



Forschungszentrum Karlsruhe
Technik und Umwelt

Wissenschaftliche Berichte
FZKA 5730

Jahresbericht 1995
der Hauptabteilung Sicherheit

Redaktion: W. Koelzer
Hauptabteilung Sicherheit

April 1996

Forschungszentrum Karlsruhe
Technik und Umwelt
Wissenschaftliche Berichte
FZKA 5730

Jahresbericht 1995
der Hauptabteilung Sicherheit

Redaktion: W. Koelzer
Hauptabteilung Sicherheit

Forschungszentrum Karlsruhe GmbH, Karlsruhe
1996

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

**Forschungszentrum Karlsruhe GmbH
Postfach 3640, 76021 Karlsruhe**

**ISSN 0947-8620
ISSN 0172-1593**

Zusammenfassung

Die Aufgabenstellung der Hauptabteilung Sicherheit umfaßt die Kontrolle und teilweise auch die Durchführung von Strahlenschutz-, Arbeitssicherheits- sowie Werkschutz- und Sicherungsmaßnahmen in den und für die Institute und Abteilungen des Forschungszentrum Karlsruhe GmbH sowie die Abwasser- und Umgebungsüberwachung für alle Anlagen und kerntechnischen Einrichtungen auf dem Gesamtgelände des Forschungszentrums. Ergänzend werden Forschungs- und Entwicklungsarbeiten im Rahmen der Arbeitsschwerpunkte des Zentrums und in extern geförderten Forschungsvorhaben durchgeführt. Schwerpunkte dieser Arbeiten sind Untersuchungen zum Verhalten von Tritium im System Luft/Boden-Pflanze, Tritiumbilanzierung für Fusionsbrennstoffkreisläufe sowie Untersuchung und Bewertung von radonexponierten Arbeitsplätzen und von Bergbau- und Erzaufbereitungshalden in Bezug auf Strahlenexpositionen.

Der vorliegende Bericht informiert über die einzelnen Aufgabengebiete der Hauptabteilung und berichtet über die im Jahr 1995 erarbeiteten Ergebnisse.

Central Safety Department, Annual Report 1995

Summary

The Central Safety Department is responsible for supervising, monitoring and, to some extent, also executing measures of radiation protection, industrial health and safety as well as physical protection and security at and for the institutes and departments of the Karlsruhe Research Center (Forschungszentrum Karlsruhe GmbH), and for monitoring liquid effluents and the environment of all facilities and nuclear installations on the premises of the Research Center. In addition, research and development work is carried out in the fields of behavior of tritium in the air/soil/plant system, tritium balances for nuclear fusion fuel cycles, and assessments of mining and ore dressing spoils.

This report gives details of the different duties and reports the results of 1995 routine tasks, investigations and developments of the working groups of the Department.

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

Inhaltsverzeichnis

1	Hauptabteilung Sicherheit	1
1.1	Aufgaben und Organisation	1
1.1.1	Abteilung Arbeitsschutz und Sicherheit	1
1.1.2	Amtliche Meßstelle für Festkörperdosimeter	2
1.1.3	Abteilung Strahlenschutz	2
1.1.4	Abteilung Umweltschutz	3
1.1.5	Abteilung Werkschutz	3
1.2	Einige Ergebnisse aus dem Jahr 1995	4
1.2.1	Strahlenexposition in der Umgebung des Forschungszentrums durch die Ableitung radioaktiver Stoffe 1995	4
1.2.2	Personendosisüberwachung	6
1.2.3	Konventionelle Arbeitssicherheit	6
1	Central Safety Department	9
1.1	Duties and Organization	9
1.1.1	Industrial Health and Safety	9
1.1.2	Official Measuring Agency Center for Solid State Dosimeters ..	10
1.1.3	Radiation Protection	10
1.1.4	Environmental Protection	10
1.1.5	Works Security Service	11
1.2	Excerpts from the 1995 Performance Record	13
1.2.1	Radiation Exposure in the Vicinity of the Research Center Caused by Discharges of Radioactive Substances in 1995	13
1.2.2	Personnel Dose Monitoring	13
1.2.3	Industrial Safety	14
2	Arbeitsschutz und Sicherheit	17
2.1	Strahlenschutz	19
2.1	Aufgaben der Gruppe „Strahlenschutz“	19
2.1.2	Betriebsüberwachung	19
2.1.3	Von HS-AS zentral erfaßte zu überwachende Personen nach Röntgen- und Strahlenschutzverordnung	20
2.1.4	Ergebnisse der Personendosisüberwachung	20
2.1.5	Personal in fremden Strahlenschutzbereichen	21
2.1.5.1	Fremdfirmen in Strahlenschutzbereichen des Forschungs- zentrums	22
2.1.5.2	Mitarbeiter des Forschungszentrums Karlsruhe in Strahlen- schutzbereichen fremder Anlagen	22
2.1.6	Regelmäßige Inkorporationsüberwachung im Forschungs- zentrum	23
2.1.6.1	Inkorporationsüberwachung des Eigenpersonals	23
2.1.6.2	Inkorporationsüberwachung des Fremdfirmenpersonals	24
2.2	Arbeitsschutz	24
2.2.1	Organisation und Aufgaben der Gruppe konventionelle Arbeitssicherheit	24
2.2.1	Betriebsbegehungen	25
2.2.2	Unfallgeschehen	25
2.2.3	Arbeitsplatzüberwachungen	27
2.2.4	Arbeitsmedizinische Vorsorgeuntersuchungen	27
2.2.5	Zusätzliche sicherheitsrelevante Maßnahmen	27
2.2.6	Aus- und Fortbildung	29
2.2.7	Arbeitsschutzausschuß	29

