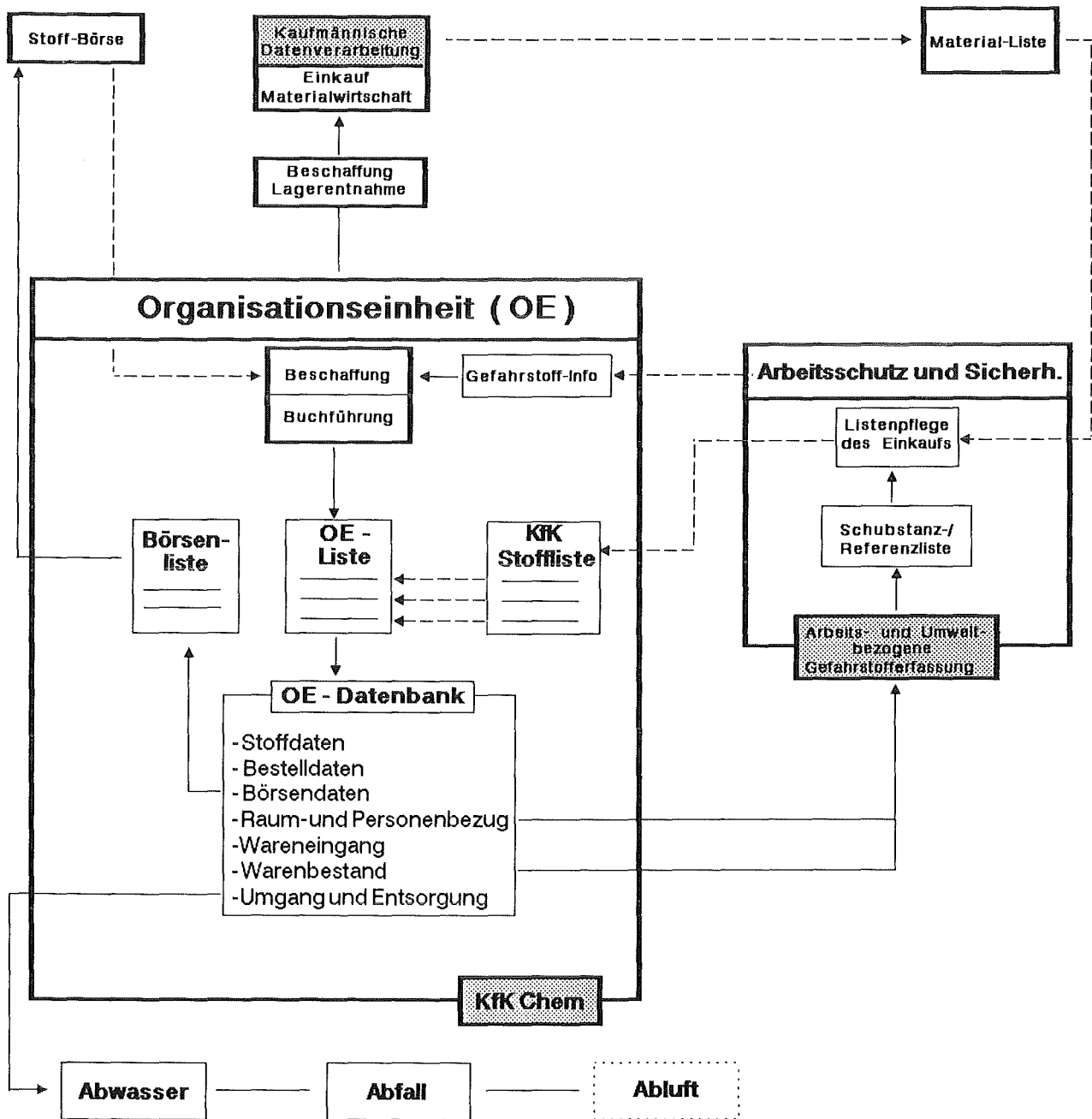


Abb. 2/3: Konzept des Modellversuchs "Gefahrstoffströme"

Ein im 3. Quartal in einigen ausgewählten Organisationseinheiten gestarteter Modellversuch hatte zum Ziel, die Bewegung von Chemikalien, Gasen, Ölen, Fetten, Fotochemikalien, Putz- und Reinigungsmitteln auf ihren Durchlauf von der Beschaffung bis zum Verbrauch in den Organisationseinheiten zu verfolgen und dabei das Zusammenspiel der verschiedenen Systeme zu testen. Positiver Aspekt bei dieser Vorgehensweise besteht für den Arbeitsschutz darin, daß Beschaffungen nur kontrolliert möglich sind. Das heißt, Stoffe, die nicht im System enthalten sind, müssen zukünftig vor ihrer Beschaffung einem Prüfverfahren unterzogen werden, bei dem die Risiken des Stoffes unter Berücksichtigung des Verwendungsortes und Verwenders abzuklären sind. Somit können bereits vor dem eigentlichen Gefahrstoffumgang notwendige Schutzmaßnahmen eingeleitet werden. Dieses Verfahren verlangt vom Arbeitsschutz zwar eine schnelle Reaktion bei der Beurteilung der Situation, eröffnet aber auch die Chance, den Verpflichtungen aus der Gefahrstoffverordnung in stärkerem Maße als bisher nachzukommen. Nach Auswertung der im Modellversuch gewonnenen Erfahrungen ist geplant, dieses System nach und nach im KfK einzuführen.

## 2.2.7 Arbeitsschutzausschuß

### E. Windbühl

Der Arbeitgeber ist verpflichtet, Fragen des Arbeitsschutzes im Arbeitsschutzausschuß zu beraten, in dem Vertreter des Arbeitgebers, der Arbeitnehmer, des Betriebsrates sowie der Betriebsarzt und die Fachkräfte für Arbeitssicherheit zusammenkommen (§ 11, Abs. 3 Arbeitssicherheitsgesetz). Der Arbeitsschutzausschuß gibt dem Arbeitgeber Empfehlungen zu den einzelnen Fragen. Dies können sowohl Lösungsvorschläge als auch Hinweise auf noch abzuklärende Aspekte sein. In den Sitzungen des Arbeitsschutzausschusses im Jahre 1993 wurden zahlreiche Einzelfragen behandelt, die von seiten des Betriebsrates, Mitgliedern des Ausschusses oder Mitarbeitern eingebracht wurden. Themenschwerpunkte waren: Entwicklung im Strahlenschutz aufgrund neuer Euratom-Grundnormen, Koordination mehrerer Arbeitsgruppen auf einer Baustelle, Information aus dem Bereich der Einsatzdienste, Schutzkleidordnung, Unfallgeschehen, Verkehrssituation im KfK, Fahrradwege, Gefahrstoffverordnung, Erfassung von Gefahrstoffströmen, Arbeitsstoffe im Werkstattbereich.

## 2.3 Kernmaterialüberwachung

### 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 Bedeutung sind im internationalen Bereich:

- Vertrag zur Gründung der Atomgemeinschaft (Euratom) vom 25. März 1957,
- Atomwaffensperrvertrag (NV-Vertrag),
- Verifikationsabkommen zum NV-Vertrag mit ergänzenden Abmachungen (Euratom und IAEO),
- Ausführungsgesetz zum Verifikationsabkommen vom 07.01.1989,
- Verordnung Nr. 3227/76 der Euratom-Kommission vom 19. Oktober 1976,
- Besondere Kontrollbestimmungen der Kommission der Europäischen Gemeinschaften für die einzelnen Materialbilanzonen der KfK.



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,
- IAE0,
- Umweltministerium Baden-Württemberg, Stuttgart;
- Bundesausfuhramt, Eschborn;
- Bundesministerium für Forschung und Technologie, Bonn;
- Gewerbeaufsichtsamt, Karlsruhe.

Um auch Bewegungen innerhalb des KfK erfassen zu können, hat Euratom die Einrichtungen des KfK in acht Materialbilanzonen aufgeteilt. Die Organisationseinheiten des KfK melden monatlich alle Bestands- und Chargenänderungen an die zentrale Buchhaltung der Gruppe "Kernmaterialüberwachung". Hier werden die Meldungen geprüft (z. B. anhand von Lieferscheinen), verbucht und rechnergestützt erfaßt. Auf dieser Grundlage werden dann die monatlichen Bestandsänderungsberichte an die Aufsichtsbehörden erstellt und EDV-gerecht übermittelt. 1993 waren 1 202 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. 2/4 dargestellt.

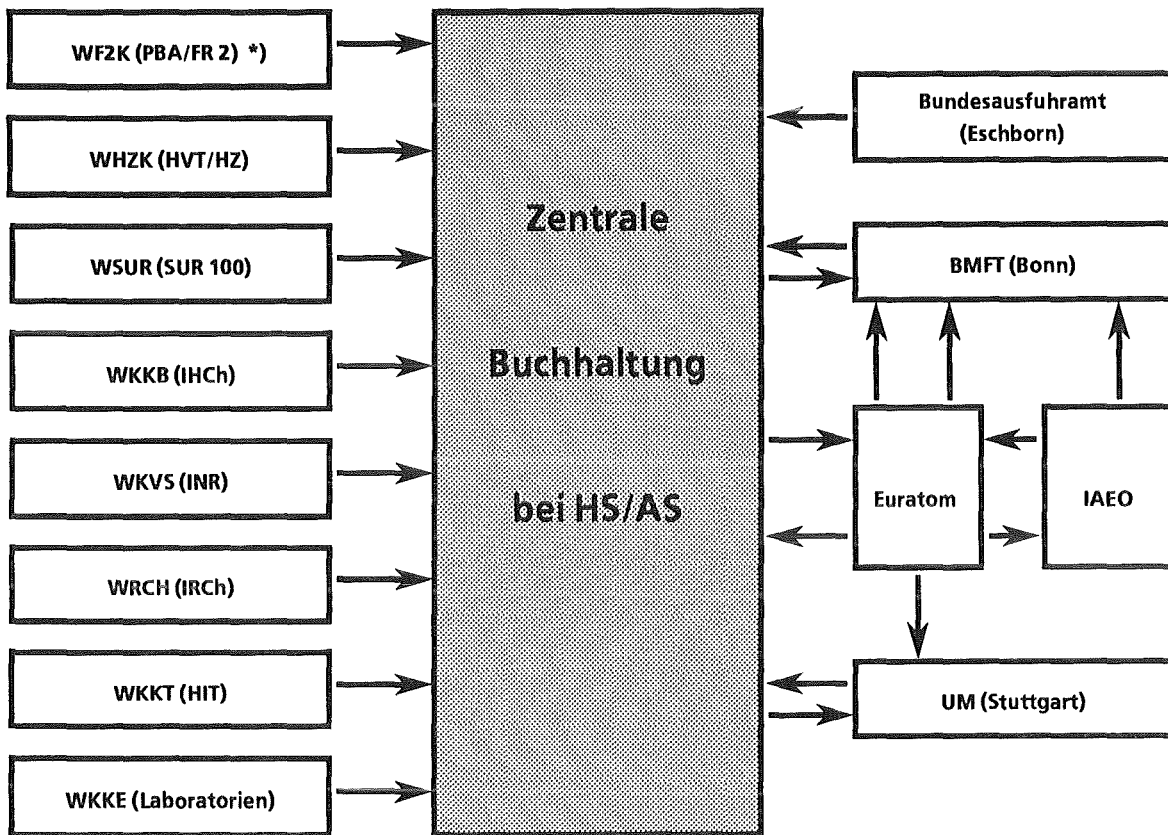
### 2.3.2 Aufsichtsbesuche durch Euratom und IAE0

Im Jahre 1993 haben die Direktion Sicherheitsüberwachung von Euratom, Luxemburg, und die Internationale Atomenergie-Organisation, Wien, im KfK insgesamt 29 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.



\*) Die Materialbilanzzone WF2K (PBA/FR2) besitzt zur Zeit kein Kernmaterial und soll in Kürze aufgelöst werden.

Abb. 2/4: Materialbilanzzonen der KfK, Meldeinstanzen und Meldewege zur Kernmaterialüberwachung

### 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 KfK in bestimmten Zeitintervallen den zuständigen Behörden Gewinnung, Erzeugung, Erwerb und sonstigen Verbleib von radioaktiven Stoffen anzeigen. Diese Meldepflichtung wird zentral für das KfK 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 2 177 internen und externen Bestandsänderungen an sonstigen radioaktiven Stoffen durchgeführt. Um die in Tab. 2/5 aufgeführten Berichte erstellen zu können, sind oft Rückfragen innerbetrieblich sowie bei externen Absendern/Lieferanten erforderlich. Alle Meldungen sind termingebunden.

Art der Berichte	Anzahl der Berichte und Berichtsempfänger			
	Euratom	Umwelt- ministe- rium	Gewerbe- aufsichts- amt	Gesamt
<b>Monatsberichte</b> - Erwerb, Erzeugung und Abgabe - Bestand an Schwerwasser - Auslastung von Genehmigungen - Erwerb und Abgabe von Tritium kanadischen Ursprungs	12	12	12	12
<b>Halbjahresberichte</b> - Erzeugung radioaktiver Stoffe-		2	2	4
<b>Jahresberichte</b> - Bestand an offenen radioaktiven Stoffen - Bestand an umschlossenen radioaktiven Stoffen - Bestand an Schwerwasser - Bestand an Tritium kanadischen Ursprungs - Zugang und Bestand an radioaktivem Abfall	1	1	1	3
<b>Gesamt</b>	25	19	19	63

Tab. 2/5: Umfang der Berichterstattung 1993

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“ (GMBL 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 (GMBL 1979, S. 120, Ziff. 6.2.1);
- bei Strahlern, die nur gasförmige radioaktive Stoffe oder radioaktive Stoffe mit Halbwertszeiten bis zu 100 Tagen enthalten (GMBL 1979, S. 120, Ziff. 6.2.2);
- wenn eine Bescheinigung der PTB vorliegt, daß außer der Abnahmeprüfung keine weiteren Dichtheitsprüfungen erforderlich sind (GMBL 1979, S. 120, Ziff. 6.2.3).

Die zur Anfertigung der Jahresmeldung gespeicherten Daten, bilden auch die Grundlage für die Terminüberwachung zu Wiederholungsprüfungen an umschlossenen radioaktiven Stoffen. Sie wird für die KfK GmbH zentral durch HS/AS durchgeführt. 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. 2/6.

Erfaßte Strahler/Präparate	x
davon prüfpflichtig	x
davon nicht prüfpflichtig	
gemäß Ziffer 6.2.1	x
gemäß Ziffer 6.2.2	x
gemäß Ziffer 6.2-3	x

Tab. 2/6: Anzahl der anzeigepflichtigen, umschlossenen radioaktiven Stoffe der KfK (Stand: 31.12.1993)

#### 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, unter Benutzung der von HS/AS entwickelten Formblätter die Summe der Buchwerte den genehmigten Werten gegenüber zu stellen. 1993 wurden insgesamt 358 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 von HS/AS auch für alle Materialbilanzonen die gemessene oder aufgrund von Messungen abgeschätzte Menge an Kernmaterialabfall, der sog. „gemessene Abfall“, überwacht und dokumentiert. Dazu sind in den besonderen Kontrollbestimmungen der Euratom für die einzelnen Materialbilanzonen des KfK 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 KfK abgegeben werden. Falls gemessener Abfall in Mengen anfällt, die den genehmigten Umfang übersteigen, muß Euratom darüber im voraus informiert werden.

Die einzelnen Materialbilanzonen werden monatlich mittels eines Listenausdrucks über die jeweilige Inanspruchnahme ihres genehmigten Abgabekontingents informiert. Im Berichtsjahr fanden 124 mit Lieferscheinen dokumentierte Abgaben von „gemessenem Abfall“ des KfK 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 KfK-externen Transporte 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 1993 erfaßten Kernmaterialbewegungen zeigt Tab. 2/7.

Materialkategorie	KfK-intern	KfK-extern	Gesamt
Natururan	45	3	48
abgereichertes Uran	101	18	119
Thorium	14	1	15
angereichertes Uran	55	28	83
Plutonium	108	35	143
Gesamt	323	85	408

Tab. 2/7: Anzahl der Kernmaterialbewegungen 1993

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 KfK 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.

### 2.4. Tritiumbilanzierung

G. Spannagel

Im Rahmen des Projekts Kernfusion werden Arbeiten zur Tritiumbilanzierung in Fusionsbrennstoff-Kreisläufen bearbeitet. Als grundsätzliches Ziel aller Bilanzierungsverfahren gilt der Nachweis, daß keine Anomalien aufgetreten sind. Sofern das Prozeßinventar verhältnismäßig klein ist, kann dieser Nachweis mittels sogenannter "konventioneller" Bilanzierungsverfahren geführt werden. Die für den Internationalen Thermonuklearen Experimental-Reaktor (ITER) diskutierten Inventare sind nicht nur groß, sie sind auch in viele Prozeßkomponenten verteilt; deswegen sollten moderne Methoden der Echtzeitsbilanzierung eingesetzt werden. Hierzu wurde mit dem Karlsruher Tritium-Modell das Tritiuminventar eines ITER-typischen Brennstoffkreislaufes simuliert und die Inventare mehreren statistischen Aus-

wertetests unterzogen, um Anomalien aufzudecken. Da bei der Echtzeitbilanzierung Folgen von Bilanzstatistiken betrachtet werden, die nicht voneinander unabhängig sind, wird die statistische Analyse schwierig. Bisher konnten für drei Verfahren Vorteile demonstriert werden. Mittels des ersten Verfahrens wurden bevorzugt Anomalien entdeckt, die plötzlich in der zuletzt untersuchten Inventurperiode auftraten. Ein zweites Verfahren ist eher geeignet, eine sogenannte "allmählich sich aufbauende" Anomalie zu verfolgen, während ein drittes Testverfahren - im Gegensatz zu den beiden zuerst erwähnten - mittels einer Unabhängigkeitstransformation analytische Lösungen ermöglicht.

## 2.5 Einsatzleitung und Einsatzplanung

### K. Umstadt

#### 2.5.1 Aufgaben

Die Gruppe "Einsatzleitung, Einsatzplanung, Werkfeuerwehr" hat folgende Aufgaben:

- Umsetzen, Aktualisieren und Kontrollieren der einsatzspezifischen Unterlagen (KfK-Alarmplan, Alarmpläne der Fremdinstitutionen, allgemeine Sicherheitsregelung, KfK-Melderegelung),
- Betreuen und Ausbilden der KfK-Einsatztrupps,
- Aus- und Weiterbildung der Einsatzleiter vom Dienst,
- Aktualisieren der Katastropheneinsatzpläne und Pflege der einsatzspezifischen Software,
- Aktualisieren und Kontrollieren der Brandbekämpfungspläne und der Anschlußpläne,
- Anmelden und Überwachen von Lasereinrichtungen,
- Erledigung feuerwehrspezifischer Aufgaben (Einsätze einschließlich technischer Hilfe, Warten der Atemschutzgeräte, Schulung und Weiterbildung von Mitarbeitern in der Brandbekämpfung, Durchführung von Übungen usw.).
- Im Alarmfall durch den Einsatzleiter vom Dienst (EvD) die verschiedenen Einsatztrupps und sonstige zur Hilfeleistung erforderlichen Mitarbeiter des KfK 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 Kernforschungszentrums 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 der KfK ergriffen werden müssen.

#### 2.5.2 Statistik und Analyse der EvD-Einsätze

Im Berichtsjahr 1993 gingen in der Alarmzentrale über 4 000 Meldungen ein, die registriert und bearbeitet wurden. Hiervon erforderten 210 Meldungen einen Einsatz des EvD, um die Wiederherstellung der technischen Sicherheit durchzuführen oder anzuordnen. In allen Fällen konnten die Einsatzkräfte des KfK durch rasches und zielgerichtetes Handeln die Auswirkungen der Störungen auf ein Mindestmaß begrenzen. Tabelle 2/8 zeigt eine Aufschlüsselung der Einsätze.

Jahr	1988	1989	1990	1991	1992	1993
Anzahl der Einsätze	307	250	219	177	235	210
Gesamteinsatzzeit in Stunden *	194	158	122	115	172	151
Mittlere Einsatzdauer in Stunden	0,6	0,6	0,6	0,6	0,7	0,7
Anzahl der Einsätze während der Regelarbeitszeit	135	113	93	103	100	75
Anzahl der Einsätze außerhalb der normalen Arbeitszeit	172	137	126	74	135	135
Alarmübungen	12	11	11	9	10	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. 2/8: EvD-Einsätze 1988 bis 1993

Die Ursachen für die EvD-Einsätze waren im Schwerpunkt:Feueralarme 62 (davon 51 Fehlalarme), Wasserstörungen 44,Sandfangalarme 36.

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 KfK mit automatischen Brandmeldeanlagen (Ionisationsrauchmeldern) 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. In Tabelle 2/9 sind die Ursachen der Feuerfehlalarme dargestellt.

Ursachen	Anzahl der Fehlalarme
Arbeiten mit Trennschleifern, Schweißgeräten usw.	24
Technische Störungen	22
Sonstiges	5

Tab. 2/9: Ursachen der Feuerfehlalarme

Einsatzschwerpunkt „Wasserstörung“: Als "Wasserstörung" wurden alle Einsätze eingestuft, bei denen es zum Auslaufen von Wasser kam. Bei ca. 60 % 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 „Sandfangalarm“: In das Regenwassernetz des KfK dürfen neben Niederschlagswasser auch chemisch nicht veränderte Kühlwasserströme eingeleitet werden. Es ist jedoch für jede einzelne dieser Kühlwassereinleitungen eine Genehmigung der Überwachungsbehörde erforderlich. Das gesammelte Wasser wird über sechs den Einleitstellen vorgelagerten Sandfänge in den Hirschkanal östlich des KfK-Geländes eingeleitet. In den Sandfängen wird die Temperatur, der pH-Wert und die elektrische Leitfähigkeit kontinuierlich überwacht. Bei der Ableitung sind behördlich festgelegte Grenzwerte einzuhalten. Zeigt eines der kontinuierlichen Meßinstrumente eine Grenzwertüberschreitung an, so wird der Auslauf des Sandfangs automatisch abgesperrt. Ein störfallbedingter Austritt von chemisch verunreinigtem Abwasser in den Hirschgraben ist damit weitgehend ausgeschlossen.

Von den 36 Sandfangalarmen wurden 22 Alarme aufgrund einer Überschreitung des pH-Wertes ausgelöst. Die Ursachen lagen überwiegend in der Fehleinleitung von Abwässern bei Bau- und Instandsetzungsarbeiten (Zement, Kalk, Farbe usw. beim Reinigen von Maschinen und Arbeitsgeräten).

14 Einsätze wurden notwendig, weil die Oberfläche der Sandfänge verschmutzt war, ohne daß eines der Überwachungsinstrumente Alarm ausgelöst hatte. Hierbei handelte es sich weitgehend um unvermeidbare Verschmutzungen (Blütenstaub, Gummiabrieb auf den Straßen usw.).

### 2.5.3 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 Kernforschungszentrum Karlsruhe sind in der Melderegelung (Fassung vom 01.11.1992) festgelegt. Im Jahre 1993 wurden den Aufsichtsbehörden fünf sicherheitstechnisch bedeutsame Ereignisse der Meldestufe II gemeldet. Hierbei handelte es sich in jeweils zwei Fällen um Lüftungsausfälle bzw. Überschreitung von Grenzwerten. Eine Meldung erfolgte gemäß § 80 StrlSchV. 22 Vorkommnisse, die von besonderem Interesse für das Umweltministerium Baden-Württemberg als atomrechtliche Aufsichtsbehörde sind, wurden als sogenannte Info-Meldungen an die zuständigen Stellen übermittelt.

### 2.5.4 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 Kernforschungszentrum Karlsruhe ständige Einsatzdienste, die im Bedarfsfall durch Einsatztrupps verstärkt werden können. Diese Einsatztrupps setzen sich wie folgt zusammen:

Abspertrupp	16	Personen,
Strahlenmeßtrupp	10	Personen,
Feuerwehrtrupp	21	Personen,
Sanitätstrupp	11	Personen,
Dekontaminationstrupp	5	Personen.



Im Berichtsjahr wurden zwei Alarmübungen durchgeführt. Daneben wirkten Einsatzleiter und Einsatzdienste des KfK an sechs Alarmübungen mit, die von anderen Institutionen (Europäisches Institut für Transurane, Kernkraftwerk-Betriebsgesellschaft mbH, Kerntechnische Hilfsdienst GmbH und Wiederaufarbeitungsanlage Karlsruhe GmbH) auf dem Gelände des KfK durchgeführt wurden. Als Übungsvorgaben wurden mögliche Unfälle simuliert. Übungszwecke waren:

- Alarmierung und Kommunikation,
- Zusammenwirken der Einsatzkräfte,
- Menschenrettung unter schwierigen Bedingungen,
- Versorgung der Verletzten durch die medizinische Abteilung,
- Absperren von gefährdeten Bereichen, Zu- und Abfahrten zum Gebäude,
- Umgang mit Gefahrstoffen (Salzsäure, Chlorgase),
- Strahlenschutz- und Meßaufgaben.

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

## 2.6 Werkfeuerwehr

K. Umstadt, A.-F. Joß

Zum vorbeugenden Brandschutz, zur aktiven Brandbekämpfung sowie zur Behebung sonstiger akuter Notsituationen unterhält das KfK eine Werkfeuerwehr. Die Personalstärke beträgt 24 Mitarbeiter. Die Mitarbeiter sind in zwei „Schichten“ eingeteilt und im Wechsel „rund um die Uhr“ auf dem Gelände des KfK 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 unterstützt. Er besteht vorwiegend aus Mitarbeitern, die in den Versorgungsbetrieben und Werkstätten der Hauptabteilung Betriebstechnik tätig sind.

### 2.6.1 Ausbildung der Feuerwehrleute

1993 wurde die Ausbildung der Feuerwehrleute weiter fortgesetzt. Tab. 2/10 gibt die Anzahl der im einzelnen absolvierten Kurse wieder. Einen Schwerpunkt bildete dabei die Aus- und Weiterbildung im Umgang mit gefährlichen Stoffen. In Verbindung mit diesem Themenkomplex wurde auch die Aus- und Weiterbildung am Gerätewagen „Gefahrgut“ intensiviert. An der Landesfeuerwehrschule sind für das kommende Jahr 46 Lehrgänge in den unterschiedlichsten Ausbildungsgebieten angefordert.

Kursart	Anzahl der Absolventen	Kursart	Anzahl der Absolventen
Zugführer	1	Ausbilder für Sprechfunk	1
Maschinist für Drehleitern	2	Ausbilder für Atemschutzgerägeträger	2
Sprechfunker	1	Umweltschutz-Grundlehrgang	3
Gerätewart/Grundlehrgang	3	Sachkundige nach Druckb. VO § 32	3
Atemschutzgerätewart	1	Sachk. für die Instandhaltung tragbarer Feuerlöscher	2
Ausbilder Truppmann - Truppführer	2	Erste Hilfe	23

Tab. 2/10: 1993 von KfK-Feuerwehmännern absolvierte Kurse

### 2.6.2 Feuerwehrtechnische Aufgaben

Die Hauptaufgaben der KfK-Werkfeuerwehr umfassen Lösch- und Hilfsdienste, Instandsetzungs- und Wartungsarbeiten, die Durchführung von Übungen und das Abhalten von Kursen zur Atemschutztechnik und zur Handhabung von Handfeuerlöschern. Die Tätigkeiten der Werkfeuerwehr 1993 werden im einzelnen in Tab. 2/11 wiedergegeben. Neben den feuerwehrspezifischen Tätigkeiten wurden im Berichtsjahr 670 Stunden für Wartungs- und Instandsetzungsarbeiten an den ca. 960 Dienstfahrrädern des KfK aufgebracht.

<b>Geleistete Lösch- und Hilfsdienste</b>	
13	Löscheinsätze
51	Feuerfehlalarme
113	Wassereinsätze und Technische Hilfeleistung
8	Hilfeleistungen bei Verkehrsunfällen
<b>Instandsetzungen, Wartungsarbeiten und wiederkehrende Prüfungen</b>	
4 800	Handfeuerlöscher gewartet und geprüft
230	Wandhydranten gespült
<b>Durchgeführte Übungen und Kurse</b>	
7	Alarmübungen
42	Feuerwehrübungen mit dem KfK-Feuerwehrtrupp
22	Atemschutzkurse zur Fortbildung im Umgang mit der Maske im leichten und schweren Atemschutz und in der Handhabung der Vollschanzzüge
12	Theoretische und praktische Übungen mit Handfeuerlöschern für 152 Mitarbeiter

Tab. 2/11: Leistungsumfang der Werkfeuerwehr 1993

### 2.6.3 Atemschutzzentrale

In der Atemschutzzentrale der Werkfeuerwehr werden die Atemschutz-Geräte, -Masken und -Vollschutzanzüge aus den Instituten und Abteilungen des Kernforschungszentrums und der Kernkraftwerk-Betriebs-Gesellschaft mbH betreut. 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. 2/12).

Anzahl	Tätigkeit
12 313	Atemschutzmasken gereinigt, desinfiziert, gewartet und geprüft
150	Preßluftatmer gewartet und geprüft
1 120	Druckluftflaschen (Volumen bis 50 l) gefüllt
413	Druckluftflaschen zur wiederkehrenden Prüfung vorgeführt und gefüllt

Tab. 2/12: Leistungsumfang der Atemschutzzentrale der Werkfeuerwehr 1993

### 2.6.4 Aus- und Weiterbildung von Mitarbeitern

Das Atemschutz-Merkblatt (ZH 1/134) der Zentralstelle für Unfallverhütung schreibt eine theoretische und praktische Grundausbildung vor der Benutzung von Atemschutzgeräten vor. Danach sind in regelmäßigen Abständen Wiederholungsunterweisungen notwendig. Die Werkfeuerwehr verfügt derzeit über zwei Ausbilder für Atemschutz, die diese Ausbildung verantwortlich durchführen. Im Jahre 1993 wurden insgesamt 22 Atemschutzkurse (Grundausbildung 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 seiten der Feuerwehr wurden im Berichtsjahr 1993 zwölf Brandschutzkurse über vorbeugenden Brandschutz und Handhabung von Feuerlöschern durchgeführt.

## 2.7 Abfallwirtschaft

E. Windbühl, E. Linß (R. Buchen GmbH)

### 2.7.1 Entsorgung von nicht radioaktiven Abfällen

Die Konzeption der Abfallwirtschaft und der damit verbundene Abrufrahmenvertrag mit einer Entsorgungsfirma haben sich auch im vergangenen Berichtsjahr bewährt. Die Einzelmengen der entsorgten nachweispflichtigen, nicht radioaktiven Abfall-/Reststoffe sind in Tab. 2/13 aufgelistet.

Abfall-/Reststoffart	Abfallschlüssel-Nr.	Menge
Inhalt von Fettabscheidern	12501	38,2 t
Kesselschlacke	31307	37,8 t
Mineralfaserabfälle	31416	9,6 t
Verbrauchte Ölbinder	31428	1,9 t
Asbestabfälle	31436	32,0 t
Eisenmetallbehältnisse m. schäd. Restin	35106	1,7 t
Ölfilter	35107	0,6 t
Anorganische Säuren, Säuregemisch und Beizen	52102	123,6 t
Fixierbäder	52707	1,2 t
Sonstige Konzentrate und Halbkonzentrate	52725	38,7 t
Bohr-, Schneid- und Schleiföle	54109	2,6 t
PCB-haltige Erzeugnisse, Betriebsmittel	54110	7,3 t
Verbrennungsmotoren-Getriebeöle	54112	22,9 t
Feste fett- und ölverschmierte Betriebsmittel	54209	5,0 t
Bohr- und Schleifölemulsionen, Emulsionen	54402	10,4 t
Sonstige Öl-Wassergemische	54408	0,9 t
Öl- und Benzinabscheiderinhalte	54702	131,2 t
Schlamm aus Tankreinigung und Faßwäsche	54704	3,0 t
Lösemittelgemische, halogenhaltig	55220	0,4 t
Ethylenglykole	55303	3,0 t
Lösemittelgemische, halogenfrei	55370	2,3 t
Lösemittelhaltige Schlämme	55402	1,2 t
Lackierereiabfälle, nicht ausgehärtet	55510	0,2 t
Altlacke, Altfarben, nicht ausgehärtet	55512	1,0 t
Kunststoffbehältnisse m. schäd. Rest	57127	2,5 t
Laborchemikalienreste, organisch	59302	2,7 t
Laborchemikalienreste, anorganisch	59303	1,6 t
Mit Chemikalien verunreinigte Betriebsmittel	59304	1,6 t
Hausmüll	91101	342,0 t
Küchen- und Kantinenabfälle	91202	37,5 t
Baustellenabfälle	91206	207,4 t
Wertstoffe aus Gewerbemüll	91210	288,0 t
Straßenkehricht	91501	15,1 t
Faulschlamm	94502	172,7 t
Rückstände aus Siel- und Kanalreinigung	94702	18,5 t

Tab. 2/13: Nachweispflichtige Abfall-/Reststoffe 1993

Weiterhin konnte durch konsequentes Trennen und Sortieren eine beträchtliche Menge an Reststoffen direkt dem Wirtschaftskreislauf zurückgeführt werden. Die Tab. 2/14 zeigt einen Überblick der in 1993 entsorgten Wirtschaftsgüter.

Wirtschaftsgut	Menge
Kühlschränke	34 Stück
Leuchtstoffröhren	11 600 Stück
Altglas	64,0 m <sup>3</sup>
PE-rein	24,0 m <sup>3</sup>
Styropor	650,0 m <sup>3</sup>
Holzrecycling	200,0 m <sup>3</sup>
Holzspäne	48,0 m <sup>3</sup>
Elektroschrott	31,5 m <sup>3</sup>
Magnetbänder	1,8 m <sup>3</sup>
Fotopapier	0,5 m <sup>3</sup>
Bauschutt	120,0 m <sup>3</sup>
Elektrokabel	32,0 m <sup>3</sup>
Ionenaustauscherharze	1,8 t
Pb-Akkus	2,0 t
Eisenschrott	29,6 t
Eisenspäne	1,2 t
VA-Stahl	1,8 t
Leichtkupfer	0,3 t
Alu	1,0 t
Messing	0,5 t
Bleikrätze	0,5 t

Tab. 2/13: Entsorgte Wirtschaftsgüter 1993

Durch das Abfallzwischenlager für nicht radioaktive Reststoffe war eine kurzfristige Entsorgung bei den einzelnen Organisationseinheiten gewährleistet. Die Zurodnung und Verbringung bestimmter Reststoffe zu geeigneten Beseitigungsanlagen innerhalb Baden-Württembergs gestaltete sich jedoch weiterhin schwierig. Begründet wird dieser Sachverhalt einerseits durch die begrenzte Aufnahmekapazität der vorhandenen Anlagen, andererseits fehlen in Baden-Württemberg Verbrennungsanlagen bzw. alternative Behandlungsanlagen für Sonderabfälle. Dadurch entstand der Zwang, auf geeignete Anlagen in Bayern und Hessen auszuweichen, die solche Abfallstoffe annehmen und ordnungsgemäß beseitigen können.

Um den gesetzlichen Vorgaben und Bestimmungen durch Bund, Land und Kreis zu entsprechen, hat der Betriebsbeauftragte für Abfall ein neues Abfallkonzept und die daraus resultierenden Regelungen erarbeitet. Die Verteilung an die einzelnen Organisationseinheiten wird Anfang 1994 erfolgen.

Leider war es aus vertragsrechtlichen Gründen nicht möglich, die Verkaufsverpackungen dem Dualen System Deutschland zuzuführen. Probesortierungen ergaben, daß die derzeitige Restmüllmenge um ca. 23 % reduziert werden könnte. Doch für die Umsetzung der Verpackungsverordnung bei Handel und Gewerbe besteht noch Handlungsbedarf beim Bundeskartellamt und den kommunalen Entscheidungsträgern.

## 2.8 Kontrollstelle WAK

K.-D. Gosslar

### 2.8.1 Zielsetzung der Kontrollstelle

Um ihrer Verantwortung bei der Stilllegung der Wiederaufarbeitungsanlage Karlsruhe (WAK) gerecht zu werden, hat KfK 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 KfK ausübt. Schwerpunktmäßige Prüfungen haben zum Ziel, Mängel aufzuzeigen und Maßnahmen vorzuschlagen, die zur Erhaltung und Verbesserung der Anlagensicherheit führen.

### 2.8.2 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 z. B. 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.

### 2.8.3 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;
- Strahlenschutzzeichnungen;
- Dosisregister, Aufzeichnungen der Ergebnisse von Inkorporationsmessungen und der strahlenschutzärztlichen Befunde;
- alle meldepflichtigen Ereignisse.

#### 2.8.4 Durchgeführte Kontrollen

Nach Fertigstellung des Prüfplans in seiner gegenwärtig gültigen Form wurde mit der Durchführung der Kontrollen begonnen. Ein Schwerpunktthema bildete hier zunächst der Strahlenschutz der WAK. In Fortführung der Prüfpunkte gemäß Prüfplan wurde darauffolgend die Anlagen- und Umgebungsüberwachung auditiert. Nicht in der Planung berücksichtigte Kontrollen wurden notwendig hinsichtlich der „Protokollierung von Alarmen und Warnungen mit Sicherheitsfunktion bei der WAK“ sowie zum Thema „Fachkundenachweis und -erhalt im Bereich Strahlenschutz“.

#### 2.9 Rechnernetzwerk

D. Bosch, W. Tachlinski

##### Zur Erfüllung der Abteilungsaufgaben

- 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 für die Benutzer während der Regelarbeitszeit (8.00 h - 16.30 h) über 99 %.

Zur Vermeidung von Datenverlusten werden arbeitstäglich Sicherheitskopien der Server-Festplatte auf Magnetband-Kassetten erstellt. Für die 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 an einem anderen Ort abgelegt. Die genannten Maßnahmen minimieren lediglich die Möglichkeit des Datenverlustes, nicht aber Behinderungen durch Systemausfälle.

Um die Arbeitsfähigkeit der Abteilung nicht zu gefährden, dürfen auch Hardwaredefekte nicht zu einem längeren Ausfall führen. Dazu wurde im Berichtszeitraum ein zweiter Server mit den wichtigsten Anwendungen so eingerichtet, daß dieser bei Ausfall des zentralen Servers dessen Aufgaben weitestgehend übernehmen kann. Aus Kapazitätsgründen konnten lediglich die Anwendungen "AUGE-Gefahrstoffdatenbank" und "Unfallstatistik" nicht berücksichtigt werden. 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 Arbeiten zum Update der Betriebssoftware und zur Hardware-Erweiterung des zentralen Servers mit einem Zeitbedarf von nahezu zwei Arbeitstagen verbunden waren, 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. 2/5 beschriebenen Verbindungen realisiert. 1993 ergaben sich gegenüber der Beschreibung im Jahresbericht 1992 nur kleine Veränderungen. Für die Werkfeuerwehr (Gebäude 315) wurde ein Arbeitsplatz eingerichtet, der nach erfolgter Baumaßnahme mit dem HS/AS-Server vernetzt werden soll. Im Rahmen des Modellversuchs "Gefahrstoffströme" wurde ein Arbeitsplatz für den Zugriff auf Bestelldaten von Chemikalien bzw. Gefahrstoffen im OKD-SAP-System eingerichtet. Die Anwendungssoftware wurde 1993 im wesentlichen in ihrer Funktionalität verbessert und ergänzt. Einen Überblick über die wichtigsten Anwendungssachgebiete der EDV-Programme zeigt Abb. 2/6.



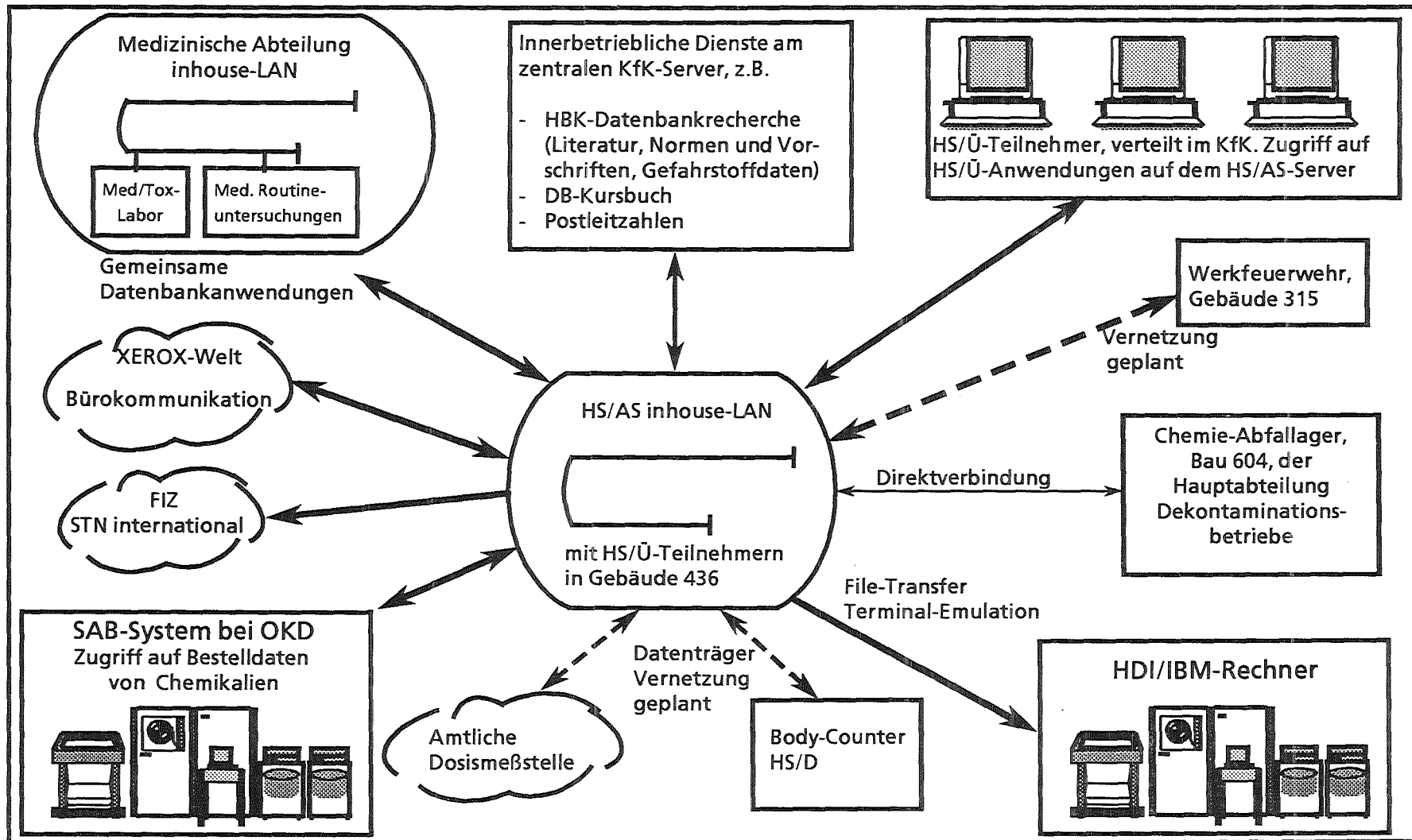


Abb. 2/5: Kommunikation der HS/AS im KfK-LAN

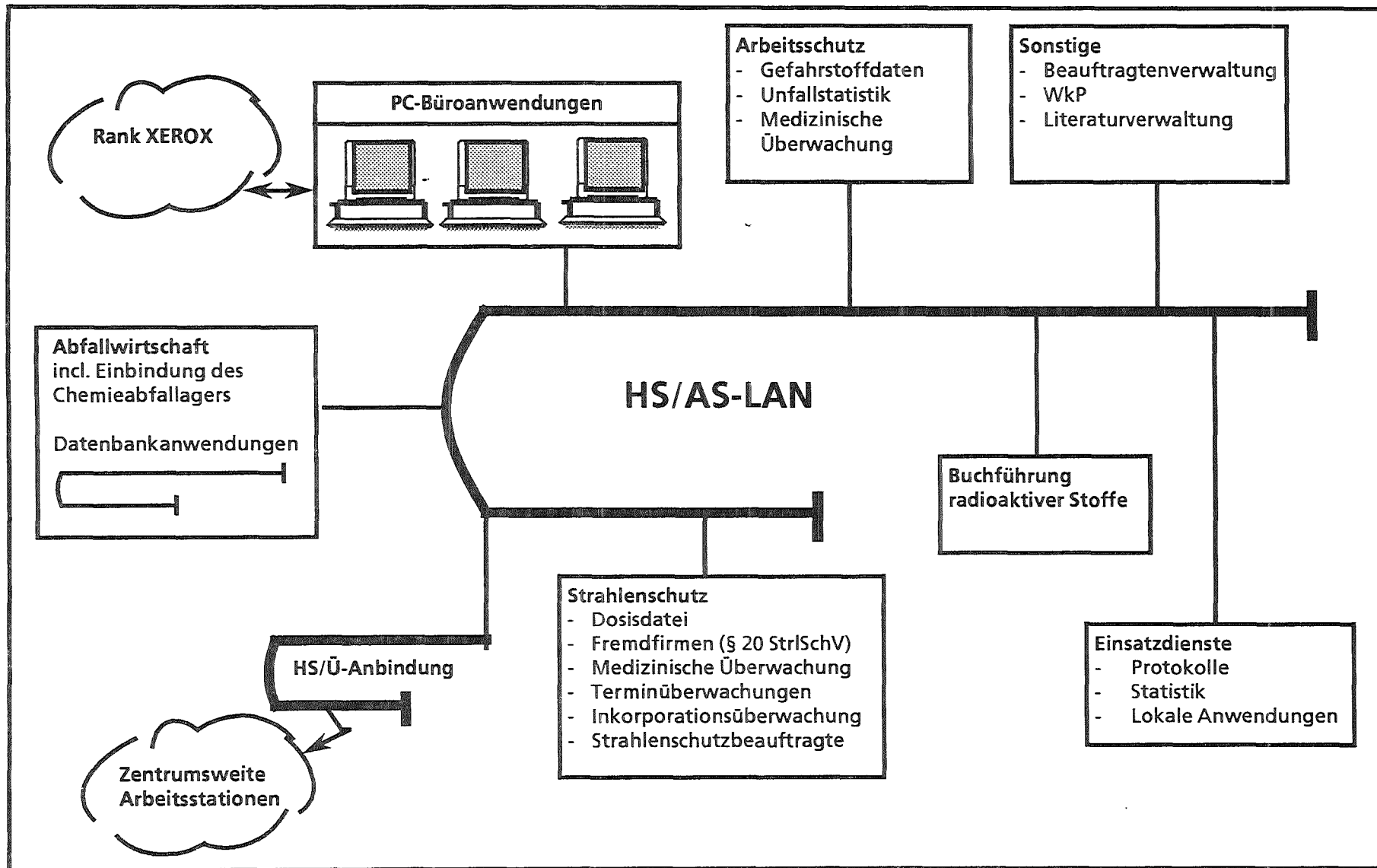


Abb. 2/6: HS/AS-EDVAnwendungen im Abteilungs-Rechnernetzwerk



### 3       Sicherung

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

Im Berichtszeitraum konnten die in den vergangenen Jahren vorbereiteten Reduzierungen der Objektsicherungsmaßnahmen bei den kerntechnischen Anlagen teilweise durchgeführt werden. Durch den Umbau der Anmeldung sowie die Zusammenlegung des Besucherwesens und der Ausweiserstellung konnten Vereinfachungen für Mitarbeiter und Besucher des KfK erreicht werden.

#### 3.1       Objektsicherung

Der Objektsicherungsdienst (OSD) kontrolliert den Zugang zum Kernforschungszentrum Karlsruhe und führt Streifen in Gebäuden, Lagerbereichen und im Freigelände sowie Kontrollen von Versuchsanlagen durch. Zusätzlich überprüft der OSD im Rahmen der Streifentätigkeiten in regelmäßigen Abständen zur Überwachung angemeldete wissenschaftlich-technische Experimente. Es werden regelmäßig Alarmübungen in den verschiedenen Bereichen des KfK GmbH und in Zusammenarbeit mit den Objektsicherungsdiensten der WAK, KBG und TU abgehalten.

Im Jahr 1993 sind in der Alarmzentrale die im Diagramm (Abb. 3/1) aufgeführten Alarm- und Störmeldungen (unter Berücksichtigung der Fehlalarme) eingegangen und bearbeitet worden. Alle in der Alarmzentrale tätigen Mitarbeiter wurden weiterhin praxisbezogen fortgebildet, so daß in diesem Bereich ein fachkundiger Umgang mit den hochentwickelten technischen Systemen garantiert ist. Das Ausbildungsprogramm bezog auch die Vertreter der Alarmtelefonisten 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. Diverse Hundeführer nahmen zusätzlich an Prüfungen der Ortsvereine aus der Umgebung des KfK GmbH 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. Zusätzlich erfolgten Schrottverwiegungen und -begleitungen sowie Papiertransportbegleitungen nach Karlsruhe.

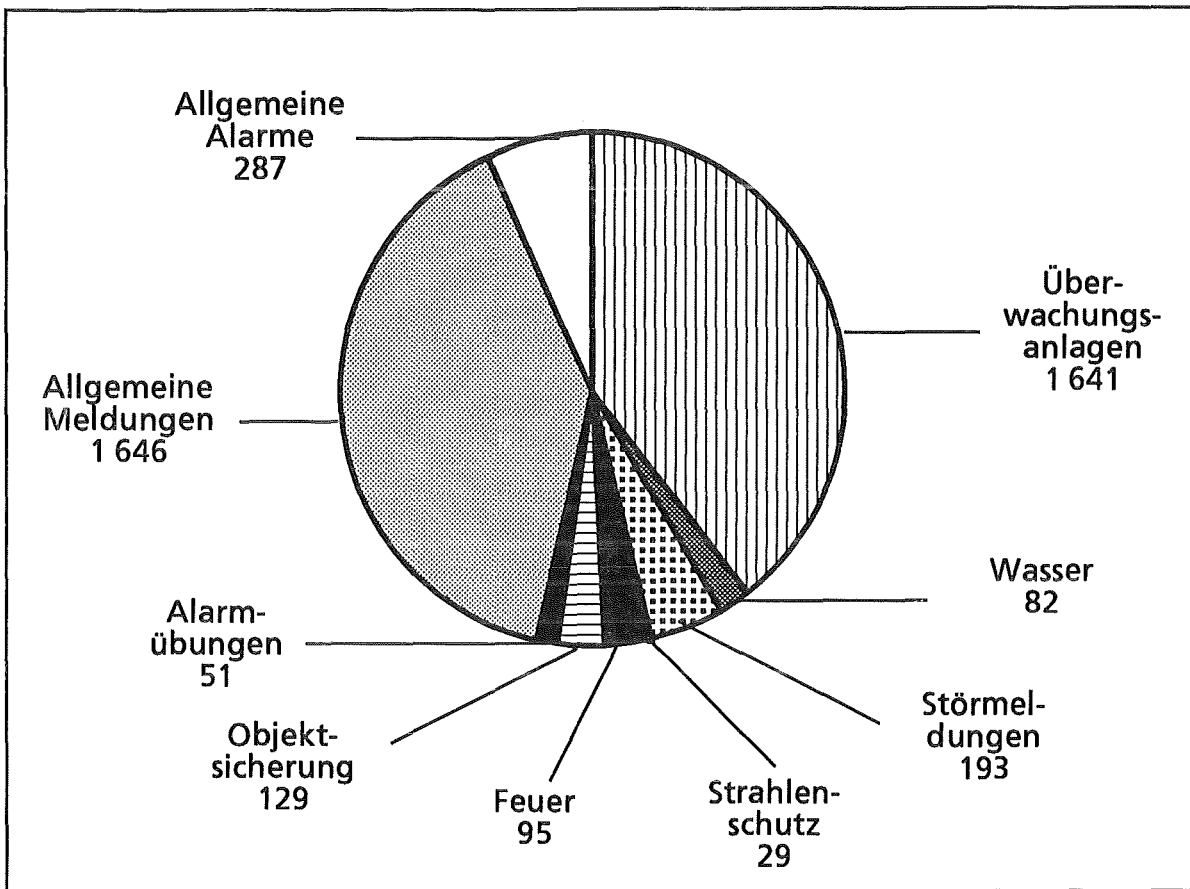


Abb. 3/1: Eingegangene Alarm- und Störmeldungen (einschließlich Fehlalarme) 1993

### 3.2 Verkehrsdienste

Mit 80 Verkehrsunfällen lag die Zahl der vom Verkehrsdienst aufgenommenen und bearbeiteten Verkehrsunfälle geringfügig oberhalb der des Vorjahres (Tab. 3/1). Bei 28 Unfällen entstand nur leichter Sachschaden, während bei 52 Unfällen der geschätzte Schaden über 1 000 DM lag. Darüber hinaus waren sechs Unfälle mit Verletzungen von Personen zu bearbeiten. Die häufigsten Unfallursachen waren wie auch in den vergangenen Jahren:

- Nichtbeachten der Vorfahrt,
- zu geringer Sicherheitsabstand,
- Unachtsamkeit beim Rückwärtsfahren,
- nicht witterungsgerechtes Fahrverhalten in der Winterzeit,
- überhöhte Geschwindigkeit.

Bei acht Verkehrsunfällen haben sich die Unfallverursacher durch unerlaubtes Entfernen von der Unfallstelle der Aufnahme des Verkehrsdienstes entzogen und somit Unfallflucht 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 1993	Sachschaden > 1 000 DM 1993	Personenschäden 1993
	1991	1992	1993			
Januar	11	4	9	3	6	-
Februar	14	7	6	3	3	-
März	6	7	5	2	3	-
April	9	6	9	3	6	1
Mai	6	3	8	4	4	-
Juni	8	13	7	1	6	1
Juli	4	7	6	3	3	1
August	6	2	4	2	2	1
September	8	7	6	3	3	2
Oktober	4	10	8	2	6	-
November	15	9	10	1	9	-
Dezember	5	1	2	1	1	-
Gesamt	96	76	80	28	52	6

Tab. 3/1: Verkehrsunfälle

### 3.3 Ermittlungsdienste

Die Zahl der bekanntgewordenen und dem Ermittlungsdienst gemeldeten Sachbeschädigungen liegen mit 105 Fällen erheblich über der des Vorjahres (Tabelle 3/2). Lediglich in vier Fällen konnte der Schadensverursacher nicht ermittelt werden. Der aus den Sachbeschädigungen entstandene Gesamtschaden beläuft sich auf ca. 317 000 DM. Die Anzahl der gemeldeten Diebstähle betrug im Berichtszeitraum 27 Fälle, wobei sich der Verlust an Sachwerten auf ca. 54 000 DM beläuft. Es konnten lediglich vier 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 Kernforschungszentrum tätigen Fremdfirmen hielten sich weitgehend an die Ordnungs- und Kontrollbestimmungen. Im Jahr 1993 wurden drei Verstöße gegen die im KfK geltenden Ordnungs- und Kontrollbestimmungen registriert und bearbeitet. Die Zahl liegt damit weit unter dem Vorjahresniveau. Es kam zu drei Sicherstellungen von Werkzeugen, Geräten und 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 245 Betriebsunfälle und sonstige Unfälle innerhalb des Zentrums untersucht.

Beschädigte Gegenstände	Jahr	bekannt- gewordene Fälle	aufgeklärte Fälle	geschätzter Schaden in TDM
Kabelschäden	1991	5	5	21
	1992	6	6	78
	1993	4	4	12
Lichtmasten	1991	5	5	10
	1992	2	2	5
	1993	0	0	0
Tore, Einzäunungen	1991	3	3	5
	1992	5	5	8
	1993	5	4	4
Gebäude-/Sachschäden	1991	10	10	67
	1992	6	6	12
	1993	13	13	32
Dienst-Kfz	1991	49	43	61
	1992	30	29	60
	1993	41	38	162
Verschiedenes (Fenster, Türen, Bedachungen, Transport -, Sturmschäden)	1991	5	5	8
	1992	23	23	32
	1993	42	42	107
Summe	1991	77	71	172
	1992	72	71	195
	1993	105	101	317

Tab. 3/2: Sachbeschädigungen: Einsatz des Ermittlungsdienstes

### 3.4 Technische Sicherungssysteme

Für unterschiedliche sicherungsrelevante Einrichtungen im Kernforschungszentrum Karlsruhe wurden Sicherungskonzepte ausgearbeitet und in Zusammenarbeit mit anderen Organisationseinheiten installiert und in Betrieb genommen. Der Umbau auf den aktuellen technischen Stand bei vorhandenen Sicherungseinrichtungen wurde weiterhin vorangebracht.

Nach den Vorplanungen für eine optimale Arbeitsplatzgestaltung wurde Ende Juli 1993 mit der Sanierung und Umgestaltung der Anmeldung für Besucher und Gäste am Haupteingang zum KfK begonnen. Die Arbeiten umfaßten im wesentlichen das Erneuern der Fassade, Decke und Boden, Abriß und Einbau von Wänden, Installation einer Lüftungsanlage, Erneuerung der Beleuchtung und der Inneneinrichtung. Während dieser Umbauphase wurde die Anmeldung mit der zugehörigen EDV-Technik in die Räume des Ausweisbüros auf der anderen Seite des Haupteinganges verlegt. Trotz der sehr beengten Platzverhältnisse während der Umbauphase konnte eine zügige Passierschein- und Ausweiserstellung gewährleistet werden. Nach nur viereinhalb Monaten Umbauzeit fand am 16.12.93 die Eröffnung der neugestalteten Besucheranmeldung statt. In die Räumlichkeiten integriert wurden die Arbeitsplätze des Ausweisbüros mit der Ausweisverwaltung, Ausweisbild-Aufnahmeeinrichtung und der Ausweiserstellung. Durch die repräsentative Raumgestaltung und die gelungene Arbeitsplatzanordnung wurde eine besucherfreundliche Bedienung ermöglicht.

Für die Ausweiserstellung und Ausweisbildaufnahme wurde ein neues technisches System in Betrieb genommen. Mit einer Videokamera und digitaler Bildverarbeitung wird ein Bild des zukünftigen Ausweisbesitzers erstellt. In einem PC wird dieses digitale Bild mit den zugehörigen Stammdaten und dem KfK-Firmenlayout kombiniert. Über einen Monitor kann das fertige Layout kontrolliert und dann direkt auf eine Kunststoff-Folie gedruckt werden. Die bedruckte Kunststoff-Folie (über einen Video-Drucker) wird in ein vorgefertigtes Kartenset eingesetzt, im Laminator verschweißt und ausgestanzt. Dies ist zur Zeit die effizienteste Art, Ausweise zu produzieren.

### 3.5 Schließwesen

Die Gebäude sind hinsichtlich der Schließebenen in General-, Haupt-, Obergruppen-, Gruppen- und Einzelschließungen unterteilt. Aus allen Schließsystemen ergibt sich ein Bestand von ca. 26.140 Schließzylindern und etwa 90.100 Einzelschlüsseln. Nach der Neukonzeption von Schließanlagen, die sich wegen der Errichtung von Neubauten oder durch Änderungen in Arbeitsabläufen ergaben, mußten im Jahr 1993 362 Schließzylinder und entsprechende Schlüssel neu beschafft werden. Eine große Anzahl von Schließzylindern und Schlüsseln war defekt oder abgenutzt und mußte erneuert oder ausgewechselt werden.

### 3.6 Personelle und administrative Sicherheitsfragen

#### 3.6.1 Personensicherheitsüberprüfung

Gemäß den atomrechtlichen Auflagen wurden die Anträge zu Personensicherheitsüberprüfungen bei den Behörden eingereicht. Es handelte sich dabei um Zutrittsersuchen zu inneren und äußeren Sicherungsbereichen. Die Behörden haben bis auf wenige Einzelfälle den Zutrittsersuchen stattgegeben. Die Betroffenen wurden über den Sachverhalt informiert. Für 3 174 Personen wurden Anträge auf Zutritt zum KfK-Gelände außerhalb der normalen Arbeitszeit bearbeitet.

#### 3.6.2 Empfangsdienst

Im Berichtszeitraum kamen insgesamt 36 840 Besucher zur Anmeldung (1992 waren es 37 650). Für kurzfristig im KfK eingesetzte Fremdfirmenangehörige wurden 3 335 befristete Passierscheine ausgestellt (1992 waren es 2 930). Beim Empfangsdienst wurden im Berichtsjahr 41 Fundgegenstände abgegeben; elf Gegenstände konnten den rechtmäßigen Besitzern ausgehändigt werden.

#### 3.6.3 Ausweisbüro

Im Jahr 1993 wurden im Ausweisbüro 6 593 Ausweise ausgestellt und 6 405 Ausweise eingezogen. Instituts-, Abteilungs- und Namenswechsel sowie Änderungen von Personen- und Firmennamen machten in 689 Fällen eine Ausweisneuausstellung erforderlich. Die Gesamtzahl der in Umlauf befindlichen Ausweise belief sich für 1993 auf 10 692 Ausweise. Die Gesamtzahl setzt sich zusammen aus:



4	006	KfK-Mitarbeiter	und	1 100	KfK-Rentnern
	370	WAK-Mitarbeiter	und	68	WAK-Rentner
	124	KBG-Mitarbeiter	und	89	KBG-Rentner
	240	TU-Mitarbeiter	und	55	TU-Rentner
	146	BFE-Mitarbeiter	und	16	BFE-Rentner
	320	FIZ-Mitarbeiter	und	16	FIZ-Rentner
	452	Universitätsangehörige			
	189	Gäste			
3	501	Fremdfirmenangehörige			

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 Kernforschungszentrums 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 Kernforschungszentrums 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. 54 und Tab. 4/1).

Gruppe	Bereich Überwachte Institutionen	Anzahl der Mitarbeiter der Strahlenschutz- überwachung	Anzahl der über- wachten Personen	Fläche des über- wachten Bereichs in m <sup>2</sup>
Nord	1. "IHCh": IHCh, INE	6,5 (7,5)	319 (299)	9 500 (16 300)
	2. "HVT-HZ": HVT-HZ, HDB (Bau 705)	5,5 (7,5)	140 (144)	6 200 ( 9 400)
	3. "FR2": PBA-FR2, HVT-EA, HIT, IRS, IMF, HBT, HS, Strahlenpaßstelle	2+6# (2+7#) 1* (1*) 1 (1)	275 (303)	8 900 (10 400)
West	4. "HDB I": HDB (Bau 543,545, 547, 553, 555, 576), HZY	7,5+4+ (6,5+4+) 1* (1*)	353 (290)	5 900 (8 500)
	5. "HDB II": HDB (Bau 519, 526, 531-536, 548, 563, 570, 571)	10 (9,5)	184 (279)	39 300 (31 700)
Süd	6. "TL/Inst": IRCh, LAF I, HBAU, IGEN, ITOX, FTU, HS, MED, HF, HPS, ÖA, INFP, INR, LIT, LAF II, IK, ITP, HBT, HVT-TL	7 (10) 1* (1*)	706 (806)	5 700 (5 200)
	----- Meßlabor	2,25 (2)		
Abteilungsleitung / Sekretariat		1,5 (1,5)	-	-

#Dreischichtdienst, +Zweischichtdienst, \*Gruppenleiter

Tab. 4/1: Personalstand (Soll), überwachte Personen und Bereichsgröße, jeweils Stand Dezember 1993, 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 1993), einschließlich Fremdfirmenangehörigen, ist in Spalte 4 von Tab. 4/1 aufgeführt. Diese Anzahl hat sich gegenüber dem Vorjahr um ca. 150 erniedrigt. Dies ist vor allem auf eine Reduktion im Bereich der physikalischen Institute und dem Institut für Radiochemie 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.

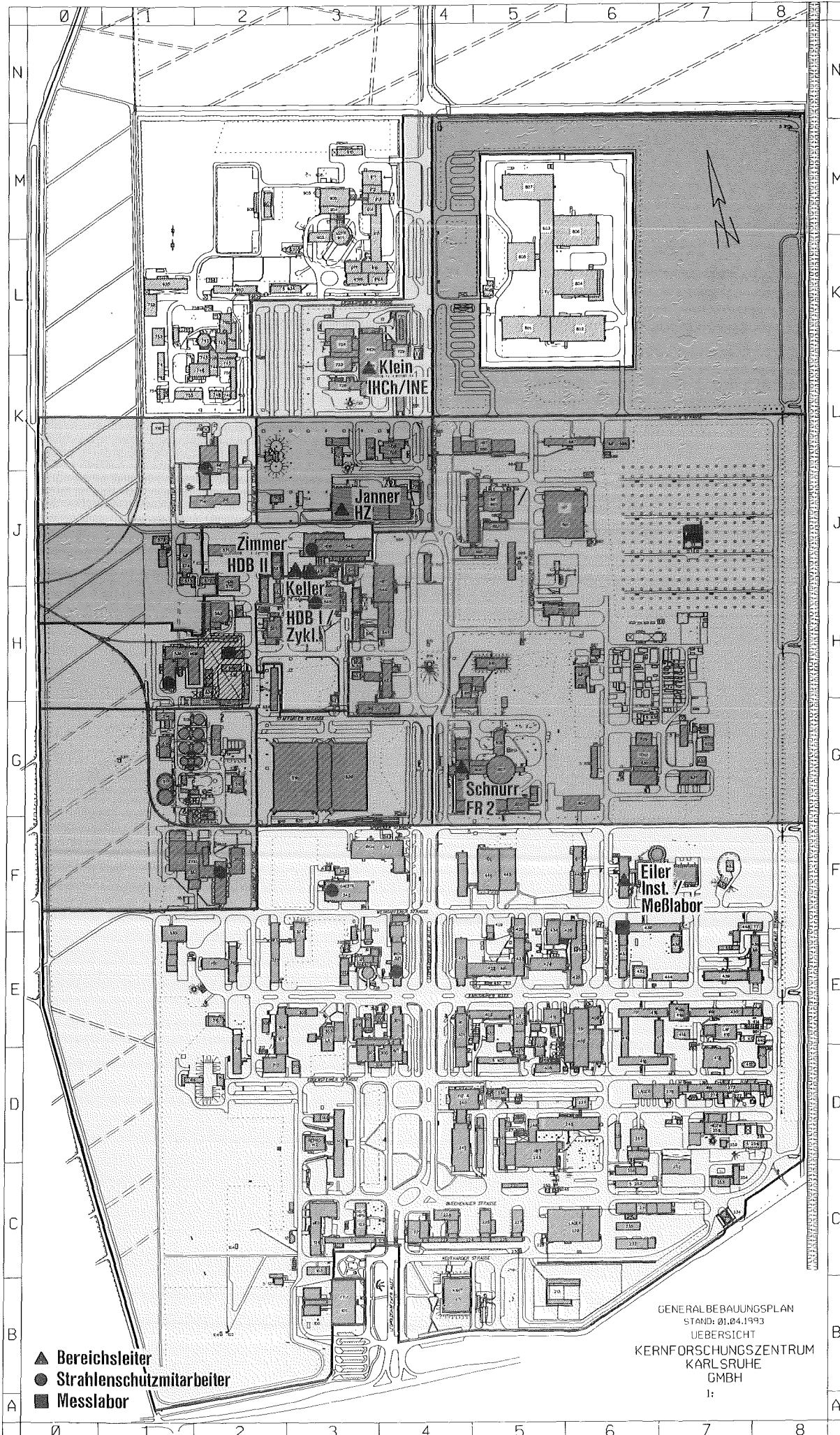
Die Gebäude und Anlagen werden routinemäßig durch Oberflächenkontaminations-, Wischproben-, Dosisleistungs- und Raumluftmessungen überwacht. Die Fläche der betrieblichen Überwachungs-, Kontroll- und Sperrbereiche ist in Spalte 5 von Tab. 4/1 angegeben. Vom betrieblichen Überwachungsbereich werden nur die Bereiche aufgeführt, in denen eine Aktivität oberhalb der Freigrenze gehandhabt wird. Signifikant verändert hat sich dabei die überwachte Fläche durch die Auflösung des restlichen Kontrollbereichs im Institut für Radiochemie Bau 321 und die Inbetriebnahme des Tritiumlabors, so daß in der Summe einer Zunahme von 500 m<sup>2</sup> im Bereich 6 zu verzeichnen ist. Die Zunahme im Bereich HDB II ergibt sich von der Inbetriebnahme des neuen Pufferlagers Bau 576. Die Abnahme in den Bereichen IHCh, HVT-HZ und FR2 ist auf eine Neuerfassung der Flächen durch HBau zurückzuführen. Die Abnahme im Bereich HDB I ist auf eine Verringerung des Überwachungsbereichs im Klärwerk zurückzuführen.

Die Kontaminationskontrolle von Personen am Ausgang von Bereichen, in denen genehmigungspflichtig mit 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 Bq/cm<sup>2</sup> für  $\alpha$ -Aktivität und auf 0,5 Bq/cm<sup>2</sup> für  $\beta$ -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. 2000 (Vorjahr 2400) 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 1993 wurden insgesamt 250 formalisierte Vorgänge von der Abteilungsleitung bearbeitet.

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 durchgeföhrt. An den Samstagen und Sonntagen ist jeweils ein Strahlenschutztechniker acht Stunden lang 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.



- ▲ Bereichsleiter
- Strahlenschutzmitarbeiter
- Messlabor

GENERAL BEBAUUNGSPLAN  
 STAND: 01.04.1993  
 UEBERSICHT  
 KERNFORSCHUNGSZENTRUM  
 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 Transportgenehmigungen des Kernforschungszentrums 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 Kernforschungszentrums Karlsruhe GmbH benannt.

Die Aus- und Weiterbildung der Mitarbeiter wurde auch im vergangenen Jahr fortgeführt. Neben der praktischen Ausbildung unter Anleitung der Bereichsleiter und der meßtechnischen Einweisung im Strahlenschutzmeßlabor wurden theoretische Kurse im Fortbildungszentrum für Technik und Umwelt des Kernforschungszentrums Karlsruhe besucht. Insgesamt wurden von Mitarbeitern der Abteilung 25 Kurse über Strahlenschutz, Chemie und Datenverarbeitung wahrgenommen. Für die Mitarbeiter des Schichtdienstes und der Rufbereitschaften wurden monatlich Begehungen von Gebäuden mit Fort-, Raumluftmonitoren und sonstigen dauernd betriebenen Strahlenschutzmeßgeräten durchgeführt.

Größere Rückbauarbeiten wurden beim Institut für Heiße Chemie und bei PBA-FR2 überwacht und die Materialflüsse kontrolliert. Aus der Strahlenschutzüberwachung konnten nach Durchführung umfangreicher Kontrollmessungen entlassen werden: Die restlichen Räume im Bau 321, einige Räume im 1. Obergeschoß der Hauptabteilung Versuchstechnik/Heiße Zellen und die Räume im Bau 522 des Instituts für Reaktorsicherheit.

#### 4.1 Arbeitsplatzüberwachung im Kernforschungszentrum 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 KfK-Einrichtungen 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 KfK im Jahre 1993 eine Person aus der HZY eine Jahresdosis von mehr als 15 mSv erhalten hat. Die Anzahl der Personen mit einer Jahresdosis zwischen 5 und 15 mSv im Jahr 1993 betrug vier, bei einer Gesamtzahl von 1 977 überwachten Personen (Stand Dezember). Bei einem Vergleich mit den Daten der Personendosisüberwachung in Kap. 2.1.4 sind zum einen die unterschiedlichen Meßverfahren - Film- 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 (IHCh, IRCh, HVT-HZ, PBA-FR2, HVT-EA, HBT-IH/M, INE)	Dekontamination und Abfallbehandlung (HDB)	sonstige Institutionen	KfK
Personendosis in mSv	Anzahl der Personen				
$H \leq 5$	138 (190)	543 (504)	467 (496)	824 (925)	1972 (2 115)
$5 < H \leq 15$	3 (4)	1 (1)	0 (1)	0 (0)	4 (6)
$15 < H \leq 50$	1 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	1 (0)
Oberflächenkontamination in Vielfachen der KfK-internen Interventionswerte	Anzahl der Fälle				
$10^0 < K_\alpha \leq 10^1$	0 (0)	3 (36)	2 (75)	0 (0)	5 (111)
$10^1 < K_\alpha \leq 10^2$	0 (0)	0 (9)	2 (12)	0 (1)	2 (22)
$10^2 < K_\alpha \leq 10^3$	0 (0)	0 (4)	0 (6)	0 (0)	0 (10)
$10^3 < K_\alpha$	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
$10^0 < K_\beta \leq 10^1$	1 (4)	17 (50)	21 (33)	0 (1)	39 (88)
$10^1 < K_\beta \leq 10^2$	0 (3)	9 (22)	4 (7)	1 (0)	14 (32)
$10^2 < K_\beta \leq 10^3$	0 (0)	1 (8)	1 (1)	0 (0)	2 (9)
$10^3 < K_\beta$	0 (0)	0 (1)	0 (0)	0 (0)	0 (1)
$10^0 < K_{H-3}$	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
Raumluftaktivitätskonzentrationen in Vielfachen von abgeleiteten Grenzwerten	Anzahl der Fälle				
$0,025 < R_\alpha \leq 1$	0 (0)	353 (302)	3673 (3829)	3 (13)	4029 (4144)
$1 < R_\alpha \leq 20$	0 (0)	26 (14)	386 (359)	0 (0)	412 (373)
$20 < R_\alpha$	0 (0)	2 (4)	70 (53)	0 (0)	72 (57)
$0,015 < R_\beta \leq 1$	97 (75)	11 (3)	176 (153)	0 (9)	284 (240)
$1 < R_\beta \leq 20$	2 (2)	1 (0)	23 (6)	0 (1)	26 (9)
$20 < R_\beta$	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 1993 im Kernforschungszentrum 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 KfK GmbH 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.

#### 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 m<sup>3</sup>/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 Raumluftmessungen, wiederum aufgeschlüsselt nach  $\alpha$ -,  $\beta$ - und H-3-Aktivitäten, aufgeführt.

Aus den Grenzwerten der Jahresaktivitätszufuhr gemäß Strahlenschutzverordnung für beruflich strahlenexponierte Personen der Kategorie A und dem Jahresinhalationsvolumen von 2 400 m<sup>3</sup> werden Interventionswerte abgeleitet. So werden in den Anlagen des KfK im allgemeinen für  $\alpha$ -Aktivitätsgemische 0,04 Bq/m<sup>3</sup> (Leitnuklid Pu-239, löslich), für  $\beta$ -Aktivitätsgemische 40 Bq/m<sup>3</sup> (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 0,4kBq/m<sup>3</sup> und für HTO 1 MBq/m<sup>3</sup>.

Bei Raumluftaktivitätskonzentrationen oberhalb dieser Interventionswerte dürfen Arbeiten in den Anlagen des KfK 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  $\alpha$ -Aktivität 1 mBq/m<sup>3</sup> und bei der  $\beta$ -Aktivität 0,65 Bq/m<sup>3</sup> gewählt. Damit ist bei einem nach der Strahlenschutzverordnung angenommenen Jahresinhalationsvolumen von 2400 m<sup>3</sup>, 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.

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  $\alpha$ -Aktivitätsgemische oder von 400 Bq für  $\beta$ -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  $\beta$ -Strahlers Pu-241 wird aufgrund von langjährigen Messungen des Nuklidvektors als das 20fache der gesamten  $\alpha$ -Aktivität angenommen.

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

1)  $\beta$ -/ $\gamma$ -Strahler ohne <sup>2)</sup>

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 in der KfK GmbH



In Tab. 4/4 sind für 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 1,4 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 (0,2)
HDB Verbrennung	1,4 (2,0)
HDB Deko fest (ohne Presse)	1,0 (1,4)
HDB Deko flüssig	1,8 (2,0)
HDB Zementierung Bau 545	0,0 (0,0)
HS/Ü HDB Deko flüssig	1,8 (2,0)
IHCh Chem. Prozeßentwicklung	0,8 (0,4)
IHCh Infrastruktur	0,4 (0,4)
IHCh 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 1993, 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 für das Berichtsjahr in den verschiedenen Institutionen zusammengestellt. Diese Werte enthalten auch die Dosen der Fremdfirmenangehörigen. In Tab. 4/5 sind alle Institutionen mit Summendosen größer 10 mSv in der Reihenfolge fallender Summendosen aufgeführt. Insgesamt beträgt die Summendosis im Kernforschungszentrum 660 mSv (Vorjahr 686 mSv). Diese Reduktion ist vor allem auf eine Abnahme der Summendosis bei der Hauptabteilung Dekontaminationsbetriebe zurückzuführen. Die Auswertungen zeigen, daß von allen überwachten Personen nur 888 Personen eine Dosis ab der monatlichen Erkennungsgrenze von 0,1 mSv erhalten haben. Diese Personen sind in Spalte 3 aufgeführt. Die höchsten mittleren Individualdosen erhielten die exponierten Personen der Hauptabteilung Zyklotron mit 1,9 mSv.

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	310 (332)	333 (363)	0,9 (0,9)
HZY	153 (142)	81 (95)	1,9 (1,5)
HS-Ü	37 (39)	47 (53)	0,8 (0,7)
HVT-HZ	33 (43)	49 (58)	0,7 (0,7)
HS-S	23 (13)	91 (51)	0,3 (0,3)
HBT	21 (28)	64 (88)	0,3 (0,3)
IHCh	17 (28)	44 (53)	0,4 (0,5)
IRCh	15 (-)	41 (-)	0,4 (-)
INE	13 (11)	39 (42)	0,3 (0,3)
alle übrigen	38 (40)	99 (130)	0,4 (0,3)
KfK Gesamt	660 (686)	888 (966)	0,7 (0,7)

Tab. 4/5: Mit Taschenionisationskammern gemessene Summen- und mittlere Individualdosen in den Institutionen des KfK einschließlich der Dosen von Fremdfirmenangehörigen im Jahr 1993, Vorjahreswerte in Klammer

#### 4.3 Strahlenschutzmeßlabor

D. Beier, K. Burkhard, G. Nagel

Im Berichtszeitraum wurden im Strahlenschutzmeßlabor 34 970 Raumlufilter mittels Alpha-Beta-Pseudokoinzidenzanlagen auf künstliche  $\alpha$ - und  $\beta$ -Aktivität ausgemessen. Die gefundenen Luftstaubaktivitäten sind in Tab. 4/6 nach Raumlufkonzentrationen aufgegliedert. Die Werte  $1 \text{ mBq/m}^3$  für  $\alpha$ -Strahler bzw.  $0,65 \text{ Bq/m}^3$  für  $\beta$ -Strahler sind die unteren Meßschwellen. Die Werte  $0,04 \text{ Bq/m}^3$  für  $\alpha$ -Strahler bzw.  $40 \text{ Bq/m}^3$  für  $\beta$ -Strahler werden von den Grenzwerten der Jahresaktivitätszufuhr über Luft für Personen der Kategorie A abgeleitet (vgl. Kap. 4.1). Ein weiterer Grenzwert ist für  $\alpha$ -Strahler  $0,8 \text{ Bq/m}^3$  bzw. für  $\beta$ -Strahler  $800 \text{ Bq/m}^3$  (20fache der abgeleiteten Werte), oberhalb dessen Atemschutzisolergeräte getragen werden müssen.

Aktivität	Aktivitätsgrenzen in Bq/m <sup>3</sup>	Anzahl der Filter	Anteil an der Gesamtzahl in %
α-Aktivität	A > 0,8	72 (57)	0,21 (0,16)
	0,8 ≥ A > 0,04	412 (373)	1,18 (1,06)
	0,04 ≥ A ≥ 0,001	4029 (4144)	11,52 (11,76)
	A < 0,001	30457 (30656)	87,09 (87,02)
β-Aktivität	A > 800	0 (0)	0,00 (0,00)
	800 ≥ A > 40	22 (6)	0,06 (0,02)
	40 ≥ A ≥ 0,65	183 (159)	0,52 (0,45)
	A < 0,65	34765 (35065)	99,41 (99,53)

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

Mittels α-Spektroskopie wurden 42 Proben untersucht. Davon entfielen 29 Proben auf Wischtests und 13 Proben auf Glasfaserfilter. Die identifizierten Nuklide sind in Tab. 4/7 aufgeführt. Mittels γ-Spektroskopie wurden im Strahlenschutzmeßlabor 1 663 Proben quantitativ und qualitativ untersucht. Davon entfielen auf Kohlefilter 1006, auf Glasfaserfilter drei, auf Wischtests 58, auf kontaminierte bzw. aktivierte Gegenstände 251, auf Freigabemessungen 229 und auf Dichtheitsprüfungen 116 Proben. Die identifizierten Nuklide sind in Tab. 4/8 aufgeführt. Für viele Einzelproben mit unüblichen Meßgeometrien war der zeitliche Aufwand für die γ-Spektroskopie sehr hoch.

Vom Strahlenschutzmeßlabor werden außer den bereits aufgeführten Messungen auch die Neu- und Ersatzbeschaffung für HS-Ü durchgeführt. Das waren im Berichtszeitraum 118 Beschaffungsanforderungen. Darunter fielen 45 Personen-/Alarmdosimeter, 17 Pumpen, 15 Dosisleistungsmeßgeräte, zehn Membranpumpen, zehn fahrbare Luftstaubsammler, sechs Rechner mit Drucker, fünf Kontaminationsmeßgeräte, fünf Meßkanäle, drei Gammamonitoren, zwei HFK-Monitoren, ein Szintillations-Counter, ein Softwareprogramm für die γ-Spektroskopie 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 der KfK eicht, muß der Versand bzw. die Terminverfolgung auch hierfür über das Meßlabor abgewickelt werden.

Nuklid	Beschleuniger	Einrichtungen mit höherem Aktivitätsinventar	HDB	Sonstige Institutionen
Am-241 + Pu-238	-	8	28	-
Pu-239 + Pu-240	-	2	21	-
Cm-243 + Cm-244	-	1	6	-
Cm-242 + Cf-252	-	-	2	-
Pu-242	-	1	-	-

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

Nuklid	Beschleuniger	Einrichtungen mit höherem Aktivitätsinventar	HDB	Sonstige Institutionen
I-123	331	-	-	-
Co-60	-	49	118	8
Cs-137+Ba-137m	-	68	77	1
Am-241	-	41	45	-
I-129	-	-	75	-
I-131	-	-	-	64
Eu-154	-	9	12	1
Cs-134	-	2	15	-
Sb-125+Te-125m	-	3	3	1
Ba-133	-	1	3	3
Eu-152	-	1	3	2
Eu-155	-	4	2	-
Ru-106+Rh-106	-	2	2	-
I-125	-	-	4	-
U <sub>nat</sub>	-	1	1	2
Ra-226-Folgepr.	-	2	-	1
Na-22	-	-	1	1
Sc-46	-	2	-	-
Th-Folgepr.	-	2	-	-
Be-7	-	-	-	1
Mn-54	-	-	1	-
Co-57	-	-	1	-
Nb-94	-	-	-	1
Ag-110m	-	-	-	1
Sn-113	-	-	-	1
Ce-141	-	1	-	-
Ce-144	-	1	-	-
Hf-181	-	1	-	-
Ta-182	-	1	-	-
Pb-210	-	-	-	1
Np-236	-	1	-	-
Cm-243	-	1	-	-

Tab. 4/8: Durch  $\gamma$ -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 KfK GmbH in Anspruch genommen werden oder der Fahrdienst die Transporte durchführt. Das gleiche gilt für die vom Fahrdienst auf Werksstraßen des Kernforschungszentrums durchgeführten Transporte radioaktiver Stoffe. Bei der Durchführung dieser Aufgaben wurden im Rahmen der vorgeschriebenen Buchführung über die durchgeführten Transporte 49 Beförderungspapiere nach Rn 2002 der Gefahrgut-Verordnung Straße und zwei Begleitpapiere nach der internen Transportordnung durchgesehen. Die Zahl der Beförderungen nach der Gefahrgut-Verordnung Straße ging deutlich zurück. Wegen unvollständiger oder unklarer Angaben in den Begleitpapieren waren in einigen Fällen Rückfragen erforderlich.

Für das Fahrpersonal wurden zwei Strahlenschutzbelehrungen durchgeführt. Die 49 auf öffentlichen Straßen durchgeführten Transporte radioaktiver Stoffe sind in Tab. 4/9 nach Aktivitätsinventar aufgliedert. Es handelte sich überwiegend um Transporte, die zum Zwecke der Prüfung von Iodfilteranlagen in Kernkraftwerken erfolgten (Beförderung von I-131 als Methyliodid in Form von Prüfgas, beladenen Meßadsorbentien und kontaminierten Geräten). In 44 Fällen wurden für innerbetriebliche Transporte im Sinne der internen Transportordnung die Transportmodalitäten festgelegt.

Die durch die 4. Straßen-Gefahrgutänderungsverordnung bewirkten Änderungen der Gefahrgutverordnung Straße wurden in den Verordnungstext eingearbeitet, soweit sie die Beförderung radioaktiver Stoffe betreffen. Diese recht aufwendige Arbeit war erforderlich, da die Änderungen bereits am 24.4.1993 in Kraft traten, eine amtliche Neufassung des Verordnungstextes aber erst am 17.12.1993 veröffentlicht wurde. Die Aktualisierung der Broschüren zum KfK-Bericht "Transport radioaktiver Stoffe auf öffentlichen Straßen" wurde fortgesetzt, die ersten vier Broschüren konnten gedruckt werden.

Aus Personalmangel mußte die Abteilung HPS-FD im Lauf des Jahres 1993 die Beförderung radioaktiver Stoffe vorerst einstellen. Die entsprechenden Transportleistungen müssen daher in Zukunft an externe Firmen vergeben werden, sofern nicht die jeweiligen Organisationseinheiten der KfK über entsprechend ausgerüstete Fahrzeuge und entsprechend qualifiziertes Personal verfügen, um die Transporte in eigener Regie durchführen zu können.

Transporte mit Aktivitätsinventar A in GBq			
A < 0,4 und Leerbehälter	$0,4 \leq A < 40$	$40 \leq A < 4000$	$A \geq 4000$
43 (33)	6 (6)	0 (0)	0 (0)

Tab. 4/9: Aktivitätsinventar der unter KfK-Verantwortung 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 die Programme für die Dateiverwaltung der Personendosis (Taschenionisationskammer), Strahlenmeßgeräte, Raumluftaktivität (Aerosole), Oberflächenkontamination, Präparate und Strahlenpaß aktualisiert. Zu erwähnen sind im einzelnen:

- **Strahlenmeßgeräte**  
Für die Terminverfolgung der Eichfristen (eichpflichtige Photonendosis- und -dosisleistungsmeßgeräte) wurde ein Programm erstellt und entsprechende Felder in die Datei eingefügt.
- **Aerosol-Raumluftaktivitätsdatei**  
Zum Vergleich der berechneten Inkorporationswerte über die Aerosol-Raumluftaktivitätskonzentration zu den berechneten Inkorporationswerten über die Ausscheidungsanalyse wurde ein Programm erstellt. Zur Darstellung der Ergebnisse wurde das Benutzerprogramm Microsoft Excel benutzt.

#### 4.6 Erstellen von Standardmeßgeometrien für die Freimeßanlage H13630

A. Reichert, A. Schwämmle

Zur Freigabe großer Mengen radioaktiver Reststoffe kommen im KfK im wesentlichen zwei Entscheidungsmeßverfahren zur Anwendung, die Oberflächenaktivitätsmessung und die Gesamt-Gamma-Messung. Insbesondere bei der Anwendung der Gesamt-Gamma-Messung werden bei relativ kurzen Meßzeiten große Meßgutdurchsätze erreicht. Voraussetzung für die Anwendung dieses Meßverfahrens ist jedoch, daß das Meßgut in Chargen mit hinreichend gleicher Geometrie und Selbstabschirmung vorliegt. Des weiteren muß im Rahmen von Voruntersuchungen untersucht werden, ob von einer weitgehend homogenen Kontamination oder Aktivierung ausgegangen werden kann, und ob es sich um Material gleicher Herkunft (gleicher Nuklidvektor) handelt. Für verschiedene radioaktive Reststoffe, wie sie bei der Stilllegung kerntechnischer Anlagen anfallen, wurden sogenannte Standardgeometrien entwickelt. Es handelt sich hierbei um Meßgeometrien für die folgenden radioaktiven Reststoffe:

- Rohrleitungen
- Bauschutt
- Elektrokabel
- Isolierwolle (Glaswolle).

##### 4.6.1 Rohrleitungen

Unter Beachtung verfahrenstechnischer Aspekte, daß die Rohrleitungen z.B. vor der Messung eventuell dekontaminiert werden, wurde eine Standardgeometrie entwickelt, welche vorsieht, daß das Meßgut in Teilstücke mit ca. 80 cm Länge zersägt und senkrecht in einem Rungengestell (1,2 x 1 x 0,8 m<sup>3</sup>) aufgestellt wird. Das Meßgut (Messingrohr) hatte einen Außendurchmesser von 30 mm und eine Wandstärke von 1mm.

Bei der Ermittlung des Kalibrierfaktors wurden zwei Aktivitätsverteilungen betrachtet, zum einen, daß sich ein Punktstrahler in Meßgutmitte befindet (Hot spot) und der übrige Teil des Meßgutes keine Aktivität aufweist, und zum anderen, daß das Meßgut homogen kontaminiert oder aktiviert ist und somit ein Aktivitätsbeitrag zur Messung aus verschiedenen Schichtdicken zum Tragen kommt.

Zur Ermittlung dieses Kalibrierfaktors wurde jeder der 4 Plastikszintillationsdetektoren einzeln betrachtet. Es wurden hierbei für jeden Detektor mehrere Kalibrierungen durchgeführt, wobei sich der Referenzstrahler in verschiedenen Schichttiefen befand. Der Mittelwert aus den Einzelmessungen stellt den Kalibrierfaktor "Schicht" dieses Detektors dar. Die Kalibrierung für die Meßgeometrie "Rohrleitungen" wurde mit den Referenzstrahlern Co-60 und Cs-137 durchgeführt, die Ergebnisse sind in Tab.4/10 dargestellt.

Geometrie/Rohrleitung	Referenzstrahler	
	Cs-137	Co-60
1) KF integral [Bq/s <sup>-1</sup> ], "Punktstrahler"	52	13
1) KF integral [Bq/s <sup>-1</sup> ], "Schicht"	38	12
2) NWG integral [Bq], "Punktstrahler"	1494	374
2) NWG integral [Bq], "Schicht"	1092	345

KF Kalibrierfaktor      NWG Nachweisgrenze

1) Summe der Kalibrierfaktoren aller Plastikszintillationsdetektoren

2) Berechnet in Anlehnung an DIN 25482 Teil 1 mit

$$R_0 = 3500 \text{ s}^{-1}, K_{1-\alpha} = K_{1-\beta} = 1,65; t_0 = 200 \text{ s}; t_b = 60 \text{ s}$$

Tab. 4/10: Meßergebnisse für die Standardgeometrie "Rohrleitungen"

#### 4.6.2 Bauschutt

Der beim Abbau von kerntechnischen Anlagen anfallende Bauschutt wird, sofern er nicht durch eine Direktmessung der Wiederverwertung zugeführt werden kann, größtenteils in R-200-Fässer abgefüllt. Um spätere Freigabemessungen an derart verpackten Reststoffen durchführen zu können, wurde eine entsprechende Standardgeometrie erstellt. Anstelle von Bauschutt wurde ein R-200-Faß mit Beton der Dichte 2,5 g/cm<sup>3</sup> verfüllt. Zur Positionierung der Referenzstrahler (Cs-137 und Co-60) an verschiedenen Positionen wurden 9 Plastikrohre (senkrecht im Faß) zur Unterbringung der Referenzstrahler mit eingegossen. Analog zur Meßgeometrie "Rohrleitungen" wurden auch für die Meßgeometrie "Bauschutt" zwei Kalibrierfaktoren für "Punktstrahler" in Meßgutmitte und "Schicht" ermittelt. Die Ermittlung der Kalibrierfaktoren erfolgte in gleicher Weise wie für die Meßgeometrie "Rohrleitung". Die Ergebnisse sind in Tab. 4/11 dargestellt.

Geometrie/Bauschutt	Referenzstrahler	
	Cs-137	Co-60
1) KF integral [Bq/s <sup>-1</sup> ], "Punktstrahler"	390	50
1) KF integral [Bq/s <sup>-1</sup> ], "Schicht"	39	12
2) NWG integral [Bq], "Punktstrahler"	14300	1830
2) NWG integral [Bq], "Schicht"	1430	440

KF Kalibrierfaktor      NWG Nachweisgrenze  
 1) Summe der Kalibrierfaktoren aller Plastiksintillationsdetektoren  
 2) Berechnet in Anlehnung an DIN 25482 Teil 1 mit  
 $R_0 = 5700 \text{ s}^{-1}$ ,  $K_{1-\alpha} = K_{1-\beta} = 1,65$ ;  $t_0 = 200 \text{ s}$ ;  $t_b = 60 \text{ s}$

Tab. 4/11: Meßergebnisse für die Standardgeometrie "Bauschutt"

#### 4.6.3 Elektrokabel

Die beim Abbau von kerntechnischen Anlagen anfallenden Elektrokabel sind sehr unterschiedlich hinsichtlich ihrer Form und Zusammensetzung, d. h. Kupferanteil in Isolierung, Kupfer massiv oder Litze, in Stücke geschnitten oder gerollt usw. Da es in diesem Fall beliebig schwierig ist, eine sogenannte Standardgeometrie zu entwickeln, wurde, gerade auch im Hinblick auf die spätere Wiederverwertung, wurde eine Meßgeometrie erstellt, in welcher das Kabelmaterial in geschredderter Form in ein Rungengestell abgefüllt wurde. Zur Positionierung der Referenzstrahler (Cs-137 und Co-60) wurden während der Herstellung der Meßgeometrie neun Plastikrohre in Längsrichtung in das Rungengestell eingebracht. Die Ermittlung der beiden Kalibrierfaktoren erfolgte analog zu den Meßgeometrien "Rohrleitungen" bzw. "Bauschutt". Die Meßergebnisse sind in Tab. 4/12 dargestellt.

<sup>3)</sup> Geometrie/Elektrokabel	Referenzstrahler	
	Cs-137	Co-60
1) KF integral [Bq/s <sup>-1</sup> ], "Punktstrahler"	60	12
1) KF integral [Bq/s <sup>-1</sup> ], "Schicht"	28	12
2) NWG integral [Bq], "Punktstrahler"	1790	357
2) NWG integral [Bq], "Schicht"	834	357

KF Kalibrierfaktor      NWG Nachweisgrenze  
 1) Summe der Kalibrierfaktoren aller Plastiksintillationsdetektoren  
 2) Berechnet in Anlehnung an DIN 25482 Teil 1 mit  
 $R_0 = 3760 \text{ s}^{-1}$ ,  $K_{1-\alpha} = K_{1-\beta} = 1,65$ ;  $t_0 = 200 \text{ s}$ ;  $t_b = 60 \text{ s}$   
 3) Schüttdichte ca.  $0,8 \text{ g/cm}^3$

Tab. 4/12: Meßergebnisse für die Standardgeometrie "Elektrokabel"



#### 4.6.4 Isolierwolle/Glaswolle

Bei der Erstellung einer Standardmeßgeometrie für Isolierwolle wurde davon ausgegangen, daß das Meßgut bei Abbau in 200-l-Foliensäcke verpackt wird, entsprechend wurde eine Standardmeßgeometrie erstellt. Da eine Positionierung der Referenzstrahler in verschiedenen Schichttiefen nicht möglich war, wurde die Kalibrierung nur für den Punktstrahler in Meßgutmitte durchgeführt. Die Tab. 4/13 zeigt die Meßergebnisse für die Standardgeometrien "Isolierwolle".

3) Geometrie/Isolierwolle	Referenzstrahler	
	Cs-137	Co-60
1) KF integral [Bq/s <sup>-1</sup> ]	15	6
2) NWG [Bq]	490	200

KF Kalibrierfaktor      NWG Nachweisgrenze

1) Summe der Kalibrierfaktoren aller Plastikszintillationsdetektoren

2) Berechnet in Anlehnung an DIN 25482 Teil 1 mit

$R_0 = 4600 \text{ s}^{-1}$ ,  $K_{1-\alpha} = K_{1-\beta} = 1,65$ ;  $t_0 = 200 \text{ s}$ ;  $t_b = 60 \text{ s}$

3) Material nicht gepreßt, Dichte  $0,1 \text{ g/cm}^3$

Tab. 4/13: Meßergebnisse für die Standardgeometrie "Isolierwolle"

#### 4.7 Dichtheitsprüfungen

K. Burkhard

Im Berichtsjahr 1993 hat die Abteilung Dichtheitsprüfungen an umschlossenen Strahlern, die sich im Besitz des KfK GmbH befinden, 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 25 426 T4. 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 Prüf Fristen bei der Aufsichtsbehörde beantragt werden. Hierzu ist ein entsprechendes Gutachten der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt erforderlich. Als Prüfverfahren werden für  $\beta$ -Strahler die Wischprüfung, für  $\alpha$ -, n- und niederenergetische  $\beta$ -Strahler die Tauchprüfung angewandt. Die Auswertung von Wischproben geschieht im Proportionalzähler oder  $\gamma$ -spektrometrisch. Die Flüssigkeitsproben werden entweder  $\gamma$ -spektrometrisch oder durch Flüssig-Szintillationsmeßtechnik ausgewertet. Der Strahler gilt als dicht, wenn die abgewischte oder gelöste Aktivität  $\leq 200 \text{ Bq}$  ist. Kann die Wischprüfung nur an einer Ersatzfläche durchgeführt werden, so gilt der Strahler nur dann als dicht, wenn die abgewischte Aktivität  $\leq 20 \text{ Bq}$  ist. Die Anzahl der geprüften Strahler ist in Tab. 4/14 nach Nuklid und Institution sortiert aufgeführt. Im Berichtsjahr wurde kein undichter Strahler gefunden.

	Am-241	Cs-137	Sr-90	Cf-252	Ra-226	Co-60	Np-237	Fe-55	Ni-63	Cd-109	Sm-151	Pu-238	Ba-133	Pm-147	Pb-210	Ges.
HS-D	5	14	11	2		2								1		35
FTU	2	4	3	7	1	1				2					1	21
IK III	6				5		3					1				15
IHCh	6	1					1				1					9
IK I	5		1					2								8
INR	4			3												7
HDB		1				1			2				1			5
IGEN			2		1	2										5
IRS		3														3
HZY			1		1											2
LIT	2															2
HS-Ü				1												1
HVT-HZ		1														1
INFP											1					1
LAFI	1															1
KfK	31	24	18	13	8	6	4	2	2	2	2	1	1	1	1	116

Tab. 4/14: Anzahl der im Jahr 1993 durchgeführten Dichtheitsprüfungen an umschlossenen Strahlern

#### 4.8 Strahlenpaßstelle

##### F. Stelzig

Im Jahre 1993 hatten 150 von 242 Fremdfirmen mit gültigem Abgrenzungsvertrag Mitarbeiter in Kontrollbereichen der KfK angemeldet. 848 Anmeldungen wurden insgesamt durchgeführt, wovon 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 614 Abmeldungen durchgeführt. 1 123 Strahlenpässe wurden zur Aktualisierung kurzfristig an Fremdfirmen ausgegeben. In neue Strahlenpässe wurden 7 900 Eintragungen vorgenommen. Insgesamt sind jetzt 1 274 Fremdfirmenmitarbeiter in der Datei erfaßt.

#### 4.9 Vergleich von Messungen mit stationären und personengetragenen Luftstaubsammlern

##### H. Dilger

Für die Messungen der Aktivitätskonzentration in der Atemluft gibt es prinzipiell zwei Methoden: stationäre Luftstaubsammler (SLS), die repräsentativ für einen Raum bzw. Arbeitsplatz messen, und personengetragene Luftstaubsammler (PLS), die repräsentativ für die betreffende Person messen.

Das Meßverfahren für die Abschätzung der Aktivitätszufuhr mit stationären Luftstaubsammlern ist in Abschnitt 4.1.3 beschrieben. Dieses Verfahren enthält einige konservative Annahmen:

- Es wird immer die höchste Aktivitätskonzentration zur Berechnung verwendet, obwohl nicht alle Personen dieser Konzentration ausgesetzt waren.
- Es wird immer eine Einsatzzeit von 8 h pro Tag vorausgesetzt, obwohl diese deutlich geringer ist.
- Die errechneten Zufuhren werden allen in der Anlage beschäftigten Personen zugeordnet, ohne Berücksichtigung von Abwesenheitszeiten.

Mit diesen konservativen Annahmen sollen eventuell auftretende Inhalationen bei Personenkontaminationen, insbesondere beim Ablegen der Schutzkleidung ausgeglichen werden.

Um beurteilen zu können, wie konservativ diese Annahmen sind, wurden in einigen Versuchen PLS zum Vergleich zu den SLS eingesetzt. Bei PLS handelt es sich um ein Sammelgerät, wie es für die konventionelle Staubmessung verwendet wird. Der Motor des Gerätes hat ein Gewicht von 0,9 kg. Es arbeitet mit einem Volumenstrom von 0,2 m<sup>3</sup>/h und einer Ansauggeschwindigkeit am Sammelkopf von 1,25 m/s. Der Filterträger ist mit Glasfaserfiltern von demselben Typ wie bei den SLS ausgerüstet, der Filterdurchmesser beträgt 37 mm. Die Filter wurden nach einem Durchsatz von 1 bis 2 m<sup>3</sup> ausgewertet. Die PLS wurden nur getragen, sofern kein Atemschutz vorgeschrieben war. Die Auswertung auf  $\alpha$ -Aktivität und  $\beta$ -Aktivität wurde in einem Wischprobenmeßplatz mit 100 Minuten Meßzeit nach einer Zeitverzögerung von mindestens einer Woche vorgenommen. In Tab. 4.15 sind die Betriebe, Arbeitsweisen, mittleren täglichen Einsatzzeiten, aus den Messungen berechneten Aktivitätszufuhren der PLS und der SLS sowie die Verhältniszahl der Aktivitäten angegeben. Dabei wurden einzelne Arbeitsweisen und Arbeitsplätze wiederholt untersucht.

In der Anlage Deko-flüssig lag die Einsatzzeit ohne Atemschutz pro Tag bei den einzelnen Meßreihen nur zwischen 36 Minuten und 113 Minuten. Ein Vergleich der errechneten Aktivitätszufuhren zeigt, daß sich aus den Daten der SLS unter Zugrundelegung eines achtstündigen Arbeitstages immer ein größerer Wert als bei der PLS ergibt. Die Werte der SLS sind um den Faktor 1,1 bis 16 größer als die PLS-Werte, im Mittel etwa um den Faktor 6.

Betrieb	Arbeitsweise / Arbeitsplatz	mittlere tägliche Einsatzzeit der PLS in h/d	Berechnete Aktivitätszufuhren		SLS
			PLS in Bq	SLS in Bq	PLS
Deko-flüssig Geb. 545/55	Deko-Routine	0,6	0,26	0,41	1,6
	StrlSch-Routine	1,9	0,40	0,44	1,1
	StrlSch-Routine	0,6	0,050	0,78	16
	StrlSch-Routine	0,6	0,072	0,89	12
	Montagearbeiten	1,6	0,072	0,12	1,7
Deko-fest Geb. 548	Betr.Überw. Große Box	4,5	1,7	0,47	0,28
	StrlSch-Routine gelb	3,6	0,060	0,64	11
	StrlSch-Routine gelb	4,0	0,12	0,98	8,2
	KAH-Zerkleinerung	3,7	0,41	0,69	1,7
	KAH "S"	4,1	0,026	0,15	5,8
	Betr.Überw. Große Box	3,5	0,16	0,14	0,88
Verbrennung Geb. 536	Elektroarbeiten	5,1	0,32	0,36	1,1
	β-Ofen	3,7	0,15	0,29	1,9
	StrlSch-Routine	2,3	0,25	0,77	3,1

Tab. 4/15: Vergleichsdaten von personengetragenen (PLS) und stationären (SLS) Luftstaubsammlern in verschiedenen Betrieben der HDB

In der Anlage Deko-fest lag die Einsatzzeit ohne Atemschutz pro Tag bei den einzelnen Meßreihen nur zwischen 3,5 und 4,5 Stunden. Ein Vergleich der errechneten Aktivitätszufuhren zeigt, daß bis auf den Arbeitsplatz "Betriebsüberwachung Große Box" für alle Arbeitsweisen bzw. Arbeitsplätze mit den SLS höhere Werte erreicht werden als mit den PLS. Eine eingehende Untersuchung zeigte, daß an diesem Arbeitsplatz eine lokale Luftströmung aus der Großen Box heraus herrschte, die nicht voll vom SLS erfaßt wurde. Zur Abhilfe wurde die Strömung vom Arbeitsplatz weggerichtet. In der Anlage Verbrennung lag die Einsatzzeit ohne Atemschutz pro Tag bei den einzelnen Meßreihen zwischen 2,3 und 5,1 Stunden. Ein Vergleich der errechneten Aktivitätszufuhren zeigt, daß für alle Arbeitsweisen bzw. Arbeitsplätze mit den SLS höhere Werte erreicht werden als mit den PLS. Die vorliegenden Untersuchungen zeigen, daß die Berechnung der Aktivitätszufuhr aus stationären Luftstaubsammlern in der Regel konservativ ist, daß aber ein Sonderfall nicht auszuschließen ist. Eine Differenzierung nach Arbeitsweisen ist aufgrund der geringen Versuchszahl nicht möglich.

## 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 Kernforschungszentrums 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 Kernforschungszentrums 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 KfK GmbH anfallenden Proben bei HS/US gemessen. Struktur, Umfang und Ergebnisse der routinemäßigen Abluftüberwachung sowie die Ergebnisse der Dosisberechnungen für die Umgebung des KfK auf der Grundlage der bilanzierten Ableitungen werden in Kap. 5.1 dargestellt.

Die Überwachung des Radioaktivitätsgehaltes aller im KfK 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 den Umfang und die Ergebnisse der routinemäßigen Abwasserüberwachung und eine Abschätzung der Strahlenexposition an den ungünstigsten Einwirkungsstellen der mit dem Abwasser abgeleiteten radioaktiven Stoffe in der Umgebung des KfK 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 spektroskopischen und 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 aktualisierten „Grundsätzen für die Ableitung radioaktiver Stoffe mit der Fortluft aus dem KfK (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 KfK 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 Kernforschungszentrums 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 Einzelnuklide unterschieden:

A <sub>AK</sub>	Aerosole mit kurzlebiger $\alpha$ -Aktivität (Halbwertszeit kleiner als 8 Tage)
A <sub>AL</sub>	Aerosole mit langlebiger $\alpha$ -Aktivität (Halbwertszeit größer als 8 Tage)
A <sub>BK</sub>	Aerosole mit kurzlebiger $\beta$ -Aktivität (Halbwertszeit kleiner als 8 Tage)
A <sub>BL</sub>	Aerosole mit langlebiger $\beta$ -Aktivität (Halbwertszeit größer als 8 Tage)
E	Radioaktive Edelgase
G <sub>K</sub>	Kurzlebige radioaktive Aktivierungsgase
I	Radioaktive Iodisotope
H-3	Tritium
C-14	Radioaktiver Kohlenstoff

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 38 Emittenten (vgl. Lageplan Abb. 5/1) gehören 34 zum KfK 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 der Kontrollbereiche konnte am Ende des Berichtsjahres die Fortluftüberwachung für TEKO, Geb. 630, und IRCh, Geb. 321, entfallen.

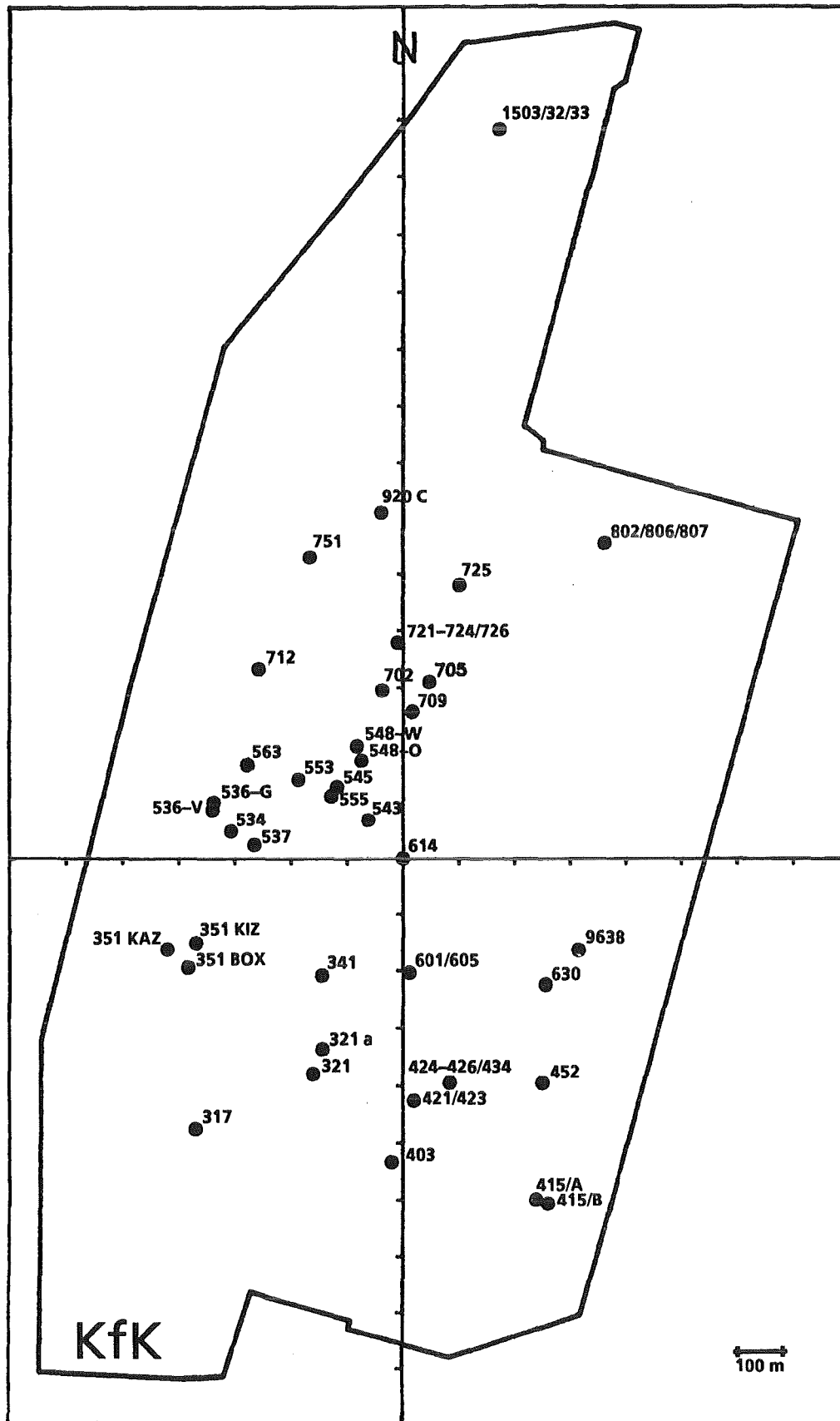


Abb. 5/1: Lageplan der Emittenten des KfK mit Angabe der Gebäudenummern

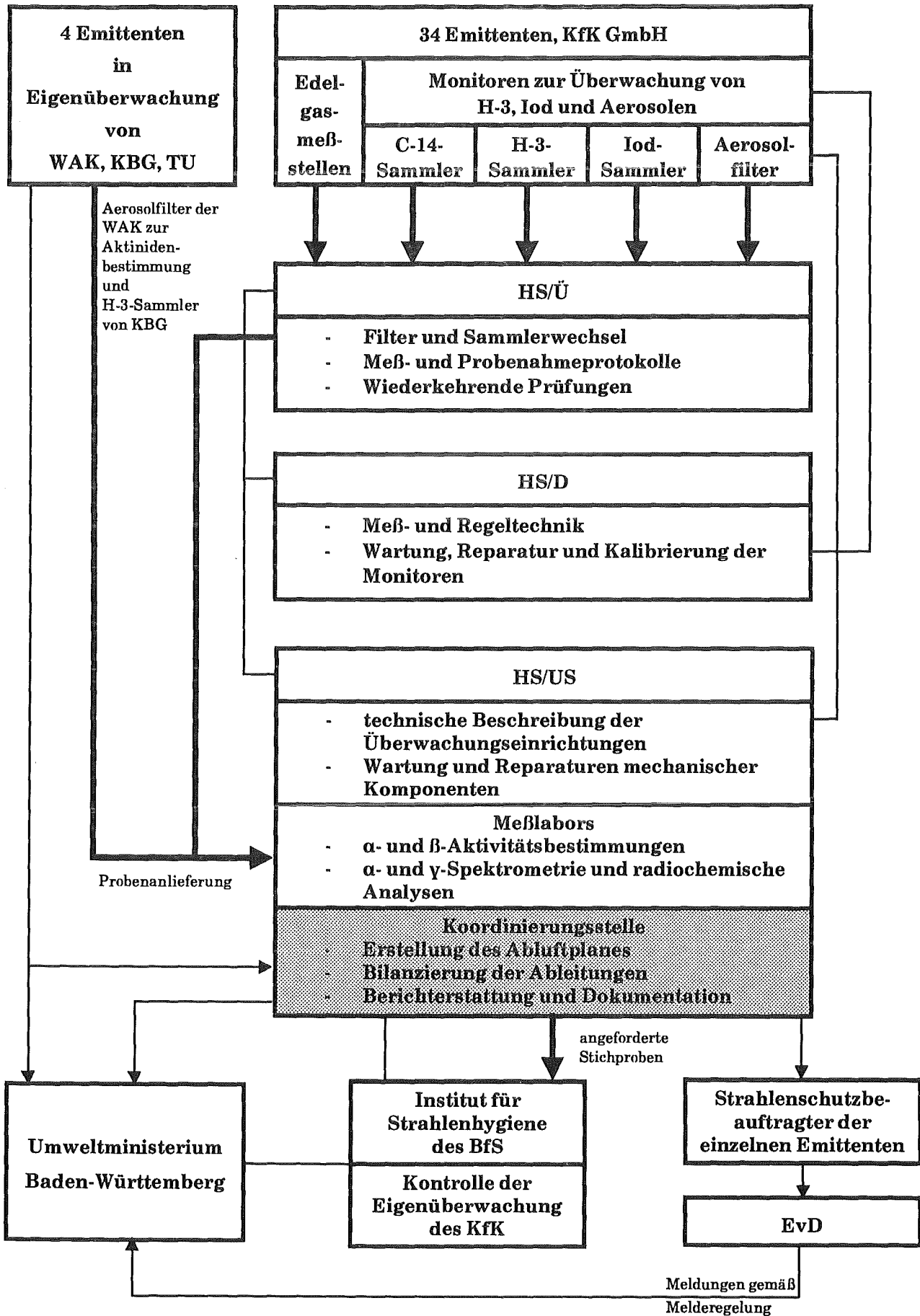


Abb. 5/2: Schematische Darstellung der Fortluftüberwachung im KfK

— Proben und Meßprotokolle      — Kommunikationswege und Berichterstattung



Die Fortluftüberwachung der Anlagen im Kernforschungszentrum Karlsruhe, die nicht von KfK 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 KfK 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 1993