2.3	Bilanzierung radioaktiver Stoffe	30
2.3.1	Zentrale Buchhaltung zur Erfassung und Meldung von Kernmaterial	30
2.3.2	Aufsicht durch Euratom und IAE0	30
2.3.3	Zentrale Buchhaltung zur Erfassung und Meldung sonstiger radioaktiver Stoffe und Meldung von radioaktivem Abfall	31
2.3.4	Kontrolle der genehmigten Umgangsmengen radioaktiver Stoffe	33
2.3.5	Überwachung der Einhaltung von Grenzwerten für "gemessenen Abfall"	33
2.3.6	Erfassung von Kernmaterialtransporten und Hilfestellung bei Planung und Abwicklung	33
2.3.7	Tritiumbilanzierung für Fusionsanlagen	34
2.4	Einsatzleitung und Einsatzplanung	34
2.4.1	Aufgaben	34
2.4.2	Statistik und Analyse der EvD-Einsätze	35
2.4.4	Übungen der Einsatzdienste	36
2.4.3	Meldepflichtige Ereignisse nach Strahlenschutzverordnung	36
2.5	Betriebsbeauftragte im Umweltschutz	37
2.5.1	Wiederkehrende Prüfungen	37
2.5.2	Stoffströme im Forschungszentrum Karlsruhe	39
2.5.3	Gefahrguttransporte	39
2.5.4	Abfallwirtschaft	41
2.5.4	Immissionsschutz	43
2.5.6	Gewässerschutz	44
2.6	Kontrollstelle WAK	46
3	Meßstelle	47
3.1	Amtliche Personendosimetrie	47
3.1.1	Photolumineszenzdosimetrie	48
3.1.2	Thermolumineszenzdosimetrie	50
3.2	Sonstige Personen- und Ortsdosimeter	50
3.3	Hochdosismessungen in Oberflächennähe von radioaktiven Gefäßstützen	51
4	Strahlenschutz	53
4.1	Arbeitsplatzüberwachung	53
4.2	Ergebnisse der Arbeitsplatzüberwachung	55
4.2.1	Personendosimetrie mit Taschenionisationskammern	55
4.2.2	Oberflächenkontaminationen	57
4.2.3	Raumluftaktivitäten	57
4.2.4	Externe Exposition	59
4.3	Interne Dosimetrie	59
4.3.1	Personenüberwachung	60
4.3.1.1	Routine- und Sondermessungen	60
4.3.1.2	Cs-137-Referenzmessungen	62
4.3.1.3	Strahlenpaßstelle	65
4.3.2	Betriebliche Überwachung	65
4.3.2.1	Filter- und Wischtestmessungen	65
4.3.2.2	Raumluftaktivitätsüberwachung	67
4.3.2.3	Dichtheitsprüfungen	69
4.3.2.4	Programmpflege und -neuentwicklung	70