B. Messerschmidt, H. Wilker, A. Wicke, D. Papadopoulos

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. 1993 waren insgesamt rund 3800 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 Nachweisgrenze lagen. Die Bilanzierungswerte für radioaktive Aerosole werden durch Messung der Gesamt- $\alpha$ - bzw. Gesamt- $\beta$ -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 Schilddrüsens dosis 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 KfK, geordnet nach aufsteigenden Gebäudenummern und den jeweils zu berücksichtigenden Nukliden und Nuklidgruppen, die 1993 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 1993		Bilanzierte Ableitungen 1993	Bilanzierte Ableitungen 1992	Effektivdosis am Immissions- maximum des Emittenten 1993 µSv
		Bq/Woche	Bq/a	Bq	Bq	
IGEN Geb. 317 14 m	AAL		1,0 E05	6,3 E02	3,2 E02	< 0,01
	ABL		1,0 E06	6,9 E04	4,6 E04	
	I-125		7,0 E06	-	6,1 E05	
IRCh Geb. 321 16 m	AAL		1,0 E05	1,2E03	1,3 E03	< 0,01
	ABL		2,0 E07	2,7E04	2,5 E04	
	H-3		4,0 E12	2,1E10	4,8 E10	
IRCh Geb. 321a 15 m	AAL	1,0 E04	2,0 E05	7,2E03	1,3 E03	< 0,01
	ABL	1,0 E07	2,0 E08	5,0E04	3,2 E04	
	E	2,0 E12	4,0 E13	5,1E10	6,0 E10	
	H-3	4,0 E11	8,0 E12	1,8E09	9,9 E08	
IRCh Geb. 341 15 m	AAL		1,0 E05	1,5E03	1,5 E03	< 0,01
	ABL		1,0 E07	3,5E04	2,7 E05	
HZY (KIZ) Geb. 351 36 m	ABK		5,0 E09	-	-	0,07
	ABL		5,0 E07	2,2 E05	8,9 E04	
	E + GK		1,0 E13	9,7 E11	1,5 E12	
	I-123		1,0 E10	-	-	
	I-126		5,0 E06	-	-	
HZY (KAZ) Geb. 351 15 m	ABK	5,0 E08	1,0 E10	2,1 E05	5,7 E05	0,14
	ABL	5,0 E06	1,0 E08	1,3 E05	1,0 E05	
	E + GK	5,0 E12	1,0 E14	1,4 E12	2,8 E12	
	I-121	-	-	-	5,4 E08	
	I-123	5,0 E08	1,0 E10	1,8 E08	2,4 E08	
	I-125	4,0 E05	8,0 E06	1,4 E05	2,1 E05	
	I-126	3,0 E05	6,0 E06	-	-	
HZY (Boxen- abluft) Geb. 351 11 m	ABK		1,0 E10	-	-	< 0,01
	ABL		1,0 E08	5,0 E03	1,8 E03	
	I-123		2,0 E09	-	5,5 E01	
	I-125		2,0 E06	-	-	
	I-126		1,0 E06	-	-	
LIT Geb. 403 10 m	ABK		1,0 E09	-	-	< 0,01
	ABL		1,0 E08	1,4 E03	2,2 E03	
LAF II Geb. 415 A 8 m	I-131	2,5 E05	5,0 E06	3,5 E03	4,7 E03	< 0,01
LAF II Geb. 415 B 10 m	I-131	2,5 E05	5,0 E06	5,0 E04	4,8 E04	< 0,01
INR Geb. 421/423 5 m	E + GK		2,0 E10	1,0 E08	5,0 E09	< 0,01
	H-3		2,0 E12	1,0 E11	7,7 E10	

Tab. 5/1: Ableitungen radioaktiver Stoffe der einzelnen Emittenten des KfK in die Atmosphäre in den Jahren 1993 und 1992

Emittent Geb.-Nr. Emissions- höhe	Nuklid/ Nuklid- gruppe	Zulässige Ableitungen gem. Abluftplan 1993		Bilanzierte Ableitungen 1993  Bq	Bilanzierte Ableitungen 1992  Bq	Effektivdosis am Immissions- maximum des Emittenten 1993 $\mu$ Sv
		Bq/Woche	Bq/a			
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	-	-	-
HDB Geb. 534 8 m	AAL ABL H-3 I-125 I-129 I-131		4,0 E04 4,0 E07 8,0 E10 1,0 E05 1,0 E05 1,0 E05	2,5 E02 1,3 E05 2,4 E09 - 1,9 E04 -	1,3 E02 5,6 E04 3,6 E09 - 3,3 E04 -	< 0,01
HDB Geb. 536 (Verbren- nungsanlage) 70 m	AAL ABL H-3 C-14 I-125 I-129 I-131	2,0 E06 6,0 E08 1,0 E12 2,0 E10 1,5 E07 5,0 E06 2,0 E07	4,0 E07 1,2 E10 2,0 E13 4,0 E11 3,0 E08 1,0 E08 4,0 E08	8,2 E05 1,3 E07 5,0 E12 6,3 E10 2,6 E07 1,5 E07 4,1 E03	7,9 E06 2,0 E08 1,6 E12 3,9 E10 8,6 E06 4,3 E06 3,1 E04	0,63
HDB Geb. 536 (Gebäude- abluft) 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 E04 1,0 E06	1,7 E03 3,9 E05 7,3 E08 - 3,4 E03 -	9,1 E02 2,7 E04 - - 9,1 E03 -	< 0,01
HDB LfU-Lager Geb. 537 16,5 m	H-3		1,0 E11	2,8 E09	1,7 E09	< 0,01
HDB Geb. 543 8 m	AAL ABL H-3 I-129 I-131		4,0 E05 4,0 E07 1,0 E10 1,0 E04 -	3,3 E03 5,1 E04 2,0 E08 1,7 E02 -	5,9 E03 2,0 E05 1,9 E07 - 6,4 E01	< 0,01
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 5,0 E08 2,5 E06 1,5 E05 3,0 E06	1,0 E06 5,0 E08 2,0 E12 1,0 E10 5,0 E07 3,0 E06 6,0 E07	3,1 E03 2,0 E06 2,4 E10 4,5 E09 5,8 E04 2,6 E05 -	3,3 E03 3,3 E05 6,0 E09 - - 5,9 E05 -	0,37

Tab. 5/1: Fortsetzung

Emittent Geb.-Nr. Emissions- höhe	Nuklid/ Nuklid- gruppe	Zulässige Ableitungen gem. Abluftplan 1993		Bilanzierte Ableitungen 1993	Bilanzierte Ableitungen 1992	Effektivdosis am Immissions- maximum des Emittenten 1993 µSv
		Bq/Woche	Bq/a	Bq	Bq	
HDB Geb. 548 Ost und INE, Geb. 547 15 m	AAL	6,0 E04	1,2 E06	2,8 E04	1,2 E05	0,01
	ABL	1,0 E07	2,0 E08	2,5 E05	1,6 E05	
	H-3	1,0 E11	2,0 E12	6,7 E10	-	
	I-125	1,0 E06	2,0 E07	-	-	
	I-129	5,0 E04	1,0 E06	1,8 E04	4,5 E03	
	I-131	1,0 E06	2,0 E07	-	-	
HDB Geb. 548 West 15 m	AAL	6,0 E04	1,2 E06	2,2 E04	1,6 E05	0,01
	ABL	1,0 E07	2,0 E08	2,9 E05	2,3 E05	
	H-3	1,0 E12	2,0 E13	4,1 E10	1,0 E11	
	I-125	1,0 E06	2,0 E07	-	-	
	I-129	1,5 E05	3,0 E06	8,6 E05	4,3 E05	
	I-131	1,0 E06	2,0 E07	-	-	
HDB LAW-Lager Geb. 553 8,5 m	AAL		1,0 E05	2,8 E03	3,0 E03	< 0,01
	ABL		1,0 E07	3,6 E05	1,5 E05	
	H-3		1,0 E11	1,0 E10	1,8 E10	
	I-129		5,0 E04	-	-	
HDB Geb. 555 19 m	AAL	5,0 E04	1,0 E06	3,3 E02	6,8 E02	< 0,01
	ABL	2,5 E07	5,0 E08	8,1 E04	2,9 E04	
	H-3	1,0 E11	2,0 E12	5,7 E09	7,1 E08	
	I-129	1,5 E05	3,0 E06	1,1 E05	2,5 E05	
	I-131	2,5 E06	5,0 E07	-	-	
HDB Geb. 563 14 m	AAL		1,0 E06	9,9 E02	-	< 0,01
	ABL		1,0 E07	1,6 E05	9,1 E04	
	H-3		8,0 E11	-	1,4 E08	
HIT Geb. 601/605 22 m	AAK		6,0 E08	-	4,0 E06	< 0,01
	AAL		8,0 E05	1,0 E03	5,1 E02	
	ABL		3,0 E06	5,1 E04	4,2 E04	
	H-3		1,0 E08	5,0 E06	2,0 E04	
PBA/FR2 Geb. 614 99 m	AAL		1,0 E06	6,0 E02	4,1 E02	< 0,01
	ABL		1,0 E08	1,6 E05	4,4 E04	
	H-3		1,0 E11	6,6 E09	1,0 E10	
	I-129		1,0 E05	-	-	
TEKO Geb. 630 22,5 m	AAL		5,0 E05	-	-	-
HVT/HZ Geb. 702 60 m	AAL	1,0 E06	2,0 E07	1,3 E03	2,2 E03	< 0,01
	ABL	4,0 E08	8,0 E09	1,6 E06	1,4 E06	
	E	2,0 E12	4,0 E13	2,2 E12	3,0 E12	
	H-3	5,0 E11	1,0 E13	1,8 E11	3,5 E11	
	I-129	4,0 E05	8,0 E06	2,0 E05	7,7 E04	
	I-131	1,0 E07	2,0 E08	-	-	
HDB- Wäscherei Geb. 705 5,5 m	AAL		1,0 E06	2,8 E03	2,3 E03	< 0,01
	ABL		1,0 E08	6,0 E04	4,5 E04	

Tab. 5/1: Fortsetzung

Emittent Geb.-Nr. Emissions- höhe	Nuklid/ Nuklid- gruppe	Zulässige Ableitungen gem. Abluftplan 1993		Bilanzierte Ableitungen 1993	Bilanzierte Ableitungen 1992	Effektivdosis am Immissions- maximum des Emittenten 1993 µSv
		Bq/Woche	Bq/a	Bq	Bq	
HVT/HZ Geb. 709 60 m	AAL	1,5 E05	3,0 E06	2,0 E03	1,9 E03	< 0,01
	ABL	2,0 E07	4,0 E08	3,8 E05	1,5 E05	
	H-3	5,0 E11	1,0 E13	3,8 E11	7,2 E11	
INE Geb. 712 60 m	AAL	5,0 E04	1,0 E06	1,6 E03	1,1 E03	< 0,01
	ABL	5,0 E06	1,0 E08	2,0 E05	8,9 E04	
	H-3	5,0 E07	1,0 E09	-	-	
	E	2,0 E06	4,0 E07	-	-	
	I-125	1,0 E06	2,0 E07	-	-	
	I-126	1,0 E06	2,0 E07	-	-	
	I-129	5,0 E04	1,0 E06	-	-	
	I-131	1,5 E06	3,0 E07	-	-	
IHCh Geb. 721- 724/726 60 m	AAL		3,0 E06	3,7 E03	4,9 E03	< 0,01
	ABL		3,0 E08	3,1 E05	1,4 E05	
	E		8,0 E12	8,0 E09	-	
	H-3		2,0 E11	-	-	
	C-14		4,0 E09	4,0 E06	-	
	I-129		3,0 E06	1,7 E05	1,8 E05	
	I-131		5,0 E07	-	-	
IHCh Geb. 725 10 m	AAL		1,0 E05	1,2 E03	8,5 E02	< 0,01
	ABL		1,0 E07	1,5 E05	6,9 E04	
	E		1,0 E11	1,0 E08	-	
	H-3		4,0 E09	-	-	
	C-14		4,0 E08	4,0 E05	-	
	I-123		1,0 E09	-	-	
	I-131		1,0 E06	-	-	
KBG/KNK Geb. 751 99 m	AAL	2,8 E05	1,1 E07	-	-	0,03
	ABL	1,4 E08	5,6 E09	8,4 E04	7,8 E04	
	E	9,3 E12	1,5 E14	6,4 E10	1,5 E11	
	H-3	2,0 E11	4,0 E12	5,8 E10	1,1 E11	
	I-129	4,6 E05	1,8 E07	-	-	
	I-131	9,3 E06	3,7 E08	-	-	
TU Geb. 802, 806, 807 50 m	AAK	1,6 E10	3,2 E11	-	-	< 0,01
	AAL	5,0 E04	1,0 E06	2,7 E03	1,5 E03	
	ABL	2,0 E07	4,0 E08	2,5 E05	2,3 E05	
	E	2,0 E12	4,0 E13	-	-	
	C-14	1,0 E09	2,0 E10	-	-	
	I-129	5,0 E04	1,0 E06	-	-	
	I-131	1,0 E06	2,0 E07	-	-	
KBG/MZFR Geb. 920c 99,5 m	AAL	5,0 E04	1,0 E06	-	-	0,01
	ABL	5,0 E07	1,0 E09	-	1,3 E04	
	Sr-90	-	1,0 E08	7,70 E04	1,3 E04	
	H-3	5,0 E12	1,0 E14	5,71 E12	5,8 E12	

Tab. 5/1: Fortsetzung

Emittent Geb.-Nr. Emissions- höhe	Nuklid/ Nuklid- gruppe	Zulässige Ableitungen		Bilanzierte Ableitungen 1993 Bq	Bilanzierte Ableitungen 1992 Bq	Effektivdosis am Immissions- maximum des Emittenten 1993 µSv
		Bq/Woche	Bq/a			
WAK Geb. 1503/ 1532/1533 60 m		Bq/Tag				0,13
	AAL	1,85 E06	1,85 E08	2,6 E05	2,8 E05	
	ABL	3,7 E08	3,7 E10	1,3 E07	1,9 E07	
	Pu-241	-	7,4 E09	5,4 E06	5,8 E06	
	Sr-90*	-	1,85 E09	2,3 E06	4,0 E06	
	E	1,0 E10	1,0 E12	-	-	
	H-3	1,85 E11	1,85 E13	1,1 E11	1,8 E11	
	I-129	2,4 E06	2,4 E08	6,5 E06	8,7 E06	
I-131	1,48 E07	1,48 E09	4,7 E06	4,5 E06		
HS/US Geb. 9638 10 m	H-3		4,0 E11	4,7 E07	5,3 E07	< 0,01

\* Ableitungswerte sind in A<sub>BL</sub> enthalten. Die bilanzierten Ableitungen für Pu-241 wurden aus den Ableitungen von A<sub>AL</sub> errechnet

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<sub>BL</sub> 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. 5.4.3).

### 5.1.2 Ableitung nichtradioaktiver Stoffe mit der Fortluft 1993

H. Wilker, B. Messerschmidt

KfK 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 Laboratorium für Isotopentechnik betrieben.
- Das Heizwerk des KfK, 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 dem Berichtersteller 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, SO<sub>2</sub> 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. In diesem Zusammenhang wurden die Abgasleitungen der einzelnen Verbrennungssysteme getrennt und eine zweite Emissionsüberwachungseinrichtung installiert. Seit dem 01.08.1992 werden die beiden Feststoffverbrennungsanlagen mit dieser neuen Meßeinrichtung überwacht. Die Abgase des Lösemittelverbrennungssystems werden mit der bisher vorhandenen Meßeinrichtung gemessen, bei der das vorhandene Staubmeßgerät, dessen Meßprinzip auf einer Transmissionsmessung beruhte, durch ein Streulichtmeßgerät ersetzt wurde.

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 1993.

Die Reduzierung der CO-Emission wurde durch gezielte Sauerstoffeinspeisung in den Verbrennungsprozeß erreicht. Durch Verbesserungen in der Verfahrenstechnik ist mit einer weiteren Reduzierung zu rechnen. Die gegenüber dem letzten Jahr erhöhte Staub-Emission ist auf einen geänderten Kalibrierfaktor, der sich konservativ aus der Berücksichtigung einer anderen Staubzusammensetzung beim Versagen von Filtereinheiten ergibt, zurückzuführen. Die Messung des Schadstoffes NO ist bisher nur bei der Emissionsüberwachungseinrichtung der „Feststoffsysteme“ möglich. Die andere Meßeinrichtung wird in den nächsten Jahren entsprechend nachgerüstet.

Schadstoff	Konzentrationsgrenzwert in mg/Nm <sup>3</sup>	Emissionsfracht in Mg	
		Feststoffsysteme	Lösemittelsysteme
HCl	50	0,086	0,045
SO <sub>2</sub>	100	0,12	0,13
CO	100	0,74	0,16
Staub	5	0,0073	0,0041
Gesamt-C	20	0,047	0,046
NO	-	0,74	-

Tab. 5/2: Emissionsdaten 1993 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, SO<sub>2</sub> 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 1993	O <sub>2</sub> Vol.-%	Gemessene Schadstoffkonzentrationen									
		bei unterschiedlichen O <sub>2</sub> -Gehalten in mg/Nm <sup>3</sup> trocken					normiert auf einen O <sub>2</sub> -Gehalt von 17 Vol.-% in mg/Nm <sup>3</sup> trocken				
		HF	HCl	SO <sub>2</sub>	CO	Staub	HF	HCl	SO <sub>2</sub>	CO	Staub
05.07.-10.07.	13,3	< 0,2	< 2	5	15	0,44	< 0,2	< 2	3	< 10	0,23
13.09.-17.09.	11,1	< 0,2	< 2	12	16	1,32	< 0,2	< 2	5	< 10	0,53
20.09.-24.09.	12,0	< 0,2	< 2	6	14	0,44	< 0,2	< 2	3	< 10	0,20
18.10.-22.10.	12,2	< 0,2	2	9	12	1,22	< 0,2	< 2	4	< 10	0,55
25.10.-29.10.	12,4	< 0,2	< 2	9	< 10	0,83	< 0,2	< 2	4	< 10	0,39
22.11.-26.11.	11,3	< 0,2	< 2	13	< 10	2,40	< 0,2	< 2	5	< 10	0,99
29.11.-03.12.	12,6	< 0,2	< 2	10	< 10	2,50	< 0,2	< 2	5	< 10	1,19
Genehmigungswerte:							2	50	200	100	50

Tab. 5/3: Schadstoffkonzentrationen im Abgas der TAMARA 1993

### 5.1.2.3 Fernheizwerk und Blockheizkraftwerk

Das Fernheizwerk wurde 1993 während 6 353 h mit Erdgas betrieben. Aufgrund des Abschaltvertrages zur Erdgaslieferung wurde in der Summation der Betriebszeiten der einzelnen Kessel 229 h mit Heizöl „EL“ gefahren. Das Blockheizkraftwerk war insgesamt 3 781 h in Betrieb, davon 0 h mit Heizöl „EL“. Mit Beginn des Jahres wurden die behördlich festgelegten Emissionsdaten für NO<sub>x</sub> 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 <sub>x</sub>	28,3	9,9
CO	1,3	0,74

Tab. 5/4: Emissionsdaten 1993



### 5.1.3 Strahlenexposition in der Umgebung durch die mit der Fortluft abgeleiteten radioaktiven Stoffe 1993

A. Wicke, D. Papadopoulos

#### 5.1.3.1 Berechnungsgrundlagen

Die Dosisberechnung erfolgte auf der Grundlage der monatlich bilanzierten Ableitungswerte der im Jahr 1993 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“, 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 Allgemeinen Verwaltungsvorschrift 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 Aerosolableitungen 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 KfK gemessen. Windrichtung, Windgeschwindigkeit und Ausbreitungskategorie werden halbstündlich gemittelt. Ihre Häufigkeitsverteilungen werden in der Ausbreitungskategorie 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 Allgemeinen Verwaltungsvorschrift übernommen.

Die doppelte Gebäudehöhe der KfK-Institute beträgt im Mittel ca. 30 m. Unterhalb einer Emissionshöhe von 30 m wird deshalb der Gebäudeeinfluß berücksichtigt indem bei halbiertes Emissionshöhe gemäß Abschn. 4.6.2 der Allgemeinen Verwaltungsvorschrift eine Korrektur der Ausbreitungsparameter erfolgt. Oberhalb von 30 m werden die Kaminhöhen als effektive Emissionshöhen betrachtet. Die horizontalen und vertikalen Ausbreitungsparameter  $\sigma_y$  und  $\sigma_z$  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 Allgemeinen Verwaltungsvorschrift - eine azimutale Gleichverteilung nicht der Aktivitätskonzentration, sondern der Windrichtungshäufigkeit innerhalb eines Sektors angenommen. Das ist sachlich richtiger und vermeidet Sprünge an den Sektor-grenzen.

Bei der Ermittlung der Ablagerung radioaktiver Stoffe durch Trockendeposition werden die in der Allgemeinen Verwaltungsvorschrift angegebenen Depositionsgeschwindigkeiten für elementares Iod und Aerosole berücksichtigt. Bei der Berechnung der Ablagerung durch Niederschlag kommt das vereinfachte Verfahren gemäß Abschn. 4.2.2.2 der Allgemeinen Verwaltungsvorschrift zur Anwendung. Abreicherungseffekte in der Abluftfahne bleiben unberücksichtigt. Die Berechnung des Ausbreitungs- und Washoutfaktors 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  $\beta$ -Submersion, Inhalation, Ingestion und Gammabodenstrahlung sind im wesentlichen proportional zur Aktivitätskonzentration in der bodennahen Luft am betrachteten Aufpunkt. 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  $\gamma$ -Submersiondosis nicht so vorgegangen werden. Hier muß für jeden Aufpunkt die Gammadosis als Summe der Dosisbeiträge der im Raum verteilten 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 Einzelnuclide

Zur Dosisberechnung ist es erforderlich, für die in Kap. 5.1 angegebenen Nuklidgruppen Leitnuclide oder charakteristische Nuklidgemische festzulegen. Die erforderlichen anlagenspezifischen Festlegungen wurden 1993 unter Berücksichtigung der Ergebnisse einer Umfrage unter allen Anlagebetreibern und Institutionen des KfK aktualisiert.

- Nuklidgruppe  $A_{AK}$ : Aerosole mit kurzlebiger  $\alpha$ -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  $\alpha$ -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, PBA/FR2:	U-nat
IRCh, Geb. 341:	Pu-238
IRCh, Geb. 321:	Am-241
TEKO:	U-nat

Für HDB wurde ein konservatives Gemisch 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  $\beta$ -Aktivität (Halbwertszeit kleiner als 8 Tage)

Für die Ableitung kurzlebiger  $\beta$ -Aktivität wurden anlagenspezifisch folgende Leitnuklide angenommen:

HZY-KIZ:	Cl-38
HZY-KAZ und-Boxenabluft:	Rb-81
LIT:	Mn-56

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

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

IGEN:	S-35
HZY-KIZ:	Be-7
HZY-KAZ und-Boxenabluft:	Tl-201
LIT:	Fe-59

Bei Einrichtungen, die mit Kernbrennstoffen umgehen, wurde die Zusammensetzung des  $\beta$ -aktiven Spaltproduktgemisches nach KORIGEN unter Annahme eines mittleren Abbrandes von 30 000 MWd/t und einer Kühlzeit von 3 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 IHCh 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 Nuklidgemischzusammensetzung entsprechend wiederholter Analysen des LAW-Destillats festgelegt. Abweichend von den übrigen Anlagen der HDB ist hier der Anteil von  $\beta$ -Strahlern, die nicht aus dem Kernbrennstoffzyklus stammen, wie z. B. P-32, S-35 und Ca-45, relativ hoch (zusammen 66 %). Die Ableitung der Aerosole erfolgte in nitroser Form.

– Nuklidgruppe E/G<sub>K</sub>: Radioaktive Edelgase und kurzlebige Aktivierungsgase

Das Leitnuklid ist grundsätzlich Kr-85. Lediglich beim INR und KNK 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 oxidiert Form angenommen.

– C-14

Bei der Ableitung von C-14 wird radioaktiver Kohlenstoff in Form von CO<sub>2</sub> 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 KfK-Betriebsgeländes ergeben sich – aufgeschlüsselt nach den Expositionspfaden – 1993 die in Tab. 5/5 aufgeführten maximalen Beiträge zur effektiven Dosis. Die maximal zu erwartende Schilddrüsensdosis eines Kleinkindes berechnet sich zu rund 6,8  $\mu$ Sv, die eines Erwachsenen zu rund 6,9  $\mu$ Sv.

Expositionspfad	Kleinkinder	Erwachsene
Inhalation	0,04 $\mu$ Sv	0,05 $\mu$ Sv
Ingestion	1,67 $\mu$ Sv	1,06 $\mu$ Sv
Gammasubmersion	0,25 $\mu$ Sv	0,21 $\mu$ Sv
Gammabodenstrahlung	0,02 $\mu$ Sv	0,01 $\mu$ Sv
Summe über alle Expositionspfade, rund	2,0 $\mu$ Sv	1,3 $\mu$ Sv

Tab. 5/5: Maximale Strahlenexposition 1993 in der Umgebung des KfK

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 Kernforschungszentrums für Erwachsene als Summe der Dosisbeiträge aller Expositionspfade ist in Abb. 5/3 graphisch in Form von Isodosislinien dargestellt.

Expositionspfad Inhalation							
Ort	Maximale Körper-Folgedosen in $\mu\text{Sv}$ für Erwachsene durch Emissionen in 1993						
	Keimdrüsen	Brust	rotes Knochenmark	Lunge	Schilddrüse	Knochenoberfläche	Beitrag zur effektiven Dosis
Graben	-	-	-	-	-	0,01	-
Neudorf	-	-	-	-	-	0,01	-
Friedrichstal	-	-	-	-	-	0,02	-
Spöck	-	-	-	-	-	0,01	-
Neuthard	-	-	-	-	-	0,01	-
Karlsdorf	-	-	-	-	-	0,01	-
Staffort	-	-	-	-	-	0,01	-
Blankenloch	-	-	-	-	-	0,01	-
Hagsfeld	-	-	-	-	-	0,01	-
Karlsruhe (Marktplatz)	-	-	-	-	-	0,01	-
Neureut	-	-	-	-	-	0,01	-
Eggenstein	-	-	0,01	0,01	-	0,03	-
Leopoldshafen	-	-	0,01	0,03	-	0,05	0,01
Linkenheim	-	-	0,01	-	-	0,03	-
Hochstetten	-	-	-	-	-	0,02	-
Liedolsheim	-	-	-	-	-	0,01	-
Rußheim	-	-	-	-	-	0,01	-
Leimersheim	-	-	-	-	-	0,01	-
ungünstigste Einwirkungsstelle für KfK insgesamt	0,03	0,02	0,05	0,06	0,03	0,47	0,05
x/y-Koordinaten in m, bezogen auf FR2-Kamin	565/0	-565/0	565/0	565/0	-565/0	565/0	565/0
ungünstigste Einwirkungsstelle für WAK allein	-	-	0,01	-	-	0,17	0,01
x/y-Koordinaten in m, bezogen auf FR2-Kamin	420/1480	420/1480	420/1480	420/1480	420/1480	420/1480	420/1480

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

Expositionsprofil Ingestion							
Ort	Maximale Körper-Folgedosen in $\mu\text{Sv}$ für Erwachsene durch Emissionen in 1993						
	Keimdrüsen	Brust	rotes Knochenmark	Lunge	Schilddrüse	Knochenoberfläche	Beitrag zur effektiven Dosis
Graben	0,03	0,03	0,03	0,03	0,27	0,04	0,04
Neudorf	0,02	0,02	0,02	0,02	0,19	0,03	0,03
Friedrichstal	0,04	0,04	0,04	0,04	0,39	0,06	0,05
Spöck	0,02	0,02	0,02	0,02	0,20	0,03	0,03
Neuthard	0,03	0,02	0,03	0,03	0,22	0,04	0,03
Karlsdorf	0,02	0,02	0,02	0,02	0,15	0,03	0,02
Staffort	0,01	0,02	0,02	0,02	0,15	0,02	0,02
Blankenloch	0,01	0,01	0,01	0,01	0,13	0,02	0,02
Hagsfeld	0,01	0,01	0,01	0,01	0,09	0,01	0,01
Karlsruhe (Marktplatz)	0,01	0,01	0,01	0,01	0,09	0,01	0,01
Neureut	0,03	0,03	0,03	0,03	0,23	0,04	0,03
Eggenstein	0,07	0,07	0,07	0,07	0,57	0,09	0,08
Leopoldshafen	0,08	0,08	0,09	0,08	0,86	0,12	0,11
Linkenheim	0,06	0,06	0,06	0,06	0,60	0,08	0,08
Hochstetten	0,04	0,04	0,04	0,04	0,40	0,06	0,05
Liedolsheim	0,02	0,02	0,02	0,02	0,20	0,03	0,03
Rußheim	0,01	0,01	0,01	0,01	0,13	0,02	0,02
Leimersheim	0,02	0,02	0,02	0,02	0,24	0,03	0,03
ungünstigste Einwirkungsstelle für KfK insgesamt	0,88	0,87	0,90	0,87	6,62	1,13	1,06
x/y-Koordinaten in m, bezogen auf FR2-Kamin	-565/0	-565/0	-565/0	-565/0	-565/0	-565/0	-565/0
ungünstigste Einwirkungsstelle für WAK allein	0,01	0,01	0,05	0,01	2,87	0,17	0,11
x/y-Koordinaten in m, bezogen auf FR2-Kamin	420/1480	420/1480	420/1480	420/1480	420/1480	420/1480	420/1480

Tab. 5/6: Fortsetzung

Expositionspfade Gammabodenstrahlung, Gammasubmersion und Betasubmersion				alle Expositionspfade
Ort	Max. Körper-Folgedosen in $\mu\text{Sv}$ für Erwachsene durch Emissionen in 1993			Emissionen in 1993
	Beitrag der Gammaboden- strahlung zur effektiven Dosis	Beitrag der Gammasubmersion zur effektiven Dosis	Hautdosis durch Betasubmersion*	effektive Folgedosis $\mu\text{Sv}$
Graben	-	-	-	0,04
Neudorf	-	-	-	0,03
Friedrichstal	-	-	0,01	0,06
Spöck	-	-	-	0,03
Neuthard	-	-	-	0,04
Karlsdorf	-	-	-	0,03
Staffort	-	-	-	0,02
Blankenloch	-	-	-	0,02
Hagsfeld	-	-	-	0,01
Karlsruhe (Marktplatz)	-	-	-	0,01
Neureut	-	-	-	0,02
Eggenstein	-	-	0,01	0,09
Leopoldshafen	-	0,01	0,02	0,12
Linkenheim	-	-	0,01	0,08
Hochstetten	-	-	0,01	0,06
Liedolsheim	-	-	-	0,03
Rußheim	-	-	-	0,02
Leimersheim	-	-	-	0,03
ungünstigste Einwirkungsstelle für KfK insgesamt	0,01	0,21	0,58	1,33**
x/y-Koordinaten in m, bezogen auf FR2-Kamin	420/1480	-640/-370	-640/-370	
ungünstigste Einwirkungsstelle für WAK allein	0,01	-	-	0,13**
x/y-Koordinaten in m, bezogen auf FR2-Kamin	420/1480	0/1290	420/1480	

\* 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. 5/3: Effektivdosen in der Umgebung des KfK, 50-Jahre-Folgedosis aufgrund der Emissionen 1993



Insgesamt zeigen die Berechnungsergebnisse, daß die Dosisgrenzwerte des § 45 der Strahlenschutzverordnung im Jahr 1993 deutlich unterschritten wurden. Für 1993 ergibt sich eine mittlere Effektivdosis der Bevölkerung (Erwachsene) im Umkreis von 3 km bzw. 20 km um das Kernforschungszentrum Karlsruhe von 0,09 µSv bzw. 0,02 µSv. Der Berechnung wurde die folgende Beziehung zugrundegelegt, in der  $p_i$  die Einwohnerzahl und  $H_i$  die errechnete Effektivdosis am Ort  $i$  bedeutet:

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

Obwohl diese Dosisberechnung bereits die Emissionen der WAK mitberücksichtigt, wird gemäß behördlicher Auflage eine gesonderte Berechnung der Strahlenexposition der Umgebung des KfK 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 KfK aufgeführt.

#### 5.1.4 Berechnung der Strahlenexposition in der Umgebung bei hypothetischen, störfallbedingten Radioaktivitätsfreisetzungen mit der Fortluft im Rahmen atomrechtlicher Genehmigungsverfahren

A. Wicke

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 2 000 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.

Bei den Dosisberechnungen wurden die Dosisfaktoren entsprechend Bundesanzeiger 64a, 1990 benutzt. Im Berichtsjahr wurden Berechnungen auf Anforderung der jeweiligen Betreiber für folgende Fälle durchgeführt:

- KGB/KNK, Geb. 751: Aktivitätsfreisetzung durch Natrium-Brand (Nachberechnung),
- IRCh, Geb. 341: Freisetzung von Restaktivitäten bei Dekontaminationsarbeiten,
- IHCh, Geb. 721: Freisetzung von Restaktivitäten bei Brand mit Emissionsüberhöhung,
- HVT/TL, Geb. 452: Auslegungstörfälle Anlagenbrand und Erdbeben.

## 5.2 Abwasserüberwachung

K.-G. Langguth

Die Überwachung des auf dem Betriebsgelände des KfK anfallenden Abwassers hinsichtlich der Radioaktivität wird durch die Hauptabteilung Sicherheit und hinsichtlich der nichtradioaktiven Stoffe durch die Hauptabteilung Dekontaminationsbetriebe durchgeführt. Dies geschieht im Rahmen des wasserrechtlichen Erlaubnis- und Genehmigungsbescheids und der atomrechtlichen Genehmigung, die von den zuständigen Behörden des Landes Baden-Württemberg erteilt wurden.

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 KfK 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 KfK 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. 5/4). 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 KfK 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“ 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.

In Tab. 5/7 ist die Verteilung der 1993 im Chemieabwasser II der verschiedenen Institute und Betriebsstätten auf dem Betriebsgelände des KfK nachgewiesenen Aktivität wiedergegeben.

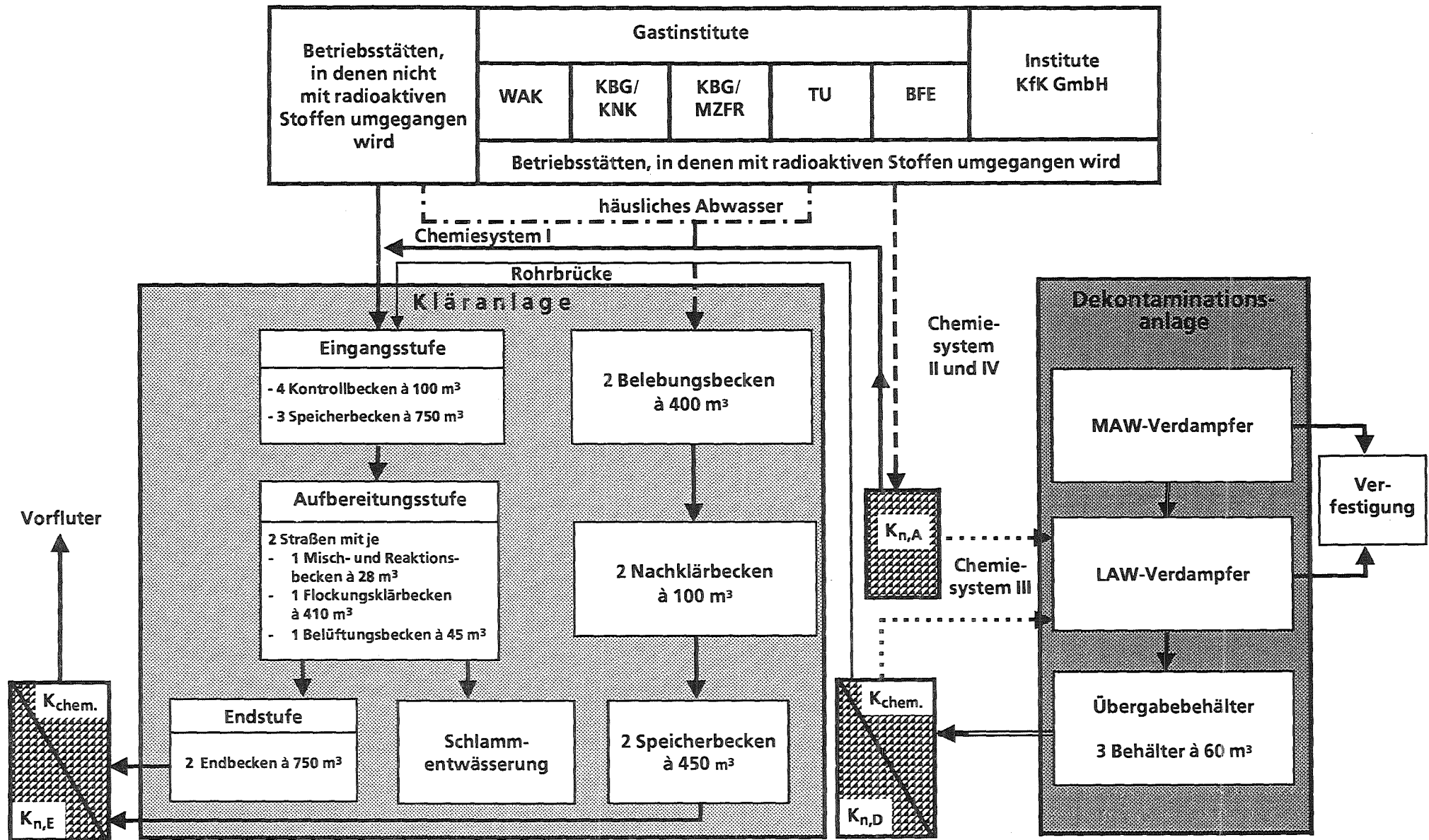


Abb. 5/4: Vereinfachtes Fließschema der Abwässer im KfK ( $K_{n,X}$ : Kontrollmessung radioaktiver Stoffe;  $K_{chem.}$ : Kontrollmessung nichtradioaktiver Stoffe).

Institut/ Betriebs- stätte	Nachgewiesene $\alpha$ -Aktivität		Nachgewiesene $\beta$ -Aktivität (ohne H-3)		Abwassermenge	
	Bq	%	Bq	%	m <sup>3</sup>	%
INE	9,1E+10	79,8	3,1E+10	21,7	530	1,3
HDB II*	1,6E+10	14,3	3,0E+10	20,7	480	1,2
TU	6,3E+09	5,5	2,5E+10	17,5	4130	10,3
MZFR**	2,6E+08	0,2	2,3E+10	15,8	127	0,3
KNK***	5,7E+07	< 0,1	3,3E+10	23,1	90	0,2
restliche Institute	2,2E+08	0,2	1,8E+09	1,2	34823	86,7
Summe	1,1E+11	100,0	1,4E+11	100,0	40180	100,0

\* Behandlung fester radioaktiver Reststoffe

\*\* Der MZFR wurde am 03.05.1984 außer Betrieb genommen

\*\*\* Die KNK wurde am 24.08.91 abgeschaltet.

Tab. 5/7: Herkunft und Anteil der 1993 im Chemieabwasser II auf dem Betriebsgelände des KfK angefallenen Aktivität

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. 5/4) und schließlich in den zwei Endbecken für Chemieabwasser mit je 750 m<sup>3</sup> 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 KfK 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. 5.2.2) mit dem Abwasser nicht überschreiten.

Die atomrechtliche Genehmigung des KfK 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 Vorschlag von HS in der neuen Genehmigung unter Anwendung der Allgemeinen Verwaltungsvorschrift zu § 45 StrlSchV nach den im folgenden beschriebenen Verfahren („Dosiskonzept“) aus den Dosisgrenzwerten des § 45 StrlSchV abgeleitet.

Für die am Standort des KfK 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. Organdosen 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 KfK 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 KfK 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 KfK wird durch Messungen behördlich beauftragter Sachverständiger kontrolliert. Aufgrund behördlicher Anordnung wird seit 1. Januar 1980 auf das KfK sinngemäß das Kontrollprogramm über die „Kontrolle der Eigenüberwachung radioaktiver Emissionen aus Kernkraftwerken“ angewandt. Danach werden durch das Bundesamt für Strahlenschutz (BfS), das als beauftragter Sachverständiger von der zuständigen Behörde beigezogen wurde, Kontrollmessungen an Wochen- und Monatsmischproben durchgeführt.

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“ durchgeführt. Tab. 5/8 gibt eine Übersicht über Herkunft, Art und Anzahl der Proben, die bearbeitet wurden, sowie über Art und Anzahl der daran durchgeführten Einzelmessungen.

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	3027	2831	2831	415	6	90	787	6960
- Endbecken	315	333	333	215	7	-	421	1309
- Endbecken (Mischproben)	64	64	64	84	-	-	-	212
Klärschlammüberwachung (Chemie- und Schmutzwasserschlamme)	52	54	54	-	-	-	-	108
Betriebliche Überwachung der Abwassereinzugssysteme	374	190	190	288	-	4	93	765
Beseitigung radioaktiver Abfälle	147	70	70	52	-	-	63	255
Betriebliche Überwachung der HVT/EA und HDB	115	42	42	107	-	-	35	226
Überwachung der Fortluft (s. Kap. 5.1.1)	1135	-	-	1135	-	-	-	1135
Aktivierungsmessungen für HS/D	157	-	-	-	157	-	-	157
Entwicklungsarbeiten	1030	-	-	1480	630	40	-	2150
Umgebungsüberwachung	559	2	2	589	-	-	3	596
Externe Aufträge	11	-	-	11	-	-	-	11
Qualitätskontrolle (Kalibrierungen, Ringversuche usw.)	1030	1636	1636	1344	112	45	516	5289
Summe 1993	8018	5222	5222	5720	912	179	1918	19173
Summe 1992	7638	6349	6349	8923	197	125	3428	25371

Tab. 5/8: Art und Anzahl der Proben sowie der 1993 in der Gruppe „Abwasserüberwachung“ durchgeführten Einzelmessungen

### 5.2.1 System zur zentralen Erfassung und Dokumentation der Meßdaten der Gruppe „Abwasserüberwachung“ mit Ankopplung an das HDB-Datensystem

Chr. Wilhelm

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

Der Aufbau des Datensystems ist in Abb. 5/5 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 (FR2) im Bereich der Abteilung Strahlenschutzüberwachung (HS/Ü), 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 KfK steuert.

Die Kenndaten der Proben zur Abwasserüberwachung (Probennummer, Bezeichnung des Probenahmeortes, Nummer des Abwasserbehälters, Probenvolumen, Probenahmedatum) werden durch das AWUS-System generiert und über ADOS an ABWADAT übertragen oder können von Hand in einen der Daten-PC eingegeben werden. Das ABWADAT-Programm erzeugt nach Erhalt der Kenndaten sofort die Datensätze in den Meßgerätedatenbanken. Die Meßergebnisse, sowie die zu ihrer Beurteilung erforderlichen Parameter werden von den Meßgeräte-PC in den entsprechenden Datenbanken abgespeichert und zusätzlich ausgedruckt. Der aktuelle Stand der Probenanalysen wird in einer übersichtlichen Tabelle vom Daten-PC angezeigt. Nach Beendigung aller notwendigen Messungen werden die Ergebnisse durch eine berechtigte Person geprüft, die zugleich anhand der Genehmigungswerte über die Art der Weiterverarbeitung des Abwassers entscheidet. Die Meßergebnisse und -parameter sowie die Entscheidung werden dann auf einem zentralen Drucker umfassend protokolliert. Via ADOS werden gleichzeitig die Analyseergebnisse und der Entscheid an AWUS übermittelt. Bei Störung dieses Übertragungsweges werden die Entscheide bezüglich der Weiterverarbeitung der Abwässer über ein zusätzliches serielles Kabel direkt an AWUS übertragen.

Für die Weiterverarbeitung bestimmter Abwässer ist zusätzlich die Einhaltung von Genehmigungswerten für nichtradioaktive Stoffe erforderlich. Diese Überprüfung wird durch das Umwelt- und Wasserlabor der HDB vorgenommen. Die Entscheide werden ebenfalls via ADOS an AWUS übermittelt.

Die Dokumentation gemäß Auflagen erfolgt in Form von Listen, die monatlich mit ABWADAT erstellt werden. Da diese Listen außer den Probenkenndaten nur noch die Meßergebnisse und die Entscheide enthalten, wird das Volumen der über 5 bzw. 30 Jahre aufzubewahrenden Ergebnisse erheblich reduziert.

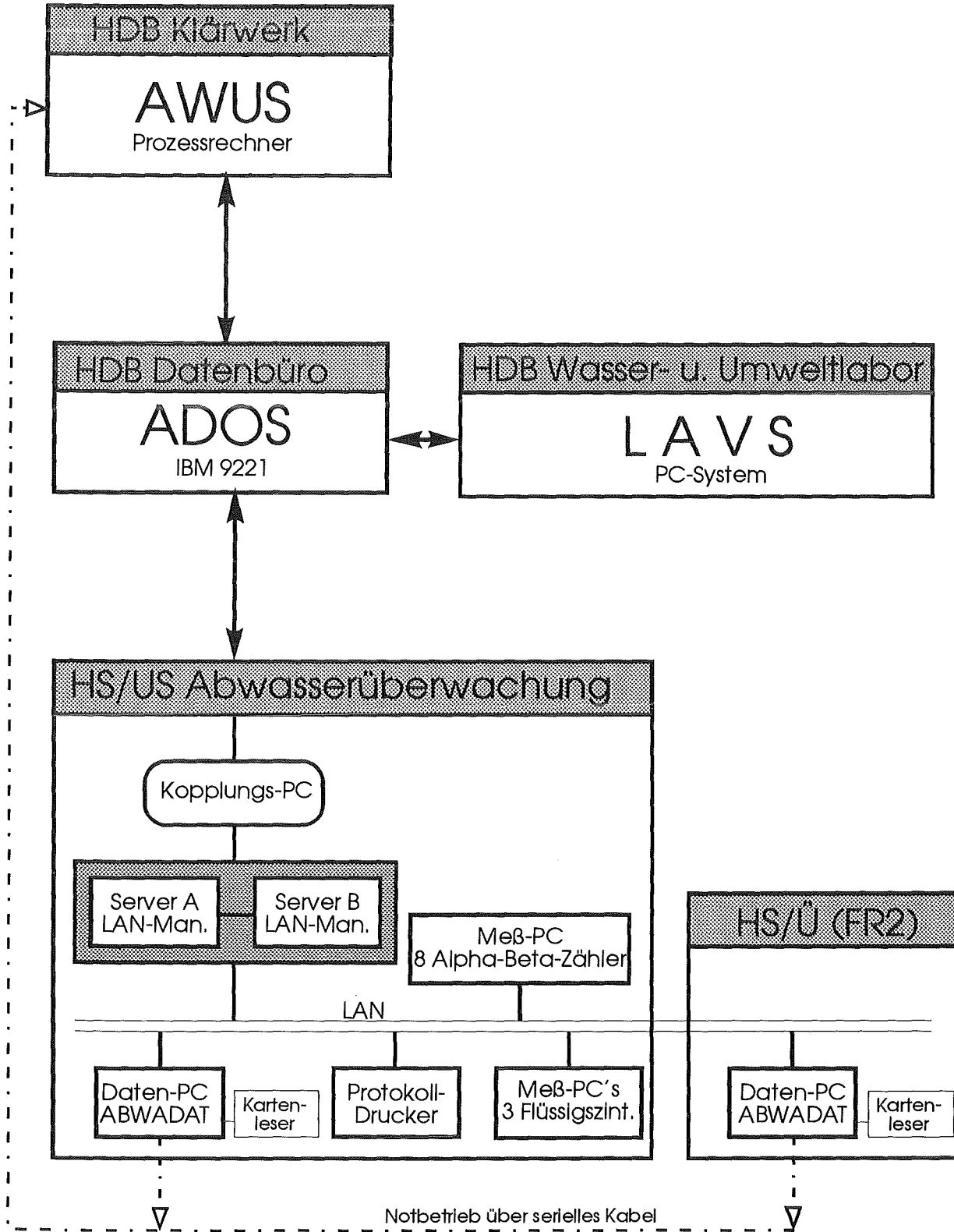


Abb. 5/5: Fließschema der Daten zur Abwasserüberwachung zwischen HDB- und HS-Datensystemen



5.2.2 Ableitung radioaktiver Stoffe mit dem Abwasser 1993

Chr. Wilhelm, Ch. Stickel, H. R. Goebel, 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. 5/9 werden die anhand von Monatsmischproben ermittelten Gesamtableitungen radioaktiver Stoffe für 1993 wiedergegeben. Zum Vergleich sind die Vorjahreswerte und die Genehmigungswerte für Einzelnuclide angegeben. Zur Einhaltung der atomrechtlichen Genehmigung des KfK 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	
		1993	1992
H-3	1,5 E + 14	1,2 E + 13	8,6E + 11
C-14	6,3 E + 10	6,2 E + 08	0*
Sr-89	1,9 E + 11	7,5 E + 05	0*
Sr-90	6,9 E + 09	4,8 E + 06	1,1E + 06
Cs-137	1,3 E + 10	1,9 E + 07	1,4E + 07
Pu-238	1,1 E + 09	3,9 E + 05	6,7E + 05
Pu-239 + 240	9,6 E + 08	4,5 E + 05	1,8E + 05
Pu-241	5,0 E + 10	1,6 E + 07	1,6E + 07
aus dem KfK abgeleitete Abwassermenge in m <sup>3</sup>	-	156 000	196 000

\* Werte unterhalb der Nachweisgrenze wurden bei der Bilanzierung nicht berücksichtigt.

Tab. 5/9: 1993 aus dem KfK in den Vorfluter abgeleitete Abwassermenge und -aktivität sowie Genehmigungswerte gemäß atomrechtlicher Genehmigung

Einen Überblick über die Entwicklung der mit dem Abwasser des KfK in den letzten 22 Jahren in den Vorfluter abgeleiteten Tritiumaktivität gibt Abb. 5/6. Der Anstieg der Tritiumableitungen im Jahre 1993 gegenüber dem Vorjahr ist auf Arbeiten im Rahmen der Stilllegung und des Rückbaues des seit 1984 außer Betrieb genommenen MZFR zurückzuführen.

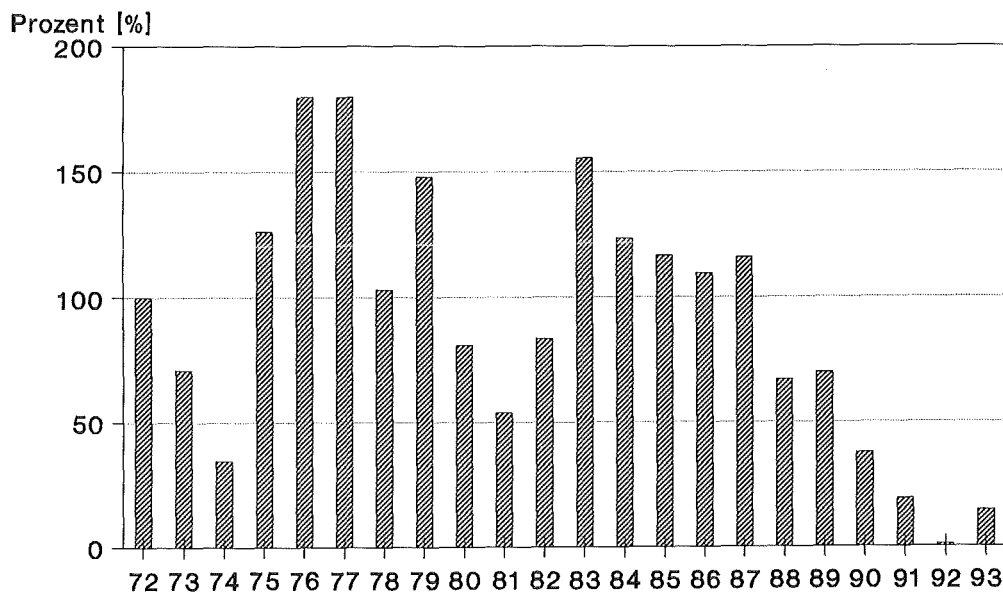


Abb. 5/6: Entwicklung der mit dem Abwasser aus dem KfK jährlich abgeleiteten Tritiumaktivität seit 1972 (1972 = 100 %)

### 5.2.3 Ableitung nichtradioaktiver Stoffe mit dem Abwasser 1993

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 KfK in die Überwachung einbezogen.

In Tab. 5/10 sind die bilanzierten Ableitungen mit dem häuslichen Abwasser und dem Chemieabwasser sowie die errechneten Jahreskonzentrationsmittelwerte für Jahr 1993 wiedergegeben. Die Daten wurden von der Hauptabteilung Dekontaminationsbetriebe zur Verfügung gestellt. Die Genehmigungswerte wurden in keinem Fall überschritten. Dies bestätigen auch die amtlichen Überwachungsmessungen.

Die abgeleiteten Abwasservolumina haben, dem langjährigen Trend folgend, auch 1993 weiter abgenommen (Chemieabwasser 33 %, häusliches Abwasser 5 %). Bei der Chemiekläranlage erreichte die Ableitung von CSB (chemischer Sauerstoffbedarf) und Phosphat ähnliche Werte wie im Vorjahr. Die bereits im letzten Jahr festgestellten niedrigen Frachten an AOX, TOC und KW sind im Jahr 1993 weiter deutlich zurückgegangen, und zwar bei der Fracht an adsorbierbaren organischen Halogenverbindungen (AOX) um 32 %, bei der TOC-Fracht (organischer Gesamtkohlenstoff) um 20 % und bei der KW-Fracht (mineralöhlähnliche Kohlenwasserstoffe) um 22 %. Dies ist im wesentlichen auf einen geringeren Anfall von Abwässern mit derartigen Verunreinigungen infolge von Änderungen im Tätigkeitsfeld des KfK und auf eine gesonderte Entsorgung dieser Abwässer zurückzuführen.

Der in den letzten Jahren erreichte stabile und störungsfreie Betrieb der biologischen Kläranlage konnte auch 1993 aufrechterhalten werden. Die Ableitung von Ammonium erreichte einen ähnlich niedrigen Wert wie im Vorjahr.

Auch in der biologischen Anlage sind die im letzten Jahr festgestellten niedrigen Frachten an AOX, TOC und KW weiter zurückgegangen. Diese Reduzierung ist vermutlich ebenfalls auf die oben genannten Ursachen zurückzuführen. Die AOX-Fracht ging um 30 %, die TOC-Fracht um 22 % und die KW-Fracht um 17 % zurück. Der Anstieg der Nitrat-Fracht um 25 % war durch die Umbauarbeiten an den Belebungsbecken bedingt, die kurzzeitig die Denitrifikation beeinflussen.

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

Tab. 5/10: Bilanzierte Mengen und Jahreskonzentrationsmittelwerte der 1993 mit dem Chemieabwasser ( 83 000 m<sup>3</sup>) und dem häuslichen Abwasser ( 73 000 m<sup>3</sup>) in den Vorfluter abgeleiteten nichtradioaktiven Stoffe

5.2.4 Strahlenexposition in der Umgebung durch die mit dem Abwasser abgeleiteten radioaktiven Stoffe 1993

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

Die aus den Ableitungen radioaktiver Stoffe mit dem Abwasser des Kernforschungszentrums 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.

5.2.4.1 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 KfK relevanten Expositionspfade berücksichtigt. Als mittlerer Wert für den Durchfluß im Rheinniederungskanal wurde der der Genehmigung zugrundeliegende Wert von 0,7 m<sup>3</sup>/s verwendet. Tab. 5/11 enthält die Rechenergebnisse für die effektiven Dosen und die Dosen für die jeweils am stärksten exponierten Organe für Erwachsene und Kleinkinder.

Bilanzierte Aktivitätsableitungen 1993		Maximale Körper-Folgedosen 1993 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	1,2 E + 13	2,3 E + 01		2,3 E + 01	
C-14	6,2 E + 08	2,9 E + 00		6,3 E - 01	
Sr-89	7,5 E + 05	1,8 E - 04	2,1 E - 03 (UD)	3,8 E - 04	3,9 E - 03 (UD)
Sr-90	4,8 E + 06	4,3 E - 02	2,1 E - 01 (RK)	2,5 E - 02	1,1 E - 01 (RK)
Cs-137	1,9 E + 07	8,9 E - 01		6,8 E - 01	
Pu-238	3,9 E + 05	3,5 E - 02	6,5 E - 01 (KO)	2,1 E - 02	2,9 E - 01 (KO)
Pu-239 + Pu-240	4,5 E + 05	4,5 E - 02	8,5 E - 01 (KO)	2,5 E - 02	3,6 E - 01 (KO)
Pu-241	1,6 E + 07	3,2 E - 02	5,8 E - 01 (KO)	1,4 E - 02	1,9 E - 01 (KO)
Summe, gerundet:		2,7E+01		2,5E+01	

(KO): Knochenoberfläche, (RK): Rotes Knochenmark, (UD): Unterer Dickdarm

Tab. 5/11: Maximale Körper-Folgedosen durch Ingestion, berechnet aus den bilanzierten Aktivitätsableitungen mit dem Abwasser 1993

#### 5.2.4.2 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 Rheinniederungskanaals. 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 KfK enthalten. Mit Ausnahme von Fleisch ist für alle 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. 5/12 sind die der Dosisberechnung für Erwachsene zugrundeliegenden Tritiumgehalte für Trinkwasser und landwirtschaftliche Produkte für das Jahr 1993 eingetragen.

Für Trinkwasser wurde der maximale Jahresmittelwert (320 Bq/l) aus den Mittelwerten der Tritiumkonzentrationen, die sich 1993 aus der vierteljährlichen Überwachung der Eigenwasserversorgungen von landwirtschaftlichen Betrieben am Rußheimer Altrhein ergaben, in die Rechnung eingesetzt.

Bei Messungen von Fisch aus dem Rheinniederungskanal wurden geringe Mengen von Cs-134 (0,12 Bq/kg eßbarer Substanz) und Cs-137 (Variationsbereich 0,7 bis 1,0 Bq/kg eßbarer Substanz) nachgewiesen. Im Vorfluter wurde Sr-90 in den Quartalsmischproben nachgewiesen (Variationsbereich 1,8 bis 3,8 mBq/l). Der maximale Wert (3,8 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 0,4 µSv. Für das Fischfleisch wurde der höhere Wert der 1993 gemessenen Tritiumgehalte (360 Bq/kg eßbarer Substanz) zur Dosisberechnung verwendet. Hieraus ergibt sich ein Beitrag zur effektiven Dosis von 0,1 µSv.

Zur Bestimmung des Tritiumgehaltes pflanzlicher Produkte wurde die spezifische Aktivität von Getreide, Weißkohl und Karotten gemessen. Die Meßwerte variierten zwischen 5 und 9 Bq/kg eßbarer Substanz. Für die Dosisberechnung wurde der höchste Meßwert verwendet.

Die Tritiumkonzentration in Milch aus den landwirtschaftlichen Betrieben am Rußheimer Altrhein wurde halbjährlich gemessen. 1993 betrug der höhere Wert 190 Bq/kg. Dieser Wert wurde in die Rechnung eingesetzt. Da das aus der eigenen Grundwasseraufbereitung stammende Trinkwasser auch zur Viehtränke und zur Beregnung benutzt wird, wurde für die Berechnung des Tritiumgehaltes im Fleisch der Jahresmittelwert 1993 für Trinkwasser verwendet. Im Gewebewasser von Bewuchs wurde Tritium im Variationsbereich von 2 bis 3 Bq/l gemessen. Zur Berechnung wurde der höchste Wert eingesetzt.

Die Effektivdosisbeiträge der verschiedenen Lebensmittel, die zu ihrer Berechnung verwendeten Tritiumgehalte und der Jahresverbrauch entsprechend den Daten der Allgemeinen Verwaltungsvorschrift sind in Tab. 5/12 eingetragen. Als Summe der Dosisbeiträge ergibt sich für 1993 eine effektive Folgeäquivalentdosis für den Expositionspfad Abwasser von 6,9 µSv.

Lebensmittel	Tritiumgehalt	Jahresverbrauch Erwachsene	Effektive Dosis $\mu\text{Sv}$
Trinkwasser	320 Bq/l	800 l	4,1
Fisch	360 Bq/kg	20 kg	0,5*
Milch	190 Bq/kg	330 l	1,0
Fleisch	484 Bq/kg	150 kg	1,2
Pflanzliche Produkte	9 Bq/kg	500 kg	0,1
Summe:			6,9

\*einschließlich Sr-90, Cs-134 und Cs-137

Tab. 5/12: Effektive Folge-Äquivalentdosis für Erwachsene für den Expositionspfad Abwasser im Jahr 1993, berechnet aus den ermittelten Aktivitätskonzentrationen in Trinkwasser und Lebensmitteln

### 5.3 Umgebungsüberwachung

H. Schneider, A. Wicke

Die Umgebung des Kernforschungszentrums Karlsruhe wird gemäß § 48 StrlSchV nach einem vom Umweltministerium Baden-Württemberg angeordneten Routinemessprogramm überwacht. Bei der Erstellung des Überwachungsprogramms wurden die in der Richtlinie für Emissions- und Immissionsüberwachung enthaltenen Vorschriften sowie spezielle Auflagen der zuständigen Aufsichtsbehörde beachtet.

Das routinemäßig überwachte Gebiet umfaßt eine Fläche von ca. 300 km<sup>2</sup>. Die meisten Meß- und Probenahmestellen liegen jedoch innerhalb eines Kreises von ca. 6 km Radius um das Kernforschungszentrum Karlsruhe. Innerhalb des gesamten Überwachungsbereichs bildet der betriebliche Überwachungsbereich - das ist die ca. 2 km<sup>2</sup> große Fläche innerhalb des Zauns - einen besonderen Bereich. Das Meßstellennetz ist hier (s. Lageplan Nr. 2) wesentlich dichter als in der eigentlichen Umgebung (s. Lageplan Nr. 1).

Das auflagenbedingte Überwachungsprogramm umfaßt die Ermittlung der direkten Strahleneinwirkung von außen sowie die Messung der Aktivität von Probenmaterialien aus verschiedenen Umweltmedien. Wenn sich im Rahmen der Routineüberwachung gegenüber bekannten Schwankungsbereichen signifikant erhöhte Radioaktivitätsmeßwerte 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 1800 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
- 2.12 Milch

## 3 *Meßfahrten (Störfalltrainingsprogramm)*

- 3.1  $\gamma$ -Ortsdosisleistung
- 3.2 Aerosole
- 3.3 gasförmiges Iod
- 3.4 Bodenoberfläche
- 3.5 Boden

### 5.3.1 Ergebnisse der Routineüberwachung 1993

H. Schneider, 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, die sogenannten Außenstationen, dient der Überwachung der umliegenden Ortschaften. 1993 wurde durch die Monitoranlage eine Überschreitung der Warnschwelle von 1  $\mu\text{Sv/h}$  registriert. Ursache dieser erhöhten Dosisleistung auf dem Gelände des KfK war ein Transport radioaktiver Stoffe. Bei den Außenstationen wurden keine erhöhten Dosisleistungsmeßwerte registriert. In Abb. 5/7 sind die mittleren wöchentlichen Ortsdosisleistungen 1993 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. 5/7 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.

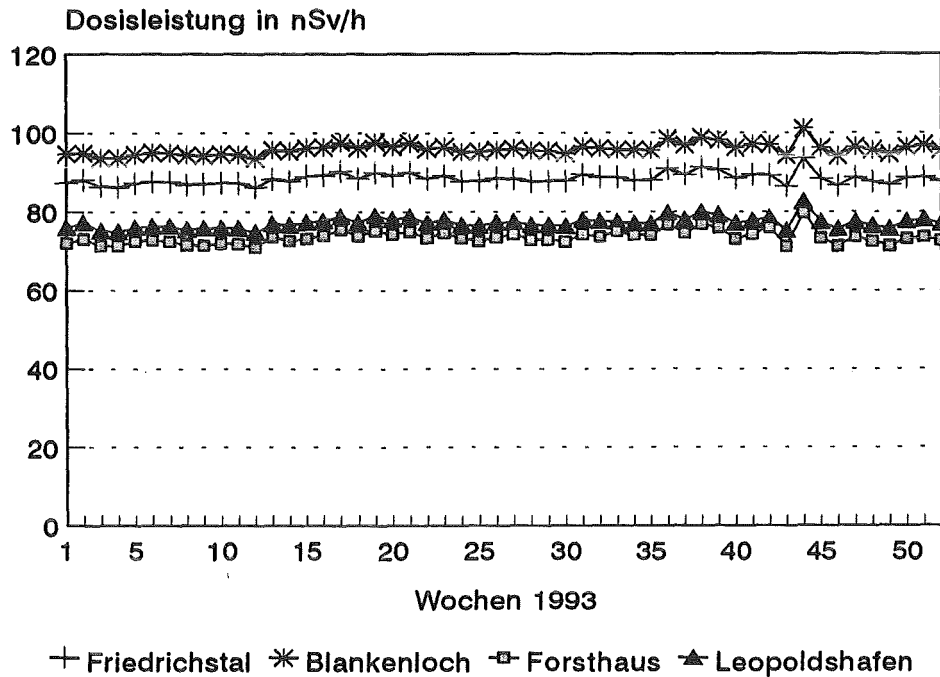


Abb. 5/7: Mittlere wöchentliche  $\gamma$ -Ortsdosisleistung 1993 in den nächstgelegenen Ortschaften und am „Forsthaus“

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 1993 innerhalb der Schwankungsbreite (0,6 bis 0,77 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.  $\gamma$ -spektrometrische Untersuchung und Plutoniumanalyse der Filter erfolgen vierteljährlich. 1993 lagen alle durch  $\gamma$ -Spektrometrie bestimmten Aktivitätskonzentrationen künstlicher Radionuklide unter oder nahe der Erkennungsgrenze ( $10 \mu\text{Bq}/\text{m}^3$  für Cs-137). Die Be-7-Aktivitätskonzentration schwankte zwischen 2,7 und  $4,3 \text{ mBq}/\text{m}^3$ . Be-7 ist ein natürliches Radionuklid, das als Leitnuclid für den vertikalen atmosphärischen Austausch angesehen werden kann und dessen Aktivitätskonzentration je nach Jahreszeit schwankt. Pu-238 wurde 1993 nicht nachgewiesen. Im 3. Quartal wurde bei allen drei Probenahmeorten Pu-239 + Pu-240 in der Luft nachgewiesen. Der Maximalwert betrug  $0,2 \pm 0,1 \mu\text{Bq}/\text{m}^3$ . In allen übrigen Fällen lagen die Aktivitätskonzentrationen ebenfalls unterhalb der Erkennungsgrenze (vgl. Kap. 5.4).

Im Niederschlag wurde bei der  $\gamma$ -spektrometrischen Bestimmung der künstlichen Radionuklide keine Aktivitätskonzentration oberhalb der Erkennungsgrenze ( $0,04 \text{ Bq}/\text{l}$  für Cs-137) festgestellt. Die Monatswerte der H-3-Aktivitätskonzentration schwankten zwischen der Erkennungsgrenze ( $3 \text{ Bq}/\text{l}$ ) und dem Maximalwert von  $67 \text{ Bq}/\text{l}$ .



Tab. 5/13 enthält eine Übersicht über den Schwankungsbereich der 1992 und 1993 gemessenen spezifischen Aktivitäten in Boden- und Sedimentproben. Aufgeführt wurden nur solche künstlichen Nuklide, für die im Jahre 1993 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 aus dem Rheinniederungskanal wurden bis November 1992 geschöpft. Seit Dezember 1992 jedoch wird das Sediment – wie im Hirschkanal – kontinuierlich in sogenannten Sedimentsammelkästen aufgefangen, die monatlich geleert werden.

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.

Überwachtes Medium	Nuklid	spezifische Aktivität in Bq/kg Trockensubstanz			
		1993		1992	
		Minimum	Maximum	Minimum	Maximum
Boden (0-5cm)	K-40	390	640	350	620
	Cs-134	0,5	1,3	0,9	2,7
	Cs-137	11	37	13	77
	Sr-90	0,2	2,9	0,1	3
	Pu-238	< 0,007	0,04	< 0,04	0,2
	Pu-239 + 240	0,1	1,1	0,09	2,3
Boden (In-situ- Gamma- Spektrometrie)	K-40	360	410	280	430
	Cs-134	< 1,1	2,0	< 1	3,3
	Cs-137	7,4	25	7,8	26
Sediment (Rhein- niederungskanal unterhalb Einleitung)	K-40	310	380	300	440
	Cs-134	2,3	3,0	< 1	3,7
	Cs-137	41	74	4,5	68
	Pu-238	0,1	0,7	0,03	0,6
	Pu-239 + 240	0,2	1,0	0,04	0,9
Sediment (Hirschkanal)	K-40	300	450	260	540
	Co-60	3,3	6,8	< 0,8	7,9
	Cs-134	15	26	3,4	35
	Cs-137	520	940	72	900
	Am-241	< 12	38	< 7,8	37

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

Eine Übersicht über den Schwankungsbereich der 1992 und 1993 gemessenen spezifischen Aktivitäten in Nahrungsmitteln gibt Tab. 5/14. Aufgeführt wurden nur solche künstlichen Nuklide, für die in den Jahren 1992 und 1993 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 etwa gleich geblieben.

Überwachtes Medium	Nuklid	spezifische Aktivität in Bq/kg Frischsubstanz			
		1993		1992	
		Minimum	Maximum	Minimum	Maximum
Wurzelgemüse	K-40	40	83	36	120
	Cs-137	< 0,02	0,1	< 0,01	0,06
	Sr-90	< 0,1	< 0,2	0,02	0,02
Getreide	K-40	92	110	89	120
	Cs-137	< 0,03	0,2	< 0,03	0,3
	Sr-90	0,1	0,2	0,2	0,4
Blattgemüse	K-40	47	140	26	130
	Cs-137	< 0,02	0,09	< 0,02	0,1
	Sr-90	0,06	0,06	0,3	0,5
Fisch	K-40	67	99	73	84
	Cs-134	< 0,06	0,1	0,04	0,1
	Cs-137	0,7	1,0	0,6	1,7

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

Aufgrund einer Änderung der Genehmigung der Hauptabteilung Dekontaminationsbetriebe werden seit 1992 zahlreiche Beobachtungspegel im Rahmen des Routinetüberwachungsprogramms beprobt. Diese Pegel befinden sich innerhalb und außerhalb des Betriebsgeländes in Grundwasserfließrichtung. Die H-3-Konzentration schwankte 1993 zwischen der Erkennungsgrenze (4 Bq/l) und 19 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 KfK und der Beobachtungsbrunnen zwischen dem KfK und Linkenheim lag im Schwankungsbereich des Nullpegels (3 bis 9 Bq/l).

Bei Aussiedlerhöfen, die sich in der Nähe des Rheinniederungskanal bei Liedolsheim, Rußheim und Rheinsheim befinden, wird vierteljährlich die H-3-Aktivitätskonzentration im Grundwasser bestimmt. Die H-3-Aktivitätskonzentration schwankte hier zwischen 4 und 340 Bq/l.

Unterhalb der Einleitungsstelle für die Abwässer des KfK werden Wasserproben aus dem Rheinniederungskanal kontinuierlich über eine Woche gesammelt. Die Wochenwerte der H-3-Aktivitätskonzentration im Jahr 1993 schwankten zwischen der Erkennungsgrenze und 12000 Bq/l. In Abb. 5/8 ist der zeitliche Verlauf der H-3-Aktivitätskonzentration im Rheinniederungskanal dargestellt. Die von Mitte Juni bis Mitte Juli 1993 stark erhöhten H-3-Aktivitätskonzentrationen sind auf Ableitungen im Zusammenhang mit Stilllegungs- und Rückbauarbeiten am seit 1984 stillgelegten MZFR zurückzuführen.

Vierteljährlich werden außerdem vier Baggerseen und kleinere Gewässer, die zum Teil eine direkte Verbindung zum Rheinniederungskanal haben, beprobt. Ihre H-3-Aktivitätskonzentration schwankte 1993 zwischen der Erkennungsgrenze und 180 Bq/l.

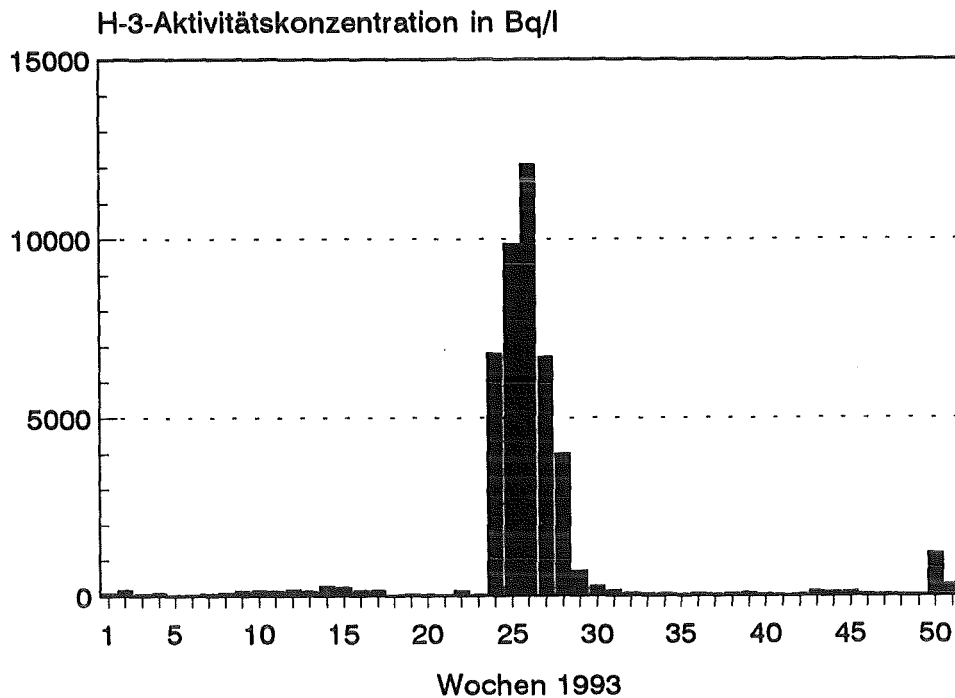


Abb. 5/8: H-3-Aktivitätskonzentration im Rheinniederungskanal

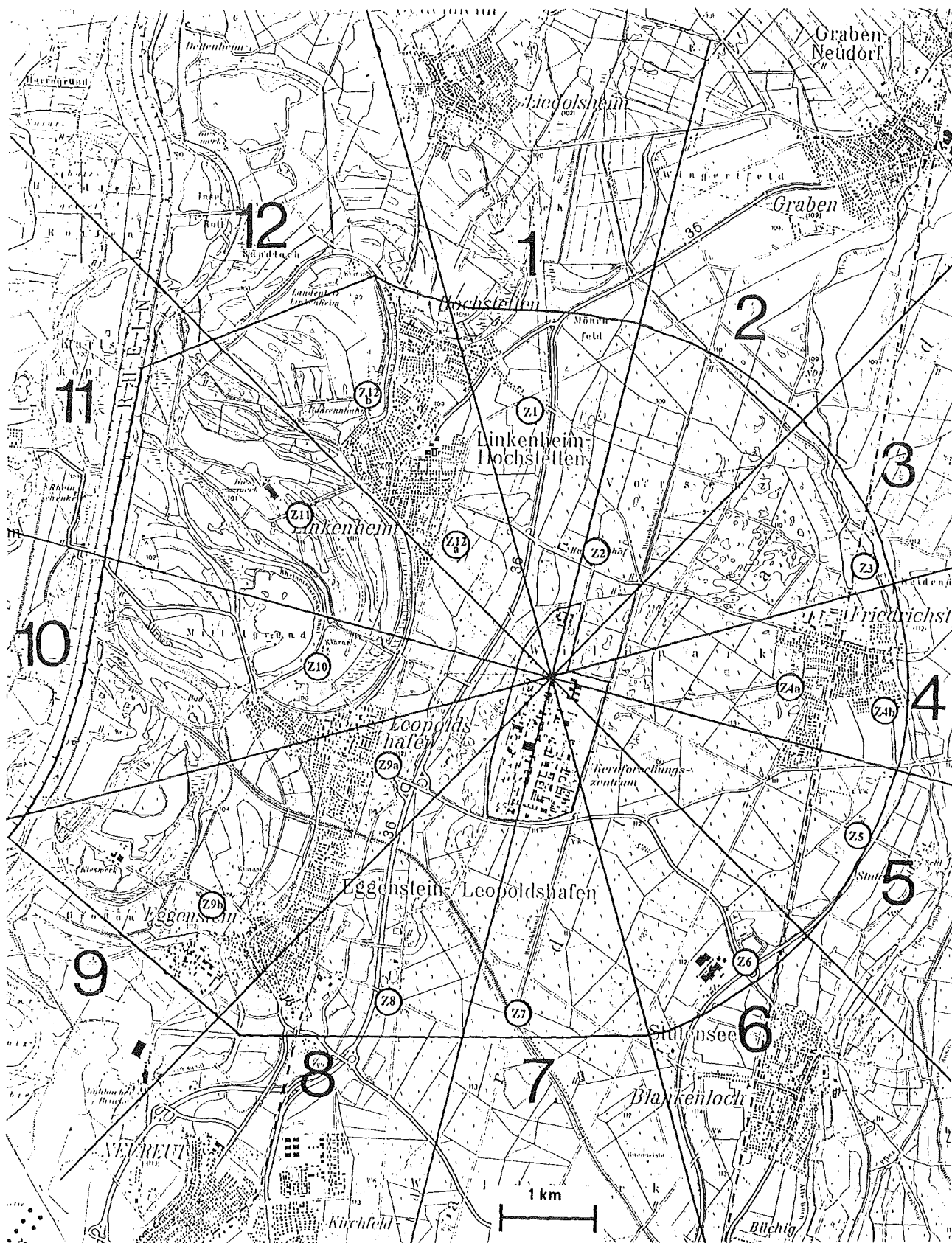
### 5.3.1.3 Meßfahrten

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 110) gemäß dem „Besonderen Katastropheneinsatzplan für die Umgebung des KfK“ festgelegt. Ziel dieser Meßfahrten ist das Training des Rufbereitschaftspersonals der HS/US. Alle Meßergebnisse entsprachen der Erwartung und zeigten keinerlei Auffälligkeiten.

### 5.3.2 Ergänzende Überwachungsmaßnahmen

H. Schneider

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 Kernforschungszentrum Karlsruhe"

Im Jahr 1993 wurden zusätzlich zum Routineprogramm 25 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  $\alpha$ - und  $\beta$ -Aktivitätskonzentrationen bestimmt.

### 5.3.3 In-situ-Gammaspektrometrie in der Umgebung des KfK

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, der Ablagerungen 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. Das für diese Aufgaben eingesetzte Meßsystem wurde zunächst neu kalibriert. Bei Vergleichsmessungen, die vom Bundesamt für Strahlenschutz Anfang Oktober 1993 im Gebiet Gera/Ronneburg organisiert worden waren, konnte das Meßsystem mit denen anderer Arbeitsgruppen verglichen werden. Eine abschließende Wertung lag bei Abfassung dieses Jahresberichts noch nicht vor.

Zur Erfassung der derzeitigen Situation auf dem Betriebsgelände und in der Umgebung des KfK wurden 1993 solche Messungen im Rahmen einer Studien- und Diplomarbeit durchgeführt, und zwar

- an den Hauptbeaufschlagungspunkten der Emittenten HDB, WAK und IHCh in Haupt- und Nebenausbreitungsrichtung, soweit Messungen mit dem In-Situ-Gammaspektrometer bei dem dort vorhandenen Bewuchs oder örtlichen Bebauung möglich und sinnvoll erschienen. Mit diesen Spektren sollten etwaige Langzeitauswirkungen radioaktiver Emissionen erkannt werden.
- an allen Meßpunkten des Störfallmeßprogramms (s. Lageplan Nr. 3, S. 110). An diesen Meßpunkten wurden Referenzspektren („Nullpegel“) für störfallbedingte Ablagerungen aufgenommen.

Parallel zur Aufnahme der In-Situ-Spektren wurden an allen Meßorten geschichtete Bodenproben entnommen, um die getroffenen Annahmen über die vertikale Radionuklidverteilung im Boden zu verifizieren. Zur Auswertung der In-Situ-Spektren wurde für natürliche Radionuklide eine homogene und für künstliche eine exponentielle vertikale Verteilung im Boden angenommen. Die gemessenen Spektren weisen natürliche Radionuklide der Thorium- und Uran-Radium-Reihe sowie Kalium-40 auf. Sowohl an den Immissionsschwerpunkten als auch an den Meßpunkten des Störfallmeßprogramms wurden als künstliche Radionuklide Cs-134 und Cs-137 ermittelt. Die Werte für Cs-137 liegen im Mittel bei 1100 Bq/m<sup>2</sup>. Cs-134 ist an nur zwei Meßpunkten nachweisbar mit 50 und 38 Bq/m<sup>2</sup>. Das Verhältnis der nuklidspezifischen Aktivitätswerte von Cs-137 zu Cs-134 an diesen Meßpunkten betrug zur Zeit der Messung 20, was auf den Reaktorunfall von Tschernobyl als Verursacher der Cäsiumimmissionen hinweist. Immissionsbeiträge des KfK waren nicht nachweisbar.

An einem Meßort südlich des IHCh konnte Co-60 im Spektrum nachgewiesen werden. Die Analysen von Bodenproben lassen jedoch nicht auf eine Co-60-Bodenkontamination schließen. Daher wird angenommen, daß das Co-60-Signal auf die Abstrahlung aus einer benachbarten Rohrbrücke für schwach radioaktive Abwässer zurückzuführen ist. Eine abschließende Klärung könnte eine Nachmessung mit einem kollimierten Detektorsystem bringen.

Im Zusammenhang mit den Messungen an den Meßpunkten des Störfallmeßprogramms haben wiederholte Messungen gezeigt, daß die zeitliche Variabilität der Meßergebnisse durch meteorologische Ein-

flüsse, wie z. B. Niederschläge, gering ist. Dagegen ergeben sich bei den Meßwerten deutlichere Abweichungen, wenn die Wiederholungsmessungen nicht exakt am selben Meßpunkt durchgeführt werden. Bei sorgfältiger Dokumentation des genauen Meßortes eignen sich die Spektren des „Nullpegels“ an den Meßpunkten des Störfallmeßprogramms gut als Referenzspektren für eventuelle künftige Immissionen.

### 5.3.4 Tritiumkonzentrationen in landwirtschaftlichen Produkten

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

Im Jahre 1993 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	30.04.93	79	3,2±1,7	3,6±1,8	2,9±1,5
	Bewuchs	19.10.93	82	2,2±1,7	5,2±2,0	2,3±1,6
Umgebung des Vorfluters (Rheinniederungskanal)	Bewuchs	06.05.93	71	2,3±1,6	5,2±1,9	2,5±1,5
	Bewuchs	21.10.93	79	3,0±1,7	7,8±2,2	3,3±1,6
	Karotten	01.09.93	87	9,6±2,4	12±3	9,2±2,3
	Weißkohl	01.09.93	83	8,4±2,2	11±3	8,0±2,1
	Milch	28.05.93	89	190±20	110±10	170±20
	Milch	23.11.93	88	200±20	140±20	190±20
	Fisch	11.05.93	78	45±6	1900±200	270±30
	Fisch	16.11.93	72	96±10	1900±200	360±30
Weizen	03.08.93	10	8,8±2,3	8,4±2,3	5,1±1,4	
1. Hauptausbreitungssektor (Raum Friedrichstal)	Weizen	02.08.93	15	2,4±1,6	3,7±1,8	2,1±1,1
	Karotten	30.08.93	88	3,4±1,7	4,3±1,9	3,2±1,6
	Weißkohl	27.07.93	92	3,1±1,7	6,4±2,0	3,2±1,7
2. Hauptausbreitungssektor (Raum Eggenstein-Leopoldshafen)	Rotkohl	27.07.93	89	4,5±1,8	5,2±1,9	4,3±1,7
	Karotten	28.07.93	86	3,0±1,7	4,7±1,9	3,0±1,6
	Weizen	03.08.93	12	3,0±2,0	4,0±1,8	2,3±1,1
Betriebsgelände des KfK (Bereich: Tritiumlabor Karlsruhe)	Laub	29.04.93	74	8,2±2,2	6,1±2,0	7,0±1,9
	Laub	29.07.93	59	3,9±1,8	6,9±2,1	3,9±1,5
	Laub	05.10.93	54	5,4±1,9	9,2±2,4	5,3±1,6

\* FS: Frischsubstanz

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

Die OBT-Konzentrationen im Fisch liegen bis zu einem Faktor 5 unter den Meßwerten der Jahre 1982 bis 1984. Dies spiegelt die erhebliche Abnahme der Tritiumableitungen des KfK in den Rheinniedrungskanal in den letzten 10 Jahren wider (s. Abb. 5/6).

Unter der Annahme, daß die gesamte Tritiumzufuhr eines Menschen über das Trinkwasser erfolgt, läßt sich aus dem Grenzwert der Tritiumzufuhr über Ingestion nach Strahlenschutzverordnung und dem Jahresverbrauch von Trinkwasser für Erwachsene eine mittlere zulässige Tritiumkonzentration für Trinkwasser berechnen. Sie ergibt sich zu 22 500 Bq/l. Im Vergleich dazu sind die 1993 gemessenen Tritiumkonzentrationen in landwirtschaftlichen Produkten sehr niedrig und somit unter dem Aspekt des Strahlenschutzes ohne Bedeutung.

#### 5.4 Spektrometrie und chemische Analytik

M. Pimpl

Die Gruppe „Spektrometrie und chemische Analytik“ führt die nuklidspezifischen Bestimmungen des Radioaktivitätsgehaltes in Luft, Wasser, Boden, Schlamm, Fisch und landwirtschaftlichen Produkten aus, die für die Emissions- und Immissionsüberwachung des KfK notwendig sind. 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 1993 an verschiedenen Ringversuchen teilgenommen, wobei durchweg sehr gute Ergebnisse erzielt werden konnten.

##### 5.4.1 Spektrometrische Untersuchungen

H. Fessler, A. Radziwill-Ouf, S. Rinn

Die Arbeitsgruppe Spektrometrie führt für alle Gruppen der Abteilung Umweltschutz Messungen durch. Für die Gammaspektrometrie stehen insgesamt zehn Germaniumdetektoren zur Verfügung: vier für hochenergetische Gammastrahlen und vier für niederenergetische, sowie zwei Gammadetektoren für den gesamten Energiebereich. Für die Alpha-Spektrometrie sind acht Meßplätze mit Halbleiterdetektoren im Einsatz. Zur Steuerung der Betriebsabläufe und zur Auswertung über Vielkanalanalysatorsysteme sind alle Meßplätze mit einer zentralen Rechen- und Speichereinheit verknüpft. Als zentrale Recheneinheit wird eine Genie-Workstation benutzt, über die die Steuerung von vier Vielkanalanalysatorsystemen (drei ND-66 und ein ND-76) erfolgt, und welche zudem genügend freie Rechnerkapazität zur Speicherung und Auswertung der Spektren besitzt. Die Genie-Workstation ist ein Multiuser-System, welches im normalen Betriebsablauf die Auswertung von Spektren durch mehrere Mitarbeiter parallel ermöglicht. In besonderen Fällen, wenn beispielsweise viele Proben mit sehr kurzen Meßzeiten bewältigt werden müssen, erlaubt die Anlage einen dezentralen Betrieb, indem die Steuerung der Meßplätze direkt durch die Vielkanalanalysatorsysteme vorgenommen wird, wobei zusätzliche Bedienerkapazität durch den Anschluß von Personal-Computern über einen Server geschaffen werden kann. Für die Messung von  $\alpha$ - und  $\beta$ -Bruttoaktivitäten in Filterproben, wie sie bei der Fortluftüberwachung in großer Zahl anfallen, werden zwei Proportionalzähler mit Probenwechsler eingesetzt, wobei einer dieser Meßplätze mit einer Pseudokoinzidenzanlage ausgerüstet ist.

Die 1993 insgesamt durchgeführten Messungen sind in Tab. 5/16 aufgelistet. Gegenüber 1992 sind einige Veränderungen der Anzahl der Messungen zu beobachten. In Abwasserproben aus Endbeckenmischproben wurden generell nieder- und hochenergetische Gammastrahler bestimmt. Dadurch nahm die Anzahl der Messungen geringfügig zu. Die Zahl der hochenergetischen  $\gamma$ -Messungen von Aktivkohlepatronen zur Fortluftüberwachung ist um etwa 10 % zurückgegangen. Dies liegt daran, daß ab Januar 1993 eine Meßstelle entfallen ist (IRCh, Bau 321 A) und an zwei weiteren Meßstellen (HDB, Bau 553, und IGEN, Bau 317) die Überwachung auf niederenergetische Iodisotope (I-125 und I-129) reduziert werden konnte. Die Zahl der Brutto-Messungen von Fortluftfiltern ist 1993 etwas angestiegen, da der Sammelzeitraum für eine Meßstelle (KIZ, Bau 351) halbiert wurde, und zusätzlich alle Aerosolfilter, die vor der Kohlepatrone angebracht sind und einen Eintrag von Aerosolen in die Kohle verhindern sollen, ausgemessen wurden. Wegen des geänderten Umgebungsüberwachungsprogrammes, hauptsächlich wegen verlängerter Probesammelzeiten, hat die Anzahl von Iodfiltern aus Meßhütten, sowie die Probenzahl von Grund- und Oberflächenwasser und Niederschlagsproben gegenüber 1992 abgenommen.

Meßgut	Meßmethode	Anzahl der Messungen	eingesetzte Detektoren
<b>Messungen für Emissions- und Umgebungsüberwachung</b>			
Abwasser aus Endbeckenmischproben	$\gamma$ -Spektrometrie	65	High-energy-Detektoren
	$\gamma$ -Spektrometrie	63	Low-energy-Detektoren
	$\alpha$ -Spektrometrie	12	Si-Sperrschicht-Detektoren
Fortluftfilter (radiochemisch aufgearbeitet)	$\alpha$ -Spektrometrie	24	Si-Sperrschicht-Detektoren
Aktivkohleproben (Fortluftüberwachung)	$\gamma$ -Spektrometrie	931	High-energy-Detektoren
	$\gamma$ -Spektrometrie und Röntgen-Spektrometrie	780	Low-energy-Detektoren
Fortluftfilter (direkte Messung ohne radiochemische Aufarbeitung)	$\gamma$ -Spektrometrie	177	High-energy-Detektoren
	$\gamma$ -Spektrometrie und Röntgen-Spektrometrie	2	Low-energy-Detektoren
	$\alpha + \beta$ -Bruttomessung	3 404	Pseudokoinzidenz- und Bruttomeßanlage
Aerosol- und Iodfilter aus Meßhütten	$\gamma$ -Spektrometrie	18	High-energy-Detektoren
	$\alpha$ -Spektrometrie	12	Si-Sperrschicht-Detektoren
Boden-, Schlamm- und biologische Proben	$\gamma$ -Spektrometrie	61	High-energy-Detektoren
	$\alpha$ -Spektrometrie	9	Si-Sperrschicht-Detektoren
Grund- und Oberflächenwasser, Niederschlag	$\gamma$ -Spektrometrie	40	High-energy-Detektoren
<b>Messungen für Entwicklungsarbeiten, Auftragsmessungen, Qualitätskontrolle, etc.</b>			
Proben mit unterschiedlicher Matrix	$\gamma$ -Spektrometrie	296	High-energy-Detektoren
	$\gamma$ -Spektrometrie	59	Low-energy-Detektoren
	$\alpha$ -Spektrometrie	192	Si-Sperrschicht-Detektoren
	$\alpha + \beta$ -Bruttomessung	216	Bruttomeßanlage

Tab. 5/16: Spektrometrische Messungen 1993



#### 5.4.2 Radiochemische Arbeiten

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

Für die Abluft-, Abwasser- und Umgebungsüberwachung des KfK und der WAK führt die Arbeitsgruppe Radiochemie radiochemische Low-level-Bestimmungen in verschiedenen Probenmaterialien wie Aerosolfiltern, Pflanzen, Boden, Sedimenten, Fischen, Lebensmitteln und Wasser durch. 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 Arbeitsgruppe Radiochemie 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.

Im Berichtszeitraum wurde wöchentlich die Fortluft der Verbrennungsanlage der HDB (Bau 436) und der LAW-Eindampfanlage (Bau 545) auf C-14 überwacht. Es zeigte sich, daß im gesamten Jahr 1993 weniger als 16 % der zulässigen Menge von 400 GBq aus der Verbrennungsanlage und weniger als 45 % der zulässigen Menge von 10 GBq aus der LAW-Eindampfanlage emittiert wurden.

Der seit einigen Jahren zu beobachtende Trend, daß die Aktivitätsabgaben aus dem KfK in die Umgebung sehr viel geringer sind als in den Jahren 1973-1985/86, setzte sich auch 1993 fort. Die 1993 monatlich erfolgten Abgaben mit dem Abwasser des KfK in den Vorfluter (Kap. 5.4.4) lagen in der gleichen Größenordnung wie 1992, die Aktinidenemissionen mit der Fortluft der WAK (Kap. 5.4.3) waren etwas höher als 1992. 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 4,8 und 8,0 Bq/l lag. Die C-14-Konzentration lag in neun Monatsmischproben unter der Erkennungsgrenze, die zwischen 1,6 und 2,6 Bq/l schwankte. Lediglich im März, September und Oktober wurden C-14-Konzentrationen zwischen 4,2 und 33 Bq/l gefunden. Im gesamten Jahr 1993 wurde weniger als 1 % der zulässigen Menge von 64 GBq an C-14 mit dem Abwasser in den Vorfluter abgeleitet.

Die Überwachung der Plutoniumkonzentrationen der bodennahen Luft erfolgt seit Anfang 1993 nicht mehr monatlich, sondern in Quartalsproben, um so, durch das Verlängern der Sammelzeiten, die erreichbare Erkennungsgrenze um den Faktor 3 zu erniedrigen. Die Ergebnisse der Plutoniumbestimmungen der an den Probenahmestellen „Forsthaus“, Meßhütte „Nordost“ und Meßhütte „Südwest“ je Quartal gesammelten Proben lagen mit Ausnahme des 3. Quartals unter den jeweils erreichten Erkennungsgrenzen, die zwischen 0,03 und 0,07  $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$  variierten. Lediglich im 3. Quartal 1993 wurden an allen Standorten Pu-(239 + 240)-Konzentrationen in der bodennahen Luft gemessen, und zwar zwischen 0,06 und 0,2  $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$ . Die Konzentrationen an Pu-238 lagen auch im 3. Quartal unter der Erkennungsgrenze von 0,03  $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$ .

Zusätzlich wurden Auftragsarbeiten für kerntechnische Anlagen durchgeführt, die nach einer aufwandsbezogenen Gebührentabelle in Rechnung gestellt wurden. Im Jahr 1993 entfielen auf Auftragsarbeiten folgende Analysen: Monatliche Aktinidenanalysen von Aerosolfiltern der WAK, 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 1993 insgesamt in der Gruppe Radiochemie durchgeführten Laborarbeiten sind in Tab. 5/17 aufgelistet. Mit in die Tabelle aufgenommen sind Entwicklungsarbeiten und Vergleichsanalysen, bei denen zwei Gastwissenschaftlerinnen zusammen insgesamt 7 Monate mitgearbeitet ha-

ben. Abb.5/9 vermittelt einen Überblick über den zeitlichen Aufwand für die 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	87
Abwasserüberwachung	Pu-238, Pu-239 + 240	12
	Pu-241	17
	Sr-89, Sr-90	61
	α-Bruttomessungen	12
	C-14	12
	S-35	12
Fortluftüberwachung	Pu-238, Pu-239 + 240	12
	Pu-241	12
	Am-241, Cm-242, Cm-244	12
	C-14	104
Kalibrierstandards	K-40, U-232, Th-229, Pu-236, Pu-238, I-129, I-131, Sr-90, Pb-210, Po-208, Ra-226	50
Kontrollanalysen	Th, U, Pu, Am, Sr, K, Ra, Pb, Po, C-14, S-35	137
	Blindelektrolysen	103
Ringversuche	U, Pu, Sr	10
Entwicklungsarbeiten	Ra-226	5
	Pb-210, Po-210	17
	Sr-89, Sr-90	20

Tab. 5/17: Arbeiten der Arbeitsgruppe Radiochemie im Jahr 1993

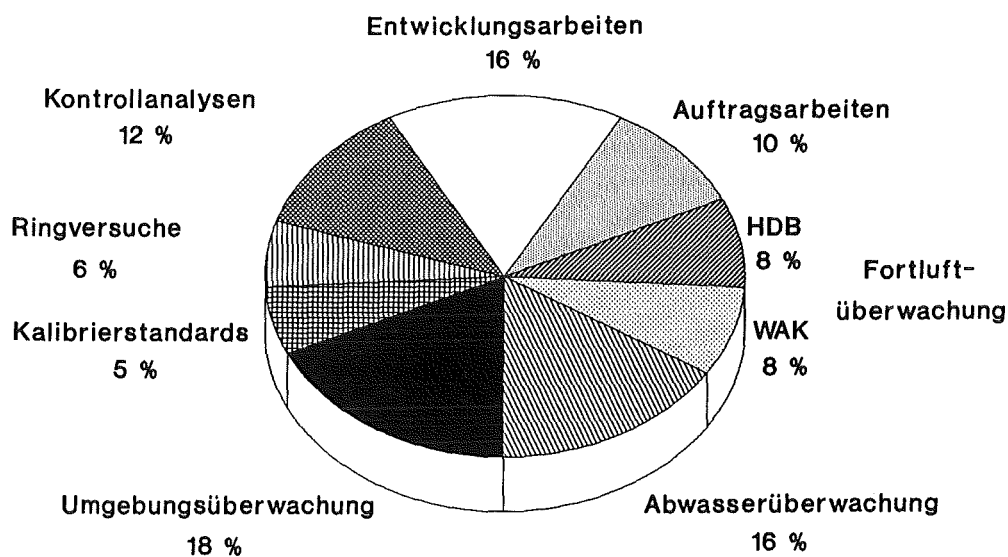


Abb. 5/9: Aufteilung der radiochemischen Arbeiten nach Zeitaufwand im Jahr 1993

5.4.3 Aktinidenableitungen mit der Fortluft der WAK 1993

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  $\alpha$ -Spektrometrie. In Tab. 5/18 sind die für 1993 ermittelten Aktinidenemissionen der WAK zusammengefaßt. Abb. 5/10 zeigt die zeitliche Entwicklung der Pu-Ableitungen mit der Fortluft der WAK von 1977 bis 1993.

Monat	Emissionsraten in kBq/Monat					
	Pu-238	Pu-239+240	Pu-241	Am-241	Cm-242	Cm-244
Januar	14	11	257	130	< 0,02	1,0
Februar	6	4,7	147	24	< 0,03	0,15
März	1,9	1,5	42	16	0,04	0,28
April	0,46	0,37	12	0,21	< 0,01	< 0,02
Mai	0,82	0,69	19	1,9	0,04	0,06
Juni	0,76	0,50	21	0,37	< 0,01	0,03
Juli	0,17	0,16	6	0,49	< 0,006	< 0,004
August	0,19	0,16	6	0,91	< 0,003	< 0,005
September	0,65	0,51	27	14,8	< 0,002	0,10
Oktober	0,25	0,22	8	13,5	< 0,01	0,12
November	0,039	0,013	1,3	0,078	< 0,003	< 0,004
Dezember	0,037	0,012	1,7	0,011	< 0,003	0,004

Tab. 5/18: Aktinidenemissionen mit der Fortluft der WAK 1993

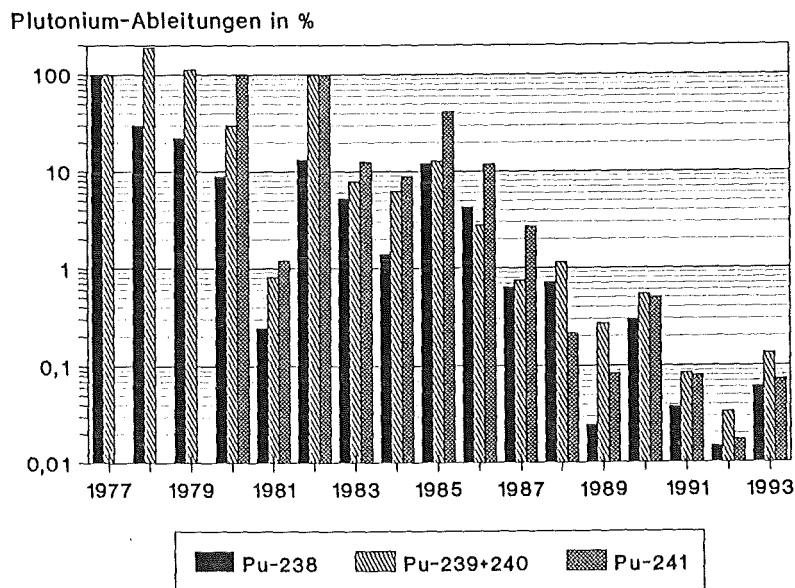


Abb. 5/10: Entwicklung der Plutoniumableitungen aus der WAK mit der Fortluft 1977-1993 (Die Ableitungen für Pu-238 und Pu-239 + 240 im Jahr 1977 sind gleich 100 % gesetzt, für Pu-241 die des Jahres 1980.)

5.4.4 Plutonium- und Strontiumableitungen mit dem Abwasser des KfK 1993

K. Bender, M. Pimpl

Zur Bilanzierung der mit dem Abwasser aus dem KfK 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 gemessen. Die Plutoniumisotope werden gemeinsam aus der Probe extrahiert, radiochemisch gereinigt und in einer Elektrolysezelle durch Elektrodeposition auf Edelstahlplättchen abgeschieden. Die  $\alpha$ -Strahler Pu-238 und Pu-239 + 240 werden  $\alpha$ -spektrometrisch bestimmt, der niederenergetische  $\beta$ -Strahler Pu-241 wird im Flüssigszintillationsspektrometer gemessen.

Die 1993 erfolgten monatlichen Aktivitätsabgaben mit dem Abwasser des KfK in den Vorfluter sind Tab. 5/19 zu entnehmen. Abb. 5/11 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	0,086	< 0,042	< 5,8	0,35
Februar	< 0,032	< 0,032	5,5	0,32
März	< 0,056	0,045	< 2,1	0,48
April	0,033	0,026	< 2,2	< 0,32
Mai	< 0,031	0,15	< 3,2	0,23
Juni	< 0,047	< 0,047	< 5,5	< 0,22
Juli	0,20	0,077	< 6,4	0,30
August	< 0,051	< 0,051	< 5,2	1,00
September	0,038	0,083	< 4,0	0,98
Oktober	0,075	0,036	3,5	< 0,45
November	< 0,018	0,026	4,3	1,18
Dezember	< 0,029	< 0,029	2,3	< 0,57

Tab. 5/19: Plutonium- und Strontiumemissionen mit dem Abwasser des KfK 1993

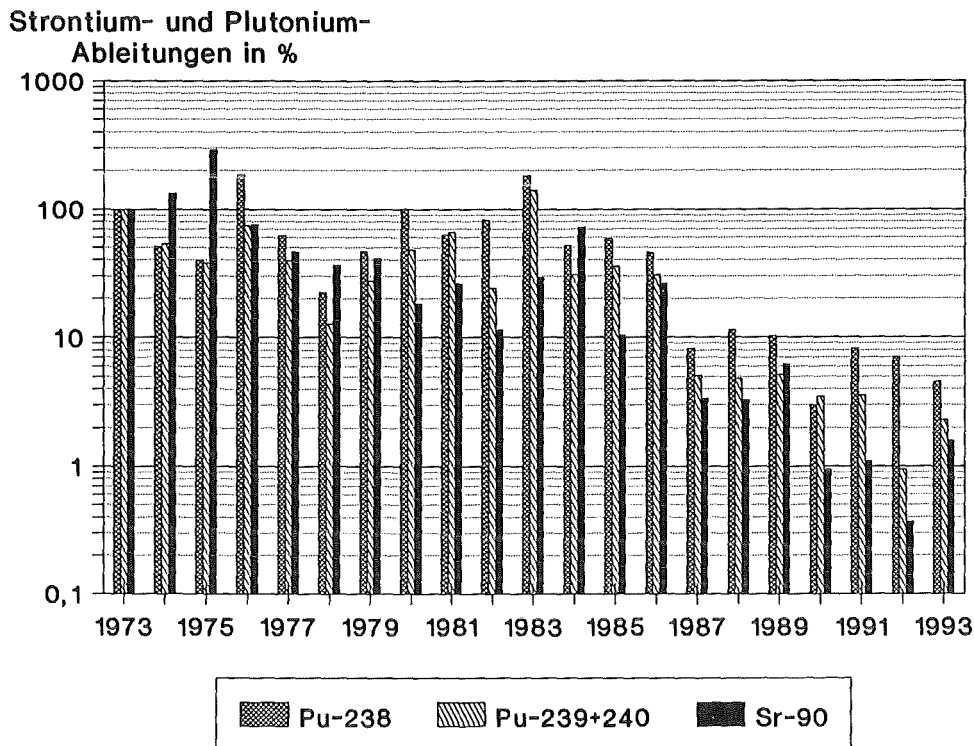


Abb. 5/11: Entwicklung der mit dem Abwasser aus dem KfK abgeleiteten Aktivitäten an Pu-238, Pu-239 + 240 und Sr-90 von 1973 - 1993 (Für Pu und Sr sind die Ableitungen von 1973 gleich 100 % gesetzt.)

## 5.5 Tritium im System Luft-Pflanze-Boden

S. Diabaté, J. Müller, S. Strack

Pflanzen können HTO aus der Luftfeuchte über die Blattorgane aufnehmen und Tritium in das organische Material einbauen. In Abhängigkeit vom Entwicklungsstadium der Pflanze wird ein Teil des organisch gebundenen Tritiums (OBT) auch in Früchte bzw. Speicherorgane transportiert. Bei der Berechnung der Ingestionsdosis nach einer Freisetzung von Tritium in die Atmosphäre spielt das OBT in Weizen eine bedeutende Rolle. Aus diesem Grund wurde in Zusammenarbeit mit INR ein Pflanzenmodell entwickelt, bei dem speziell die Prozesse betrachtet werden, die im Zusammenhang mit der Bildung und Speicherung von OBT von Bedeutung sind. Eine spätere Einbindung des Pflanzen-OBT-Modells in das Unfallfolgenmodell UFOTRI ist vorgesehen.

### 5.5.1 Modellentwicklung und Feldmessungen

Die Kompartimente des Pflanzenmodells mit den entsprechenden Umsetzungsprozessen sind in Abb. 5/12 dargestellt. Die wichtigsten Prozesse sind:

- Aufnahme von HTO aus der Atmosphäre (Quelle) in das HTO-Kompartiment von Blättern, Stengeln und Ähren. Der Rückpfeil stellt den Transpirationsprozeß dar.

- Umwandlung von HTO in OBT in Blättern, Stengeln und Ähren durch Photosynthese (lichtabhängig) und durch den sog. Grundumsatz (lichtunabhängige Stoffwechselreaktionen) sowie Zwischenspeicherung in einem fiktiven Transportkompartiment (Trans). Ein Teil des gebildeten OBT wird durch Respiration und Photorespiration wieder in HTO umgewandelt.
- Translokation von OBT aus dem fiktiven Transportkompartiment ins Korn (Senke).

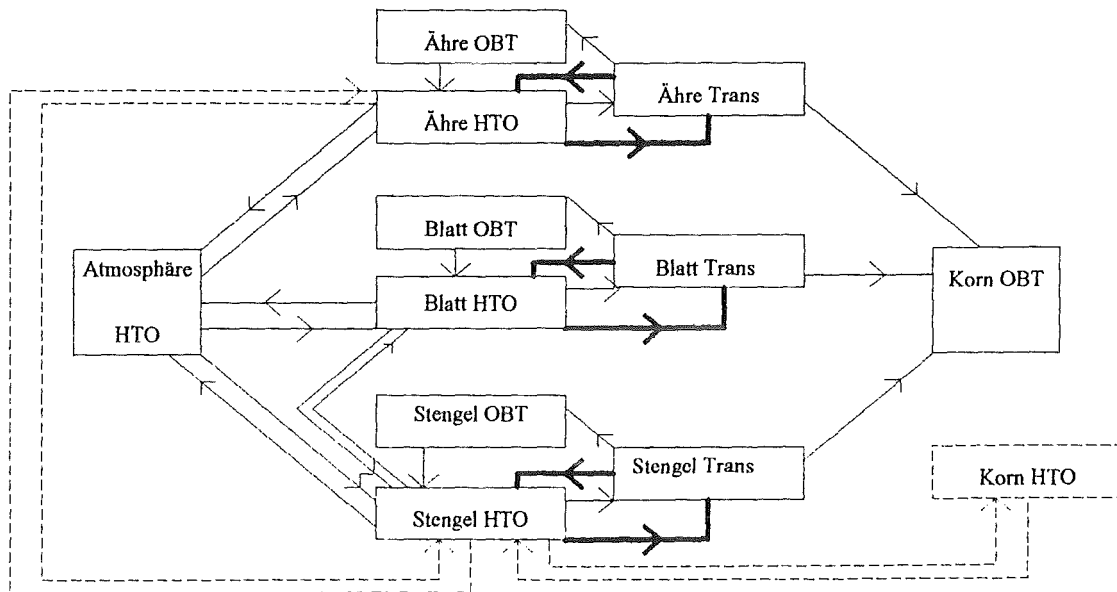


Abb. 5/12: Struktur des Pflanzen-OBT-Modells.  
Die dick durchgezogenen Linien kennzeichnen die nur bei Licht stattfindenden Reaktionen, die gestrichelten Linien sind Reaktionen, die keinen großen Beitrag zur OBT-Einlagerung liefern (siehe Text).

Als vorläufige Vereinfachung wird in diesem Modell angenommen, daß über den Boden keine Tritiumaufnahme erfolgt und daß die Pflanze optimal mit Wasser versorgt ist (kein Wasserstreß).

Das Modell soll nach Eingabe von stündlich registrierten meteorologischen Daten (Lufttemperatur, Luftfeuchte, Globalstrahlung) den Einbau von Tritium in das organische Material der Früchte berechnen. Dazu wird zunächst die Nettophotosyntheserate aus dem Blattflächenindex, der einfallenden photosynthetisch aktiven Strahlung und dem Öffnungsstatus der Stomata abgeschätzt, und daraus eine Wachstumskurve des Kornes berechnet. Nach Eingabe der atmosphärischen HTO-Konzentration, die gemessen oder mit Hilfe eines Ausbreitungsmodells berechnet wurde, wird die Bildung von OBT ermittelt. Der Anteil der Translokation von OBT in die Körner hängt vom Zeitpunkt der Exposition mit HTO ab.

Das Modell wird in Einzelschritten kalibriert. Für die Grundlage des Modells, die Berechnung des Kornwachstums, wurden Daten verwendet, die im Freiland (Winterweizenfeld im Weierbachtal, Kraichgau) ermittelt wurden. Die meteorologischen Daten der Vegetationsperiode 1993 stammen von einer Meßstation des IMK im Weierbachtal; die Ertragsdaten wurden zum Teil von der LUFÄ Augustenberg geliefert. Das Modell berechnet mit Hilfe der meteorologischen Daten die aktuelle Wachstumsrate des Kornes in Gramm Trockensubstanz (TS) pro Stunde. Zur Anpassung des Modells an gemessene Korngewichte, die in verschiedenen Entwicklungsstadien ermittelt wurden, können die maximale Photosyntheserate und der Beginn der Stärkeeinlagerung in die Körner variiert werden. Für den Fall, daß die Stärkeeinlagerung 17 Tage nach der Blüte beginnt und die maximale Photosyntheserate bei 4 g TS/h·m<sup>2</sup> liegt, wurde die berechnete Wachstumskurve des Kornes mit den gemessenen Korngewichten zufriedenstellend in Übereinstimmung gebracht (Abb. 5/13).

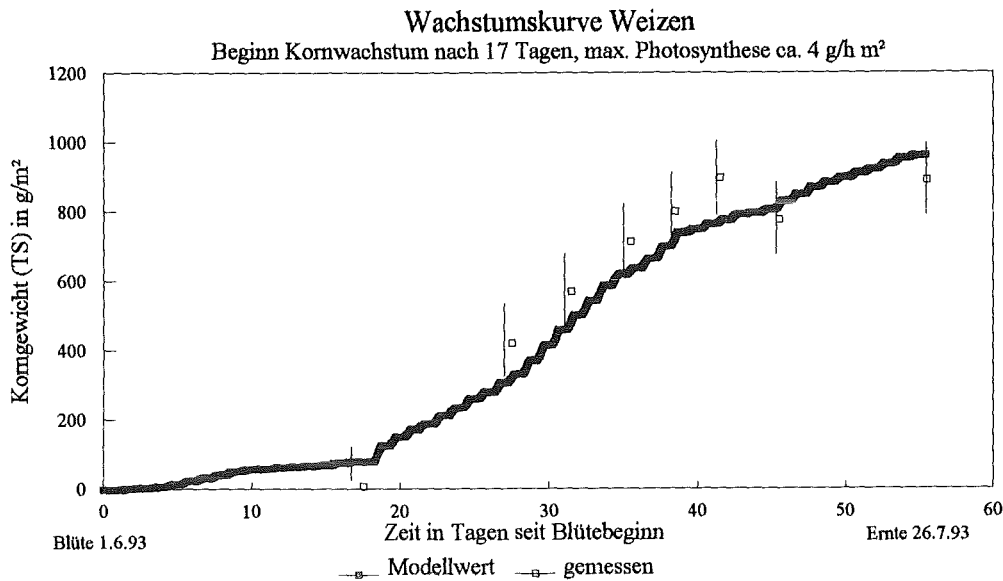


Abb. 5/13: Vergleich des berechneten und gemessenen Kornwachstums von Winterweizen, Sorte Monopol, im Weierbachtal (Kraichgau), basierend auf den Meßdaten von 1993.

Als nächster Schritt ist die Kalibrierung des Modells hinsichtlich des Einbaus von Tritium in die organische Substanz und der Translokation von OBT in die Körner vorgesehen. Dazu werden die Ergebnisse aus den Expositionsexperimenten im Labor und der im Freiland gemessenen Abhängigkeiten der Photosyntheseraten von Temperatur und Licht verwendet.

### 5.5.2 Experimente

In der Vegetationsperiode 1993 wurden weitere Versuche zur Translokation von OBT in die Früchte von Sommerweizen und Kartoffeln unter gleichen Expositionsbedingungen wie im Vorjahr durchgeführt (Expositionsdauer 2 Stunden bei Tages- und Nachtbedingungen in verschiedenen Entwicklungsstadien).

Um die experimentellen Ergebnisse zu werten, wurde zur Beschreibung des Zusammenhangs zwischen der HTO-Konzentration in den Blättern und der OBT-Konzentration in den Früchten zunächst die Form eines Translokationsindex (TLI) gewählt. Im Gegensatz zur modellmäßigen Beschreibung gibt dieser nur das Verhältnis zwischen beiden Größen an, ohne die verschiedenen Prozesse von der Assimilation in den Blättern bis zur Translokation in die Früchte im einzelnen zu berücksichtigen.

$$TLI = \frac{C_{OBT,K0}}{C_{HTO,BI}} \cdot 100$$

TLI = Translokationsindex in %

$C_{OBT,K0}$  = Tritiumkonzentration in der organischen Substanz der Körner zum Erntezeitpunkt in Bq g<sup>-1</sup>TS

$C_{HTO,BI}$  = Tritiumkonzentration im Gewebewasser der Blätter zum Zeitpunkt der maximalen Exposition in Bq g<sup>-1</sup>

Die 1993 aus den Versuchen mit Sommerweizen bestimmten Translokationsindizes lagen im Trend der im Vorjahr ermittelten Werte. Der Translokationsindex liegt unter 0,1%, wenn die Exposition vor der Kornfüllungsperiode stattfindet. Das entspricht bei im Freien gewachsenem Sommerweizen etwa der Zeit vor Mitte Juni. In der Periode der Kornfüllung (Mitte Juni bis Anfang Juli) steigt der Wert auf ca. 1% an und sinkt dann wieder auf ca. 0,2% bei Eintritt der Senescenz.

## 5.6 Die sanfte Bodendekontamination

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

Gegenstand des ersten 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.

Ziel des zweiten 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 sollen dabei sogenannte Hyperakkumulatoren und Pflanzen mit großer Biomasse untersucht werden. Nach einer ersten 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 des bewachsenen Bodens 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 Synthesechemie. In jedem Fall ist eine Energiegewinnung durch Verbrennung des getrockneten Pflanzenmaterials und die Elution des Verbrennungsrückstandes zur  $K_2CO_3$ -Gewinnung (Düngemittel) bei gleichzeitiger Rückhaltung der Schwermetalle in der Pflanzenasche vorgesehen. Das zurückbleibende Schwermetallkonzentrat kann entweder als Zuschlag für die Metallgewinnung verwendet oder sonderdeponiert werden.

### 5.6.1 Ionenaustauscher im System Boden-Bodenwasser-Schwermetalle

Die Versuche zur Schwermetalldekontamination von Böden mit Ionenaustauschern wurden 1993 fortgesetzt. Die Topfexperimente der ersten Vegetationsperiode von schwermetallbelasteten Böden mit Deutschem Weidelgras als Indikatorpflanze sowie ausgewählten Kulturpflanzen lieferten nach Ernte und Analyse der Pflanzeninhaltsstoffe erste quantitative Aussagen über die reduzierte Aufnahme toxischer Elemente, insbesondere der Schwermetalle Blei, Cadmium, Zink, Chrom und Kupfer. Die Pflanzenaufnahme wurde dabei in Abhängigkeit von Art und Menge des den Böden zugesetzten Ionenaustauschermaterials gemessen. Die Gehalte ausgewählter Elemente in der Trockensubstanz der Pflanze sind – gegenüber dem pflanzlichen Material, das auf unbehandelten, d. h. nicht mit Ionenaustauschern versetzten Böden gewonnenen wurde – um bis zu 50 % verringert.