4.3.3	Biokinetische Untersuchungen	70
4.3.3.1	Biokinetische Modellierung der Mikroverteilung von Pu-239 im Skelett	70
4.3.3.2	Untersuchungen zu einer Inhalation von leichtlöslichem Am-241	74
4.3.4	Sonstige Untersuchungen	77
4.3.4.1	Kalibrierung des INDOS-Detektorsystems	77
4.3.4.2	Erste Probandenmessungen mit dem INDOS-Detektorsystem	81
4.4	Strahlenschutzmeßtechnik	84
4.4.1	Aufgaben	84
4.4.2	Wartung und Reparatur	85
4.4.3	Routinekalibrierung	85
4.4.4	Amtliche Eichabfertigungsstelle	86
4.5	Entsorgung von Großkomponenten aus Kernkraftwerken	86
5	Umweltschutz	89
5.1	Fortluftüberwachung	90
5.1.1	Ableitung radioaktiver Stoffe mit der Fortluft 1995	93
5.1.2	Ableitung nichtradioaktiver Stoffe mit der Fortluft 1995	101
5.1.2.1	Verbrennungsanlagen der Hauptabteilung Dekontaminations- betriebe	101
5.1.2.2	Versuchsanlage TAMARA	102
5.1.2.3	Fernheizwerk und Blockheizkraftwerk	103
5.1.3	Strahlenexposition in der Umgebung durch die mit der Fortluft abgeleiteten radioaktiven Stoffe 1995	103
5.1.3.1	Berechnungsgrundlagen	103
5.1.3.2	Meteorologische Daten	104
5.1.3.3	Ausbreitung und Ablagerung	104
5.1.3.4	Rechenprogramme	104
5.1.3.5	Einteilung der radioaktiven Emissionen in Nuklidgruppen und Einzelnuklide	105
5.1.3.6	Ergebnisse der Dosisberechnung	107
5.1.4	Störfallberechnungen für kerntechnische Einrichtungen im Forschungszentrum Karlsruhe	110
5.2	Abwasserüberwachung und Spektrometrie	110
5.2.1	Abwasserüberwachung	111
5.2.2	System zur zentralen Erfassung und Dokumentation der Meßdaten zur Abwasserüberwachung mit Ankopplung an das HDB-Datensystem	115
5.2.3	Ableitung radioaktiver Stoffe mit dem Abwasser 1995	116
5.2.4	Ableitung nichtradioaktiver Stoffe mit dem Abwasser 1995	118
5.2.5	Strahlenexposition in der Umgebung durch die mit dem Abwasser abgeleiteten radioaktiven Stoffe 1995	119
5.2.5.1	Berechnung der Strahlenexposition aus den bilanzierten Aktivitätsableitungen	119
5.2.5.2	Berechnung der Strahlenexposition aus den gemessenen Aktivitätsgehalten im Trinkwasser und in Lebensmitteln	120
5.2.6	Spektrometrische Messungen	121
5.2.7	Das Mehrplatz-Spektrometriesystem auf Genie-PC-Basis	122
5.3	Umgebungsüberwachung	124
5.3.1	Ergebnisse der Routineüberwachung 1995	125
5.3.1.1	Direktmessung der Strahlung	125
5.3.1.2	Radioaktivitätsmessungen	125
5.3.1.3	Meßfahrten	128
5.3.1.4	Ergänzende Überwachungsmaßnahmen	128

5.3.2	In-situ-Gammaspektrometrie	130
5.3.3	Tritiumkonzentrationen in landwirtschaftlichen Produkten aus den Hauptausbreitungssektoren und aus dem Bereich des Vorfluters	131
5.4	Chemische Analytik	132
5.4.1	Radiochemische Arbeiten	132
5.4.2	Plutonium- und Strontiumableitungen mit dem Abwasser des Forschungszentrums Karlsruhe 1995	135
5.4.3	Messung der Alphastrahler Uran, Plutonium, Americium und Curium in Sedimentproben aus dem Rheinniederungskanal . . .	136
5.5	Das Freimeßlabor	141
5.5.1	Physikalische Direktmeßverfahren	142
5.5.2	Chemische Arbeiten und Bestimmungen	142
5.5.3	Entwicklung und Optimierung eines Bestimmungsverfahrens für Eisen-55 und Nickel-63 in Reststoffen aus kerntechnischen Anlagen	144
5.6	Verhalten von Tritium im System Luft-Pflanze-Boden	146
5.6.1	Modellentwicklung	147
5.6.2	Experimente	148
5.7	Radonbestimmungen in baden-württembergischen Wasserwerken	149
5.8	Bestandsaufnahme von Rückstandshalden aus Bergbau und Erzaufbereitung	151
6	Werkschutz	155
6.1	Anmeldung und Zugang	155
6.1.1	Betriebsausweise	155
6.1.2	Besucher	156
6.1.3	Zentrale Güterkontrolle	156
6.1.4	Sicherheitsüberprüfungen	156
6.1.5	Fundsachen	156
6.2	Werkschutzbereiche	156
6.2.1	Werkschutzschichten	156
6.2.2	Alarmzentrale	157
6.2.3	Kerntechnische Objektsicherung	157
6.3	Werkfeuerwehr	158
6.3.1	Werkfeuerwehrsichten	158
6.3.2	Einsätze und dienstbegleitende Aufgaben	158
6.3.3	Ausbildung	159
6.4	Schadensaufnahme	159
6.4.1	Arbeitsunfälle	159
6.4.2	Sachbeschädigungen	159
6.4.3	Diebstahlmeldungen	160
6.5	Verkehrsdienst	160
6.6	Schlüsselverwaltung	161
6.7	Technische Sicherungssysteme	161
7	Veröffentlichungen	163
7.1	Veröffentlichungen, die gedruckt vorliegen	163
7.2	Vorträge, die nicht in gedruckter Form vorliegen	165