Allerdings sind die dazu benötigten Ionenaustauschermengen und damit die Kosten für einen einmaligen Einsatz unverträglich hoch, so daß ein zyklisches Verfahren konstruiert wurde, dessen Schlüsselschritt in der Abtrennung des beladenen Ionenaustauschers vom Boden besteht. Hierzu ist jedoch das kommerzielle Ionenaustauscherharz aufgrund seiner Konsistenz als kleine Kügelchen wenig geeignet,



so daß erste Versuche mit speziell konstruierten Einsatzbehältnissen begonnen wurden, die eine problemlose Abtrennung und Regenerierung des Ionenaustauschers ermöglichen.

In der zweiten Vegetationsperiode wurden die Topfexperimente mit Deutschem Weidelgras und Rotklee fortgesetzt, das Pflanzenmaterial dreimal geerntet und analysiert. Die Lysimeterversuche mit den Kulturpflanzen Kartoffel (*Solanum tuberosum*) und Lauch (*Alyssum porrum*) wurden mit variiertem Bepflanzung weitergeführt.

In begleitenden Laborexperimenten mit Ionenaustauschern und Schwermetallböden wurde der Einfluß verschiedener Ionenaustauscher auf die Schwermetallgehalte in der Bodenlösung untersucht. Durch Isotopenverdünnungsanalyse mit dem Radioisotop Cd-109 konnten erste kinetische Daten der Schwermetallaufnahme durch den Ionenaustauscher gewonnen werden. Die zeitabhängige Löslichkeit von Haupt- und Spurenelementen in der Bodenlösung eines schwermetallhaltigen Bodens wird in den Abbildungen 5/14 und 5/15 wiedergegeben.

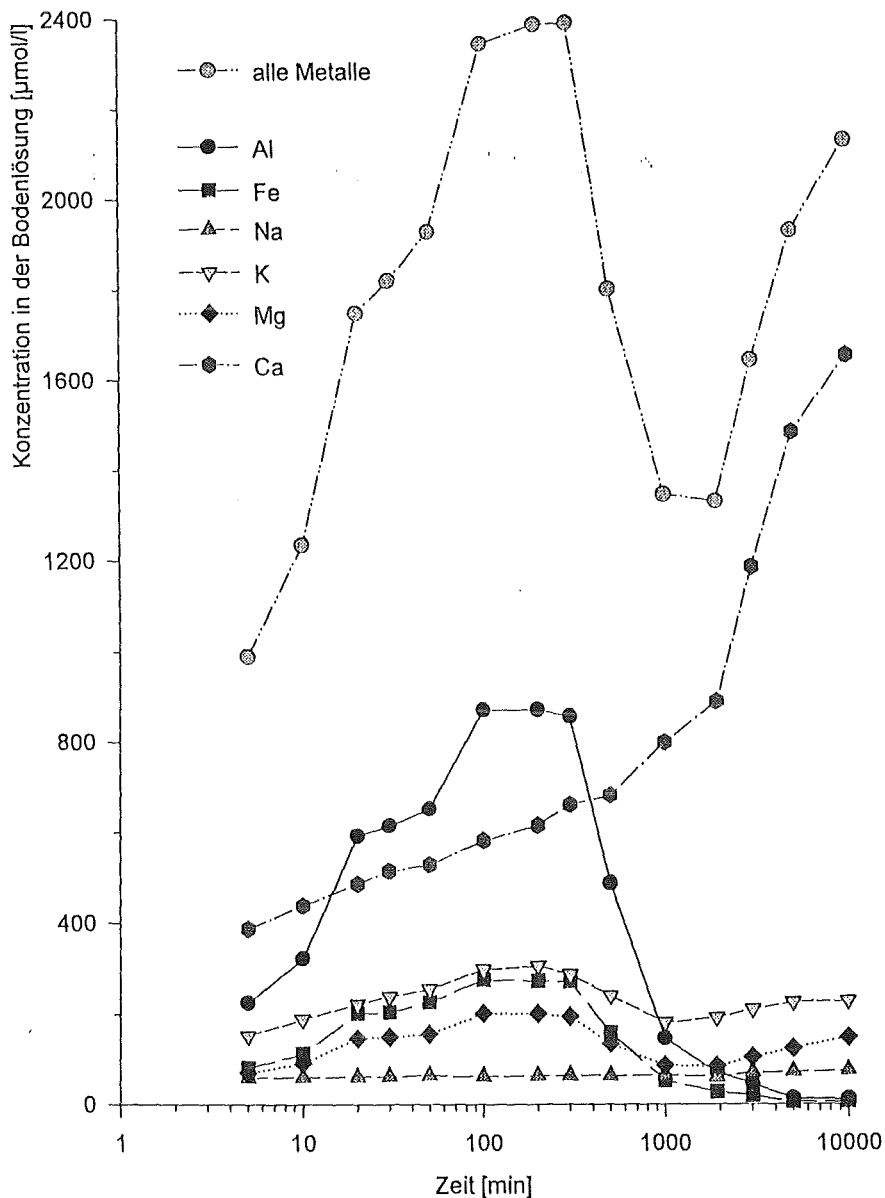


Abb. 5/14: Zeitabhängige Löslichkeit der Matrixelemente eines Schwermetallbodens

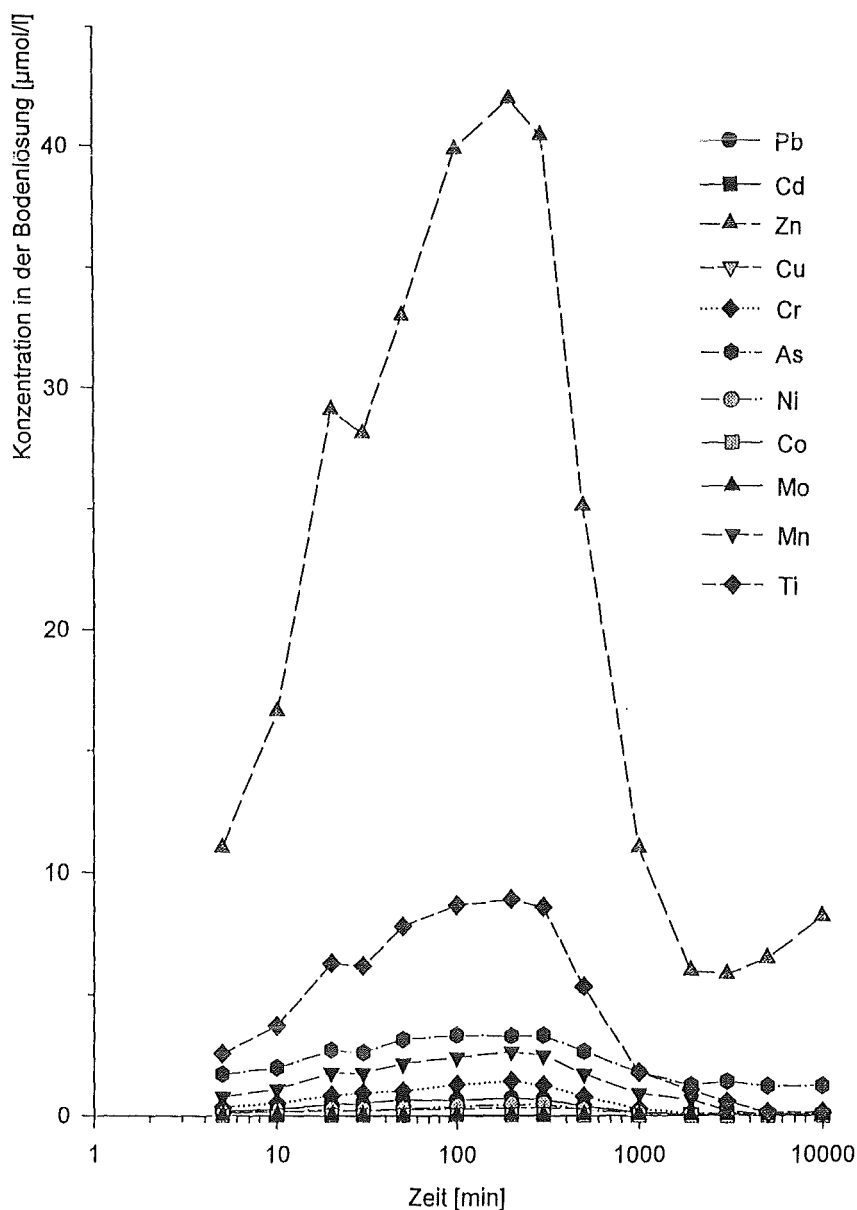


Abb. 5/15: Zeitabhängige Löslichkeit der Spurenelemente eines Schwermetallbodens

### 5.6.2 Schwermetalle aufnehmende Pflanzen

1993 wurden nach einer umfassenden Literaturrecherche weitere 20 als geeignet erscheinende Arten auf jeweils vier Schwermetallböden kultiviert. Ihr Aufnahmevermögen wird zur Zeit gemessen. Einige Pflanzen entstammen typischen Schwermetallhalden (Hyperakkumulatoren), sind also genetisch diesem Milieu adaptiert und durch eine erhöhte Aufnahmekapazität gekennzeichnet. Durch die gleichzeitige Verwendung von biomassereichen Nutzpflanzen (Pflanzen wie Chinaschilf, Pfahlrohr und Sonnenblume) konnten auch erste Daten zum Einfluß der Pflanzen-Biomasse auf den Schwermetallentzug erhalten werden. Die Analyse der Schwermetallgehalte wird bis Februar 1994 abgeschlossen sein. Die Cd-Konzentrationen verschiedener Pflanzen vom 1993er Experiment und der Entzug ist in den Tabellen 5/20 und 5/21 wiedergegeben.

1993 wurde begonnen, Haldenstandorte und ihre Pflanzenpopulationen hinsichtlich der Verwendung bereits selektierter Haldenpflanzen zu studieren. Dazu wurden weitere Schwermetallböden von Halden sowie geeignete Vertreter der dortigen Flora beprobt. Ausreichende Mengen von Boden und Pflanzensamen konnten gewonnen und für die 1994 stattfindenden Gewächshausversuche aufbereitet werden.

Pflanze, lat.	Pflanze, dt.	Boden	Cd in Pflanze [µg/g]	Cd im Boden [µg/g]
<i>Impatiens balsamina</i>	Garten-Springkraut	Hei	4,70	2,11
<i>Tussilago farfara</i>	Huflattich	Hei	3,37	2,11
<i>Campanula glomerata</i>	Geknäulte Glockenblume	Hei	3,12	2,11
<i>Miscanthus sinensis gigant.</i>	Chinaschilf (Seidengras)	Hei	2,35	2,11
<i>Betula verucosa</i>	Birke	Hei	2,20	2,11
<i>Acer saccharinum</i>	Zuckerahorn	Hei	1,25	2,11
<i>Lychnis viscaria ssp. visc.</i>	Gemeine Pechnelke	Hei	1,10	2,11
<i>Acer platanoides</i>	Spitzahorn	Hei	0,845	2,11
<i>Taraxacum officinalis</i>	Gemeiner Löwenzahn	Kob	39,3	15,6
<i>Thlaspi alpestre</i>	Voralpenhellerkraut	Kob	17,6	15,6
<i>Alyssum argenteum</i>	Steinkraut	Kob	14,0	15,6
<i>Alyssum murale</i>	Steinkraut	Kob	8,53	15,6
<i>Lychnis viscaria ssp. visc.</i>	Gemeine Pechnelke	Kob	7,88	15,6
<i>Centaurea macrocephala</i>	Flockenblume	Kob	3,25	15,6
<i>Arundo donax</i>	Pfahlrohr	Kob	3,03	15,6
<i>Trifolium arvense</i>	Hasenklees	Kob	1,36	15,6
<i>Thlaspi arvense</i>	Ackerhellerkraut	PLK	11,6	12,3
<i>Solanum nigrum</i>	Schwarzer Nachtschatten	PLK	9,32	12,3
<i>Hieracium L. pilosella</i>	Habichtskraut	PLK	8,43	12,3
<i>Thlaspi alpestre</i>	Voralpenhellerkraut	PLK	4,22	12,3
<i>Achillea millefolium</i>	Gemeine Schafgarbe	PLK	3,92	12,3
<i>Rumex acetosa</i>	Großer Ampfer	PLK	3,11	12,3
<i>Chenopodium polyspermum</i>	Vielsamiger Gänsefuß	PLK	2,07	12,3
<i>Chenopodium album L.</i>	Weißer Gänsefuß	PLK	1,08	12,3
<i>Pinus sylvestris L.</i>	Kiefer	PLK	0,372	12,3
<i>Origanum vulgare</i>	Wilder Majoran	PLK	0,295	12,3
<i>Trifolium dubium</i>	Zwerg-Klee	PLK	0,201	12,3
<i>Urtica dioica</i>	Große Brennnessel	PLK	0,097	12,3
<i>Silene vulgaris</i>	Taubenkropf-Leimkraut	Schl	6,89	0,62
<i>Minuartia verna</i>	Frühlingsmiere	Schl	3,90	0,62
<i>Alyssum murale</i>	Steinkraut	Schl	3,61	0,62
<i>Cervastium arvense</i>	Ackerhornkraut	Schl	2,08	0,62
<i>Agrostis tenuis</i>	Rotes Straußgras	Schl	1,06	0,62
<i>Ferula gummosa boiss.</i>	Ferula	Schl	0,479	0,62
<i>Ferula assa-foetula</i>	Ferula	Schl	0,346	0,62

Tab. 5/20 Cd-Gehalte in verschiedenen Pflanzen, aufgezogen auf vier verschiedenen Böden (Hei: Heitersheim, Kob: Wiesloch, Kobelsberg, PLK: Wiesloch, Psychiatrisches Landeskrankenhaus, Schl: Schlechttau)

Pflanze, lat.	Pflanze, dt.	Boden	Cd-Entzug [µg]	Cd im Boden [µg/g]
Miscanthus sinensis gigant.	Chinaschilf (Seidengras)	Hei	661	2,11
Impatiens baösa,oma	Garten-Springkraut	Hei	638	2,11
Tussilago farfara	Huflattich	Hei	621	2,11
Campanula glomerata	Geknäulte Glockenblume	Hei	409	2,11
Acer saccharinum	Zuckerahorn	Hei	370	2,11
Betula verucosa	Birke	Hei	288	2,11
Acer platanoides	Spitzahorn	Hei	138	2,11
Lychnis viscaria ssp. visc.	Gemeine Pechnelke	Hei	7,27	2,11
Taraxacum officinalis	Gemeiner Löwenzahn	Kob	2241	15,6
Arundo donax	Pfahlrohr	Kob	1544	15,6
Alyssum argentum	Steinkraut	Kob	569	15,6
Alyssum murale	Steinkraut	Kob	200	15,6
Lychnis viscaria ssp. visc.	Gemeine Pechnelke	Kob	183	15,6
Thlaspi alpestre	Voralpenhellerkraut	Kob	64,4	15,6
Centaurea macrocephala	Flockenblume	Kob	64,0	15,6
Trifolium arvense	Hasenklees	Kob	3,67	15,6
Solanum nigrum	Schwarzer Nachtschatten	PLK	502	12,3
Rumex acetosa	Großer Ampfer	PLK	242	12,3
Achillea millefolium	Gemeine Schafgarbe	PLK	236	12,3
Thlaspi arvense	Ackerhellerkraut	PLK	226	12,3
Hieracium L. pilosella	Habichtskraut	PLK	193	12,3
Chenopodium polyspermum	Vielsamiger Gänsefuß	PLK	89,9	12,3
Thlaspi alpestre	Voralpenhellerkraut	PLK	30,0	12,3
Chenopodium album L.	Weißer Gänsefuß	PLK	22,9	12,3
Origanum vulgare	Wilder Majoran	PLK	19,6	12,3
Urtica dioica	Große Brennessel	PLK	7,26	12,3
Pinus sylvestris L.	Kiefer	PLK	1,82	12,3
Trifolium dubium	Zwerg-Klee	PLK	0,762	12,3
Silene vulgaris	Taubenkropf-Leimkraut	Schl	622	0,62
Cervastium arvense	Ackerhornkraut	Schl	115	0,62
Agrostis tenuis	Rotes Straußgras	Schl	101	0,62
Alyssum murale	Steinkraut	Schl	94,1	0,62
Minuartia verna	Frühlingsmiere	Schl	8,67	0,62
Ferula assa-foetula	Ferula	Schl	2,65	0,62
Ferula gummosa boiss.	Ferula	Schl	2,05	0,62

Tab. 5/21 Cd-Entzug durch verschiedene Pflanzen, aufgezogen auf vier verschiedenen Böden  
(Hei: Heitersheim, Kob: Wiesloch, Kobelsberg, PLK: Wiesloch, Psychiatrisches  
Landeskrankenhaus, Schl: Schlechttau)

## 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 (BGBl, S. 1657) müssen von den nach Landesrecht zuständigen Meßstellen bauartzugelassene Dosimeter eingesetzt werden. 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 das Flachglasdosimeter eine allgemein gültige Bauartzulassung [3, 9, 23, 24]. Unter der amtlichen Bezeichnung KfK-PGD FGD-10& SC-1 (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 neuen Dosimeters zählt die höhere Empfindlichkeit und gute Reproduzierbarkeit der Dosismessung im Dosisbereich von 0,1 mSv (siehe auch Abschnitt 6.2.1). Im Hinblick auf die 1995 zu erwartende Einführung neuer Meßgrößen kann das Flachglasdosimeter, im Gegensatz zu den anderen Personendosimetern, ohne Änderung des Auswerteverfahrens weiterhin eingesetzt werden.

Als zweites amtliches Dosimeter wird mit der amtlichen Bezeichnung KfK-TLD-TD2 (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/cm<sup>2</sup>. Meßgröße ist die Photonen-Äquivalentdosis.

Als drittes amtliches Dosimeter wird ein Neutronendosimeter unter der Bezeichnung KfK-TLD-GD2 (Zulassungsnummer 6.21-PD-93.09) angeboten, dessen bundesweiter Einführung vom Länderausschuß für Atomkernenergie zum Jahresende 1986 zugestimmt wurde. Das vom Kernforschungszentrum Karlsruhe entwickelte universelle Albedoneutronendosimeter, Type ALNOR, mit TLD-600 (<sup>6</sup>LiF:Mg,Ti)- und TLD-700 (<sup>7</sup>LiF:Mg,Ti)-Thermolumineszenzdetektoren dient zur Personenüberwachung in Neutronen-Beta-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). Die nichtamtliche Überwachung basiert 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 Radondiffusionskammern (Radondosimeter) mit Kernspurätzdetektoren angeboten. Zusätzlich erfolgte die Bereitstellung von Kernspurdetektoren für Kunden, die die Auswertung der Dosimeter selbst durchführen.

Amtliche Auswertung	Auswertezahl	Kundenzahl
Phosphatglas-Ganzkörperdosimeter	77 180	81
Thermolumineszenz-Teilkörperdosimeter	24 205	230
Albedo-Neutronen-Ganzkörperdosimeter	13 276	53
Nichtamtliche Auswertung		
Phosphatglasdosimeter	3 198	6
Thermolumineszenzdosimeter	1 258	9
Radondosimeter	3 116	26

Tab. 6/1: Serviceleistungen der amtlichen Meßstelle 1993

#### 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 um 2 % anstiegen (Tab. 6/1). Die Entwicklung der Auswertezahlen in den letzten neun Jahren ist in Abb. 6/1 dargestellt. Der Einsatz der Phosphatgläser in der Ortsdosimetrie stieg um ca. 1 500 Dosimeter. 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.

#### 6.1.2 Thermolumineszenzdosimetrie

N. Biegard, I. Schnapke

Die Auswertezahlen der 1986 begonnenen Teilkörperdosimetrie stiegen von anfänglich 400 auf derzeit ca. 2000 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. Über die Dosisanzeige in verschiedenen Tiefen kann mittels Kalibrierkurven der  $\beta$ -Dosisanteil ermittelt werden. Die Anzahl der Auswertungen stieg im Berichtszeitraum geringfügig (Tab. 6/1). Die Anzahl der automatisch ausgewerteten Albedoneutronendosimeter hat sich bei etwa 1 100 Dosimetern pro Monat eingependelt.

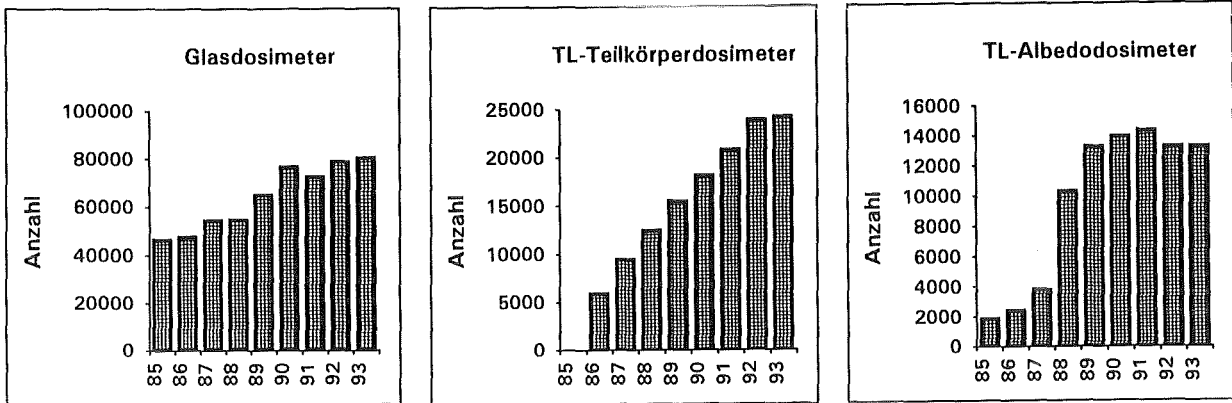


Abb. 6/1: Entwicklung der Auswertezahlen pro Jahr seit 1985

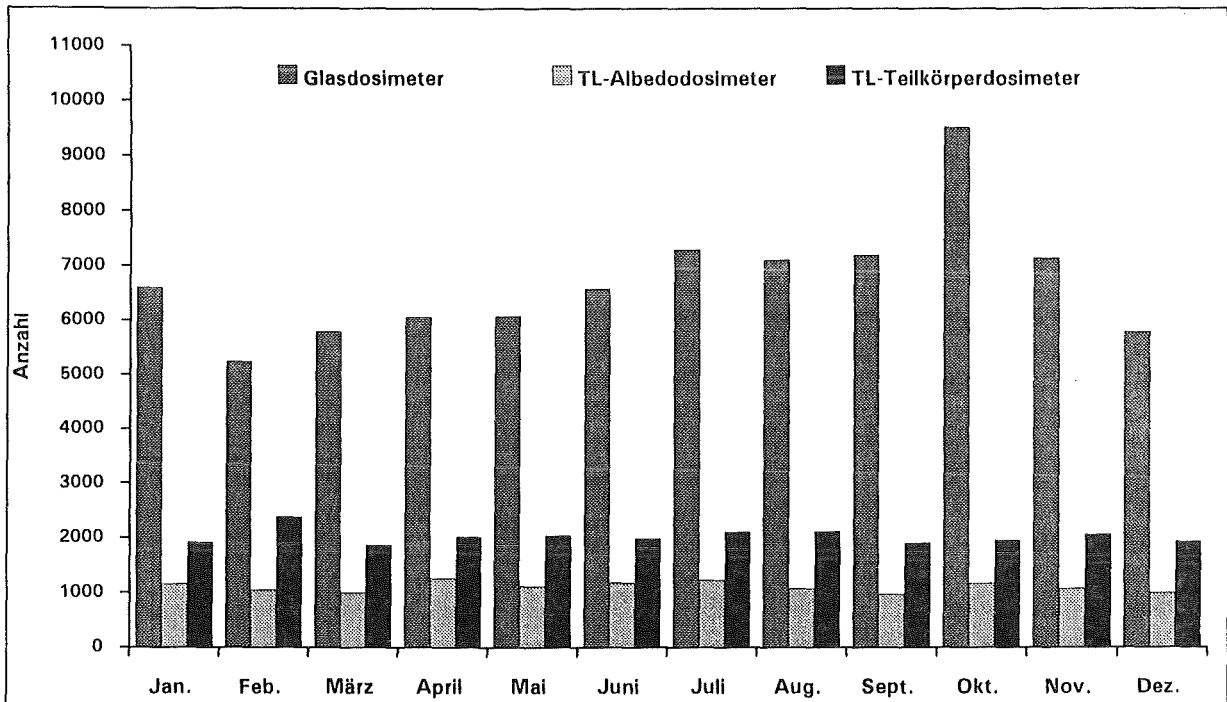


Abb. 6/2: Verlauf der Auswertezahlen pro Monat im Jahr 1993

### 6.1.3 Sonstige Personen- und Ortsdosimeter

N. Biegard, A. Hager, B. Rittinger, I. Schnapke

Neben den amtlichen Dosimetern werden Festkörperdosimeter zur Eigenüberwachung sowie im Auftrag auswärtiger Stellen ausgewertet. Eingeschlossen sind Dosismessungen mit Festkörperdosimetern in der Umgebung kerntechnischer Anlagen und die Bereitstellung von 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  $30 \text{ mg/cm}^2$  und  $450 \text{ mg/cm}^2$  verwendet und in einem automatischen Auswertesystem ausgewertet.
- Thermolumineszenzdosimeter zur Umgebungsüberwachung bestehend aus TLD-700-Detektoren in einer Polyäthylenkapsel entsprechend einer Abdeckung von  $500 \text{ mg/cm}^2$ .
- Phosphatglasdosimeter zur Umgebungsüberwachung in der Flachglaskapselung zum praktisch energieunabhängigen Nachweis der Photonenstrahlung im Energiebereich von 25 keV bis 8 MeV.
- 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, $\alpha$ )-Konverter verwendet werden. Mit letzteren läßt sich die natürliche 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.

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

### 6.1.4 Bauartprüfungen und Vergleichsbestrahlungen

B. Burgkhardt, S. Ugi, M. Vilgis

Nach den Bestimmungen der Eichordnung müssen Personen- und Ortsdosimeter für Photonenstrahlung bauartzugelassen und geeicht sein, wenn sie zur Messung der Personendosis bzw. Ortsdosis / Ortsdosisleistung innerhalb der physikalischen Strahlenschutzkontrolle eingesetzt werden. Vorgesehen ist hier eine wiederkehrende Eichung nach zwei Jahren, bei passiven Personendosimetern eine jährliche Kontrollbestrahlung.



Das Flachglasdosimeter des Phosphatglasdosimetriesystems Toshiba Glass PGD-FGD-10 & SC-1 ist bisher das einzige Festkörperdosimeter, das eine für alle Geräte dieser Bauart gültige Bauartzulassung im Jahre 1992 erhalten hat. Es wird bei der amtlichen Meßstelle seit 1993 in der Personendosimetrie eingesetzt. Für alle übrigen amtlichen Personendosimeter gilt als Sonderregelung eine Bauartzulassung aufgrund einer einmal durchgeführten, erweiterten Vergleichsmessung, die seit 1992 bzw. 1993 vorliegt. Dies betrifft die bei KfK eingesetzten Thermolumineszenzdosimeter zur Messung der Personendosis. Zu den Bauartanforderungen gehört eine eindeutige Festlegung und Zuordnung der Komponenten des Dosimetriesystems wie z.B. die Dosimetersonde, das Auswertegerät, die zugrundegelegte Meß- und Wärmebehandlungsvorschrift, der angeschlossene Rechner und die Datenausgabe.

Die eingesetzten Dosimetriesysteme nehmen an einer mindestens einmal jährlich stattfindenden Kontrollbestrahlung teil. Nach Bestrahlung erfolgt die Auswertung bei der Dosimetriestelle innerhalb eines Tages im Beisein eines Eichbediensteten, wobei das in der Bauartzulassung festgelegte Routineverfahren überprüft wird. Dabei dürfen die Meßwertabweichungen im Dosisbereich  $H \geq 0,2$  mSv für Ganzkörper- und  $H \geq 1$  mSv für Teilkörperdosimeter bestimmte Maximalwerte in mindestens 90 % der Fälle nicht überschreiten.

Im Berichtszeitraum wurden im Beisein eines Eichbediensteten Flachglasdosimeter, Albedoneutronendosimeter und Fingerringdosimeter ausgewertet. Beim Phosphatglasdosimeter lag der Mittelwert aller auf den Sollwert bezogenen relativen Anzeigen bei 1,015 mit einer relativen Standardabweichung von 5,6 %. Abb. 6/3 zeigt diesen PTB-Vergleich zusammen mit einem Vergleich von Flachglasdosimetern und elektronischen Personendosimetern an drei verschiedenen Kernkraftwerken. Die Ergebnisse der Auswertungen für das Fingerringdosimeter lagen bei  $1,101 \pm 16$  % und für das Albedoneutronendosimeter wurde bei der Photonenmessung  $1,005 \pm 15$  % erreicht. Die Vergleichsbestrahlung des Albedoneutronendosimeters erfüllte für Neutronenmessung in allen Bestrahlungsfeldern mit dem Mittelwert von  $1,122 \pm 15$  % die PTB-Anforderungen.

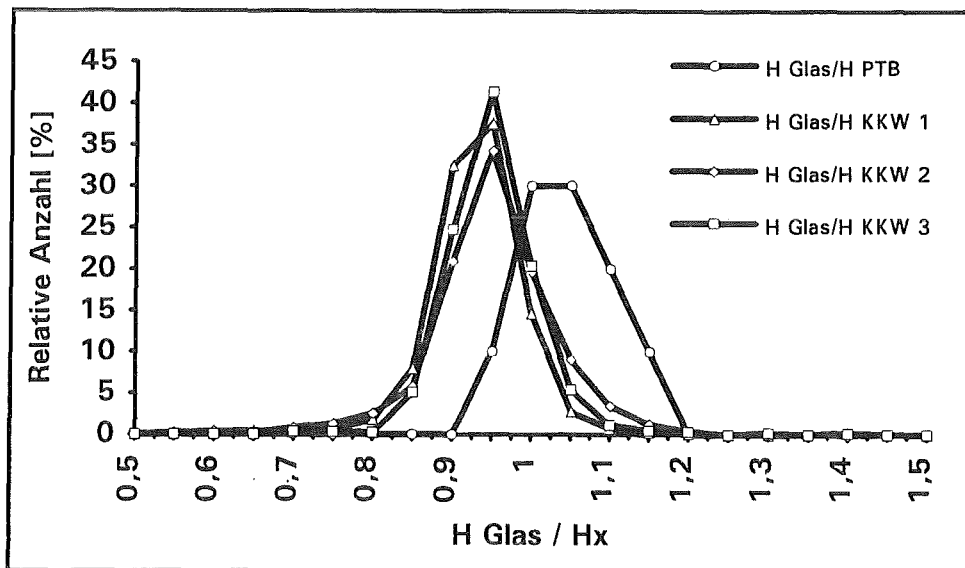


Abb. 6/3: Ergebnisse der PTB-Kontrollbestrahlung 1993 von Flachglasdosimetern und Vergleich von Flachglasdosimetern und elektronischen Personendosimetern an drei Kernkraftwerken für  $H > 1$  mSv

## 6.2 Photonendosimetrie

### 6.2.1 Vergleich von Flachglasdosimetern mit elektronischen Personendosimetern

S. Ugi, E. Piesch

Innerhalb der Personenüberwachung an kerntechnischen Anlagen werden zusätzlich zu den amtlichen Personendosimetern elektronische Personendosimeter (EPD) mit digitaler Anzeige innerhalb der Eigenüberwachung eingesetzt. Die Einführung des neuen Flachglasdosimeters zur amtlichen Personenüberwachung in Baden-Württemberg bot im Jahre 1993 erstmals die Gelegenheit, die monatlichen Meßergebnisse beider Dosimetriesysteme zu vergleichen. Dieser Vergleich wurde in Zusammenarbeit mit dem Gemeinschaftskernkraftwerk Neckarwestheim, dem Kernkraftwerk Obrigheim und dem Kernkraftwerk Philippsburg durchgeführt.

Beide Dosimetriesysteme gestatten die Anzeige kleiner Dosen im  $\mu\text{Sv}$ -Bereich und zeigen im Dosisbereich von 0,1 mSv eine vergleichbare Meßunsicherheit [3, 9]. Unterschiede ergeben sich dadurch, daß Photolumineszenzdosimeter (PLD) die natürliche Strahlung während des gesamten Überwachungszeitraumes (etwa 0,12 mSv) integrieren. Beim EPD wird hingegen die Tagesdosis zwischen Ein- und Ausgangskontrolle jeweils neu aufsummiert. Der Betrag der natürlichen Strahlung von etwa  $0,8 \mu\text{Sv}/8 \text{ h}$  trägt nur bei zusätzlichen Expositionen zum Meßwert bei, so daß  $H_{\text{nat}}$  im Gegensatz zum Glasdosimeter bei kleinen Strahlenexpositionen praktisch nicht angezeigt wird. Beide Systeme unterscheiden sich in der Energieabhängigkeit des Ansprechvermögens, wobei das EPD im Photonenenergiebereich oberhalb 100 keV bis zu 20 % überempfindlich ist. Bei dem Vergleich der Monatsergebnisse der innerbetrieblichen Personenüberwachung mit elektronischen Personendosimetern und der amtlichen Personendosimetrie wurde beim Glasdosimeter in Abweichung zum Routineauswerteverfahren der vorgegebene mittlere  $H_{\text{g,nat}}$ -Wert zunächst nicht subtrahiert. Damit können anlagenspezifische mittlere Werte für  $H_{\text{g,nat}}$  ermittelt werden. Abb. 6/4 zeigt dies am Beispiel der monatlichen Häufigkeitsverteilung der Glasdosimeter für Meßergebnisse  $< 0,2 \text{ mSv}$  bezogen auf einen Zeitraum von 60 Tagen.

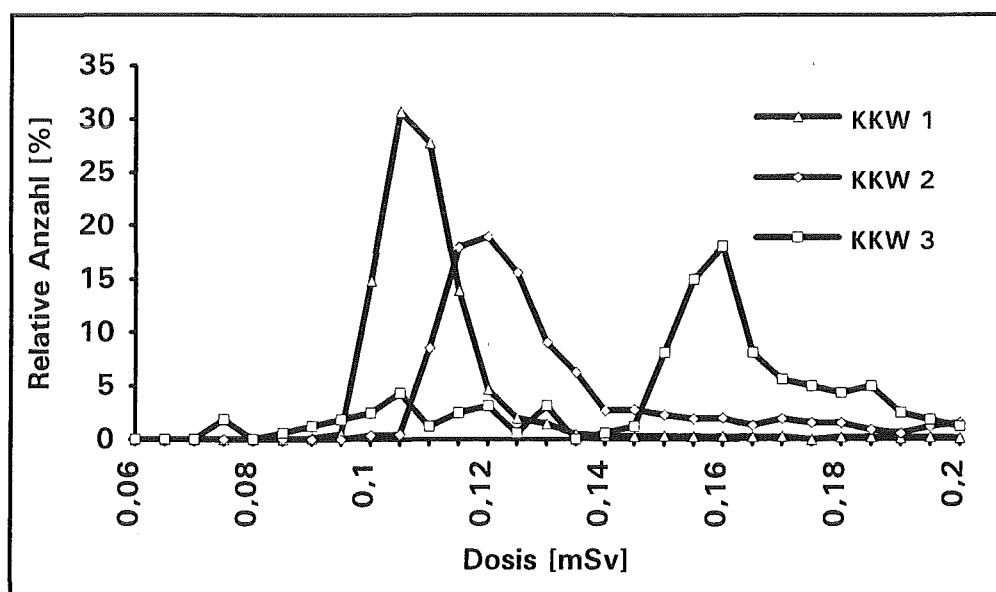


Abb. 6/4: Monatliche Häufigkeitsverteilung der PLD-Ergebnisse für Meßwerte  $H_g + H_{\text{g,nat}} < 0,2 \text{ mSv}$  an drei KKW

Bei KKW1 und KKW2 findet man für die natürliche Bestrahlungsdosis Maxima bei  $H_{g,nat}=0,12$  mSv bzw. 0,14 mSv mit Variationskoeffizienten von 7 % bzw. 10 %. Im KKW3 werden die Dosimeter vor Benutzung unterschiedliche Zeit in einer Abschirmung gelagert, was zu  $v(H)=20$  % führt und bei Abzug eines einheitlich größeren  $H_{g,nat}$ -Wertes zu Verlusten in der Dosisanzeige eines Einzeldosimeters bis zu 0,06 mSv führen kann. Abb. 6/5 zeigt die für die Monate Januar bis Oktober aufsummierten Häufigkeitsverteilungen, die bei kleinen Anzeigen durch die natürliche Strahlenexposition und bei hohen Anzeigen durch zusätzliche Strahlenexpositionen bestimmt werden.

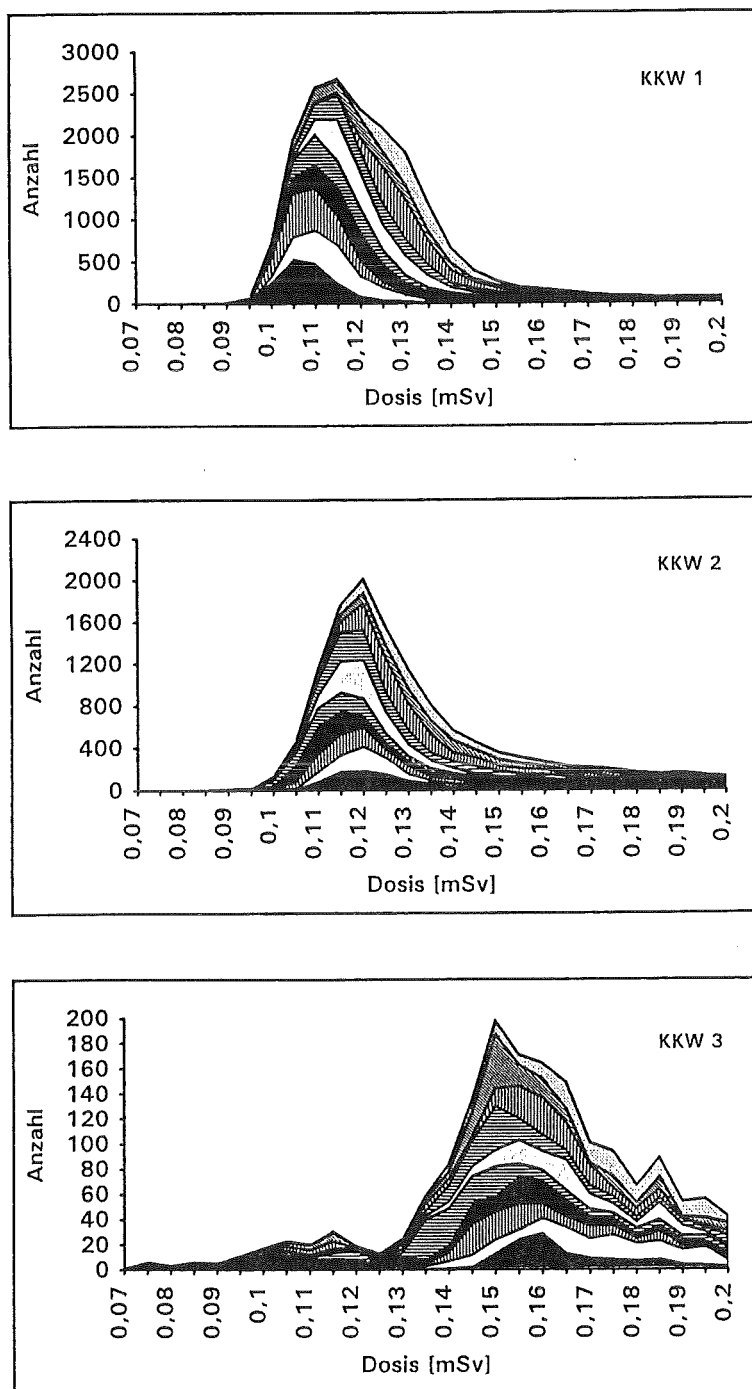


Abb. 6/5: Monatlich aufsummierte Häufigkeitsverteilung des Flachglasdosimeters über den Zeitraum Januar bis Oktober 1993 für drei Kernkraftwerke

EPD und PLD zeigen für Dosen > 1 mSv eine zufriedenstellende Übereinstimmung innerhalb  $\pm 10\%$ . Wegen der Energieabhängigkeit der EPD ist die mittlere Anzeige der Glasdosimeter bis zu 10 % höher bei Übereinstimmung mit PTB-Kontrollbestrahlungen ( $H_g/H_{ref}=1,05$ ) (siehe Abb. 6/3). Die Ergebnisse zeigen, daß im KKW im allgemeinen mit einer gleichmäßigen Exposition der Glasdosimeter durch natürliche Strahlung zu rechnen ist. Trotz der unterschiedlichen Energieabhängigkeit und Empfindlichkeit gegenüber natürlicher Strahlung wird bei beiden Systemen eine gute Übereinstimmung der Monatsergebnisse erhalten.

## 6.2.2 Einsatz von Flachglasdosimetern in der medizinischen Röntgendiagnostik

B. Burgkhardt, M. Fichtner

Im Rahmen einer vom Marienhospital Stuttgart und HS/D betreuten Diplomarbeit wurden im medizinisch-röntgendiagnostischen Bereich Orts- und Personendosismessungen mit den bauartgeprüften Flachglasdosimetern an verschiedenen Kliniken durchgeführt und mit Meßwerten von Thermolumineszenz- und/ oder Filmdosimetern verglichen. Transportdosen und natürlicher Untergrund wurden jeweils subtrahiert.

Röntgenanlage	Abstand zur Röhre (m)	Glas		Film	
		Dosis (mSv)	Energie (keV)	Dosis (mSv)	Energie (keV)
CGR	0,45	2,44	30-70	3,0	60-150
Siregraph	1,80	0,43	30-70	0,4	60-150
Buckymat	1,50	0,44	30-70	0,4	60-150
Thoramat	2,15	2,31	30-70	2,4	60-150
	1,30	4,56	30-70	4,4	60-150
CT	0,92	10,2	30-70	10,2	60-150
vor Bleischürze	4,50	0,89	30-70	1,0	60-150
hinter Bleischürze		0,09	>150	0,2	150-400

Tab. 6/2: Ortsdosimetrie an verschiedenen Röntgenanlagen in der röntgendiagnostischen Abteilung des Marienhospitals, Stuttgart: Vergleich von Glas- und Filmdosimetern an Orten hoher Dosisleistungserwartung mit entsprechender Angabe der Strahlenqualität (Filmergebnisse auf 0,2 mSv abgerundet)

In Tabelle 6/2 sind zum Beispiel Ortsdosiswerte von Flachglas- und Filmdosimetern für einen Zeitraum von zehn Tagen an ausgewählten Meßorten höherer Dosisleistungserwartung in den Streustrahlungsfeldern verschiedener Röntgenanlagen wiedergegeben. Beide Dosimetriesysteme zeigen hier nicht nur im Dosiswert, sondern auch in der Energiebereichsangabe gute Übereinstimmung, wobei die Anzeigegenauigkeit der Flachglasdosimeter größer ist und die Filmwerte nach den Vorschriften der amtlichen Meßstelle gerundet wurden.

In Tabelle 6/3 werden die Personendosiswerte von versuchsweise über drei Monate parallel getragenen Flachglasdosimetern mit der Summe der monatlich ausgewechselten, routinemäßig eingesetzten TL-Dosimeter verglichen. Die Dosimeter wurden außerhalb der Bleischürze im Schulterbereich getragen. Der mit dem Flachglas angezeigte Energiebereich betrug einheitlich 70 bis 150 keV in der Klinik B und 30 bis 70 keV in Klinik C. In der Klinik A war der Dosismeßwert für eine zuverlässige Energieermittlung zu klein.

Die Vergleichsergebnisse zeigen das gute Ansprechvermögen des Flachglasdosimeters auch in der Personüberwachung im medizinischen Bereich. Da das Flachglasdosimeter gleichzeitig auf die neue Meßgröße  $H_p(10)$  optimiert wurde, ist bei Einführung von  $H_p(10)$  als gesetzliche Meßgröße mit keinen wesentlichen Änderungen der Personendosen zu rechnen.

Photonen-Äquivalentdosis (mSv)					
Klinik A		Klinik B		Klinik C	
Glas	TLD	Glas	TLD	Glas	TLD
0,007	0	0,63	0,75	5,6	6,25
0,028	0,05	0,20	0,15	6,98	6,95
0	0	0,49	0,40	14,0	11,1
0,010	0	0,38	0,35	7,96	8,95
0	0,05	5,18	4,5	1,48	1,85

Tab. 6/3: Personüberwachung an drei Krankenhäusern einer europäischen Großstadt - Vergleich der über drei Monate aufsummierten TLD-Werte mit den über den gleichen Zeitraum akkumulierten Glaswerten

### 6.2.3 Eigennulleffekt und Ansprechvermögen von Festkörperdosimetern gegenüber kosmischer Strahlung

B. Burgkhardt, S. Allers

Im Hinblick auf die Anwendung in der Umgebungüberwachung wurde in einem Langzeitexperiment der Eigennulleffekt und das Ansprechvermögen gegenüber kosmischer Strahlung für Thermolumineszenz- und Phosphatglasdosimeter untersucht [34]. Tabelle 6/4 gibt die auf ein Jahr normierten Ergebnisse in Einheiten der Luftkerma (Konversionsfaktor 0,876 Gy/Sv) für verschiedene Meßorte wieder. Die mit Cs-137-Photonen zu Expositionsbeginn bestrahlten Kalibrierdosimeter wurden zusammen mit den Ortsdosimetern exponiert und ermöglichten die Ermittlung ortsspezifischer Kalibrierfaktoren unter Einbeziehung des Fadings.

Der Eigennulleffekt ergibt sich aus der Anzeige der im Asse-Salzbergwerk regenerierten, exponierten und ausgewerteten Dosimeter nach Abzug des Dosiserwartungswertes von 9,64  $\mu\text{Gy/a}$ . Es wurden nur vernachlässigbar kleine Werte im Bereich von 1  $\mu\text{Gy/a}$  gefunden, jedoch können die Kapselungen zu einer Meßwerterhöhung bis zu etwa 30  $\mu\text{Gy/a}$  ( $\text{CaF}_2\text{:Dy}$  in Zinnkugel) beitragen.

Die mittlere Jahresdosisanzeige der verschiedenen Dosimeter beträgt auf einem Baggersee in einem praktisch ungestörten kosmischen Strahlenfeld  $0,254 \text{ mGy/a} \pm 6\%$  ( $1 \sigma$ -Wert). Bei einer gegebenen Referenzdosisleistung von  $33 \text{ nGy/h}$  ( $0,29 \text{ mGy/a}$ ) in  $115 \text{ m}$  über N.N. errechnet sich ein mittleres Ansprechvermögen von  $0,88$  gegenüber kosmischer Strahlung in guter Übereinstimmung mit Literaturangaben (110. PTB-Seminar 1993). In einer  $15 \text{ cm}$  dicken Abschirmung aus Stahl, die den weichen Anteil der kosmischen Strahlung absorbiert, ist die mittlere Anzeige um etwa die Hälfte geringer als auf dem Baggersee. Das Ansprechvermögen der Dosimeter von  $0,87$  gegenüber der Hochgebirgshöhenstrahlung auf dem Jungfrauoch in der Schweiz errechnet sich aus dem Referenzwert von  $1,22 \text{ mGy/a}$ .

Unterschiede im Ansprechvermögen gegenüber kosmischer Strahlung lassen sich für  $\text{CaF}_2\text{:Dy}$ - und  $\text{LiF:Mg,Ti}$ -Dosimeter nicht finden. Die leichte Erhöhung von ca.  $5\%$  bei den  $\text{LiF:Mg,Cu,P}$ -Dosimetern läßt sich mit der Energieabhängigkeit erklären.

Meßort	Höhe N.N. m	Exposi- tionszeit Tage	Jahresdosis (Luftkerma) in mGy/a				
			$^6\text{LiF:Mg, Ti}$	$^7\text{LiF:Mg, Ti}$	$\text{LiF:Mg, Cu, P}$	$\text{CaF}_2\text{:Dy}$	Flachglas
Bergwerk Asse <sup>1)</sup>	-775	558	0,001	0,001	0,008	0,029	0,009
Baggersee	115	548	0,249	0,237	0,275	0,248	0,263
Stahlkammer	115	559	0,154	0,122	0,146	0,130	0,134
Jungfrauoch	3576	80	-	1,03	-	1,09	1,04

1) Eigennulleffekt der gekapselten Detektoren

Tab. 6/4: Ergebnisse der Langzeitexpositionen von Festkörperdosimetern in ausgewählten natürlichen Strahlenfeldern

#### 6.2.4 Fadingverhalten verschiedener TLD-Chargen

B. Burgkhardt, M. Vilgis

Beim routinemäßigen Einsatz von Thermolumineszenz-Ganzkörperdosimetern, wie z.B. dem Albedo-neutronendosimeter ist es von Interesse festzustellen, inwieweit ein Fading innerhalb eines Überwachungszeitraumes von einem Monat für die verschiedenen TL-Detektorchargen zu berücksichtigen ist. In der Vergangenheit wurden umfangreiche Fading-Versuche mit Detektoren durchgeführt, die vorher in einem Ofen bei  $400^\circ\text{C}$  regeneriert worden waren. Die Regenerierung und Auswertung der Detektoren im Routinebetrieb erfolgt heutzutage in einem vollautomatischen Auswertegerät (z.B. Dosacus) bei  $340^\circ\text{C}$ .

Für den aktuellen Fading-Versuch wurden Detektoren im Auswertegerät oder zum Vergleich im Ofen regeneriert, nach Photonenbestrahlung bei Raumtemperatur und  $40^\circ\text{C}$  einen bzw. 30 Tage gelagert, vor der Auswertung bei  $80^\circ\text{C}$  für 30 Minuten routinemäßig temperiert und schließlich zusammen im Dosacus-Auswertegerät ausgewertet.

In Tabelle 6/5 ist das hier ermittelte relative Ansprechvermögen für die verschiedenen Regenerierungs- und Lagerungsbedingungen wiedergegeben. Das relative Ansprechvermögen bezieht sich auf eine routinemäßige Kalibrierung des Auswertegerätes bei Bestrahlung der Kalibrierdosimeter in der Mitte des

Überwachungszeitraumes (15 Tage Fading). Die für die Dosimeterchargen gefundenen Mittelwerte aller Ansprechvermögen (untere Zeile) lassen kein chargenspezifisches Fading erkennen. Die entsprechenden Mittelwerte für die verschiedenen Lagerbedingungen (letzte Spalte) zeigen, daß das 30-Tage-Fading bei 40 °C bei Regenerierung im Dosacus 10 % größer ist als bei Regenerierung im Ofen und Werte von 20 % erreichen kann. In der Routineüberwachung mit TL-Ganzkörperdosimetern bei Zimmertemperatur kann das Fading jedoch praktisch vernachlässigt werden.

Regenerierung	Lagerung		Relatives H/H <sub>ref</sub> <sup>1)</sup>								Mittel
	°C	Tage	TLD 600-Chargen-Nr.				TLD 700-Chargen-Nr.				
			58	27	27	30	59	29	51	31	
Ofen	23	1	1,03	1,00	1,01	1,00	1,04	1,00	1,02	1,00	1,01
		30	0,99	0,99	1,00	0,99	1,00	0,98	0,98	0,97	0,99
Auswertegerät	23	1	1,03	1,01	0,98	0,98	1,01	1,00	0,98	0,99	0,99
		30	1,00	0,97	0,96	0,97	1,01	0,93	0,97	0,95	0,97
Ofen	40	1	0,96	0,95	0,95	0,96	0,97	0,95	0,94	0,95	0,95
		30	0,89	0,91	0,91	0,91	0,91	0,85	0,87	0,88	0,89
Auswertegerät	40	1		0,81	0,79	0,76		0,78	0,77	0,77	0,78
		30		0,84	0,84	0,81		0,75	0,82	0,80	0,81
			Mittel	0,94	0,93	0,92		0,91	0,92	0,91	0,92

<sup>1)</sup> Mittelwert der Anzeigen von vier Detektoren bei 10 mSv Cs-137-Photonenbestrahlung; H<sub>ref</sub> nach Lagerung für fünf Tage bei 23 °C

Tab. 6/5: Änderung des relativen Ansprechvermögens von TLD-Chargen für verschiedene Regenerierungs- und Lagerungsbedingungen

### 6.3 Neutronendosimetrie

#### 6.3.1 Entwicklung eines neuen Neutronendosisleistungsmeßgerätes

B. Burgkhardt, G. Fieg, E. Piesch

Auf Grund der neuen ICRP-Empfehlung wurde 1990 der Neutronenfluenz-Äquivalentdosiskonversionsfaktor modifiziert. In der Meßtechnik ergab sich daraus die Notwendigkeit, Neutronensonden mit einer entsprechend höheren Empfindlichkeit (etwa Faktor 2) und einer verbesserten Energieabhängigkeit des Ansprechvermögens zu entwickeln. Ziel eines 1993 begonnenen TT-Vorhabens, das in Zusammenarbeit mit dem Institut für Neutronenphysik und Reaktortechnik und der Firma EG&G Berthold durchgeführt wird, ist die Entwicklung einer Neutronendosisleistungs-sonde mit hoher Empfindlichkeit und einer Energieabhängigkeit auf der Grundlage der neuen Dosisumrechnungsfaktoren (ICRP 60).

Als Detektor dient ein zylindrischer <sup>3</sup>He-Proportionalzähler (Durchmesser 44 mm, Länge 100 mm) im Zentrum einer moderierenden Kugel aus Polyäthylen mit einem Durchmesser von 25 bis 30 cm. Die Energieabhängigkeit des Ansprechvermögens wird vor allem durch die Einzelheiten der Moderator- und Absorbergeometrie bestimmt. Die wichtigsten Parameter sind hierbei Kugeldurchmesser, Lage und Perforationsgrad des Neutronenabsorbers (Cadmium) im Moderator und zusätzlich vorgesehene radiale Bohrungen im Moderator.

Zur Optimierung dieser Parameter wurden Simulationsrechnungen mit dem Neutronentransport-Code MCNP aus Los Alamos durchgeführt. Die Modellierung der Detektoranordnung erfolgte unter Berücksichtigung aller Komponenten unter Beachtung der richtigen Materialzusammensetzungen und Massenbelegungen. Die Überprüfung der Ergebnisse der Simulationsrechnung und der Messung ergab für Cf-252- und Am-Be-Neutronen eine gute Übereinstimmung innerhalb von 20 %. Zur experimentellen Überprüfung der Detektoreigenschaften wurden weitere Kalibrierungen mit Neutronen thermischer, mittlerer und hoher Energien an der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt in Braunschweig durchgeführt. In der daraufhin optimierten Geometrie ergibt die Simulationsrechnung ein Detektoransprechvermögen, das in Abhängigkeit von der Neutronenenergie für Kugeln von 25 bzw. 27 cm Durchmesser relativ flach verläuft. Abb. 6/6 zeigt einen Vergleich des Energieansprechvermögens dieser Kugeln mit dem kommerziellen Leake-Counter nach dem bisherigen Meßverfahren der für den derzeitigen Stand der Technik repräsentativ ist. Die zu erwartenden Verbesserungen in der Empfindlichkeit (Faktor 10) und der Energieabhängigkeit auf einen Faktor von 3,5 (bisher Faktor 10) sind insbesondere im Energiebereich schneller Neutronen signifikant. Die Unterbewertung thermischen Neutronen kann toleriert werden, da im interessierenden Neutronenspektrum am Arbeitsplatz der relative Dosisanteil thermischer Neutronen < 1 % (maximal 10 %) betragen kann. Zur Überprüfung der Berechnung und zur endgültigen Optimierung sind im Jahre 1994 weitere Bestrahlungsexperimente vorgesehen.

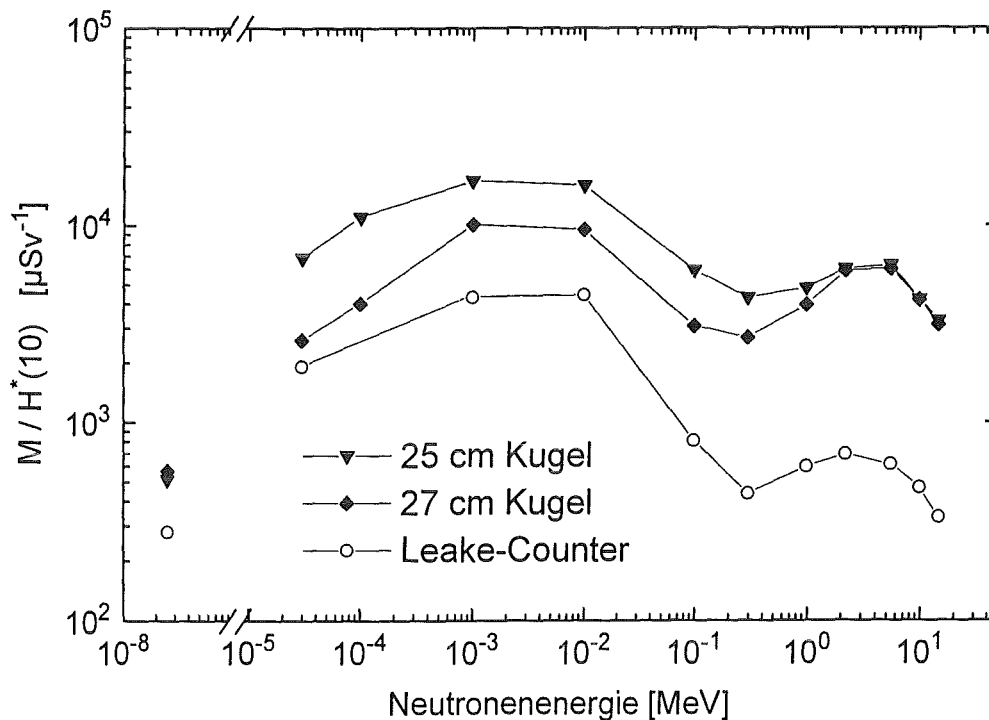


Abb. 6/6: Berechnetes Äquivalentdosisansprechvermögen der neuentwickelten Neutronendosissonde und Vergleich mit dem Leake-Counter (Literaturwerte)

### 6.3.2 Optimierung des elektrochemischen Ätzverfahrens von Polykarbonatdetektoren zum Nachweis schneller Neutronen

M. Vilgis, K. Josefowicz, B. Burgkhardt, E. Piesch,

Wegen zu geringer Dicke der Detektoren und der dadurch bedingten elektrischen Durchschläge bei hohen elektrischen Feldstärken konnte das elektrochemische Ätzverfahren (ECE) für Polykarbonatdetek-



toren zum Nachweis schneller Neutronen bisher nicht optimiert werden. Bei Feldstärken oberhalb  $30 \text{ kV}\cdot\text{cm}^{-1}$  wird jedoch eine entsprechende Verbesserung der Empfindlichkeit und Energieabhängigkeit erwartet. Mit der Bereitstellung neuer  $490 \mu\text{m}$  dicker Makrofol DE-Detektoren konnte nun das Ätzverfahren bei  $42 \text{ kV}\cdot\text{cm}^{-1}$  optimiert werden. Die zweistufige ECE mit einer  $6 \text{ N KOH}$ -Lösung mit  $50 \%$ igem Alkoholanteil erfolgt jetzt bei  $40^\circ\text{C}$  mit einer Ätzzeit von  $5 \text{ h}/100 \text{ Hz}$  und  $1 \text{ Stunde}/2 \text{ kHz}$ .

Zur Bestimmung der Energieabhängigkeit wurden die Detektoren bei der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt mit monoenergetischen Neutronen im Energiebereich  $0,8$  bis  $15 \text{ MeV}$  bestrahlt. Zusätzliche Neutronenbestrahlungen mit  $44$  und  $66 \text{ MeV}$  erfolgten am Hochenergiebeschleuniger SIN in Villigen innerhalb eines EURADOS-Vergleiches 1992 (siehe Abschn. 6.3.3). Abb. 6/7 zeigt das Neutronenansprechvermögen von Makrofol DE im Vergleich zu dem empfindlichen, Rückstoßprotonen nachweisenden Material CR-39 mit dem 1989 optimiertem Ätzverfahren. Das Ansprechvermögen von Makrofol DE ist jetzt in einem weiten Energiebereich von  $2,1 \text{ MeV}$  ( $\text{Cf-252}$ ) bis  $44 \text{ MeV}$  innerhalb  $\pm 20 \%$  energieunabhängig. Gegenüber dem bisherigen Ätzverfahren ist das Ansprechvermögen um einen Faktor 3 höher. Mit der Backgroundspurenzahl von  $(10 \pm 3) \text{ cm}^{-2}$  erhält man untere Nachweisgrenzen von  $0,15 \text{ mSv}$  und  $0,2 \text{ mSv}$  bei Verwendung der alten bzw. neuen Neutronenfluenz-Äquivalentdosisumwandlungsfaktoren. Die Ergebnisse für CR-39 verdeutlichen, daß trotz des hohen Ansprechvermögens im unteren Energiebereich ein Neutronennachweis oberhalb  $20 \text{ MeV}$  praktisch nicht möglich ist.

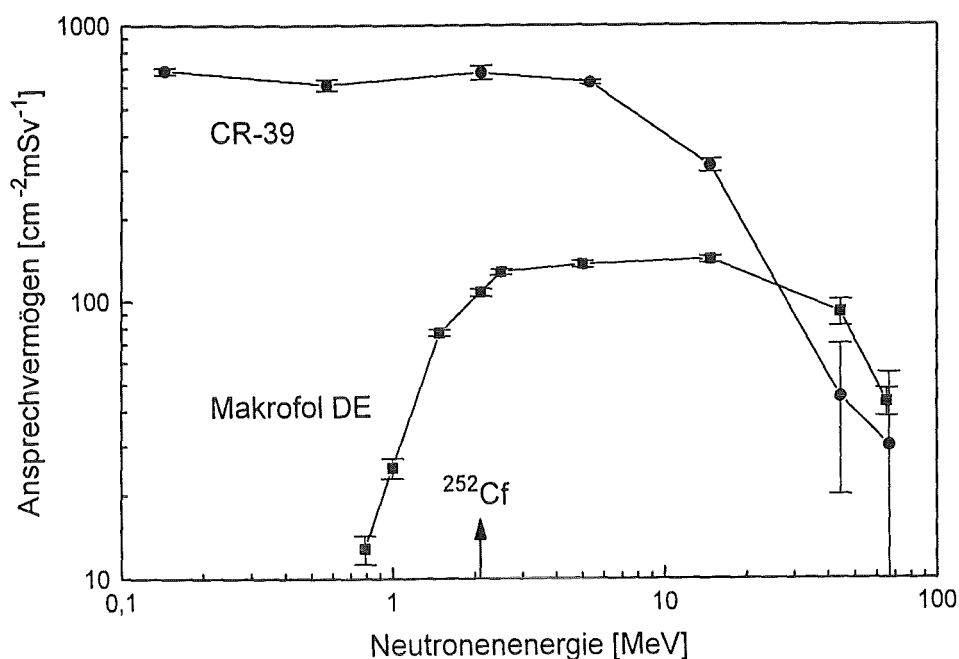


Abb. 6/7: Energieabhängigkeit von Makrofol DE und CR-39 bei zweistufiger ECE

### 6.3.3 Kernspurätzdetektor zum Nachweis hochenergetischer Neutronen

M. Vilgis, B. Burgkhardt, E. Piesch

Innerhalb einer von EURADOS durchgeführten Kalibrierbestrahlung am SIN/Villigen und im CERN/Genf wurden Neutronendosimeter auf das Ansprechvermögen gegenüber hochenergetischen Neutronen untersucht. Die Experimente dienten insbesondere zur Kalibrierung von Detektoren, die zum Nachweis

der kosmischen Neutronenkomponente in großen Flughöhen eingesetzt werden, um die entsprechende berufliche Strahlenexposition von Flugpersonal abzuschätzen. KfK beteiligte sich an diesen Experimenten mit den Kernspurdetektoren Makrofol DE und CR-39, wobei jeweils zwei Makrofol-Detektoren (je 600 µm) und eine Kombination von CR-39 (500 µm) mit einem 5 mm dicken Moderator in Strahleneinfallrichtung bestrahlt wurden. Die Auswertung dieser Detektoren erfolgte mit den jeweils optimierten zweistufigen elektrochemischen Ätzverfahren. Die Energieabhängigkeit des Neutronenansprechvermögens ist in Abb. 6/7 wiedergegeben.

Da die Bestrahlungen nicht mit monoenergetischen Neutronen erfolgten, mußte zur Ermittlung des Ansprechvermögens von 44-MeV- und 66-MeV-Neutronen ein niederenergetischer Neutronenanteil berücksichtigt werden. Hierzu wurde der Meßwertanteil im unteren Energiebereich unter Berücksichtigung des Neutronenfluenzspektrums und des entsprechenden Detektoransprechvermögens ermittelt und vom Meßwert subtrahiert. Die Differenzbildung führt beim CR-39-Detektor mit einer um eine Größenordnung höheren Empfindlichkeit im Energiebereich < 20 MeV zu entsprechend großen Meßfehlern (siehe auch Abb. 6/7).

Deshalb werden in Tabelle 6/6 und Tabelle 6/7 die unkorrigierten KfK-Meßergebnisse mit den entsprechenden Referenzwerten verglichen. Bei den Bestrahlungen im Hadronenfeld bei CERN beziehen diese sich auf einen gewebeäquivalenten Proportionalzähler (TEPC) und auf entsprechende Berechnungen (FLUKA). In den vorliegenden hochenergetischen Neutronenfeldern ist CR-39 als Neutronendosimeter demnach kaum geeignet. Die unerwartet guten Ergebnisse empfehlen hingegen den Makrofol-Detektor für einen Routineeinsatz in diesen Strahlungsfeldern.

Neutronenfeld	H (Cf-252)/H <sub>ref</sub>	
	Makrofol DE	CR-39
44 MeV, 50 % < 24 MeV	1,21	0,36
66 MeV, 50 % < 36 MeV	0,97	0,32

Tab. 6/6: KfK-Meßergebnisse für Bestrahlungen am SIN, Villigen, mit Angabe der Peakenergie und des niederenergetischen Fluenzanteils. Kalibrierung mit Cf-252-Neutronen

Neutronenfeld		Neutronenäquivalentdosis in mSv			
Abschirmung	Fluenzanteil	H <sub>ref</sub>		H (Cf-252)	
		TEPC	FLUKA	Makrofol DE	CR-39
Beton	50 % > 20 MeV	0,75	0,61	0,74	0,26
Eisen	10 % > 20 MeV	7	8,9	2,4	3,7

Tab.6/7: KfK-Meßergebnisse im Hadronenstrahlenfeld bei CERN bei Kalibrierung mit Cf-252-Neutronen

### 6.3.4 Neues Verfahren zur Bestimmung des kritischen Winkels von Kernspurätzdetektoren

K. Turek, E. Piesch

Bei Kernspurätzdetektoren zum Nachweis von Protonen und  $\alpha$ -Teilchen ist es erforderlich, das Ansprechvermögen für verschiedene Strahleneinfallrichtungen zu bestimmen. Für die auf die Teilchenfluenz bezogene Kernspurdichte erwartet man bei senkrecht auf die Detektoroberfläche einfallenden Teilchen ( $\alpha=90^\circ$ ) einen maximalen Wert. Das Fluenzansprechvermögen verringert sich für Einstrahlrichtungen  $\alpha < 90^\circ$  bis zu einem kritischen Winkel  $\alpha_c$ , unterhalb dem eine Teilchenregistrierung nicht mehr erfolgt. Elektrisch geladene Teilchen können eine Kernspur erzeugen, wenn der differenzielle Energieverlust entlang der Teilchenbahn einen vom Detektormaterial und dem Ätzverfahren abhängigen Mindestwert überschreitet. Bei der chemischen Ätzung läßt sich der kritische Winkel aus der Detektoroberflächenätzrate  $V_B$  und der Normal-Komponente der Spurenätzrate entlang der Teilchenbahn  $V_T$  ermitteln ( $\alpha_c = \arcsin(V_B/V_T)$ ). Die Anwendung elektrochemischer Ätzverfahren erfordert hingegen die experimentelle Ermittlung von  $\alpha_c$  für jede Teilchenenergie und Strahleneinfallrichtung mit einer Vielzahl von Detektoren.

In Zusammenarbeit mit dem Institut für Strahlendosimetrie (IRD) der Tschechischen Akademie der Wissenschaften, Prag, wurde ein dort entwickeltes Verfahren erprobt, welches mit nur einer einzigen Detektorbestrahlung den kritischen Winkel ermittelt. Der Detektor wird hierzu auf einer zylindrischen Halterung in einer Vakuumbestrahlungskammer bei parallelem Strahleneinfall bestrahlt. Detektor-teilflächen werden damit gleichzeitig unter unterschiedlichen Einfallswinkeln zwischen  $0^\circ$  und  $90^\circ$  bestrahlt. Bezogen auf die Detektormitte (senkrechte Einstrahlung mit  $\alpha=90^\circ$ ) kann für jeden Meßort am Detektor eine geometrische Beziehung zwischen Einstrahlwinkel und Abstand zur Detektormitte zugrunde gelegt werden. Bei Erreichen des kritischen Winkels werden keine Kernspuren mehr nachgewiesen. Dies zeigen die Abbildungen 6/8 und 6/9 am Beispiel von CR 39-Detektoren, die mit  $\alpha$ -Teilchen unterschiedlicher Energie bestrahlt und vor der elektrochemischen Ätzung unterschiedlich lang chemisch vorgeätzt wurden.

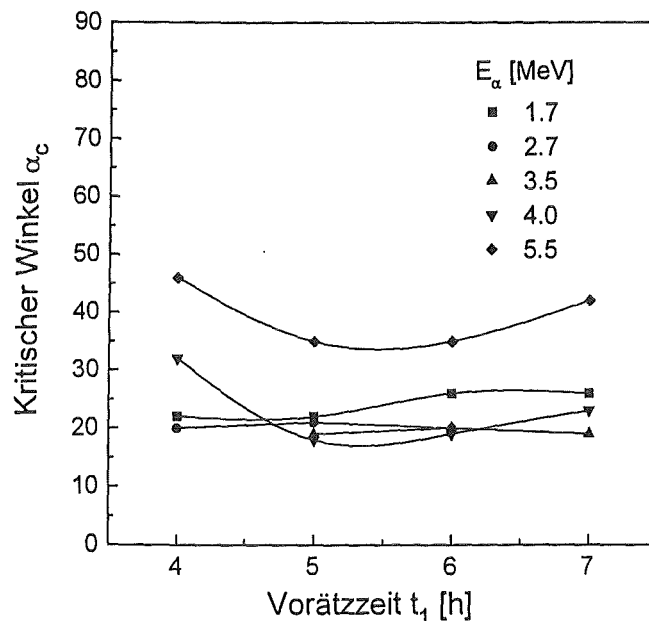


Abb. 6/8: Kritischer Winkel  $\alpha_c$  von CR-39 als Funktion der Vorätzzeit für verschiedene  $\alpha$ -Energien; KfK-Ätzverfahren

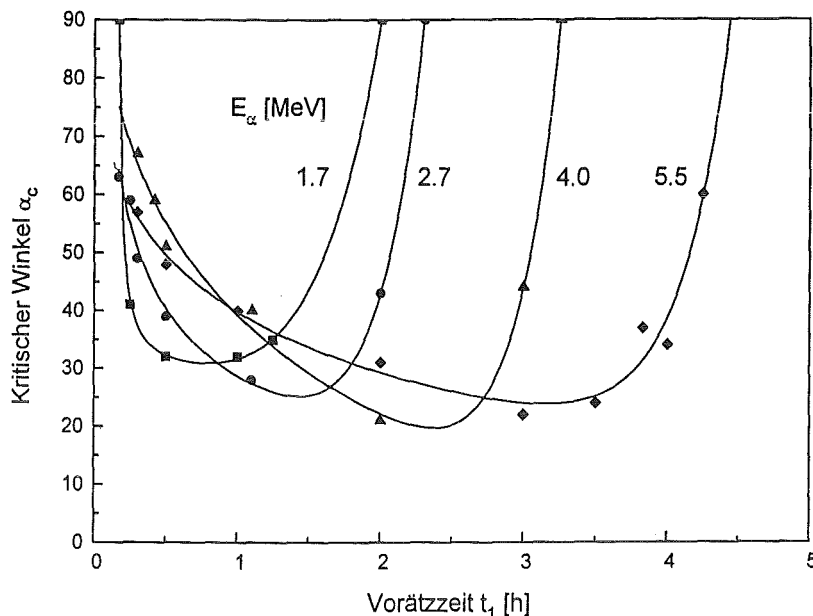


Abb. 6/9: Kritischer Winkel  $\alpha_c$  von CR-39 als Funktion der Vorätzzeit für verschiedene  $\alpha$ -Energien; IRD-Ätzverfahren bei  $17,7 \text{ kV}\cdot\text{cm}^{-1}$

Die ersten Experimente mit  $\alpha$ -Teilchen zeigten, daß  $\alpha_c$  ein extrem veränderlicher Parameter ist, der insbesondere bei unempfindlichen Polykarbonatdetektoren von der Vorätzzeit, der elektrischen Feldstärke, der Ätzlösung und der Ätztemperatur abhängt. Die bisherigen Ergebnisse verdeutlichen die Notwendigkeit, als Kriterium zur Optimierung eines elektrochemischen Ätzverfahrens zum Nachweis von neutroneninduzierten Rückstoßkernen bzw. zum Nachweis von  $\alpha$ -Teilchen nicht allein die Energieabhängigkeit des Ansprechvermögens bei frontaler Einstrahlung, sondern auch den kritischen Winkel zu berücksichtigen. Die wesentliche Verringerung des experimentellen Aufwandes (etwa Faktor 10) zur Ermittlung des kritischen Winkels beim neuen Verfahren bietet darüber hinaus die Möglichkeit, unter Berücksichtigung der Teilchenreichweite im Detektor und des differentiellen Energieverlustes im Detektor die Kernspurstruktur entlang der ätzbaren Spurenlänge zu untersuchen.

### 6.3.5 Messungen in einem Referenzstreustrahlenfeld einer $^{252}\text{Cf}$ - und Am-Be-Neutronenquelle

B. Burgkhardt, P. Bohn, M. Hauser

Zur Feldkalibrierung von Albedoneutronendosimetern für den Anwendungsbereich 3 haben sich Neutronenstreustrahlenfelder der  $^{252}\text{Cf}$ - und Am-Be-Quelle in einem Bestrahlungsbunker von  $4 \times 4 \times 12 \text{ m}^3$  bei HS/D als geeignet erwiesen, da sich hier mit zunehmendem Quellabstand das Ansprechvermögen von Albedodosimetern um mehr als eine Größenordnung ändert.

Unter Verwendung eines 12-teiligen Bonner-Kugelsatzes der PTB wurden an festgelegten Meßorten die Fluenzspektren sowie die Neutronen-Äquivalentdosisleistungen der Direkt- und Streustrahlung in Zusammenarbeit mit der PTB ermittelt. Abbildung 6/10a zeigt zum Beispiel den auf den Gesamtwert der Neutronen-Äquivalentdosisleistung bezogenen Rückstreudosisanteil in Abhängigkeit vom Quellabstand der Am-Be-Quelle, wobei sich der Referenzwert in 0,5 m Abstand auf einen Meßort im Zentrum

der Eichhalle ( $8 \times 8 \times 12 \text{ m}^3$ ) bezieht, der wegen der Holzbauweise einen besonders geringen Rückstreuan- teil (2 %) aufweist. Diese ausgemessenen Referenzstreustrahlenfelder stehen nun zur Untersuchung des entsprechenden Ansprechvermögens von Neutronendosimetern zur Verfügung.

In Abb. 6/10b ist das Ansprechvermögen des gewebeäquivalenten Niederdruckproportionalzählers Handi und des Karlsruher Einkugelalbedozählers mit einem Moderatorkugeldurchmesser von 25 cm bzw. 30 cm im Neutronenreferenzstreustrahlenfeld der Am-Be-Quelle wiedergegeben. Das Handi-Gerät erweist sich als weitgehend unabhängig von den Spektrumsänderungen in diesem Feld. Beim Einkugelalbedo- zähler hingegen fällt die mittlere Energie des Streustrahlenspektrums mit dem Minimum im spektra- len Ansprechvermögen zusammen.

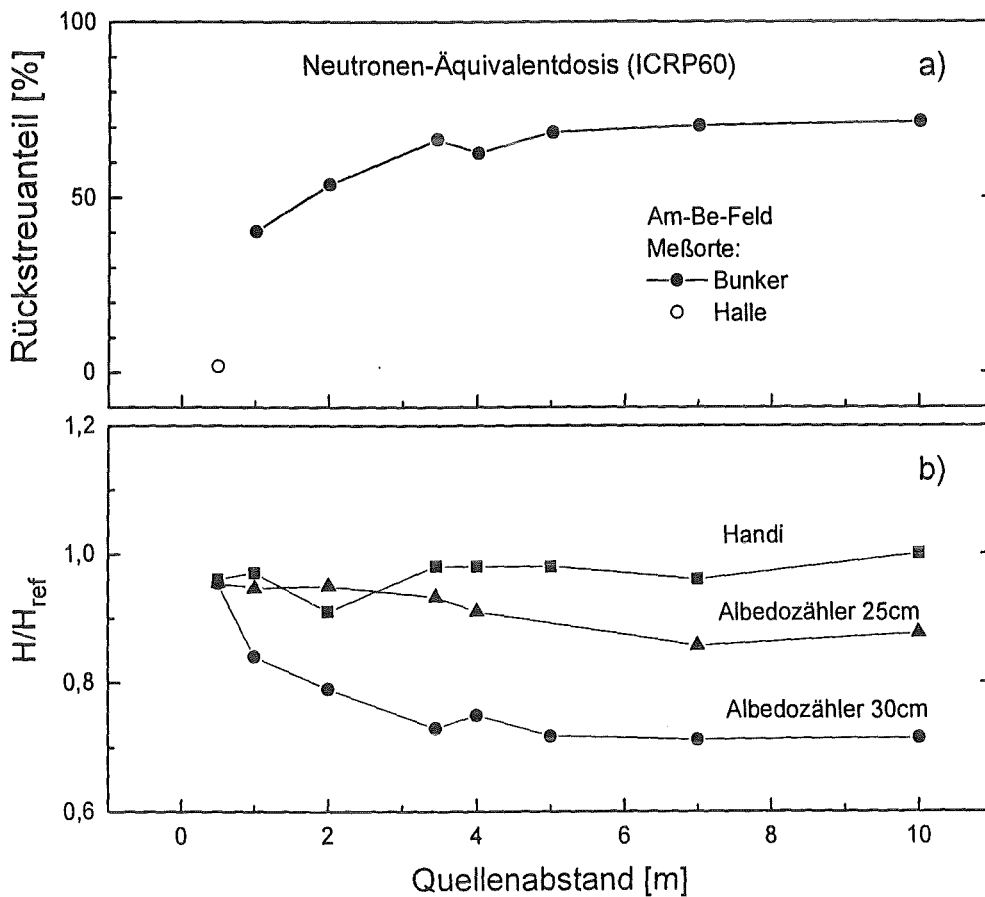


Abb. 6/10: KfK-Referenzstreustrahlenfeld für die Am-Be-Quelle; a) Rückstreuteil der Neutronen- äquivalentdosis für Meßorte unterschiedlichen Abstandes von der Quelle, b) entsprechen- des relatives Neutronenansprechvermögen des Handi und des Karlsruher Albedoneutro- nenzählers mit verschiedenen Moderatordurchmessern

## 6.4 Strahlenexposition durch Radon-Zerfallsprodukte

### 6.4.1 Messungen am Arbeitsplatz

J. Schmitz, R. Fritsche, R. Nickels

Das vom Bundesminister für Umwelt geförderte Erhebungsprogramm zur Bestimmung der Radonexposition an Untertagearbeitsplätzen und in der Balneotherapie wurde im ersten Halbjahr 1993 abgeschlossen. Zusammen mit den von der MPA Dortmund und dem BfS Berlin zur Verfügung gestellten Daten der Ruhrkohlegruben und der Untertagebetriebe in den neuen Bundesländern ergibt sich für die Bundesrepublik abschließend folgendes Bild (Abb. 6/11):

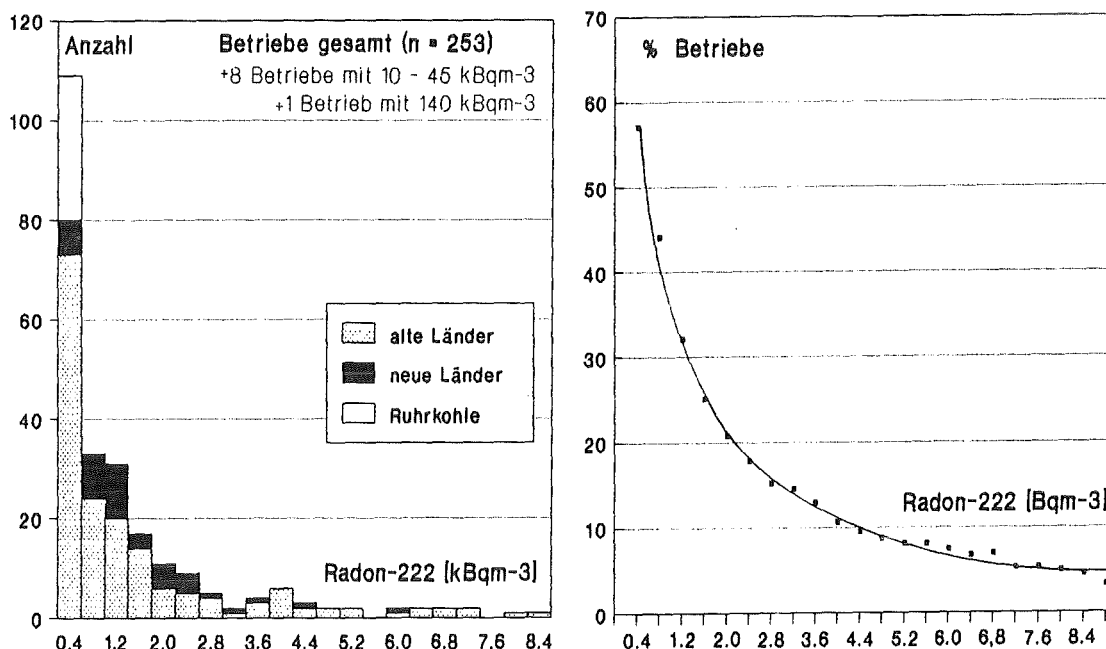


Abb. 6/11: Häufigkeitsverteilung der Radonkonzentrationen in den Untertagebetrieben der Bundesrepublik (ohne Saarkohle)

Etwa 40 % der Betriebe zeigen Radonkonzentrationen von mehr als 1000 Bq m<sup>-3</sup>, und bei mehr als 10 % der von uns untersuchten Gruben (d. h. ohne MPA-/BfS-Daten) ist die Überschreitung einer Jahresexposition von 20 mSv möglich. Aus der Darstellung läßt sich direkt ablesen, wieviele Betriebe bei einer Einführung von Grenzwerten für die Radonexposition im Arbeitsbereich als strahlenbelastet zu erwarten sind. In diesem Zusammenhang gewinnt die neueste ICRP-Empfehlung (ICRP 60) und der ihr nachgeschaltete Technische Report "Protection against Radon at Home and at Work" besondere Bedeutung. Hier werden Eingreif- und Grenzwerte empfohlen, die bei einer möglichen und wahrscheinlichen Übernahme in die Strahlenschutzverordnung unmittelbare Konsequenzen auf die untersuchten Arbeitsbereiche haben. Die ICRP empfiehlt einen Radon-Eingreifwert von 500 bis 1 500 Bq m<sup>-3</sup>, d. h. oberhalb dieses Wertes soll sich der Betreiber mit Verbesserungen der Strahlenhygiene am Arbeitsplatz befassen. Unter diesen Konzentrationen liegende Arbeitsplätze bleiben unberücksichtigt. Zusammen mit einer neu eingeführten "dose conversion convention" von 5 mSv<sub>eff</sub>/WLM, einem mittleren Gleichgewichtsfaktor für Radon/Radonfolgeprodukte von F=0,4, aber mit der Begrenzung der maximalen Jahresdosis auf 20 mSv=4 WLM wird dem Strahlenschutz außerhalb des Kernbrennstoffkreislaufes erstmals eine praxisnahe Empfehlung gegeben. Legt man die oben angesprochenen Eingreifkonzentrationen zugrunde,

ergibt sich aus unseren Erhebungen (alte Bundesländer), daß ca. 60 Betriebe mit etwa 500 Beschäftigten die Grenze von  $1\ 000\ \text{Bq m}^{-3}$  überschreiten und diese sich mit Strahlenschutzfragen detaillierter befassen sollten.

In diesem Zusammenhang wurde der mittlere Gleichgewichtsfaktor unserer Erhebungsdaten gezielt überprüft. Abbildung 6/12 zeigt das Ergebnis für solche Arbeitsplätze, an denen Folgeproduktkonzentrationen von über  $400\ \text{Bq m}^{-3}$  (ca. 0,1 WL) gefunden wurden. Für die 270 Messungen in 80 Betrieben erhielten wir einen Gleichgewichtsfaktor von  $F=0,45$ . Eine Aufteilung in natürlich bewetterte bzw. zwangsbewetterte Betriebe und Höhlen ergibt keine signifikanten Unterschiede.

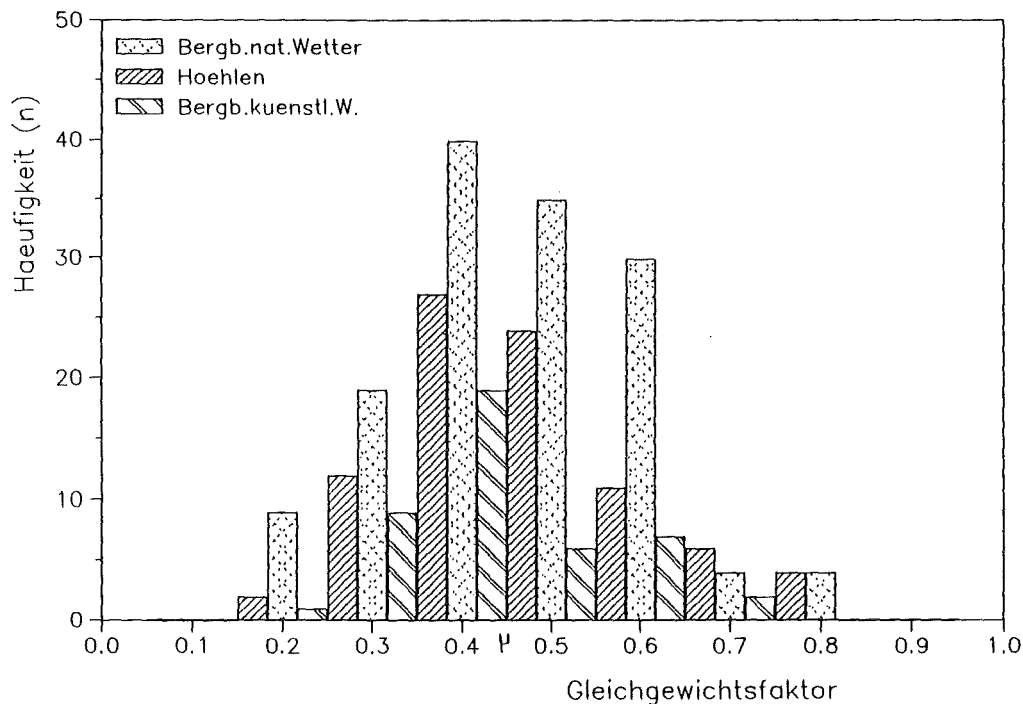


Abb. 6/12: Radon-/Radon-Folgeprodukt-Gleichgewichte in Untertagebetrieben

Aus den Einzelaufnahmen der Betriebe ergibt sich neben der rein statistischen Auswertung eine Reihe konkreter Betriebe, die als strahlenexponiert betrachtet werden müssen. Aufgrund der von uns vorgelegten Zahlen unterstützt der BMU ein Folgeprogramm für  $1\frac{1}{2}$  Jahre mit dem Ziel, die höher belasteten Arbeitsplätze nochmals detaillierter aufzunehmen, als es mit den reinen Erhebungsmessungen möglich war. 1993 wurden mit Hilfe kontinuierlicher Messungen von Radon, Radon-Folgeprodukten, wettertechnischen Daten, dem Einsatz passiver Radondosimeter und zahlreicher Einzelbestimmungen in acht Untertageeinrichtungen Detailmessungen durchgeführt, so in den Besucherbergwerken Gleisinger Fels, Hella-Glück, Frisch-Glück und Finstergrund, den Forschungseinrichtungen Lindauer Stollen und Antonstollen und in der Tschaber- und Sophienhöhle. Zusammen mit den zuständigen Bergämtern und den Betreibern werden aus den Ergebnissen Empfehlungen zur Reduzierung der Exposition der Beschäftigten erarbeitet, z. B. durch wettertechnische Maßnahmen oder Einschränkung der Aufenthaltszeit. Die Abbildung 6/13 zeigt ein besonders interessantes Ergebnis aus einer Besuchergrube.

Die über mehr als drei Tage laufenden kontinuierlichen Radon- und Radon-Folgeproduktmessungen zeigten am Nachmittag des 13.10. eine Wetterumkehr bis in die Nachtstunden mit zwischenzeitlichem Stillstand, bedingt durch sinkende Außentemperaturen (Gewitterfront). Die vorher von der Wettertür her (750 m) in Richtung Stollenmundloch ausziehenden Wetter werden bei Streckenmeter 250 (Meß-

punkt "Bahnhof") für einige Stunden von einziehenden unbelasteten Frischwettern verdrängt. Die im Sommerwetterstrom (ausziehend) gefundenen Radonkonzentrationen bewegen sich im Bereich von 4 bis 5 kBq m<sup>-3</sup> bei potentiellen  $\alpha$ -Energie-Werten von etwa 0,5 WL (ca. 2 kBq m<sup>-3</sup>). Länger dauernde Arbeiten im Grubenbereich sollten deshalb nur bei einziehenden Wettern, d. h. im Winterhalbjahr, durchgeführt werden.

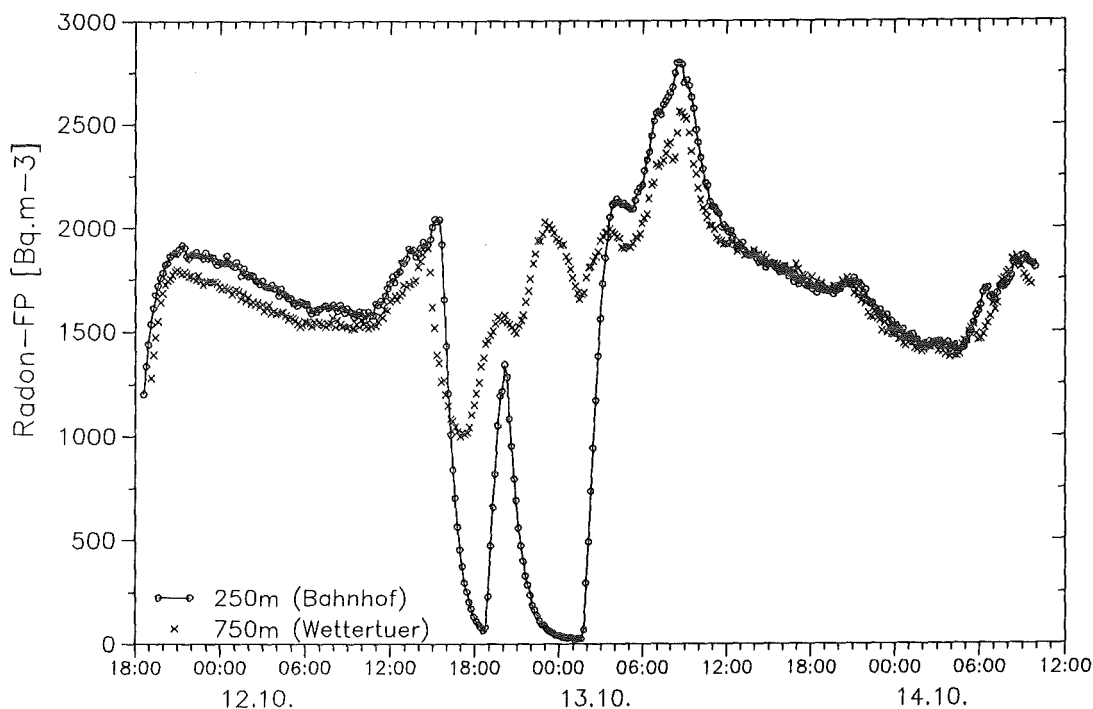


Abb. 6/13: Zeitlicher Verlauf der Radon-Folgeproduktkonzentration in einer Besuchergrube

Neben den Messungen in Untertagebereichen wurden zahlreiche Beratungshilfen auch bei Anwendern der KfK-Radondosimeter gegeben, z. B. in der Balneologie im Kurbad Meran und im GALLEX-Labor (Gran Sasso). Drei umfangreiche Auslandsprojekte wurden betreut: Die versuchsweise Einführung von Personendosimetern in der australischen Urangrube Olympic Dam für über 200 Minenarbeiter, der Einbindung des KfK-Dosimetersystems in das österreichische Häuserprogramm durch das Forschungszentrum Seibersdorf und die meßtechnische Hilfestellung und Auswertung von Ergebnissen aus einem deutsch-malaysischen joint venture "Strahlenschutzprobleme bei der Zinnsand-Aufbereitung".

#### 6.4.2 Kalibrierung, Qualitätssicherung und Optimierung

J. Schmitz, G. Baum, R. Nickels,

Die vom BMU 1991 einberufene Arbeitsgruppe zur Normung von "Passiven Radonmessungen" hat im Herbst 1993 ihre Aufgabe mit der Fertigstellung der DIN 25 706, "Kernspurmeßverfahren" (Teil I) und "Aktivkohlemeßverfahren" (Teil II) beendet. Die darin geforderte Kalibrierung, Qualitätssicherung und Teilnahme an Ringversuchen wurde 1993 für das KfK-Dosimetersystem durchgeführt. Die Kalibrierung erfolgte in der Radonkammer der Materialprüfungsanstalt in Dortmund. Abbildung 6/14 zeigt die Abhängigkeit des Kalibrierfaktors von der Spurendichte. Bei höheren Expositionen, etwa ab einer Spurendichte von 800 cm<sup>-2</sup>, muß der von uns routinemäßig verwendete Kalibrierfaktor (22) korrigiert werden. Der hauptsächliche Grund für die Nichtlinearität liegt an der sterischen Behinderung der einzelnen



Spuren untereinander, wenn sie unter dem Einfluß des elektrischen Wechselfeldes zur sichtbaren Größe aufgeätzt werden (vgl. Jahresbericht 1992, Kapitel 6.4.3). Bei der praktischen Auswertung von Kernspurdetektoren kann ein von der Spurenzahl abhängiger Kalibrierfaktor berücksichtigt und somit der Linearitätsbereich erhöht werden.

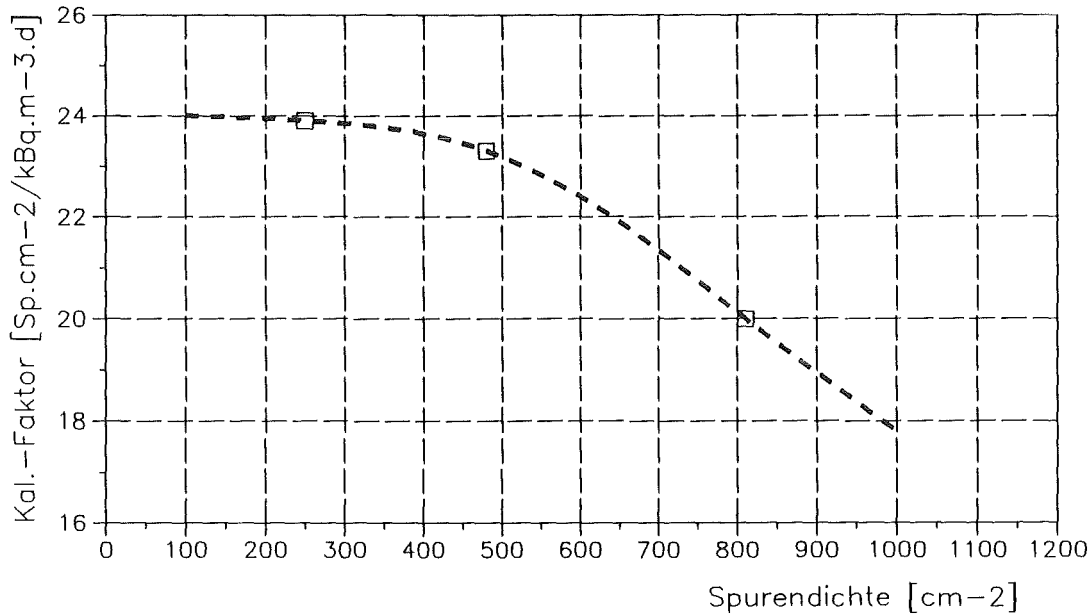


Abb. 6/14: Abhängigkeit des Kalibrierfaktors von der Spurendichte (Makrofol Radondetektoren, Standardätzbedingungen, MPA Dortmund, Kalibrierbestrahlung 10/93)

Neben der selbst durchgeführten Qualitätssicherung durch häufige Exposition mehrerer Radondosimeter am gleichen Ort, z. B. während Untertagemessungen, wurde 1993 am "Quality Assurance Program" der US Environmental Protection Agency (EPA) mit Erfolg teilgenommen. Im Oktober erhielt das KfK-Dosimetersystem die EPA-Prüfbescheinigung und wäre damit zu US-amerikanischen Meßprogrammen zugelassen. Von der gleichen Behörde wurde während des gesamten Jahres in der großen Radonkammer des National Air and Radiation Laboratory ein Ringversuch mit monatlich wechselnden Radonkonzentrationen durchgeführt. Dabei wurden marktgängige Dosimetertypen untersucht und die KfK-Dosimeter als Referenzsystem eingesetzt, was einige Anforderungen an Sorgfalt und Logistik bedeutete.

Die 1990 begonnenen Untersuchungen zur Optimierung des Dosimetersystems wurden mit einigen Versuchsreihen zur Frage des Einflusses der Dosimetergeometrie fortgesetzt. In Abbildung 6/15 wird die Abhängigkeit der normierten Spurendichte von der Ätztiefe, d. h. von der Eindringtiefe der  $\alpha$ -Strahlung des Rn-222, Po-218 und Po-214 bei zwei charakteristischen Meßgeometrien gezeigt. Die unterschiedliche Ätztiefe wird über variable Vorätzzeit erreicht (ca. 4  $\mu$ /h), während die elektrochemische Ätzung konstant gehalten wurde (ca. 8  $\mu$ ). Die linke Kurve beschreibt die Verteilung der  $\alpha$ -Spuren in Makrofol-Detektoren, die in einer "Sandwich-Geometrie" mit Filter exponiert wurden, d. h. zwei sich in 10 mm Abstand gegenüberstehende Detektoren wurden mit Radon beaufschlagt. Die Kurve entspricht derjenigen der Standardkapsel (Halbkugelgeometrie,  $\varnothing$  15 mm), und die Empfindlichkeit ist nur geringfügig reduziert. Verbessert werden kann dagegen das Signal-/Rauschverhältnis, da die Verteilungskurve schmäler ist und damit selektiver geätzt werden könnte. Die rechte Kurve beschreibt die Verteilung der  $\alpha$ -Spuren in Makrofol, wenn es als offener Detektor, d. h. ohne jede Kapselgeometrie, eingesetzt wird, gleichermaßen in unendlicher  $2\pi$ -Geometrie. Sein Erfassungsraum wird nur begrenzt von der Luftstrecke, die notwendig ist, um die 7,7 MeV  $\alpha$ -Strahlung des Po-214 total zu absorbieren. Diese Detektoren standen zur Exposition (48 h, 6 500 Bq m<sup>-3</sup> Radon, F=0,5) senkrecht, um gravimetrische Aerosoldeposition zu vermeiden und waren zudem niederohmig mit ihrer Umgebung verbunden, um ein Plateout durch elektrostatische Aufladung zu vermeiden. Der sehr komplexe Kurvenverlauf der Spurenverteilung im Detektor ist auf eine ganzen Reihe in der Praxis unkontrollierbarer Einflußfaktoren zurückzuführen, die die  $\alpha$ -

Energieabsorption in der Detektornähe beeinflussen. Zu den wichtigsten zählen Luftfeuchte, -strömung, Aerosoldurchmesser bzw. Verteilung und das Verhältnis angelagerte/unangelagerte Folgeprodukte. Die vergleichsweise hohe Abweichung der Einzelwerte vom Mittelwert zeigte sich besonders in dem Tiefenbereich, der als besonders interessant für eine eventuelle energiebezogene Ätzung diskutiert wird, während die Abweichungen der Einzelmessung im vorderen Kurvenbereich gering sind. Generell erhält man in der offenen Geometrie eine höhere Zählausebeute gegenüber der Standardkapsel, auch schon durch die Erfassung von Radon + Radonfolgeprodukten; jedoch ist das Ergebnis von einer Anzahl praktisch schwierig zu bestimmender Faktoren abhängig.

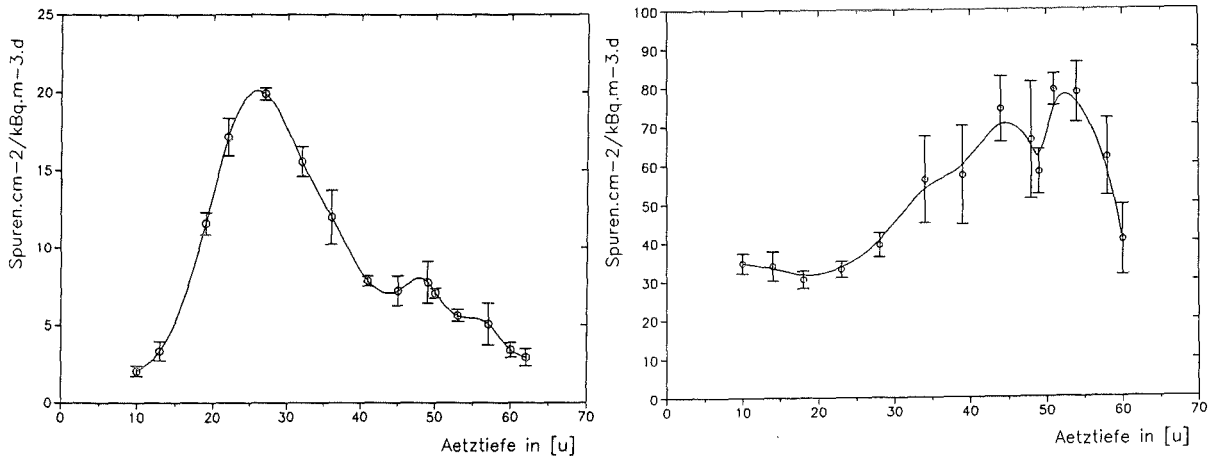


Abb. 6/15: Tiefenverteilung der Ätzspuren in Makrofol-Detektoren  
links: Sandwich-Dosimeter, rechts: offene Dosimeter

### 6.4.3 Neues Meßverfahren zur Bestimmung des Gleichgewichtsfaktors von Radon und dessen Folgeprodukten mit Kernspurdetektoren

E. Piesch, B. Burgkhardt, M. Vilgis

Die Inhalation des natürlichen radioaktiven Edelgases Rn-222 und seiner kurzlebigen Folgeprodukte liefert den höchsten Beitrag zur natürlichen Strahlenexposition der Bevölkerung. Umfangreiche Erhebungsmessungen zur Bestimmung der mittleren Radonkonzentration in Wohnhäusern und im Freien in der Bundesrepublik Deutschland in den Jahren 1980 bis 1984 zeigten, daß in etwa einem Prozent der Wohnungen mehr als 200 Bq·m<sup>-3</sup> und damit effektive Dosen >5 mSv zu erwarten sind (KfK-Bericht 3805, 1985). Für diese langzeitintegrierenden Messungen wurde eine im KfK entwickelte Radondiffusionskammer mit einem Kernspurätzdetektor eingesetzt. Der Beitrag der eigentlich interessierenden, biologisch wirksamen Radon-Folgeprodukte wurde durch einen mittleren Gleichgewichtsfaktor F berücksichtigt, der sich aus wenigen repräsentativen Ergebnissen von Kurzzeitmessungen ergab.

Der Gleichgewichtsfaktor F zwischen Radon und seinen Folgeprodukten in Luft kann bei veränderlichen Umgebungsbedingungen wie Luftaustauschrate, Aerosolkonzentration, Temperatur und Luftdruckunterschieden zeitlich sehr schwanken, so daß auch Langzeitmessungen der kurzlebigen Folgeprodukte wünschenswert sind. Die bisher übliche Messung der Gesamtkonzentration von Radon und seinen Folgeprodukten ( $C_{Rn} + C_{Po-218} + C_{Po-214}$ ) verwendet beispielsweise eine offene Diffusionskammer sowie zur Bestimmung von Radon eine geschlossene Diffusionskammer. Die zur Bestimmung von F erforderliche Differenzbildung  $F = (C_{Rn} + C_{Po-218} + C_{Po-214} - C_{Rn}) / C_{Rn}$  führt in der praktischen Anwendung jedoch zu unverhältnismäßig hohen Meßunsicherheiten, die eine genaue Ermittlung von F nicht zulassen.

In Zusammenarbeit mit der TU Dresden konnte aufgrund theoretischer und experimenteller Arbeiten gezeigt werden, daß anstelle der gesamten Aktivitätskonzentration von Po-218 und Po-214 der separate Nachweis des Folgeproduktes Po-214 in Luft zu einer zeitintegrierenden Bestimmung von F vorteilhaft herangezogen werden kann [14]. Das neuentwickelte Verfahren beruht auf der separaten Bestimmung der Aktivitätskonzentration von Po-214 aus der Umgebungsluft mit einem offenen Kernspurdetektor, der abgelagerte Folgeprodukte auf der Detektoroberfläche mit Primärenergien von 6,0 und 7,7 MeV nicht nachweisen darf und dessen Ansprechvermögen daher in einem schmalen  $\alpha$ -Energiefenster zwischen etwa 6,1 und 7,5 MeV liegen muß. Wird die Radonkonzentration  $C_{Rn}$  zusätzlich mit einer Diffusionskammer gemessen, ergibt sich der Gleichgewichtsfaktor aus zwei Messungen unmittelbar zu  $F = C_{Po-214}/C_{Rn}$ .

Bei Makrofol DE-Detektoren können durch Änderung der elektrochemischen Ätzung (ECE)  $\alpha$ -Energiefenster in einem bestimmten Energiebereich erhalten werden. Zur Optimierung des  $\alpha$ -Energiefensters wurden daher entsprechende Kalibrierbestrahlungen mit  $\alpha$ -Energien im Energiebereich zwischen 0,5 und 8 MeV durchgeführt. Die experimentelle Optimierung des dreistufigen Ätzverfahrens zur Erzeugung des gewünschten  $\alpha$ -Energiefensters erfordert zunächst eine chemische Vorätzung zur Abtragung einer Detektordicke von  $\Delta d = (39 \pm 1) \mu m$ , um bei der nachfolgenden zweistufigen elektrochemischen Ätzung den Nachweis von  $\alpha$ -Teilchen mit Reichweite unterhalb 6,1 MeV auszuschließen. Zur Diskriminierung energiereicher  $\alpha$ -Teilchen oberhalb 7,5 MeV, insbesondere des abgelagerten Po-214 (7,69 MeV), muß die elektrische Feldstärke und die Ätzzeit der 2. Ätzstufe während der ECE optimiert werden. Abb. 6/16 zeigt das Beispiel eines  $\alpha$ -Energiefensters zwischen 6,2 und 7,4 MeV, das mit  $\Delta x = 39 \mu m$  und  $27 kV \cdot cm^{-1}$  erhalten wurde. Zur experimentellen Überprüfung der Forderung, daß der Plateout von Po-218 und Po-214 auf der Detektoroberfläche keinen Beitrag zum Meßwert liefert, wurde das Ansprechvermögen in Abhängigkeit von der abgetragenen Detektorschicht untersucht (Abb. 6/17). Für  $\Delta x < 40 \mu m$  ist die Kernspurdichte innerhalb  $\pm 10 \%$  konstant, bei  $\Delta x = 41 \mu m$  hingegen schon  $+30 \%$  höher, da hier die obere Energiegrenze des  $\alpha$ -Fensters von 7,6 MeV in der Nähe der  $\alpha$ -Energie des Po-214-Plateouts bei 7,69 MeV liegt. Abb. 6/16 zeigt andererseits, daß  $\alpha$ -Energien unterhalb 6,1 MeV, beispielsweise Plateout von Po-218 (6,0 MeV), nicht nachgewiesen werden.

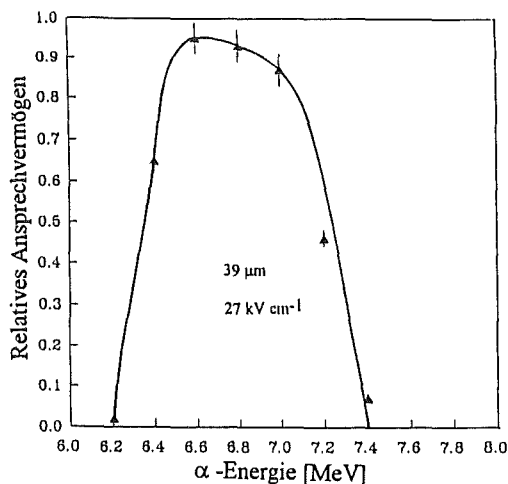


Abb. 6/16: Nachweiswahrscheinlichkeit als Funktion der  $\alpha$ -Teilchen-Energie für Makrofol DE mit einem  $\alpha$ -Fenster ( $\Delta x = 39 \mu m$ ,  $27 kV \cdot cm^{-1}$ )

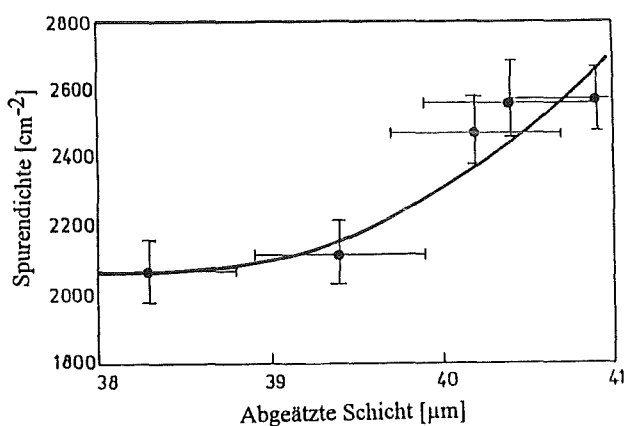


Abb. 6/17: Ansprechvermögen als Funktion der abgeätzten Detektorschicht von 6,1 bis 7,5 MeV bei  $27 kV \cdot cm^{-1}$

Weitere experimentelle Arbeiten dienen der Bereitstellung eines optimierten Ätzverfahrens zur genaueren Festlegung des  $\alpha$ -Energiefensters und der Messung des Gleichgewichtsfaktors  $F$  in der Radon-Kalibrierkammer der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt.

#### 6.4.4 Meßunsicherheit bei der Bestimmung des Radongleichgewichtsfaktors mit passiven Kernspürzdetektoren

E. Piesch, B. Burgkhardt

Für die beiden in Abschnitt 6.4.3 beschriebenen Verfahren zur Bestimmung des Gleichgewichtsfaktors von Radon und dessen kurzlebigen Folgeprodukten wurde mit entsprechenden Modellparametern der Gleichgewichtsfaktor  $F$  als Funktion der Aktivitätskonzentration der  $\alpha$ -aktiven Folgeprodukte abgeleitet. Die Berechnungen berücksichtigen hierbei einen unterschiedlichen Anteil freier, nicht an Aerosole angelagerter Folgeprodukte von  $0,05 \leq f_1 \leq 0,4$ . Abb. 6/18 zeigt den Zusammenhang zwischen dem Gleichgewichtsfaktor  $F$  und der gesamten Aktivitätskonzentration von Po-218 und Po-214 ( $C_1 + C_4$ ) (Methode I) bzw. der Aktivitätskonzentration von Po-214 ( $C_4$ ) (Methode II) jeweils bezogen auf die Aktivitätskonzentration  $C_0$  von Radon. Die Anzeige des Kernspürzdetektors in der Diffusionskammer ist hierbei proportional zur Anzeige der  $\alpha$ -Konzentration  $C_0$  in Luft, diejenige in einer offenen Diffusionskammer (Methode I) proportional zu  $(C_0 + C_1 + C_4)$  bzw. bei einem offenen Detektor (Methode II) proportional zu  $C_4$ . Zum Vergleich der beiden Meßverfahren in Abb. 6/17 wurde als Beispiel  $F=0,25$  angenommen und für das Verhältnis der Aktivitätskonzentration bei Meßverfahren I und II unterschiedliche Meßfehler von  $\pm 20\%$  bzw.  $\pm 30\%$  zugrunde gelegt [8]. Die schraffiert eingezeichneten Bereiche verdeutlichen die Meßunsicherheit, die für den zu bestimmenden Gleichgewichtsfaktor  $F$  erwartet wird. Die maximalen Fehler betragen  $+112\%/-40\%$  für die bisherige Methode I und  $+12\%/-36\%$  für die Methode II. Die Anwendung des neuen Meßverfahrens läßt eine deutlich höhere Meßgenauigkeit als das bisherige Differenzverfahren erwarten, bei dem eine Fehleinschätzung des wahren Wertes des Gleichgewichtsfaktors um mehr als einen Faktor 2 auftreten kann.

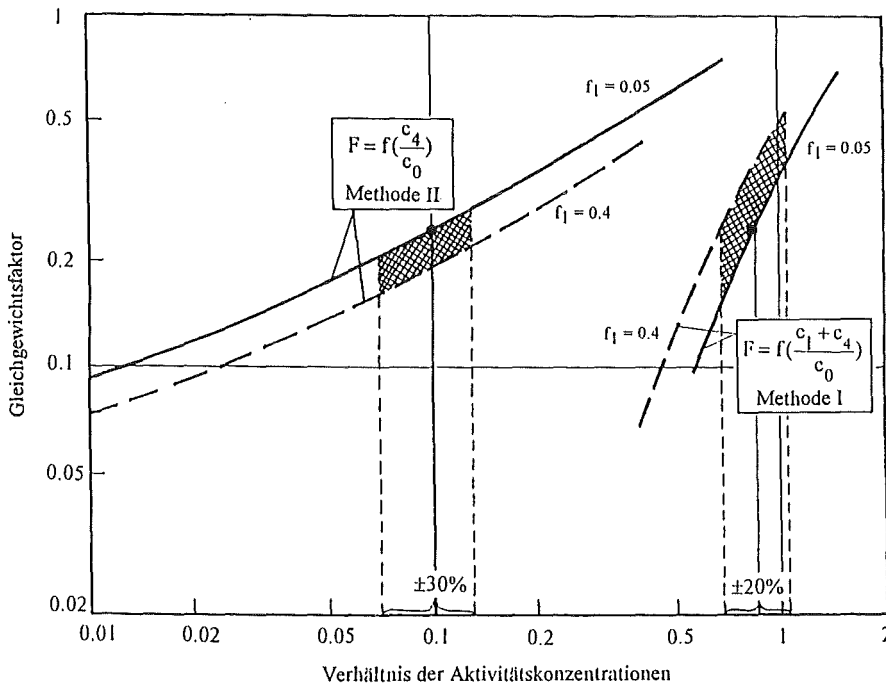


Abb. 6/17 Gleichgewichtsfaktor  $F$  als Funktion der Aktivitätskonzentration von Rn-222 ( $C_0$ ), Po-218 ( $C_1$ ) und Po-214 ( $C_4$ ) für zwei verschiedene Werte des freien Anteils ( $f_1$ ) von Po-218

## 6.5 Inkorporationsmessung

### 6.5.1 Routine- und Sondermessungen

I. Hofmann, Th. Reddmann, A. Zieger

Die Inkorporationsmeßeinrichtungen bei HS/D dienen zum direkten Nachweis von Radionukliden im menschlichen Körper. HS/D betreibt dazu einen Ganzkörperzähler mit Fahrmechanik (vier  $8''$ -NaI-Detektoren) zur Messung von Spaltprodukten, einen Teilkörperzähler mit zwei  $8''$ -Phoswich-Detektoren (optional drei Detektoren) für den Nachweis von Aktiniden vorwiegend in der Lunge (auch Leber und Skelett), einen hochauflösenden Teilkörperzähler mit vier HPGe-Detektoren und weitere Konfigurationen für Spezialanwendungen wie Schilddrüsenzähler u. ä. In 1993 wurden für das KfK entsprechend der Festlegung des Sicherheitbeauftragten ca. 90 Personen regelmäßig auf Inkorporationen von Transuranen überwacht sowie alle Fremdfirmenmitarbeiter vor Beginn und nach Ende ihrer Tätigkeit im Ganzkörperzähler untersucht. Für die auf dem KfK-Gelände beheimateten Institutionen Europäisches Institut für Transurane, Kernkraftwerksbetriebsgesellschaft und Wiederaufarbeitungsanlage Karlsruhe werden die Messungen nach Maßgabe der jeweiligen Institute durchgeführt.