Verzeichnis der Abkürzungen

AMAD	Activity Median Aerodynamic Diameter
AtG	Atomgesetz
BFE	Bundesforschungsanstalt für Ernährung
BfS	Bundesamt für Strahlenschutz
BMBF	Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft, Forschung und Technologie
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
GGVE	Gefahrgutverordnung Eisenbahn
GGVS	Gefahrgutverordnung Straße
HBAU	Hauptabteilung Bauwesen
HBT	Hauptabteilung Betriebstechnik
HDB	Hauptabteilung Dekontaminationsbetriebe
HIT	Hauptabteilung Ingenieurtechnik
HS	Hauptabteilung Sicherheit
HS-AS	Hauptabteilung Sicherheit, Abteilung Arbeitsschutz und Sicherheit
HS-St	Hauptabteilung Sicherheit, Abteilung Strahlenschutzüberwachung
HS-US	Hauptabteilung Sicherheit, Abteilung Umweltschutz
HS-WS	Hauptabteilung Sicherheit, Abteilung Werkschutz
HVT	Hauptabteilung Versuchstechnik
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
IK	Institut für Kernphysik
IMF	Institut für Material- und Festkörperforschung
IMK	Institut für Meteorologie und Klimaforschung
INE	Institut für Nukleare Entsorgungstechnik
INFP	Institut für Nukleare Festkörperphysik
INR	Institut für Neutronenphysik und Reaktortechnik
IRCh	Institut für Radiochemie

IRS	Institut für Reaktorsicherheit
ITC-CPV	Institut für Technische Chemie/Chemisch-Physikalische Verfahren
ITC-TAB	Institut für Technische Chemie/Thermische Abfallbehandlung
ITER	International Thermonuclear Experimental Reactor
ITOX	Institut für Toxikologie
ITP	Institut für Technische Physik
JET	Joint European Torus
KAZ	Kompaktzyklotron
KBG	Kernkraftwerk-Betriebsgesellschaft mbH
KIZ	Karlsruher Isochronzyklotron
KNK	Kompakte Natriumgekühlte Kernreaktoranlage
KTA	Kerntechnischer Ausschuß
LAW	Low Active Waste
MAW	Medium Active Waste
MED	Medizinische Abteilung
MZFR	Mehrzweckforschungsreaktor
ÖA	Stabsabteilung Öffentlichkeitsarbeit
PBS	Projektbereich Stilllegung
PTB	Physikalisch-Technische Bundesanstalt
PUTE	Plutoniumteststand
RöV	Röntgenverordnung
StrlSchV	Strahlenschutzverordnung
SUR	Siemens Unterrichtsreaktor
TU	Europäisches Institut für Transurane
UM	Umweltministerium Baden-Württemberg
WAK	Wiederaufarbeitungsanlage Karlsruhe

1 Hauptabteilung Sicherheit

1.1 Aufgaben und Organisation

Die Aufgabenstellung der Hauptabteilung Sicherheit umfaßt die Kontrolle und teilweise auch die Durchführung von Strahlenschutz-, Arbeitssicherheits- sowie Werkschutz- und Sicherungsmaßnahmen in den und für die Institute und Abteilungen des Forschungszentrum Karlsruhe GmbH sowie die Abwasser- und Umgebungsüberwachung für alle Anlagen und kerntechnischen Einrichtungen auf dem Gesamtgelände des Forschungszentrums. Ergänzend werden Forschungs- und Entwicklungsarbeiten im Rahmen der Arbeitsschwerpunkte des Zentrums und in extern geförderten Forschungsvorhaben durchgeführt. Schwerpunkte dieser Arbeiten sind Untersuchungen zum Verhalten von Tritium im System Luft/Boden-Pflanze, Tritiumbilanzierung für Fusionsbrennstoffkreisläufe sowie Untersuchung und Bewertung von radonexponierten Arbeitsplätzen und von Bergbau- und Erzaufbereitungshalden in Bezug auf Strahlenexpositionen.