Die Abb.6/19 und Abb.6/20 vermitteln einen Überblick über die im Jahr 1993 mit dem Ganz- und Teilkörperzähler durchgeführten Messungen und ihre Verteilung auf die verschiedenen Überwachungsbereiche. Im Ganzkörperzähler entfallen etwa 88 % der Routinemessungen für KfK-Institute auf Eingangs-/Ausgangsmessungen, davon sind 94 % Messungen von Fremdfirmenmitarbeitern. Die für das Europäische Institut für Transurane durchgeführten Untersuchungen sind überwiegend Eingangs-/Ausgangsmessungen (Ganz- und Teilkörperzähler), die Messungen für die Kernkraftwerksbetriebsgesellschaft und die Wiederaufarbeitungsanlage Karlsruhe werden zu ca. 60 % bzw. 90 % im Rahmen der regelmäßigen Inkorporationsüberwachung (Ganzkörperzähler) durchgeführt. Im Jahr 1993 wurden insgesamt 1 600 Personen im Ganzkörperzähler und 246 Personen im Teilkörperzähler im Rahmen der regelmäßigen Inkorporationsüberwachung bzw. von Eingangs-/Ausgangsmessungen untersucht.

Zusätzlich zu den routinemäßigen Messungen wurden im Berichtszeitraum 54 Messungen aus besonderem Anlaß durchgeführt, davon 50 Messungen wegen Inkorporationsmöglichkeit von Aktiniden sowohl im Ganz- als auch im Teilkörperzähler. Von den Messungen aus besonderem Anlaß entfielen  $\frac{3}{4}$  auf KfK und davon wiederum  $\frac{2}{3}$  auf Fremdfirmenmitarbeiter.

Im Rahmen der regelmäßigen Inkorporationsüberwachung wurde bei 53 Personen eine von der beruflichen Tätigkeit herrührende Ganzkörperaktivität festgestellt. Die nachgewiesenen und auf berufliche Tätigkeit zurückgeführten Nuklide verteilen sich auf Co-60 (98 %), Co-58 (8 %), Zn-65 (2 %) und Mn-54 (2 %). In keinem Fall lag die nachgewiesene Aktivität oberhalb der Interpretationsschwelle nach der seit Dezember 1993 gültigen "Richtlinie für die physikalische Strahlenschutzkontrolle". Die resultierende effektive Ganzkörperdosis war damit für alle Personen kleiner als 1,5 mSv. Cs-137 (aus Kernwaffen-Fallout und Tschernobyl) wurde bei ca. 55 % der untersuchten Personen mit Aktivitäten um 50 Bq nachzuweisen (siehe Abschnitt 6.5.2). Im Teilkörperzähler wurde im Rahmen der Routineuntersuchungen nur Am-241 aufgrund zurückliegender Inkorporationen festgestellt.

Die Messungen bei besonderem Anlaß ergaben in 14 Fällen einen Befund. Die Befunde im Ganzkörperzähler waren in zwei Fällen sicher und in zwei weiteren Fällen vermutlich auf äußere Kontamination zurückzuführen. In fünf Fällen wurden Inkorporationen festgestellt, in zwei Fällen war der Befund wegen Cs-137 als Nuklid nicht sicher auf die berufliche Tätigkeit zurückzuführen. Neben Cs-137 wurden noch die Nuklide Cs-134 und Co-60 festgestellt. Im Teilkörperzähler waren drei Fälle mit Befund, die alle auf teilweise äußere Kontamination mit Am-241 zurückzuführen waren.

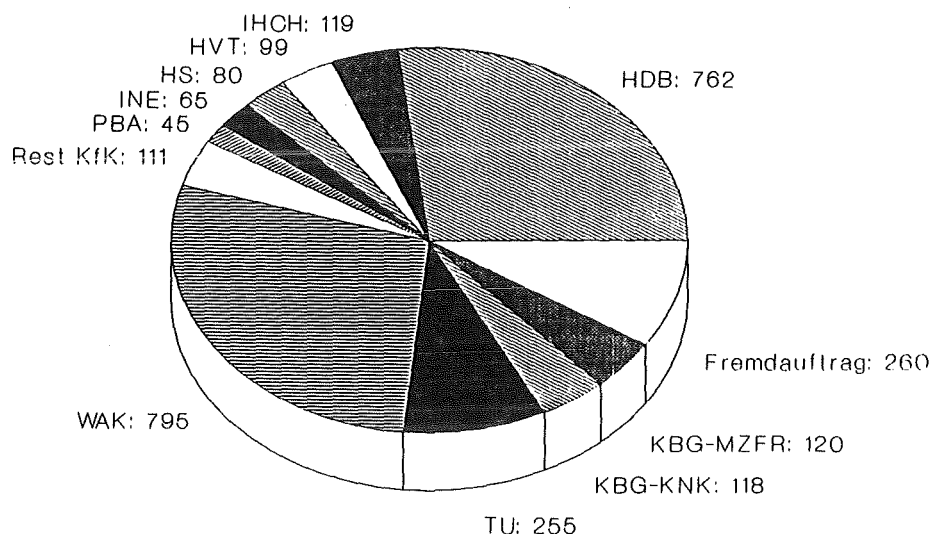


Abb. 6/19: Verteilung der im Jahr 1993 durchgeführten Teilkörpermessungen auf die verschiedenen Überwachungsbereiche (regelmäßige Überwachung, Eingangs-/Ausgangsmessungen, Messungen aus besonderem Anlaß, Fremdaufträge)

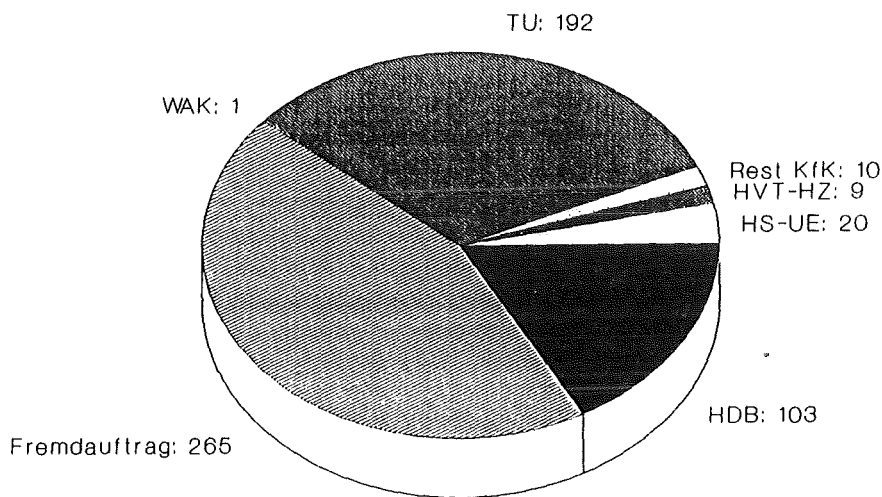


Abb. 6/20: Verteilung der im Jahr 1993 durchgeführten Ganzkörpermessungen auf die verschiedenen Überwachungsbereiche (regelmäßige Überwachung, Eingangs-/Ausgangsmessungen, Messungen aus besonderem Anlaß, Fremdaufträge)

Neben den Messungen für Einrichtungen des KfK und dort beheimatete Institutionen wurden zahlreiche weitere Untersuchungen durchgeführt. Einen großen arbeitszeitlichen Umfang nahmen Messungen im Rahmen der Pilotstudie zum Nachweis von Pb-210 ein. Hinzu kommen Messungen im Ganzkörperzähler zur Bestimmung der Cäsium-Körperaktivität der Karlsruher Referenzgruppe, Messungen von Referenzpersonen im Teilkörperzähler, Messungen im Ganzkörperzähler an einer Gruppe von Kindern aus dem Gebiet um Tschernobyl sowie Messungen im Fremdauftrag. Zusammen mit verschiedenen Kalibriermessungen und Nulleffektbestimmungen beläuft sich die Gesamtanzahl der Messungen im Ganz- und Teilkörperzähler auf 4 328 (s. Tab. 6/8), dies sind etwa 30 % mehr Messungen als im Vorjahr.

Messung	Ganzkörperzähler	Phoswich-Detektoren 8"	HPGe-Detektoren
Routine	2 515	283	-
besonderer Anlaß	54	50	2
Fremdauftrag	260	196	69
	( $\Sigma$ 2 829)	( $\Sigma$ 529)	( $\Sigma$ 71)
Referenz	235	38	14
Nulleffekt	72	96	65
Kalibrierung	53	96	72
Proben	28	-	8
Sonstige	55	32	35
	( $\Sigma$ 443)	( $\Sigma$ 262)	( $\Sigma$ 194)
Gesamtsumme	3 272	791	265

Tab. 6/8: Messungen im Ganz- und Teilkörperzähler von HS/D im Jahre 1993.  
Routine: regelmäßige Inkorporationsüberwachung und Eingangs-/ Ausgangsmessungen

#### 6.5.2 Cs-137-Referenzmessungen

I. Hofmann, A. Zieger

Seit der Inbetriebnahme des ersten Ganzkörperzählers im Kernforschungszentrum im Jahr 1961 wird durch monatliche Messungen an einer Referenzgruppe von zur Zeit etwa 20 Mitarbeitern des KfK die Cs-137-Körperaktivität der Bevölkerung im Karlsruher Raum bestimmt. Die Abb. 6/21 vermittelt einen Überblick über alle seit 1961 für Erwachsene gemessenen Quartalsmittelwerte der spezifischen Cs-137-Körperaktivität. Die Kurve spiegelt deutlich die Wirkung des Fallouts nach den atmosphärischen Kernwaffentests Anfang der sechziger Jahre und nach dem Reaktorunfall in Tschernobyl im April 1986 wieder. Die Monatsmittelwerte der spezifischen Cs-137-Körperaktivität für 1993 sind in Tab. 6/9 angegeben. Der sich daraus ergebende Jahresmittelwert von 0,47 Bq/kg liegt etwa bei dem Wert vor dem Tschernobyl-Ereignis (0,45 Bq/kg in 1985).

Monat	Mittlere spezifische Cs-137-Körperaktivität in Bq/kg
Januar	0,40
Februar	0,43
März	0,39
April	0,33
Mai	0,35
Juni	0,47
Juli	0,66
August	0,50
September	0,44
Oktober	0,47
November	0,71
Dezember	0,48

Tab. 6/9: Monatsmittelwerte der spezifischen Cs-137-Körperaktivität in der Karlsruher Referenzgruppe für 1993

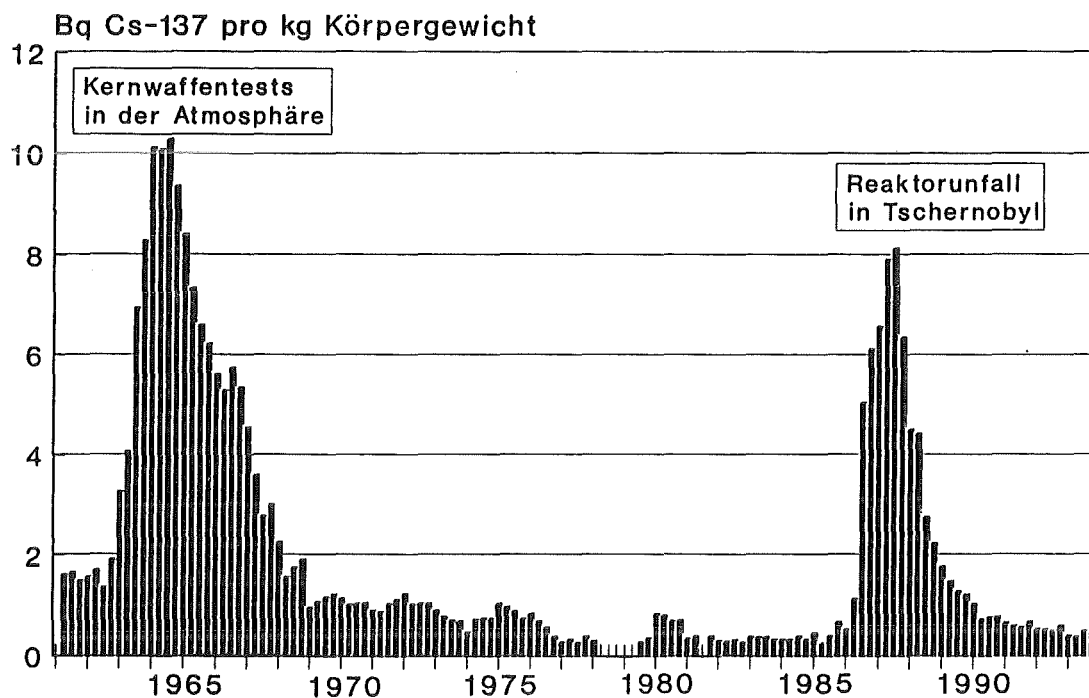


Abb. 6/21: Quartalsmittelwerte der spezifischen Cs-137-Körperaktivität für die Karlsruher Referenzgruppe seit 1961

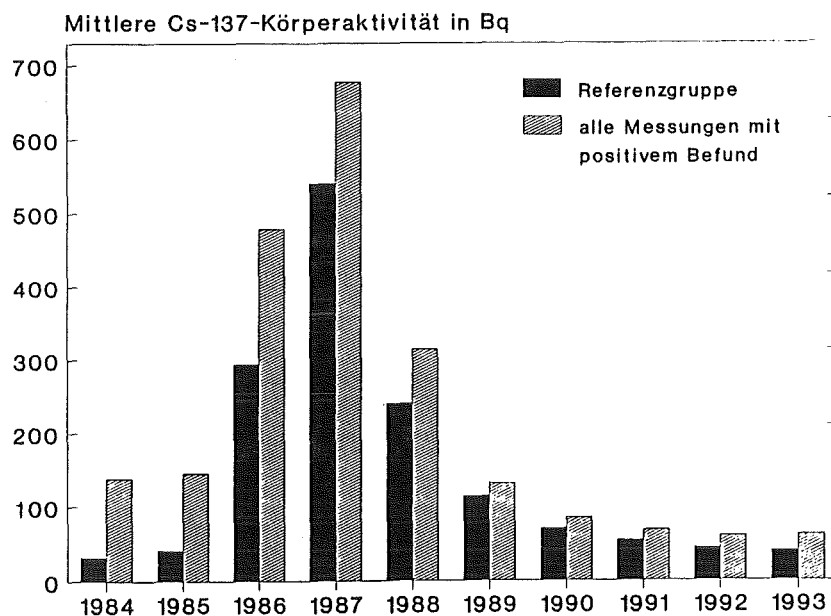


Abb. 6/22: Jahresmittelwerte aller Cs-137-Befunde seit 1984 im Vergleich zu den entsprechenden Werten der Karlsruher Referenzgruppe

Den Einfluß des Reaktorunfalls auf die mittleren Cs-Körperaktivitätswerte sämtlicher im Ganzkörperzähler untersuchter Personen zeigt Abb. 6/22, die die Cs-137-Aktivitätswerte der Referenzgruppe den mittleren Cs-Körperaktivitäten aller untersuchter Personen mit positivem Befund gegenüberstellt. Die



jährlichen Mittelwerte aller Befunde sind generell etwas höher als die Werte der Referenzgruppe, was hauptsächlich durch extreme Cs-137-Werte verursacht ist. In den Jahren 1984 und 1985 sind noch deutliche Diskrepanzen zwischen den Cs-137-Werten beider Gruppen zu erkennen, ein deutliches Zeichen beruflich bedingter Inkorporationen. Ab dem Jahr 1989 ist zwischen beiden Gruppen nur noch ein geringer Unterschied zu erkennen.

### 6.5.3 Neues Auswertesystem für Ganzkörperzähler und Phoswich-Teilkörperzähler

Th. Reddmann

Zum Jahresende 1993 wurde das bisherige Auswertesystem bestehend aus einem Canberra Mixer Router, Vielkanalanalysator und einer PDP11 als Steuerrechner durch ein PC-basierendes System ersetzt. Der Ersatz war wegen zunehmender Fehlerhäufigkeit an dem Vielkanalanalysator und dem PDP11-Rechner notwendig geworden. Da von der einschlägigen Industrie keine zuverlässigen Auswertesysteme angeboten werden, war von Anfang an geplant, die bewährten Auswerterroutinen auf die neue Rechnerplattform zu übertragen und auszubauen. Nach eingehendem Vergleich verschiedener MCA-Emulatoren für IBM-kompatible PCs wurde das S100-System der Fa. Canberra als Basis des neuen Auswertesystems ausgewählt. Ein wesentlicher Gesichtspunkt war hierbei die recht einfache Bedienung über die Windows-Oberfläche. Die jeweils vier Detektoren des Ganzkörper- und Teilkörperzählers sind über einen kombinierten ADC/Mixer-Router mit der MCA-Einschubkarte verbunden. Der Zugriff auf den MCA für Spektrumsauswertung und Steuerung kann prinzipiell entweder über die normierten Windows-Schnittstellen des Dynamical Data Exchange (DDE) erfolgen, der Datenaustausch zu den anderen Windows-Applikationen zulässt, oder über eine C-Programm-Bibliothek. Als Programmierumgebung für das neue Auswerte- und Steuerungsprogramm wurde VisualBasic gewählt, da es als Windows-Applikation ebenfalls DDE-fähige Programme erzeugen kann, und zudem eine einheitliche Benutzeroberfläche entsteht. Bei der Nutzung der DDE-Schnittstellen zur Ansteuerung des MCA besteht der Vorteil gegenüber einem auf C-Bibliotheksaufrufen basierenden Programm darin, daß das erprobte und bewährte MCA-Emulationsprogramm parallel zu den eigenen Auswerteprogrammen genutzt werden kann, und daß die Auswerteprogramme keine MCA-Funktionen für Spektrumsdarstellung, ROI-Markierung etc. beinhalten müssen. Aufgrund der speziellen Erfordernisse des Teilkörperzählers wurden für Ganzkörper- und Teilkörperzähler jeweils separate Steuerungsprogramme geschrieben. Die Abb. 6/23 zeigt den Bildschirm mit S100-MCA-Emulation und den Fenstern der beiden Steuerungsprogramme.

Das Ganzkörperzähler-Steuerungsprogramm WINBC wird aus einem Basisfenster und jeweils nach dem Programmstatus angezeigten zusätzlichen Fenstern gebildet. Im Basisfenster werden in erster Linie die Messungen gestartet und gestoppt. Läuft eine Messung, so wird in regelmäßigen Zeitabständen das Spektrum vom S100-MCA-System in das Programm transferiert und das Summenspektrum angezeigt, um schon während der Messung und unabhängig vom angezeigten Spektrum im S100-MCA-System über den Fortgang der Messung informiert zu sein. Nach Beendigung der Messung und dem Transfer des Spektrums zum Programm WINBC wird ein Auswertefenster aufgerufen, in dem die Ergebnisse der Peakanalyse angeboten werden. Nachdem der Benutzer die Peak- und Nuklidzuordnung abgeschlossen hat, werden in einem weiteren Fenster die berechneten Ganzkörperaktivitäten angezeigt. Das im alten System benutzte spezielle Programm für die Auswertung auf Cs-137, Cs-134 und K-40 wurde durch ein allgemeiner anzuwendendes Spektrumstrippingprogramm ersetzt. Hier wird das gemessene Spektrum durch eine Fitprozedur aus Kalibrierspektren einzelner Nuklide zusammengesetzt, die mit Flaschenphantomen des Instituts für Strahlenhygiene für Cs-137, Co-60 und K-40 gewonnen wurden. Diese Spektrumsbibliothek kann jederzeit um weitere nuklidspezifische Kalibrierspektren erweitert werden.

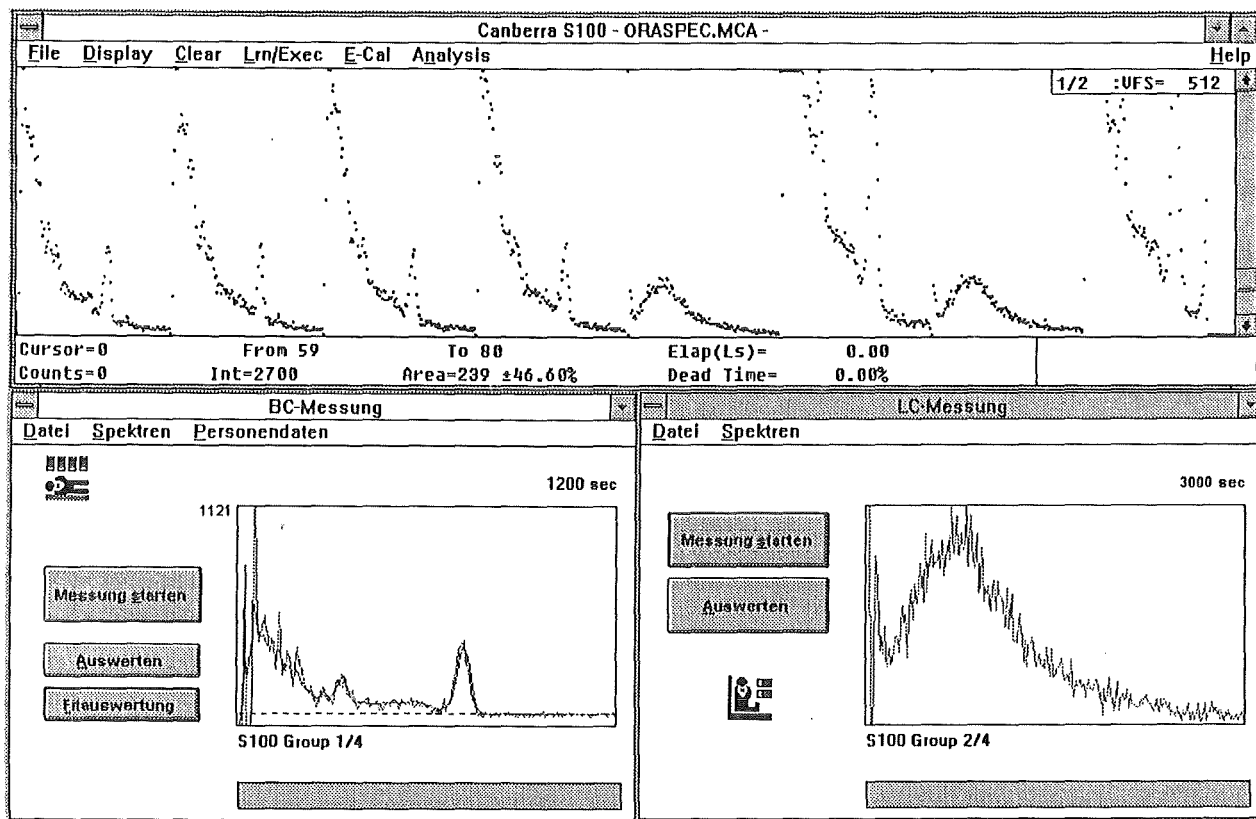


Abb. 6/23: Bildschirm mit S100-MCA-Emulation und den Fenstern der beiden neu entwickelten Steuerungsprogrammen für Ganz- und Teilkörperzähler

Das Programm für Messungen mit dem Phoswich-Teilkörperzähler WINLC wurde gänzlich neu konzipiert, um die bisher von Hand durchgeführte Spektrumsauswertung zu vereinfachen. Der Steuerungsteil orientiert sich im wesentlichen an der Struktur des Ganzkörperzähler-Meßprogramms, und erlaubt die fortlaufende Kontrolle der Messung unabhängig von dem gerade mit dem S100-System bearbeiteten Spektrum. Für die Auswertung wird ein zusätzliches Fenster geöffnet, in dem die für die jeweilige Meßgeometrie geeigneten Referenzspektren mit den sich ergebenden Differenzen zum Personenspektrum aufgelistet und auf Wunsch als Differenzspektrum zum Personenspektrum angezeigt werden. Anhand der gleichzeitig angezeigten biometrischen Daten können sofort die geeigneten Referenzspektren selektiert und das resultierende Ergebnis auch graphisch angezeigt und ausgedruckt werden.

Spektren können von beiden Programmen aus zunächst auf die lokale Festplatte gespeichert werden. Zusätzlich werden die Spektren auf die Oracle-Datenbank des HS-D-Abteilungsrechners geschrieben. Hierzu wurde ein spezielles Kommunikationsprogramm zwischen PC und Datenbank entwickelt, das es erlaubt, auch binäre Daten zu übertragen. Über ein MCA-Emulationsprogramm zur reinen Anzeige von Spektren können an jedem vernetzten Arbeitsplatz die Spektren von der Datenbank abgerufen und mit den Auswerteprogrammen analysiert werden.

#### 6.5.4 HPGe-Sandwich-Detektoren mit Anti-Compton-Diskriminierung zur in-vivo Messung von Aktiniden

H. Doerfel, Th. Reddmann, A. Zieger

Im Rahmen eines BMU-Forschungsvorhabens wurde ein neues Detektorsystem mit HPGe-Sandwich-Detektoren zur in-vivo-Messung von Aktiniden entwickelt. Die HPGe-Sandwich-Detektoren bestehen im wesentlichen aus einem planaren n-type HPGe-Kristall (50 mm  $\varnothing$  x 10 mm) zum Nachweis der niederenergetischen Photonenstrahlung und einem coaxialen p-type HPGe-Kristall (50 mm  $\varnothing$  x 50 mm) zum Nachweis der höherenergetischen Strahlung. Der coaxiale Kristall dient darüber hinaus auch zur Erkennung der im planaren Kristall durch Compton-Effekt gestreuten Photonen und damit zur Reduzierung des Compton-Untergrunds im niederenergetischen Spektralbereich.

Die Kristalle sind entsprechend Abb. 6/24 hintereinander in einer zylindrischen Endkappe (73 mm  $\varnothing$  x 300 mm) angeordnet. Bedingt durch diese Anordnung und die relativ geringen Kristalldimensionen kann von dem coaxialen HPGe-Kristall nur ein geringer Teil der durch Compton-Effekt aus dem planaren HPGe-Kristall herausgestreuten Photonen erfaßt werden. Damit ist die Anti-Compton-Diskriminierung bei den HPGe-Sandwich-Detektoren wesentlich ineffektiver als bei den Phoswich-Detektoren, bei denen nahezu ein Raumwinkel von  $2\pi$  abgedeckt wird. Zur Verbesserung der Anti-Compton-Diskriminierung werden die HPGe-Sandwich-Detektoren daher von einem Plastik-Szintillationsdetektor umgeben, der auch die seitlich aus den planaren HPGe-Kristallen gestreuten Photonen erfassen soll.

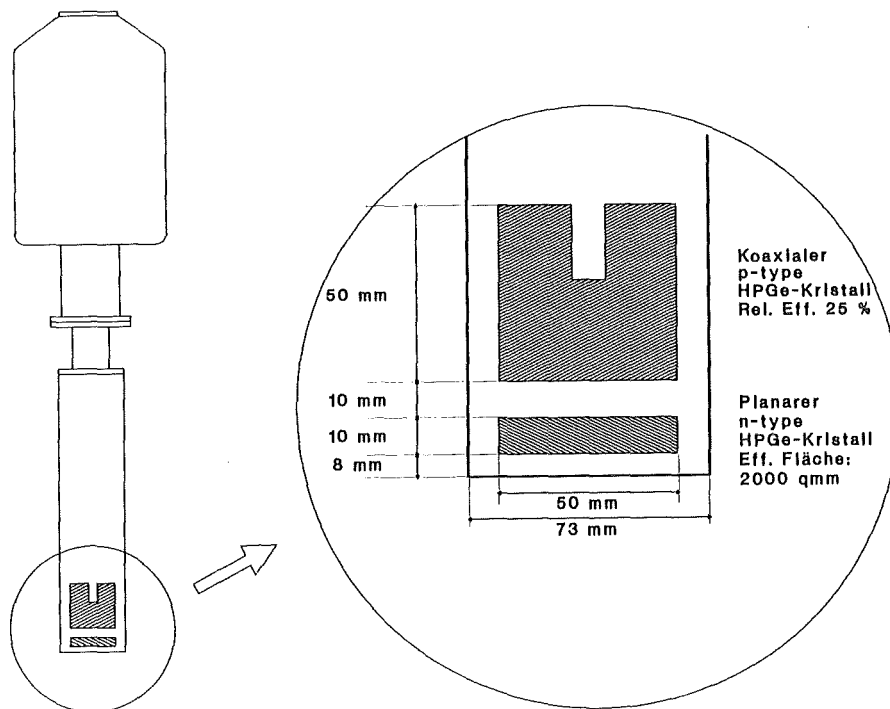


Abb. 6/24: Anordnung der Kristalle im HPGe-Sandwich-Detektor

In der jetzigen Ausbaustufe umfaßt das Detektorsystem vier HPGe-Sandwich-Detektoren (Abb. 6/25). Mit Hilfe einer fahrbaren Halterung kann das Detektorsystem in alle relevanten Meßpositionen (Lunge, Leber, Kopf bzw. Knie) gebracht werden. Die Vertikalanpassung der Meßgeometrie erfolgt dabei durch elektromotorische Höhenverstellung der Probandenliege.

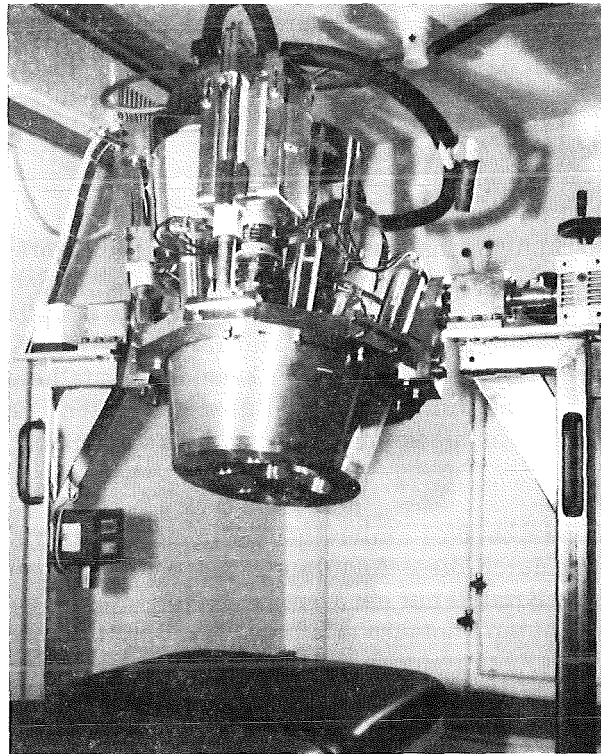


Abb. 6/25: Gesamtansicht des neuen Detektorsystems in der jetzigen Ausbaustufe mit vier HPGe-Sandwich-Detektoren in einem Plastik-Szintillationsdetektor

Das Detektorsystem wird mit den in Abb. 6/26 dargestellten elektronischen Komponenten betrieben. Die Elektronik verteilt sich auf einen Zweig für die planaren HPGe-Kristalle, einen Zweig für die koaxialen HPGe-Kristalle bzw. einen Zweig für den Plastik-Szintillationsdetektor. Die beiden erstgenannten Zweige (in Abb. 6/26 von einem punktierten Kasten umrahmt) sind jeweils viermal vorhanden, der letztgenannte Zweig einmal.

Wenn die in die Hauptverstärker eingespeisten Impulse der koaxialen HPGe-Kristalle eine bestimmte Schwelle überschreiten, wird über einen separaten Ausgang des Hauptverstärkers ein logischer Steuerimpuls abgegeben. Dieser sogenannte CRM-Impuls (Count Rate Monitor) eignet sich sehr gut zur Erkennung von Koinzidenzen, da er nahezu zeitgleich mit dem jeweiligen Originalimpuls ansteht. Der CRM-Impuls wird in der Gate/Delay-Einheit auf eine passende Länge gebracht und so verzögert, daß er den Analog/Digital-Wandler des entsprechenden planaren HPGe-Kristalls über den prompten Antikoinzidenzeingang immer dann abschaltet, wenn der koaxiale HPGe-Kristall einen Impuls registriert. Auf diese Weise können die koinzidenten Absorptionsereignisse im planaren HPGe-Kristall und dem dazugehörigen koaxialen HPGe-Kristall weitestgehend diskriminiert werden.

Die Impulse des Plastik-Szintillationsdetektors werden ganz entsprechend verarbeitet. So werden auch hier die im Hauptverstärker erzeugten CRM-Impulse in einer Gate/Delay-Einheit auf die passende Länge gebracht und in geeigneter Weise verzögert. Die so erzeugten Steuerimpulse werden dann auf die prompten Antikoinzidenzeingänge der Analog/Digital-Wandler von allen vier planaren HPGe-Kristallen gelegt. Auf diese Weise können dann bei geeigneter Einstellung auch die Koinzidenzen zwischen dem Plastik-Szintillationsdetektor und den planaren HPGe-Kristallen weitestgehend diskriminiert werden.

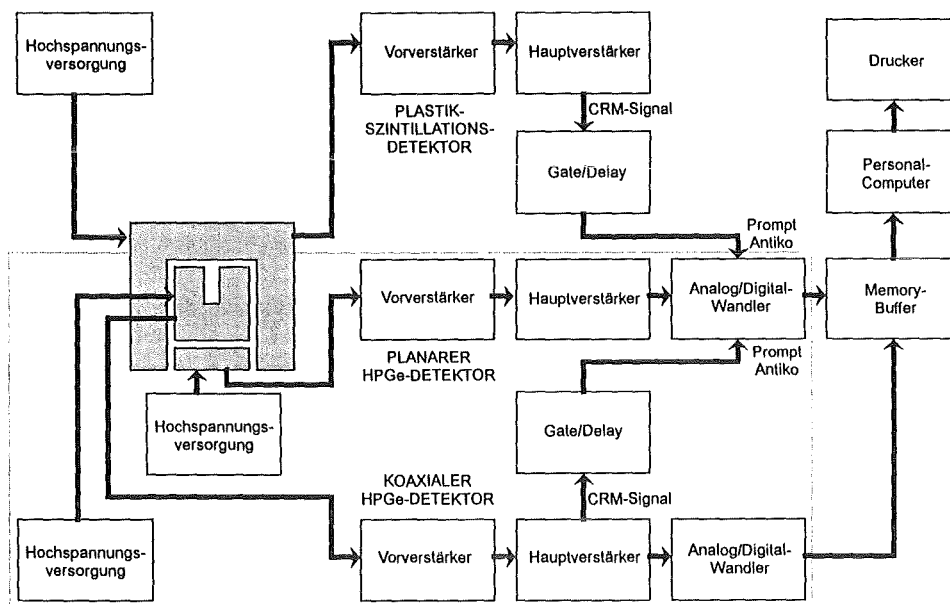


Abb. 6/26: Blockschaltbild der elektronischen Komponenten zum Betrieb der HPGe-Sandwich-Detektoren (Spektrometrie mit dem planaren HPGe-Kristall in Antikoinzidenz mit dem koaxialen HPGe-Kristall und dem Plastik-Szintillationsdetektor)

Mit diesem Verfahren der Anti-Compton-Diskriminierung kann der Nulleffekt in den Spektren der planaren HPGe-Kristalle im Energiebereich von 5 keV bis zu 200 keV um bis zu 40 % reduziert werden. Am wirkungsvollsten ist die Diskriminierung bei der kosmischen Komponente der Raumhintergrundstrahlung. Bei der im Körper der Probanden erzeugten Hintergrundstrahlung ist die Effektivität der Anti-Compton-Diskriminierung dagegen vergleichsweise gering. Dies ist in erster Linie darauf zurückzuführen, daß das probandenspezifische Streukontinuum in den Spektren der planaren HPGe-Kristalle vorwiegend durch Compton-Effekte außerhalb der Detektoren erzeugt wird. Der gesamte Nulleffekt, der sich aus dem umgebungs- und dem probandenspezifischen Streukontinuum zusammensetzt, kann daher bei den Probandenmessungen generell nicht so effektiv reduziert werden wie bei den Raumnulleffektmessungen. Und zwar ist die prozentuale Reduzierung umso geringer, je höher das probandenspezifische Streukontinuum ist, d.h. je höher die Aktivität der höherenergetischen Störstrahler in den Probanden ist. Die durch den Reaktorunfall von Tschernobyl bedingten Cs-137-Körperaktivitäten liegen bei der Karlsruher Bevölkerung zur Zeit bei etwa 50 Bq (siehe Abschn. 6.5.2). Bei diesem Störstrahlungspegel kann der Nulleffekt der planaren HPGe-Kristalle in dem hier interessierenden Energiebereich um etwa 25 % reduziert werden. Somit liegen die mit den HPGe-Sandwich-Detektoren erzielbaren Nachweisgrenzen etwa 10 % bis 15 % unter den mit einfachen planaren HPGe-Detektoren entsprechender Anzahl und Größe erzielbaren Werten.

Bei Pu-239 liegen die Nachweisgrenzen bei Messung über die Hauptlinie der charakteristischen Röntgen-Strahlung bei 17,1 keV je nach Stärke und Gewebekomposition der Brustwand zwischen etwa 1,2 kBq und etwa 20 kBq. Bei Einbeziehung der Nebenlinie der charakteristischen Röntgen-Strahlung bei 20,3 keV können diese Werte jeweils um etwa 40 % reduziert werden. Die Messung von Pu-239 über die  $\gamma$ -Strahlung bei 51,6 keV ist im allgemeinen nicht so empfindlich wie die Messung über die charakteristische Röntgen-Strahlung. Nur bei extrem muskulösen Personen mit einer sehr starken Brustwand kann die Messung über die  $\gamma$ -Strahlung unter Umständen empfindlicher sein. Allerdings ist die Messung über die  $\gamma$ -Strahlung aufgrund der geringeren Absorption prinzipiell genauer als die Messung über die Röntgen-Strahlung. Hinzu kommt, daß bei den im kerntechnischen Arbeitsbereich auftretenden Transurangemischen die charakteristische Röntgenstrahlung von Am-241 aufgrund der relativ großen Emissionswahrscheinlichkeit im allgemeinen einen größeren Beitrag zu den Peaks liefert als die charakteristische Röntgenstrahlung von Plutonium. Aus diesem Grund setzt die Messung von Plutonium über die Röntgenstrahlung stets auch eine Bestimmung der Am-241-Aktivität voraus. Da die Aktivi-

tätsverhältnisse häufig recht gut bekannt sind und das Stoffwechselverhalten der verschiedenen Transurane - zumindest in der ersten Zeit nach der Inkorporation - weitgehend gleich ist, kann die Am-241-Aktivität dann auch unmittelbar zur Bestimmung der Plutonium-Aktivität herangezogen werden. Dieses Verfahren ist dann in jedem Fall genauer als die Messung von Plutonium über die charakteristische Röntgenstrahlung. Die Nachweisgrenzen von Am-241 liegen bei normal proportionierten Probanden bei 6 Bq Am-241 in der Lunge, 16 Bq Am-241 in den tracheobronchialen Lymphknoten, 8 Bq Am-241 in der Leber bzw. 26 Bq Am-241 im Skelett. Diese Werte sind vergleichbar mit den entsprechenden Nachweisgrenzen des Phoswich-Systems. Das gleiche gilt auch für die bei Uran erzielbaren Nachweisgrenzen.

Zusammenfassend kann man feststellen, daß das neue Detektorsystem eine wertvolle Ergänzung der bisher gebräuchlichen Phoswich-Systeme darstellt. Die Vorteile des neuen Detektorsystems liegen insbesondere darin, daß die Auswertung der Spektren im allgemeinen einfacher und in vielen Fällen auch zuverlässiger als bei den Phoswich-Detektoren ist.

#### 6.5.5 Pilotstudie zur retrospektiven Bestimmung der Radon-Exposition von Mitarbeitern der ehemaligen SDAG Wismut

H. Doerfel

Nach Inhalation von Radon bzw. dessen Folgeprodukten bildet sich im Skelett eine Pb-210-Deposition, die aufgrund ihrer langen biologischen Halbwertszeit prinzipiell auch Jahrzehnte nach der Radon-Exposition noch nachgewiesen werden kann. Im Rahmen einer in Zusammenarbeit mit dem Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften durchgeführten Pilotstudie wurde untersucht, inwieweit diese Pb-210-Deposition zur retrospektiven Bestimmung der Radon-Exposition von Bergleuten der ehemaligen SDAG Wismut herangezogen werden kann.

Die Bestimmung der Pb-210-Aktivität erfolgte mit drei großflächigen Phoswich-Detektoren am Kopf sowie mit drei HPGe-Detektoren am linken Knie der Probanden. Mit diesen beiden Verfahren können bei einer Meßzeit von 90 min expositionsbedingte Pb-210-Skelettaktivitäten in Höhe von 31 Bq (Phoswich-Messung am Kopf) bzw. 47 Bq (HPGe-Messung am Knie) erkannt werden.

Im Rahmen der Studie wurden 24 Mitarbeiter der ehemaligen SDAG Wismut und 6 nichtexponierten Vergleichspersonen aus der gleichen Region im Erzgebirge untersucht. Bei den Wismut-Mitarbeitern handelte es sich hauptsächlich um Bergleute mit Tätigkeitsbeginn vor 1955 (Gruppe I: 15 Probanden) sowie um Bergleute mit Tätigkeitsbeginn nach 1965 (Gruppe II: 7 Probanden). Aufgrund von Wismut-Angaben beträgt die durchschnittliche Radon-Exposition in der ersten Gruppe  $955 \pm 441$  WLM und in der zweiten Gruppe  $87 \pm 29$  WLM. Die Meßergebnisse spiegeln diese Werte wider: So liegt die Pb-210-Skelettaktivität bei den Probanden der ersten Gruppe in zehn Fällen über der Erkennungsgrenze, während sie bei den Probanden der zweiten Gruppe in allen Fällen unter der Erkennungsgrenze liegt.

Die Tab. 6/10 zeigt als Beispiel die Ergebnisse der Phoswich-Messungen am Kopf für die Probandengruppe I (Bergleute mit Tätigkeitsbeginn vor 1955). Die in dieser Gruppe gemessenen Pb-210-Skelettaktivitäten (zweite Spalte von Tab. 6/10) liegen im Mittel bei  $49 \pm 24$  Bq. Subtrahiert man von den Meßwerten jeweils die ingestionsbedingte Komponente in Höhe von 12 Bq, so erhält man die in der dritten Spalte angegebenen Werte der expositionsbedingten Pb-210-Skelettaktivität. Mit Hilfe einer speziellen Funktion  $f(E,t)$ , die den zeitlichen Abbau der expositionsbedingten Pb-210-Skelettaktivität beschreibt, ergeben sich die in der vierten Spalte von Tab. 6/10 angegebenen Anfangswerte der expositionsbedingten Pb-210-Skelettaktivität. Bezieht man diese Anfangswerte auf die jeweilige Radon-Exposition  $E$ , so erhält man schließlich die in der letzten Spalte von Tab. 6/10 angegebenen Werte der relativen exposi-

tionsbedingten Anfangsaktivität  $A_{E0}$ . Der Mittelwert von  $A_{E0}$  beträgt  $0,19 \pm 0,10$  Bq/WLM und ist damit vergleichbar mit den Ergebnissen einer vergleichbaren Studie an chinesischen Zinn-Bergleuten.

Proband	Pb-210-Skelettaktivität in Bq		$A_E$ (Pb-210)	E	$A_{E0}$
	Gesamt $A_E$ (Pb-210)	Expos. Komp. $A_E$ (Pb-210)	f(E,t) in Bq	in WLM	in Bq/WLM
S. B.	$55 \pm 17$	$42 \pm 17$	$226 \pm 89$	1356	$0,17 \pm 0,07$
K. D.	$56 \pm 14$	$44 \pm 14$	$220 \pm 70$	905	$0,24 \pm 0,08$
E. F.	$31 \pm 17$	$19 \pm 17$	$86 \pm 77$	1030	$0,08 \pm 0,08$
M. F.	<41	<29	<138	1060	<0,13
F. H.	<41	<29	<118	157...400	<0,42
P. H.	$36 \pm 18$	$24 \pm 18$	$100 \pm 75$	407	$0,22 \pm 0,17$
R. K.	$31 \pm 14$	$19 \pm 14$	$100 \pm 74$	1700	$0,06 \pm 0,04$
W. J.	<31	<19	<86	755	<0,11
R. K.	$112 \pm 16$	$100 \pm 16$	$526 \pm 84$	1314	$0,40 \pm 0,06$
B. K.	$38 \pm 15$	$26 \pm 15$	$130 \pm 75$	1050	$0,12 \pm 0,07$
H. L.	<31	<19	<72	125...180	<0,47
E. R.	$39 \pm 19$	$27 \pm 19$	$135 \pm 95$	960	$0,14 \pm 0,10$
J. R.	<31	<19	<83	820	<0,10
R. Sch.	$54 \pm 23$	$42 \pm 23$	$247 \pm 135$	1611	$0,15 \pm 0,08$
R. St.	$42 \pm 18$	$30 \pm 18$	$146 \pm 88$	135...830	$0,30 \pm 0,18$

Tab. 6/10: Ergebnisse der Phoswich-Messungen am Kopf: Gruppe I (Bergleute mit Tätigkeitsbeginn vor 1955)

Aufgrund dieser Ergebnisse kann bei den Bergleuten mit Tätigkeitsbeginn vor 1955 durch eine Standardmessung mit Phoswich-Detektoren am Kopf (Meßzeit 90 min) prinzipiell eine Radon-Exposition in Höhe von 740 WLM erkannt werden. Durch Verlängerung der Meßzeit und Ausbau der Meßanordnung kann die Erkennungsgrenze auf 330 WLM gesenkt werden. Verwendet man statt der Phoswich-Detektoren acht großflächige HPGe-Detektoren, so kann die Erkennungsgrenze bei den Bergleuten der Gruppe I prinzipiell bis auf etwa 180 WLM gesenkt werden. Somit kann die in-vivo Messung von Pb-210 bei entsprechendem meßtechnischen Aufwand sehr wertvolle Informationen für epidemiologische Untersuchungen sowie wichtige Entscheidungshilfen bei der Anerkennung von Berufskrankheiten liefern.

### 6.5.6 Untersuchung einer Ca-45-Inkorporation

H. Doerfel, E. Polig, A. Zieger

Zur Aufklärung einer ingestionsbedingten Ca-45-Inkorporation mit weitgehend unbekanntem Zufuhrumständen wurde im April 1993 eine Person bei HS/D untersucht. Bei Ca-45 handelt es sich um einen  $\beta$ -Strahler mit einer physikalischen Halbwertszeit von 163 Tagen und einer mittleren  $\beta$ -Energie von 77 keV, der sich wie alle Calcium-Isotope bevorzugt im Skelett ablagert. Da Ca-45 keine hinreichend intensive  $\gamma$ -Strahlung emittiert, kann zur in-vivo-Messung nur die von der  $\beta$ -Strahlung erzeugte Bremsstrahlung (mittlere Energie ca. 30 keV) herangezogen werden. Bedingt durch die geringe Reichweite der Bremsstrahlung (ca. 4 cm in gewebeäquivalentem Material) kann bei der in-vivo-Messung nur eine oberflächennahe Zone des Körpers erfaßt werden. Geht man von einer quasi-homogenen Aktivitätsverteilung aus, so ist der relative Anteil dieser Zone am Gesamtvolumen umso größer, je kleiner der Querschnitt des betrachteten Körperbereichs ist. Diesen Umstand kann man sich bei der in-vivo-Messung zunutze machen, indem man den Körper in liegender Position mit einem kollimierten Detektor horizontal abscannt. In liegender Position befinden sich nämlich die Körperregionen mit kleinem Querschnitt in einem größerem Abstand zum Detektor als die Regionen mit großem Querschnitt, so daß sich die verschiedenen Geometrieeffekte bei geeigneter Wahl des Scan-Abstandes weitgehend kompensieren.

Im vorliegenden Fall wurde mit einem kollimierten 8"-Phoswich-Detektor gemessen. Als Kollimator diente dabei ein Rost aus planparallelen Kupferplatten mit einem Plattenabstand von 2 cm und einer Steghöhe von 5 cm, der senkrecht zur Scan-Richtung vor dem Strahleneintrittsfenster des Detektors befestigt wurde. Bei diesem Detektor/Kollimator-System liegt der optimale Scan-Abstand bei 30 cm und der entsprechende Wirkungsgrad bei  $7,9 \pm 1,7$  Imp/s pro MBq Ca-45. Das räumliche Auflösungsvermögen des Systems für Punktstrahler in der Körperachse beträgt etwa 18 cm (FWHM). Für die Messung an der Probandin (Körpergröße 167 cm, Körpergewicht 69 kg) wurde eine Scan-Schrittweite von 10 cm gewählt, so daß das Scan-Profil entfaltet werden mußte. Dabei ergab sich die in Abb. 6/27 dargestellte Aktivitätsverteilung, die deutlich ausgeprägte Maxima in den Bereichen von Kopf/Schultergürtel und Becken sowie an den Knien und den Füßen aufweist. Dieses Bild entspricht qualitativ in sehr guter Näherung der Verteilung der Knochenmasse im Körper, so daß man von einer homogenen Knochendeponation ausgehen kann. Für die Gesamtaktivität ergibt sich ein Wert von  $2,9 \pm 0,6$  MBq Ca-45.

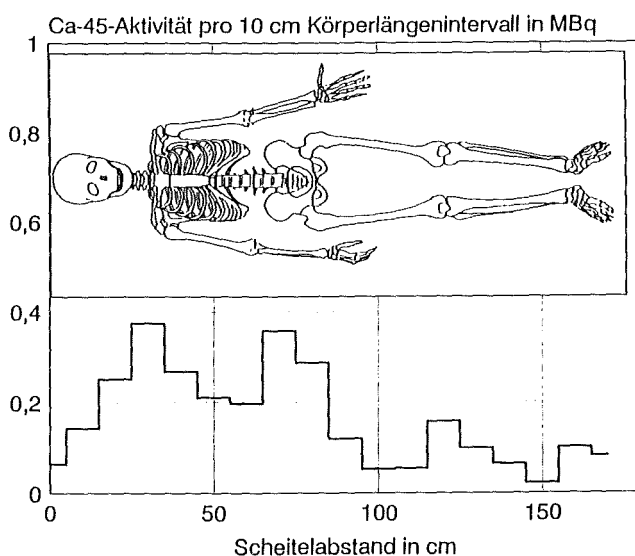


Abb. 6/27: Verteilung der Ca-45-Aktivität im Körper der untersuchten Person aufgrund von Scan-Messungen mit einem kollimierten Phoswich-Detektor (Meßzeit pro Körperlängenintervall 300 s im Rumpfbereich bzw. 600 s im Beinbereich)



Zur Interpretation dieses Meßwerts sowie der Ergebnisse der an anderer Stelle durchgeführten Ausscheidungsmessungen wurde das biokinetische Calcium-Modell der ICRP-Publikation 20 benutzt. Als Randbedingungen wurden die folgenden als gesichert geltenden Informationen herangezogen:

- Die inkorporierte Aktivität stammt aus einer Lösung von Ca-45-markiertem  $\text{CaCl}_2$  mit einer Aktivitätskonzentration von 0,37 MBq/ml bezogen auf das Kalibrierdatum 08.01.1993. Der für die Inkorporation in Frage kommende Fehlbestand der Lösung beträgt 76 ml.
- Die Inkorporation erfolgte durch ein- oder mehrmalige Ingestion in der Zeit zwischen dem 15.12.1992 (Anlieferung der Lösung) und dem 10.03.1993 (erstmaliger Nachweis von Ca-45 im Urin).

Nach dem Calcium-Modell der ICRP Publikation 20 gilt für die Ca-45-Körperaktivität A zur Zeit t nach einer einmaligen Ingestion der Aktivität Z die Beziehung

$$A(t) = Z \cdot f_1 \cdot R(t) \cdot e^{[-(\ln 2) / 163 \text{ d} \cdot t]}$$

mit dem Resorptionsfaktor  $f_1 = 0,3$  (ICRP Publikation 30) und der Funktion

$$R(t) = \{(1-p) \cdot e^{-(m \cdot t)} + p \cdot e^{b \cdot (t + \epsilon) - b} \cdot [\beta \cdot e^{-(r \cdot \lambda \cdot t)} + (1 - \beta) \cdot e^{-(r \cdot \delta \cdot \lambda \cdot t)}]\}$$

mit den Werten  $p=0,79$ ;  $m=0,1/\text{d}$ ;  $\epsilon=0,76 \text{ d}$ ;  $b=0,1$ ;  $\beta=0,532$ ;  $r=0,826$ ;  $\lambda=0,0000685/\text{d}$ ;  $\delta=4$ . Für die über den Urin ausgeschiedene Ca-45-Aktivität  $E_u(t)$  gilt

$$E_u(t) = Z \cdot f_1 \cdot f_u \cdot d / dt [R(t)] \cdot e^{[-(\ln 2) / 163 \text{ d} \cdot t]}$$

mit dem Urinausscheidungsfaktor  $f_u=0,7$ . Mit diesen Funktionen wurden umfangreiche Modellrechnungen für die verschiedensten Zufuhrmuster durchgeführt. Dabei ergab sich, daß wahrscheinlich die gesamte Fehlmenge der CaCl-Lösung in zwei etwa gleich großen Fraktionen Mitte Dezember 1992 (ca. 15 MBq Ca-45) und Anfang Februar 1993 (ca. 12 MBq Ca-45) zugeführt wurde. Die Abbildungen 6/28 und 6/29 zeigen die für diesen Fall berechneten Urinausscheidungs- und Ganzkörperretentionsfunktionen im Vergleich zu den jeweiligen Meßwerten.

Mit den entsprechend Strahlenschutzverordnung anzuwendenden Dosisfaktoren ergibt sich aus den abgeschätzten Zufuhren eine effektive Folgeäquivalentdosis in Höhe von 24 mSv. Die relevanten Organdosen liegen bei 97 mSv (rotes Knochenmark) bzw. 140 mSv (Knochenoberfläche). Zur Überprüfung der Modellkonsistenz der Dosisfaktoren wurden die nach ICRP-Publikation 20 für den Kompaktknochen und den Trabekularknochen berechneten Retentionsfunktionen über 50 Jahre integriert und jeweils mit den in ICRP-Publikation 30 angegebenen Werten der spezifischen effektiven Energie multipliziert. Dabei ergaben sich Organdosen von 85 mSv (rotes Knochenmark) bzw. 130 mSv (Knochenoberfläche). Aufgrund der guten Übereinstimmung mit den direkt berechneten Organdosen kann man zusammenfassend feststellen, daß die Biokinetik von Ca-45 im vorliegenden Fall weitgehend mit den Modellen der ICRP konsistent ist.

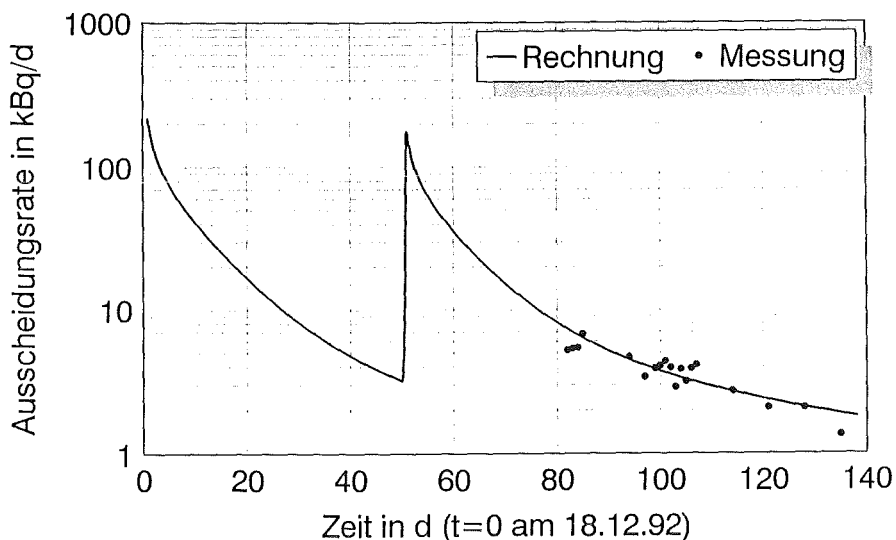


Abb. 6/28: Ca-45-Ausscheidung im Urin aufgrund von Modellrechnungen nach ICRP-Publikation 20 für ingestionsbedingte Zufuhren von 15,4 MBq Ca-45 am 18.12.1993 und 12,3 MBq Ca-45 am 08.02.1993

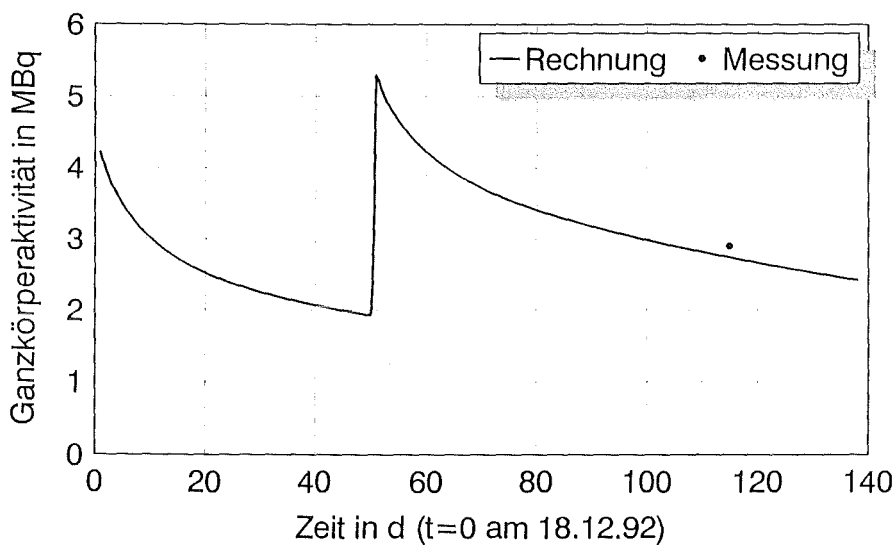


Abb. 6/29: Ca-45-Aktivität im Körper aufgrund von Modellrechnungen nach ICRP-Publikation 20 für ingestionsbedingte Zufuhren von 15,4 MBq Ca-45 am 18.12.1993 und 12,3 MBq Ca-45 am 08.02.1993

### 6.5.7 Altersbedingte Ausscheidungsintensivierung

H. Doerfel

In den vergangenen Jahren wurden bei einigen Personen erhöhte Ausscheidungsrate von Transuranen in Urin und Stuhl festgestellt, die in keinem Zusammenhang mit akuten Inkorporationen standen. Alle Fälle hatten die folgenden Gemeinsamkeiten:

- Die als Ursache für die Transuranausscheidungen im Urin infrage kommenden Inkorporationen lagen mehr als 15 Jahre zurück.
- Die Personen waren zwischen 50 und 60 Jahre alt, als die ersten signifikanten Ausscheidungen im Urin registriert wurden.
- Die Ergebnisse der routinemäßigen Urinuntersuchungen lagen zuvor stets unter der Nachweisgrenze des Meßverfahrens.

Als Beispiel zeigt die Tab. 6/11 für eine dieser Personen die über bestimmte Altersbereiche gemittelten Ausscheidungsraten von Pu-238/239/240 und Am-241. Aufgrund eingehender Untersuchungen gilt als gesichert, daß die ursächlichen Inkorporationen bei dieser Person vor dem 40. Lebensjahr erfolgten. Sowohl bei Plutonium als auch bei Am-241 ist eine signifikante Zunahme der Ausscheidungsrate zu erkennen. So lag die Pu-Ausscheidung in der Zeit zwischen dem 45. und dem 52. Lebensjahr bei 9 von 10 Proben unter der Nachweisgrenze von 1,5 mBq/d, während sie in den folgenden acht Jahren bei 35 von 37 Proben darüber lag. Mit Hilfe eines neu entwickelten biokinetischen Am-241-Modells ist es jetzt möglich, diesen Effekt - zumindest im Fall von Am-241 - auf eine altersbedingten Mobilisierung der Aktivitätsdeposition im Skelett zurückzuführen.

Alter der Person (Jahre)	Pu-238/239/240			Am-241		
	Anzahl der Analysen		Mittelwert	Anzahl der Analysen		Mittelwert
	Gesamt	≥NWG	(mBq/d)	Gesamt	≥NWG	(mBq/d)
35-45	18	2	<3,7	-	-	-
45-52	10	1	<1,5	3	0	<1,5
53-54	8	7	3,7±1,7	3	0	<1,5
55-56	7	7	2,9±0,5	7	6	3,4±1,6
57-58	15	14	2,7±0,9	15	15	4,2±1,2
59-60	7	7	3,4±0,3	7	7	3,6±1,1

Tab. 6/11: Ausscheidung von Transuranen im Urin bei dem Probanden W.K. infolge von Inkorporationen vor dem 40. Lebensjahr

Ausgangspunkt für das neue biokinetische Am-241-Modell (Tab. 6/12, Abb. 6/30) war ein vor drei Jahren bei HS/D entwickeltes Pu-Modell. Ein wesentliches Charakteristikum dieses Modells war die Einführung eines neuen Kompartiments für die Blutgefäßwände. Dieses Kompartiment wirkt als Puffer für die Pu-Aktivität im Blut und ermöglicht eine konsistente Interpretation der Pu-Aktivitäten im Blut sowie der Pu-Ausscheidungen in Urin und Stuhl nach intravenöser Injektion.

In dieses Modell wurde eine Erweiterung des ICRP-Lungenmodells implementiert. Hierbei handelt es sich um eine Superposition der beiden Lungenretentionsklassen W und Y. In beiden Retentionsklassen kann die biologische Halbwertszeit der Pulmonalkompartimente e, g und h frei vorgegeben werden, wobei die Koeffizienten für die Besetzungs- und Übergangswahrscheinlichkeiten entsprechend dieser Vorgabe durch doppellogarithmische Interpolation aus den ICRP-Werten ermittelt werden. Da die Verteilungskoeffizienten für die Kompartimente i und j der tracheo-bronchialen Lymphknoten aufgrund neuerer Meßergebnisse möglicherweise erheblich von den ICRP-Vorgaben für die Retentionsklasse Y abweichen, können diese Verteilungskoeffizienten zur Anpassung des Modells an die Meßergebnisse auch unabhängig variiert werden. Eine weitere Abweichung vom ICRP-Modell besteht darin, daß ein Rezirkulationsübergang von den Körperflüssigkeiten in das e-Kompartiment des Pulmonalbereichs eingeführt

wurde. Dies trägt der Tatsache Rechnung, daß sowohl nach Injektion als auch nach Wundaufnahme von Transuranen signifikante Aktivitätsdepositionen in der Lunge gefunden wurden.

Zur Simulierung des Knochenstoffwechsels wurde das Modell von Leggett übernommen. Dieses Modell, das ursprünglich für Pu entwickelt und danach auf Am ausgeweitet wurde, unterscheidet zwischen dem Kompaktknochen und dem Trabekularknochen. Beide Knochentypen werden durch jeweils drei Kompartimente (Oberfläche, Volumen und Hohlräume bzw. Knochenmark) modelliert. Die Übergangsraten zwischen diesen Kompartimenten sind teilweise altersabhängig. Hier liegt der Ansatzpunkt zur Erklärung der beobachteten altersbedingten Ausscheidungsintensivierung. Das neue Modell wurde anhand von publizierten in-vivo- und in-vitro-Meßdaten sowie anhand der Ergebnisse von eigenen Messungen getestet und optimiert. Dabei zeigte sich, daß mit den in Tab. 6/12 aufgeführten Parametern alle verfügbaren Daten weitestgehend modellkonsistent interpretiert werden können.

Kompartiment	Zeitkonst. in 1/d	Relative Übergangswahrscheinlichkeit in %
Körperflüssigkeiten	16	Knochen 40; Leber 35; Weichgewebe 16; Lunge 5; Nieren 2; Darmwand 2; Dünnd. 0,3; Gonaden 0,03
Knochen: Gefäßwände	0,6	Körperfl. 50; Komp.-Knochen 25; Trab. Knochen 25
Kompakt/Oberfläche	0,000082	Volumen 35; Hohlräume 65
Kompakt/Volumen	0,000055	Hohlräume 100
Kompakt/Hohlräume	0,0076	Körperflüssigkeiten 100
Trabekular/Oberfläche	0,00041	Volumen 35; rotes Knochenmark 65
Trabekular/Volumen	0,00027	rotes Knochenmark 100
Trab./Knochenmark	0,0076	Körperflüssigkeiten 100
Leber: Gefäßwände	0,6	Körperflüssigkeiten 50; Hepathozythen 50
Hepathozythen	0,057	Gefäßwände 40; RE-Zellen 58,5; Dünndarm 1,5
RE-Zellen	0,0076	Körperflüssigkeiten 100
Weichgewebe:		
Gefäßwände	0,6	Körperflüssigkeiten 50, Transferkomp. 50
Transferkomp.	0,08	Gefäßwände 98/90; Depotkomp. 2/10
Depotkomp.	0	
Reg. Lymphknoten:		
Transferkomp.	0,014/0,0002	Körperflüssigkeiten 100/10; Depotkomp. 0/90
Depotkomp.	0	
Wunddepot	0,00047	Weichgewebe 99,9/10; Lymphknoten 0,1/90
Verdauungstrakt:		
Mageninhalt	24	Dünndarminhalt 100
Dünndarminhalt	6	Dickdarminhalt 99,95; Darmwand 0,05
Dickdarminhalt	0,65	Stuhl 100
Darmwand	0,002	Dünndarminh. 25; Dickdarminh. 25; Körperfl. 50
Nieren: Transferkomp.	1	Depotkomp. 80; Urin 20
Depotkomp.	0,002	Transferkomp. 100

Tab. 6/12: Zeitkonstanten und relative Übergangswahrscheinlichkeiten für die einzelnen Kompartimente (außer Atemtrakt) des biokinetischen Modells für Am-241; durch Schrägstrich getrennte Angaben bei verschiedenen Weichgewebekompartimenten beziehen sich auf leichttransportables (Parametersatz I) bzw. schwer transportables Material (Parametersatz II)

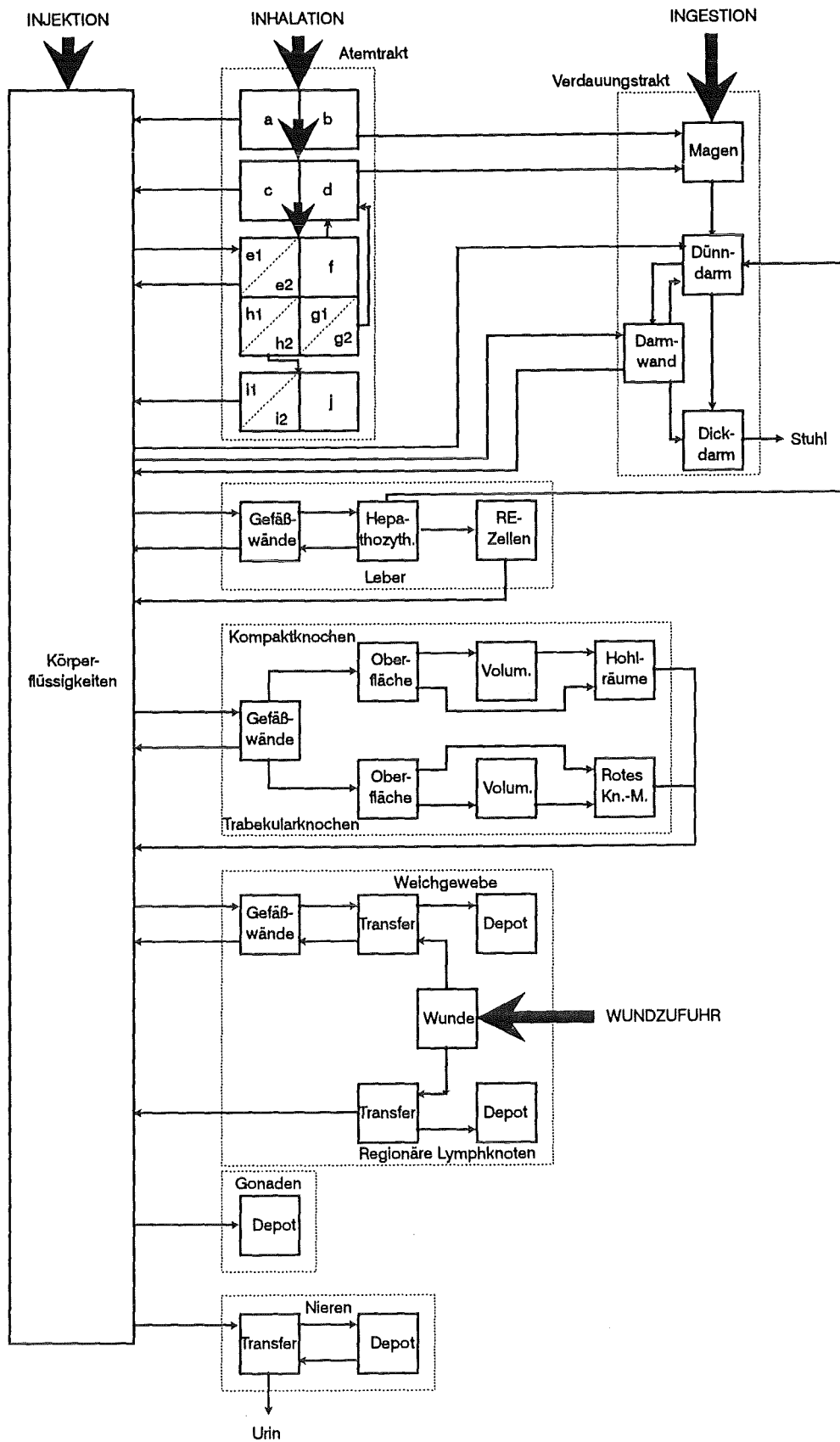


Abb.6/30: Kompartimentstruktur des neuen biokinetischen Modells für Am-241

Bei inhalationsbedingten Am-241-Zufuhren ergibt sich im allgemeinen eine besonders gute Konsistenz zwischen den Meßwerten und den Modellwerten, wenn man annimmt, daß das inhalierte Aerosol eine Korngröße von etwa 2 µm AMAD hat und zu etwa 60 % der Retentionsklasse W mit einer biologischen Halbwertszeit von 80 d und zu 40 % der Retentionsklasse Y mit einer biologischen Halbwertszeit von 1 000 d zuzuordnen ist. Bei den eingangs angeführten Fällen beschränkt sich die Konsistenz allerdings nur auf die in-vivo Daten (Beispiel in Tab. 6/13). Bei den Ausscheidungsdaten sind die Modellwerte nur bis zum Lebensalter von etwa 55 Jahren mit den Meßwerten konsistent (Beispiel in Tab. 6/14). Im Alter zwischen 55 und 60 Jahren sind die Meßwerte in dem in Tabelle 6/14 aufgeführten Fall wie auch in den anderen Fällen etwa dreimal so groß wie die Modellwerte. Diese Tendenz korreliert mit der Zunahme des Nettoverlustes an Knochensubstanz. Der Nettoverlust, der nach Leggett bis zum Alter von 40 Jahren vernachlässigbar gering ist, beträgt im Alter von 45 Jahren 0,0067/a, im Alter von 55 Jahren 0,002/a und im Alter von 65 Jahren 0,01/a. Normiert man die bei Leggett angegebenen Werte auf 1 bei 45 Jahren, so erhält man nach Interpolation die in der letzten Spalte der Tab. 6/14 angegebenen normierten Knochenabbauraten. Diese normierten Abbauraten stimmen insbesondere im Alter von 55 bis 60 Jahren sehr gut mit der beobachteten Ausscheidungsintensivierung überein, so daß hier ein Zusammenhang hergestellt werden kann.

Organ bzw. Gewebe	Am-241-Körperaktivität in Bq	
	Meßwert	Modell
Skelett	86 ± 16	88 ± 21
Leber	10 ± 5	8 ± 2
TB-Lymphknoten	33 ± 10	33 ± 8

Tab. 6/13: Vergleich der für den Probanden W. K. ermittelten Am-241-Organaktivitäten mit den für die entsprechende Zeit (ca. 8 600 d nach der vermuteten Zufuhr) berechneten Modellwerten

Alter	Mittlere Zeit nach der Zufuhr in d	Am-241-Urinausscheidung in mBq/d			Normierte Knochenabbaurate nach Leggett
		Meßwert	Modell	Meßwert/Modell	
45-52	5000	<1,5	1,6 ± 0,4	≈ 1	1,9
53-54	6750	<1,5	1,3 ± 0,3	≈ 1	2,9
55-56	7500	3,4 ± 1,6	1,2 ± 0,3	2,8 ± 1,5	3,0
57-58	8200	4,2 ± 1,2	1,1 ± 0,3	3,8 ± 1,5	3,0
59-60	8950	3,6 ± 1,1	1,0 ± 0,2	3,6 ± 1,2	2,8

Tab. 6/14: Vergleich der für den Probanden W. K. ermittelten Am-241-Ausscheidungen im Urin mit den für die entsprechenden Zeiten berechneten Modellwerten

Im jetzigen Entwicklungsstadium können die Modellrechnungen allerdings nur mit zeitlich konstanten Übergangswahrscheinlichkeiten durchgeführt werden. Zur genaueren Untersuchung der altersbedingten Ausscheidungsintensivierung müssen daher zunächst noch altersabhängige Übergangswahrscheinlichkeiten in das biokinetische Modell implementiert werden.

### 6.5.8 Verteilung und Dosimetrie von alphastrahlenden Radionukliden im Skelett: Trefferstatistik von Oberflächenzellen

E. Polig, I. L. Kruglikov

Die osteogenen Zellen, welche die gesamten inneren Oberflächen des Skeletts auskleiden, werden als eine der kritischen Zellpopulationen für strahleninduzierte Knochentumore, insbesondere nach Inkorporation von  $\alpha$ -strahlenden Transuranen und Radium, betrachtet. Als auslösendes Ereignis gilt der Durchgang eines Alpha-Teilchens durch den Zellkern. Die Trefferstatistik dieser Zellkerne wird von einer Reihe von Faktoren bestimmt. Dominierend sind die Umbauprozesse des mineralisierten Gewebes, welche ihrerseits die Verweilzeit der Oberflächenzellen im Strahlungsfeld bestimmen, und die ungleichmäßige Konzentration des Radionuklids auf den Oberflächen oder im Knochenvolumen.

In vorausgegangenen Studien wurde gezeigt, daß die Verweilzeit ( $\rho$ ) der Oberflächenzellen einer Weibull-Verteilung folgt, wenn man ein allgemeines Gesetz der Umbauwahrscheinlichkeit als Funktion des lokalen Alters des Knochens postuliert. Die in autoradiographischen Analysen bestimmte Verteilung der lokalen Konzentration von Radionukliden kann mit einer Gamma-Verteilung beschrieben werden. Die Trefferfrequenz ( $\alpha$ ) ist direkt proportional der lokalen Konzentration des Radionuklids. Für die mittlere Trefferzahl  $\bar{v}$  auf die Oberflächenzellen ergibt sich dann allgemein

$$\bar{v} = \alpha \bar{\rho} + r_{\alpha\rho} \sqrt{\text{Var}\{\alpha\} \text{Var}\{\rho\}}$$

wobei  $\alpha, \rho$  die mittlere Trefferfrequenz und die mittlere Verweilzeit,  $r_{\alpha\rho}$  die Korrelation zwischen  $\alpha$  und  $\rho$  und  $\text{Var}\{\alpha\}$ ,  $\text{Var}\{\rho\}$  die entsprechenden Varianzen bedeuten. In den bisher durchgeführten Experimenten wurde eine negative Korrelation zwischen der lokalen Konzentration und der Verweilzeit beobachtet ( $r_{\alpha\rho} < 0$ ). Das bedeutet, die Deposition der Radionuklide ist größer in Bereichen des Skeletts mit hoher Umbaurate (kleine Verweilzeit  $\rho$ ) als in solchen mit geringer Umbaurate. Nach obiger Beziehung reduziert dann eine zunehmende Inhomogenität der räumlichen Verteilung (wachsendes  $\text{Var}\{\alpha\}$ ) die mittlere Trefferzahl.  $\text{Var}\{\rho\}$  hängt von der Art des Umbauprozesses ab. Man kann zeigen, daß  $\text{Var}\{\rho\}$  maximal wird für die sog. "zufällige Remodellierung", d. h. die Umbauwahrscheinlichkeit hängt nicht vom Alter des Knochens ab.  $\text{Var}\{\rho\}$  ist minimal für die sog. "streng deterministische Remodellierung", d. h. der Umbau beginnt nach der Zeit  $\rho$  mit Wahrscheinlichkeit eins. Das tatsächliche Gesetz des Skelettumbaus ist zur Zeit nicht bekannt, man kann jedoch annehmen, daß es zwischen diesen beiden Extremfällen liegen dürfte, also eine Zunahme der Umbauwahrscheinlichkeit mit dem Alter des Knochens stattfindet. Vom Standpunkt des relativen Strahlenrisikos ist damit eine homogene Konzentration im Knochenvolumen oder an den Oberflächen und der deterministische Umbaumechanismus die ungünstigere Situation, verglichen mit inhomogener Verteilung und zufälligem Umbau. Sollte jedoch ein Radionuklid gefunden werden, für das der Korrelationskoeffizient positiv ist, würde die umgekehrte Schlussfolgerung gelten.

Bei nicht-linearen Dosis-Wirkungsbeziehungen, wie sie z. B. in der "Theorie der dualen Strahlenwirkung" oder in anderen Mehr-Treffer-Tumor-Modellen abgeleitet werden, ist neben der mittleren Trefferzahl  $\bar{v}$  auch die Varianz  $\text{Var}\{v\}$  entscheidend. Die Ableitung einer Beziehung für  $\text{Var}\{v\}$  ist für den Fall  $r_{\alpha\rho} \neq 0$  nur bei einer genauen Kenntnis der gemeinsamen Wahrscheinlichkeitsverteilung von  $\alpha$  und  $\rho$  möglich. Da diese Information zur Zeit nicht verfügbar ist, kann nur der Fall  $r_{\alpha\rho} = 0$  diskutiert werden. Es zeigt sich dann, daß für  $\alpha \rho > 1$  die Inhomogenität der Konzentration einen geringeren Einfluß auf  $\text{Var}\{v\}$  hat als die stochastische Schwankung der Verweilzeiten  $\rho$ . Für  $\alpha \rho < 1$  gilt das Umgekehrte. Im Bereich der geringen Strahlendosen ist also die Streuung der Verweilzeiten  $\rho$  die entscheidende Einflußgröße.

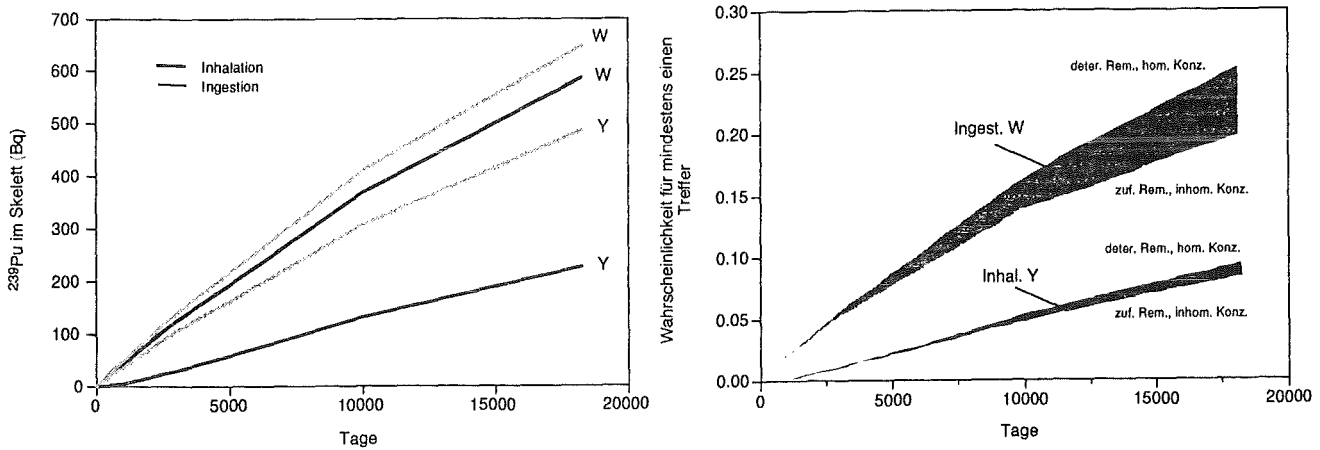


Abb. 6/31: Links: Nach ICRP-Modellen berechneter Gehalt von Pu-239 im Skelett bei chronischer Aufnahme von 300 Bq/a durch Inhalation,  $4 \cdot 10^4$  Bq/a Ingestion (W) und  $2 \cdot 10^6$  Bq/a Ingestion (Y). Rechts: Trefferwahrscheinlichkeit für Oberflächenzellen bei der links gezeigten Skelettbelastung von Pu-239.

Entsprechend den Größen  $v$  und  $\text{Var}\{v\}$  kann auch die Wahrscheinlichkeit für keinen Treffer  $P_0$  oder die Wahrscheinlichkeit für mindestens einen Treffer  $1-P_0$  abgeleitet werden. Die Variation von  $\alpha$  und  $\rho$  bewirkt immer einen Zuwachs von  $P_0$ . Als Beispiel wird in Abb. 6/31 die nach biokinetischen Modellen der ICRP berechnete Skelettbelastung mit Pu-239 dargestellt. Angenommen wurde dabei eine konstante Jahresaktivitätszufuhr (ALI) über 50 Jahre entsprechend der in ICRP 61 angegebenen Grenzwerte für die Verbindungsklassen W und Y und die Inkorporationswege Inhalation und Ingestion. Die beiden Extremfälle stellen dabei Ingestion von Klasse W und Inhalation von Klasse Y Verbindungen dar, mit den höchsten bzw. niedrigsten Skelettbelastungen. Unter der Annahme einer ausschließlichen Deposition auf Knochenoberflächen ergeben sich für diese beiden Fälle die im rechten Teil von Abb. 6/31 gezeigten Wahrscheinlichkeiten für mindestens einen Treffer ( $1-P_0$ ) während der Lebensdauer der Oberflächenzellen. Im ungünstigsten Fall (Ingestion, Klasse W, deterministische Remodellierung, homogene Verteilung, keine Korrelation) können mehr als 25 % der Zellkerne einer Generation von  $\alpha$ -Teilchen getroffen werden. In beiden Fällen ist der Beitrag der Variation der lokalen Konzentration von Pu-239 zur Varianz der Trefferzahl gering, verglichen mit der Variation von  $\rho$  ( $\leq 11,2\%$ ).

Abschließend soll noch erwähnt werden, daß für die Oberflächenzellen, die zu Beginn einer Kontamination des Skeletts bereits existieren, einige der oben gemachten Aussagen nicht gelten, sondern umgekehrt werden müssen. Für diese sogenannten "Zellen der ersten Generation" gelten also teilweise andere Gesetzmäßigkeiten als für die nachfolgenden Generationen.

#### 6.5.8 Mikroverteilung von Pu-239 im Beagle-Skelett

E. Polig, F. W. Bruenger

Die Mikroverteilung von Pu-239 in Humerus, Ulna und dem dritten Lendenwirbelkörper wurde mittels der neutroneninduzierten Autoradiographie und einer computergestützten Methode der halbautomatischen Bildanalyse bestimmt. Pro Tier wurden ca. 43 000 Bq Pu-239 injiziert. Die Auswahl der o. g. Knochen und der anatomischen Bereiche in ihnen wurde so getroffen, damit mit dem Experiment Teile des



Skeletts mit hohen (>200 %/Jahr) und geringen (3 %/Jahr) Umbauraten und sowohl trabekulärer als auch kortikaler Knochen erfaßt wurden.

Die experimentellen Daten wurden mit den Voraussagen eines früher publizierten biokinetischen Modells des Pu-239 Metabolismus im Beagle verglichen und interpretiert. Die autoradiographische Analyse ergab 28 Tage nach der Injektion in den gemessenen Bereichen eine mittlere Konzentration von 0,768 Bq/cm<sup>2</sup> auf den trabekulären und 0,061 Bq/cm<sup>2</sup> auf den kortikalen Oberflächen. Dies stimmt relativ gut mit den Modellrechnungen überein, die eine mittlere trabekuläre Konzentration von 1,28 Bq/cm<sup>2</sup> und eine kortikale Konzentration von 0,133 Bq/cm<sup>2</sup> über das gesamte Skelett ergeben. Das Konzentrationsverhältnis von ca. 10:1 zwischen trabekulären und kortikalen Oberflächen ist ein wichtiger Gesichtspunkt für die Beurteilung des Strahlenrisikos, da die ICRP-Empfehlungen bisher von gleichen Konzentrationen ausgehen.

Mit dem oben erwähnten biokinetischen Modell kann die Transferrate von Pu-239 durch das zentrale Transferkompartiment (Blut) berechnet werden. Diese Größe (F) gibt den Bruchteil der injizierten Aktivität an, die pro Zeiteinheit durch dieses Kompartiment in die verschiedenen Organe transportiert wird.

Mit bekanntem F kann für jeden einzelnen Skelettbereich die allgemeine Kinetik und das dynamische Verhalten der Mikroverteilung mathematisch beschrieben werden. Für die Oberflächenkonzentration (a<sub>s</sub>) von Pu-239 gilt beispielsweise:

$$a_s(t) = A_{inj} f_s \left[ G(t, r) + e^{-rt} \right]; \quad G(t, r) = e^{-rt} \int_0^t F(\tau) e^{r\tau} d\tau$$

Dabei ist A<sub>inj</sub> die injizierte Aktivität, f<sub>s</sub> ist der Bruchteil von F der pro Flächeneinheit und Zeiteinheit auf die Oberfläche transferiert wird (Flächen-Affinität), und r ist die Eliminationsrate der Oberflächen-Markierung.

In Abb. 6/32 ist die gemessene Konzentration von Pu-239 auf den Knochenoberflächen oder im Volumen des proximalen Humerus aufgetragen gegen die Zeit nach der Injektion. Die Kurven stellen die Modellrechnungen dar und zeigen eine sehr gute Übereinstimmung mit den Messungen. Eine weitere berechenbare Größe ist die Pu-239-Deposition im neu gebildeten Knochen (forming sites). In Skelettbereichen mit hoher Umbaurate (Wirbelsäule, prox. Humerus, distaler Femur etc.) steigt diese Konzentration relativ rasch an, um nach Durchgang durch ein Maximum mit der allgemeinen Elimination von Pu aus dem Skelett wieder abzuklingen. Der Beitrag dieser Volumenmarkierung zur endostealen Strahlendosis kann im Zusammenhang mit dem Abklingen der Oberflächenkonzentration erheblich sein. Die ICRP-Annahme einer persistierenden Oberflächendeposition erscheint deshalb zumindest für einige Radionuklide und Skelettbereiche als übertrieben konservativ.

Das biokinetische Modell erklärt ebenfalls zwanglos, warum in Bereichen hoher Umbauraten die anfänglichen Konzentrationen von Pu hoch sind und dann kontinuierlich abnehmen, während sie in Bereichen geringer Umbauraten zunächst von einem niedrigeren Niveau ansteigen und erst sehr viel später wieder abnehmen. Durch die relativ hohe Ausscheidung des Radionuklids in Bereichen hoher Umbaurate findet eine Translokation zu den Zonen mit geringer Umbauaktivität statt. Eine theoretische Abschätzung ergibt, daß im Beagle-Skelett alle anatomischen Bereiche mit mehr als ca. 50 % Umbau der Knochenmasse pro Jahr eine kontinuierliche Abnahme der Oberflächenkonzentration von Pu zeigen sollten, während in allen anderen Bereichen die Konzentration zunächst zunimmt.

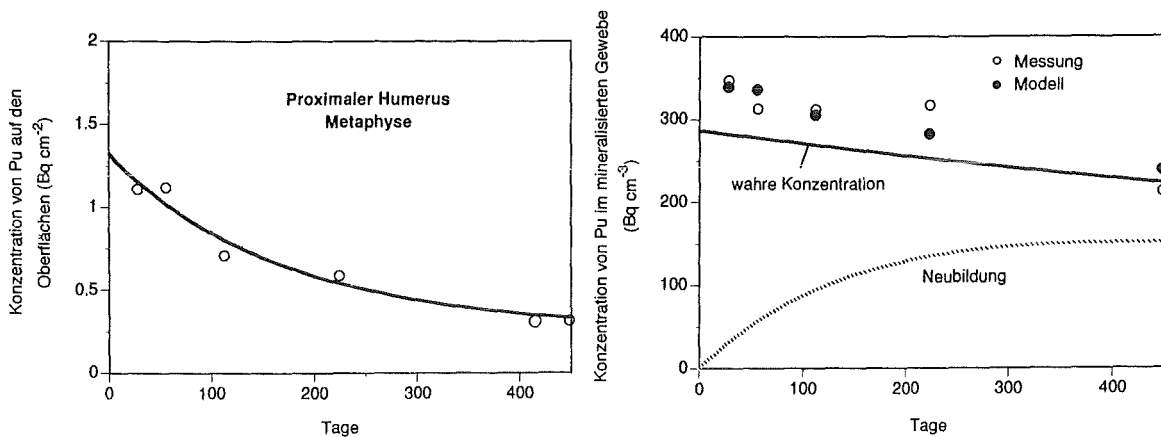


Abb. 6/32: Konzentration von Pu-239 auf den internen Knochenoberflächen (links) oder im Knochen-  
volumen (rechts) in Abhängigkeit von der Zeit nach Injektion. Die Kurven und schwarzen  
Kreise sind Modellrechnungen. Im rechten Bild gibt "wahre Konzentration" die tatsächliche  
errechnete Volumenkonzentration nach Abzug eines systematischen Fehlers durch den  
Einfluß von Spuren der Oberflächenmarkierung an. "Neubildung" ist die Konzentration  
von Pu-239 im Volumen, die durch die Neubildung von Knochen entsteht.

Ein weiteres wichtiges Resultat der Modellanalyse dieser Daten ist die Feststellung, daß rezirkulieren-  
des Pu, d. h. Pu, das bereits in einem Organ deponiert war, dort freigegeben wurde und durch das Blut  
erneut im Körper verteilt wird, sich bezüglich seiner Aufteilung auf die einzelnen Depositionspfade ge-  
nauso verhält wie Pu, das direkt in die Blutbahn injiziert wird. Es findet also offenbar keine Metabolisie-  
rung statt, die eine Veränderung des biokinetischen Verhaltens bewirkt.

## 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 ge-  
nügen, in ausreichender Anzahl vorhanden sind und regelmäßig gewartet werden müssen.

Der Bestand an elektronischen Geräten, der von der Hauptabteilung Sicherheit betreut wird, setzt sich  
aus einer großen Anzahl von Dosisleistungs- und Kontaminationsmonitoren, aus Meßplätzen zur Akti-  
vitätsbestimmung und den ortsfesten Anlagen zur Pegel- und Luftüberwachung zusammen. Da sich die-  
se Geräte weiträumig in den verschiedenen Instituten und Abteilungen des Kernforschungszentrums  
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 re-  
gelmäßig, meist täglich, überprüft. Regelmäßig wiederkehrende Prüfungen nach Prüfanweisung und  
mit Protokollierung werden gemäß den in einem Prüfplan festgelegten Anforderungen durch das Perso-

nal 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 der tragbaren Dosisleistungsmeßgeräte des KfK 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 Forschungs- und Entwicklungsarbeiten,
- Reparatur und Kalibrierung der Pegel- und Luftüberwachungsanlagen in den verschiedenen Instituten und Abteilungen des KfK 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 386 Reparatursätze erforderlich. Für die Fortluftüberwachungsanlagen kamen softwareprogrammierte Steuerungen als Grenzwertgeber zum Einsatz, deren Programmierung und Inbetriebnahme zusätzlich zu den Routinearbeiten erfolgte. Des öfteren waren Reparaturen an Ortsdosisleistungs-Meßstellen notwendig.

Im Berichtszeitraum wurden 16 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 Prüfregeleln 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 KfK 30 Gamma-Dosisleistungsmeßgeräte und 19 Neutronendosisleistungsmeßgeräte kalibriert. Für Forschungs- und Entwicklungsarbeiten und für die Kontrolle der Auswertegeräte wurden an den Eichständen der Eichhalle 535 Gamma- und 125 Neutronenbestrahlungen durchgeführt. An der Röntgenanlage dienten 135 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, Eichungen von Personen- und Ortsdosimetern vorzunehmen. Entsprechend einem Vertrag zwischen dem Land Baden-Württemberg und dem Kernforschungszentrum 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 1993 wurden für das KfK 1 496 Stabdosimeter und 74 sonstige Geräte geeicht.

7 Veröffentlichungen

7.1 Veröffentlichungen, die gedruckt vorliegen

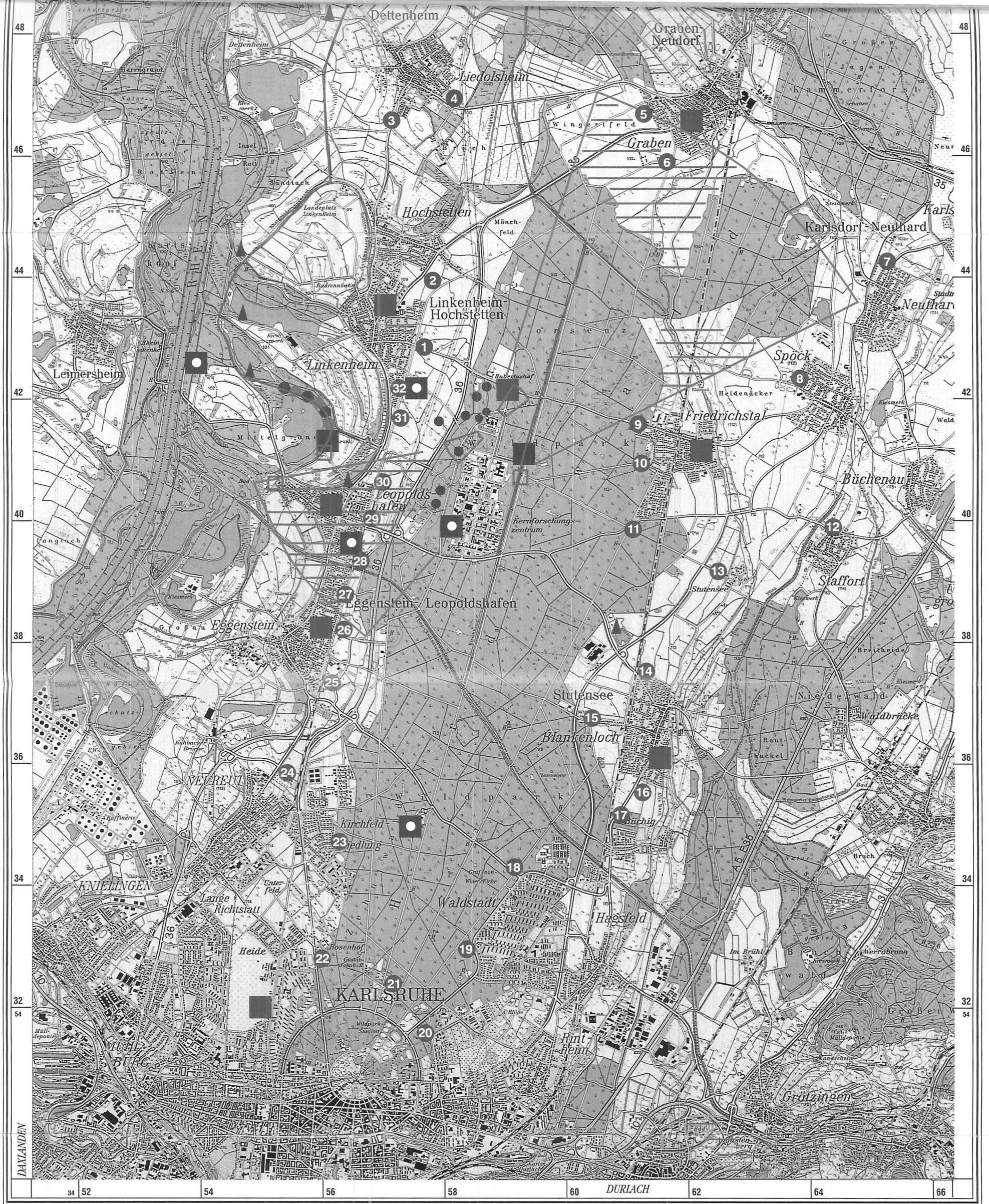
- [1] ALLERS, S.; BURKHARDT, J.; HEINEMANN, K.; NEU, A.; VOELKLE, H.; Merkpostenliste für die Probenahme und Probenaufbereitung bei einer erhöhten radioaktiven Kontamination der Umwelt. FS-78-15-AKU, Blatt 3.3.4 (August 92)
- [2] ALLERS, S.; FRENZEL, E.; NARROG, J.; STEINKOPF, TH.; WINKLER, R.; WINTER, M.; Repräsentative Aerosolsammlung zur Erfassung radioaktiver Immissionen. FS-78-15-AKU, Blatt 3.4.6 (August 92)
- [3] AMBROSI, P.; NEUHAUS, R.; PIESCH, E.; First experience with pattern approvals of dosimetry systems in Germany. Proc. of the 10th Internat. Conf. on Solid State Dosimetry, Washington, D. C., July 13-17, 1992, Radiation Protection Dosimetry, 47 (1993) S. 401-07
- [4] AVENHAUS, R.; SPANNAGEL, G.; Tritium accountancy under recycling conditions. Ferro, C. [Hrsg.] Fusion Technology 1992: Proc. of the 17th Symp., Roma, September 14-18, 1992, Vol. 2, S. 1118-22, Amsterdam [u. a.]: North Holland, 1993
- [5] AVENHAUS, R.; SPANNAGEL, G.; Accountancy under typical operational strategies used in tritium processing. KfK-5101 (Februar 93)
- [6] BERGER, H. U.; HEET, R.; HEINEMANN, K.; KIRCHHOFF, K.; NAGEL, E.; Umweltschutzmaßnahmen bei Transportunfällen auf der Straße mit radioaktiven Stoffen in freigestellten Versandstücken und in Versandstücken der Typen IP-1 bis IP-3 und A. FS-78-15-AKU, Blatt 3.3.1 (September 92)
- [7] BUDZANOWSKI, M.; BILSKI, P.; OLKO, P.; NIEWIADOMSKI, T.; BURGKHARDT, B.; PIESCH, E.; New TL detectors for personal neutron dosimetry. Proc. of the 10th Internat. Conf. on Solid State Dosimetry, Washington, D. C., July 13-17, 1992, Radiation Protection Dosimetry, 47 (1993) S. 419-23
- [8] BURGKHARDT, B.; PIESCH, E.; VILGIS, M.; Uncertainty of measurement and lower detection limit of track etched detector systems; experimental verification and consequences for intercomparison experiments. Proc. of the 10th Internat. Conf. on Solid State Dosimetry, Washington, D. C., July 13-17, 1992, Radiation Protection Dosimetry, 47 (1993) S. 617-22
- [9] BURGKHARDT, B.; PIESCH, E.; VILGIS, M.; Erprobung eines Phosphatglasdosimetrie-systems mit gepulster UV-Laseranregung. KfK-5110 (Februar 93)
- [10] DIABATÉ, S.; STRACK, S.; Organically Bound Tritium. Health Physics 65 (6) 698-712 (1993)
- [11] DILGER, H.; Raumluftüberwachung von Actiniden, speziell Thorium. Dalheimer, A. [Hrsg.] Thorium, Probleme der Inkorporationsüberwachung: Anwendung, Messung, Interpretation; Seminar, Kloster Scheyern, 12.-13. Oktober 1992, Salzgitter: Bundesamt für Strahlenschutz, 1993, S. 76-84, BfS-IHS-161/93

- [12] DOERFEL, H.; In vivo-Meßtechnik von Thorium. Dalheimer, A. [Hrsg.] Thorium, Probleme der Inkorporationsüberwachung: Anwendung, Messung, Interpretation; Seminar, Kloster Scheyern, 12.-13. Oktober 1992, Salzgitter: Bundesamt für Strahlenschutz, 1993, S. 41-50, BfS-IHS-161/93
- [13] DOERFEL, H.; Detektorsystem zur direkten internen Dosimetrie an einer Person. DE-PS 42 22 661 (24.6.1993)
- [14] DÖRSCHHEL, B.; PIESCH, E.; A new approach to estimating the equilibrium factor between radon and its daughters. Radiation Protection Dosimetry, 48 (1993) S. 145-51
- [15] HAISCH, A.; SCHÜTTELKOPF, H.; Transferfaktoren Boden-Pflanze für I-129 und Weidewuchs. KfK-5119 (Juli 93)
- [16] KOELZER, W.; [Hrsg.] Jahresbericht 1992 der Hauptabteilung Sicherheit. KfK-5130 (Mai 93)
- [17] LANGGUTH, K.G.; PAPADOPOULOS, D.; WINTER, M.; Radioactive liquid effluent monitoring at the Karlsruhe Nuclear Research Center and estimation of the resulting radiation exposure. Voelkle, H. [Hrsg.] Environmental Impact of Nuclear Installations: Proc. of the Joint Seminar, Fribourg, September 15-18, 1992, Les Ulis: Editions de Physique, 1993, S. 95-99, (Radioprotection: special issue; Febr. 1993)
- [18] MÜLLER, J.; DIABATE, S.; STRACK, S.; RASKOB, W.; Untersuchungen zum Transport tritierter Assimilate in Kartoffeln und Weizen. Winter, M. [Hrsg.] Umweltradioaktivität, Radioökologie, Strahlenwirkungen: 25. Jahrestagung des Fachverbandes für Strahlenschutz, Binz, September 28-30, 1993, Bd. II, S. 704-08, FS-93-67-T
- [19] PAPADOPOULOS, D.; WICKE, A.; WINTER, M.; Umrechnungsfaktoren zur Berechnung der Schilddrüsendosis bei Ausbreitung von Iodisotopen über den Luftpfad. KfK-5205 (Juli 93)
- [20] PEL, E.; Zum Verhalten von Iod im System Boden-Pflanze-Luft. KfK-5118 (Februar 93), Dissertation, Universität Karlsruhe, 1993
- [21] PIESCH, E.; BURGKHARDT, B.; Thermoluminescence and personnel dosimetry: potentials and limits. Oberhofer, M. [Hrsg.] Ispra Course Techniques and Management of Thermoluminescence Dosimetry Services, Ispra, October 19-23, 1992, Proc. S. 125-29, Bruxelles [u. a.]: ECSC, 1993
- [22] 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
- [23] PIESCH, E.; BURGKHARDT, B.; VILGIS, M.; Progress in phosphate glass dosimetry: experiences and routine monitoring with a modern dosimetry system. Proc. of the 10th Internat. Conf. on Solid State Dosimetry, Washington, D. C., July 13-17, 1992, Radiation Protection Dosimetry, 47 (1993) S. 409-14
- [24] PIESCH, E.; BURGKHARDT, B.; VILGIS, M.; Developments in phosphate glass dosimetry for routine monitoring. Intercomparison of Radiation Dosimeters for Individual Monitoring. Final Report of a Coordinated Research Programme 1988-1992, Wien: IAEA, 1993, S. 127-42

- [25] REICHERT, A.; Praktische Erfahrungen bei der Durchführung von Freigabe-Messungen mit der Freimeßanlage H 13630. KfK-5214 (September 93)
- [26] SCHMITZ, J.; FRITSCHKE, R.; Radonexposition an Arbeitsplätzen in Bergbau und Balneotherapie. Zusammenfassung der Erhebungen in der Bundesrepublik. Winter, M. [Hrsg.] Umwelt-radioaktivität, Radioökologie, Strahlenwirkungen: 25. Jahrestagung des Fachverbandes für Strahlenschutz, Binz, September 28-30, 1993, Bd. I, S. 57-62, FS-93-67-T
- [27] SPANNAGEL, G.; SCHMID, C.; Computer aided accountancy for tritium handling systems. KfK-5111 (März 93)
- [28] STEINKOPF, T.; ALLERS, S.; DITTMANN, E.; FRENZEL, E.; NARROG, J. WINKLER, R.; WINTER, M.; Repräsentative Aerosolsammlung für die Überwachung der Radioaktivität in der Luft. Winter, M. [Hrsg.] Umweltradioaktivität, Radioökologie, Strahlenwirkungen: 25. Jahrestagung des Fachverbandes für Strahlenschutz, Binz, September 28-30, 1993, Bd. I, S. 385-90, FS-93-67-T
- [29] STRACK, S.; WINTER, M.; Überwachung der Tritiumaktivität in Pflanzen. FS-78-15-AKU, Blatt 3.1.13 (Oktober 92)
- [30] URBAN, M.; Kernspurdetektoren und ihre Anwendung im Arbeits-, Strahlen- und Umweltschutz. KfK-5190 (September 93), Habilitation, Universität Karlsruhe 1993
- [31] URBAN, M.; KIEFER, H.; Passives Dosimeter. DE-OS 34 04 301 (8.8.1985), GB-OS 21 56 572 (9.10.1985), DE-PS 34 04 301 (7.9.1993)
- [32] WICKE, A.; WINTER, M.; Radioactive emissions with the exhaust air of the Karlsruhe nuclear research center and their impact on the environment. Voelkle, H. [Hrsg.] Environmental Impact of Nuclear Installations: Proc. of the Joint Seminar, Fribourg, September 15-18, 1992, Les Ulis: Editions de Physique, 1993, S. 43-47, (Radioprotection: special issue; Febr. 1993)
- 7.2 Vorträge, die noch nicht gedruckt vorliegen
- [32] AVENHAUS, R.; SPANNAGEL, G.; Dynamic tritium accountancy for ITER. 15th Symp. on Fusion Engineering, Hyannis, Mass., October 11-15, 1993
- [33] BURGKHARDT, B.; Vergleich von Umgebungsstrahlungsdosimetern im Rahmen einer von der Europäischen Gemeinschaft unterstützten Studie. 110. PTB-Seminar, Braunschweig, 30. November - 1. Dezember 1993
- [34] BURGKHARDT, B.; BUDZANOWSKI, M.; OLKO, P.; PESSARA, W.; GMUER, K.; Langzeitexperiment zur Ermittlung des Eigennulleffekts und des kosmischen Ansprechvermögens von Festkörperdosimetern. Vorläufige Ergebnisse. 110. PTB-Seminar, Braunschweig, 30. November - 1. Dezember 1993
- [35] SCHMITZ, J.; FRITSCHKE, R.; Radon exposure at workplaces. Final report of a survey in German balneotherapy. Austrian-Italian-Hungarian Radiation Protection Symp., Radiation Protection in Neighbouring Countries in Central Europe, Obergurgl, April 28-30, 1993

- [36] SCHMITZ, J.; URBAN, M.; Identification of radon affected places at working areas and in the environment by passive, integrating radon monitors. 1st Internat. Workshop on Indoor Radon Remedial Action, the Scientific Basis and the Practical Implications, Rimini, June 27 - July 2, 1993
  
- [37] SCHÜTTELKOPF, H.; The soil-plant transfer of radioactive and other pollutants: a comparison. Workshop on Dynamic Processes in Radioecology, Bad Honnef, June 21-25, 1993
  
- [38] YORDANOVA, I.; PIMPL, M.; NAJDENOV, M.: Study on using liquid scintillation counting technique for alpha-spectrometry. Internat. Conf. Meteorology and Control in Agroecology, Sofia, October 4-7, 1993





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

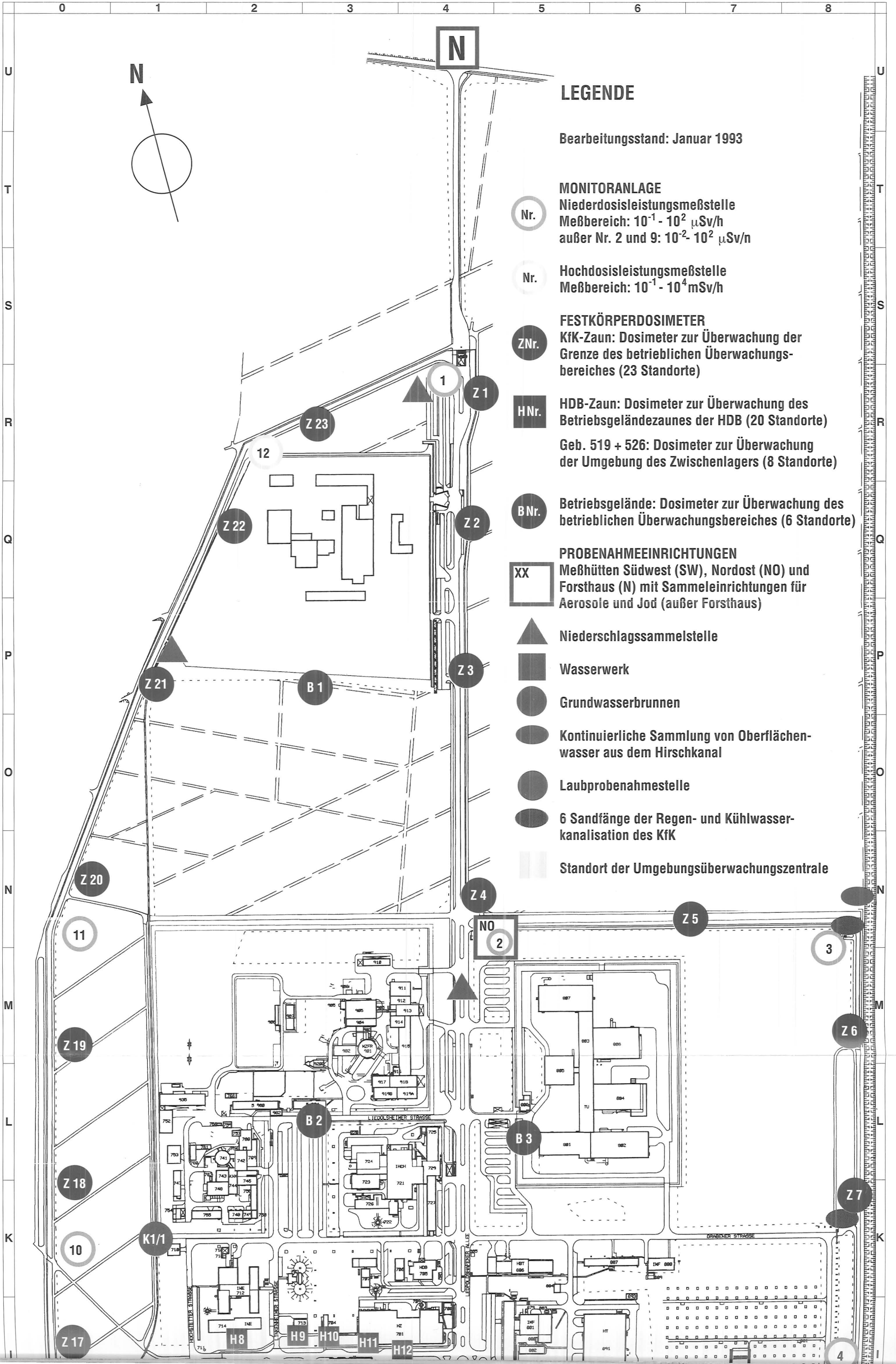
### Legende

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

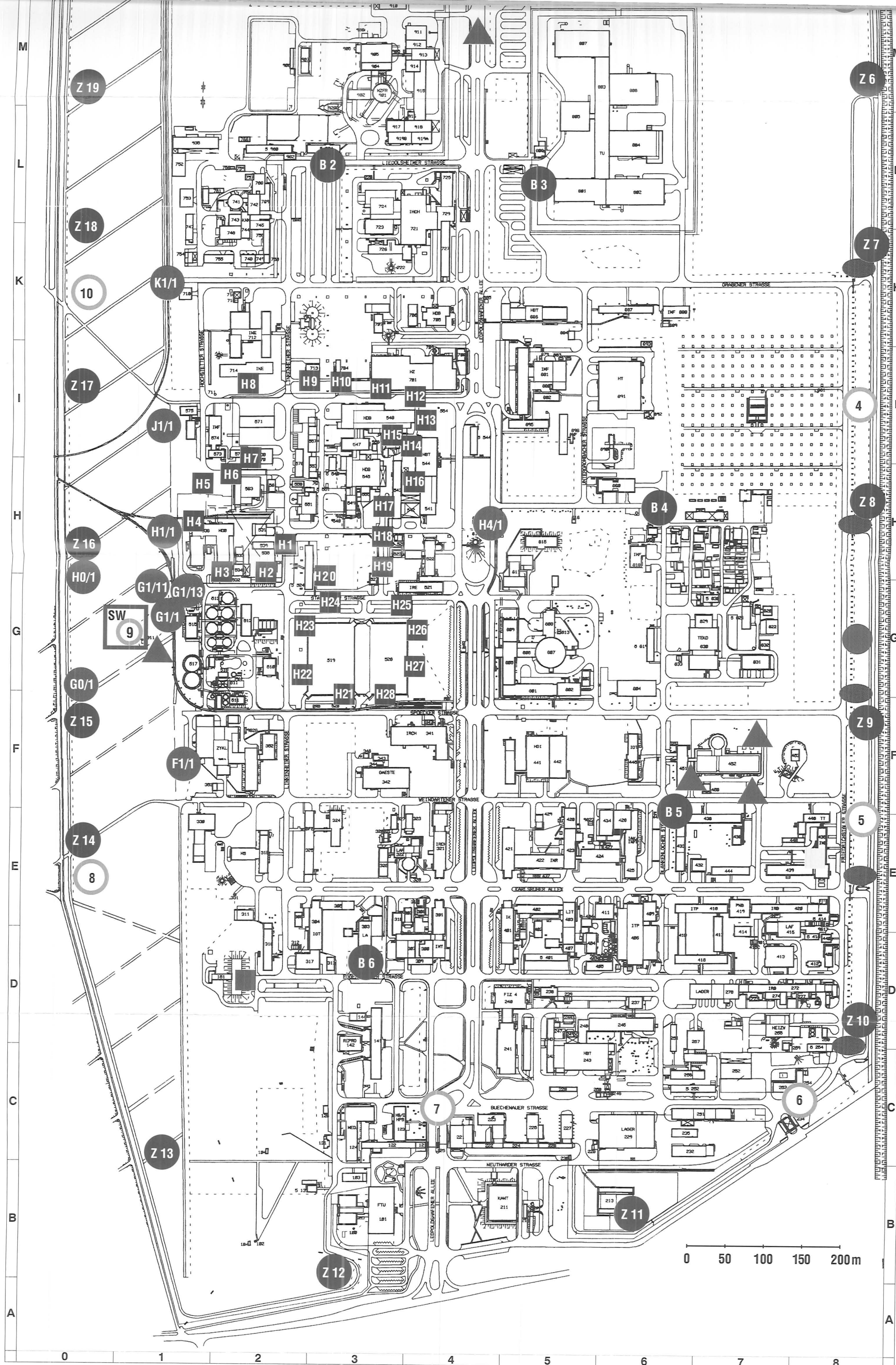




# LEGENDE

Bearbeitungsstand: Januar 1993

- MONITORANLAGE**
- Nr. Niederdosisleistungsmeßstelle  
Meßbereich:  $10^{-1} - 10^2 \mu\text{Sv/h}$   
außer Nr. 2 und 9:  $10^{-2} - 10^2 \mu\text{Sv/h}$
- Nr. Hochdosisleistungsmeßstelle  
Meßbereich:  $10^{-1} - 10^4 \text{mSv/h}$
- FESTKÖRPERDOSIMETER**
- ZNr. KfK-Zaun: Dosimeter zur Überwachung der Grenze des betrieblichen Überwachungsbereiches (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)
- PROBENAHMEEINRICHTUNGEN**
- XX Meßhütten Südwest (SW), Nordost (NO) und Forsthaus (N) mit Sammeleinrichtungen für Aerosole und Jod (außer Forsthaus)
- ▲ Niederschlagssammelstelle
- Wasserwerk
- Grundwasserbrunnen
- Kontinuierliche Sammlung von Oberflächenwasser aus dem Hirschkanal
- Laubprobenahmestelle
- 6 Sandfänge der Regen- und Kühlwasserkanalisation des KfK
- Standort der Umgebungsüberwachungszentrale



**Lageplan Nr. 2: Meßstellen und Probenahmeeinrichtungen innerhalb des betrieblichen Überwachungsbereiches des Kernforschungszentrums Karlsruhe**