Am 31. Dezember 1995 waren in der Hauptabteilung Sicherheit 270 wissenschaftliche, technische und administrative Mitarbeiter, ein Doktorand und neun Studierende zur Ausbildung als Strahlenschutzingenieur beschäftigt.

Am 1. Juli 1995 wurden einige Aufgaben der Hauptabteilung Sicherheit - überwiegend bedingt durch Wegfall freigewordener Stellen nach altersbedingtem Ausscheiden von Mitarbeitern - neu strukturiert. So wurden die bisherigen Abteilungen „Dosimetrie“ und „Strahlenschutzüberwachung“ zur Abteilung „Strahlenschutz“ zusammengefaßt. Infolge der Kürzungen mußten die seit über 35 Jahren erfolgreich durchgeführten Entwicklungsarbeiten zur externen Dosimetrie weitgehend eingestellt werden, nur ein geringer Teil kann noch in der jetzt organisatorisch innerhalb der Hauptabteilung Sicherheit selbständigen Meßstelle für Festkörperdosimeter fortgeführt werden. Der Wegfall kerntechnischer Forschungsarbeiten im Zentrum führte zu einer deutlichen Reduzierung der kerntechnisch bedingten Objektsicherung. Vom Forschungszentrum sind nur noch für die Hauptabteilung Dekontaminationsbetriebe, das Europäische Institut für Transurane und die Wiederaufarbeitungsanlage Karlsruhe Objektsicherungsaufgaben durchzuführen, die weitgehend an ein Bewachungsunternehmen vergeben wurden. Die auf Dauer erforderlichen Aufgaben eines klassischen Werkschutzes wurden wegen der ähnlichen Zielsetzungen mit denen der Werkfeuerwehr Mitte 1995 in der Abteilung „Werkschutz“ zusammengefaßt.

Der neue Organisationsplan der Hauptabteilung ist auf der Seite 5 wiedergegeben.

1.1.1 Abteilung Arbeitsschutz und Sicherheit

Die Abteilung Arbeitsschutz und Sicherheit hat beratende, kontrollierende und administrativ steuernde Funktionen auf den Gebieten des Strahlenschutzes, der Überwachung und Buchführung radioaktiver Stoffe, der Arbeitssicherheit, der Abfallwirtschaft, der Gefahrgüter und des betrieblichen Notfallschutzes. Sie überprüft in den zur Umsetzung und Durchführung verpflichteten Organisationseinheiten die Erfüllung gesetzlicher Pflichten, behördlicher Auflagen und Vorschriften zur technischen Sicherheit. Zu ihren Aufgaben gehört die Erfassung und Dokumentation sicherheitsrelevanter Daten und Vorgänge.

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

Die Gruppe „Konventionelle Arbeitssicherheit“ wird auf allen Gebieten der konventionellen Arbeitssicherheit kontrollierend und beratend tätig. Sie schlägt den für die Umsetzung und Ausführung zuständigen Organisationseinheiten Schutzmaßnahmen aufgrund von Arbeitsplatzanalysen vor. Ihr obliegt die Registrierung und Meldung von Arbeitsunfällen und die Bestellung der Personen, die im nicht atomrechtlich begründeten Teil der Sicherheitsorganisation der Zentrums besondere Funktionen übernehmen.

Die Gruppe „Einsatzdienste, Überwachung radioaktiver Stoffe“ stellt rund um die Uhr den Einsatzleiter vom Dienst für die Sicherheitsorganisation des Zentrums, sie erarbeitet und aktualisiert Einsatzunterlagen und organisiert Alarmübungen der Einsatztrupps. Dieser Gruppe obliegt die Buchhaltung zur Überwachung von Kernmaterial und sonstigen radioaktiven Stoffen im Forschungszentrum. Sie erstattet alle Bestandsänderungs- und Materialbilanzberichte und bereitet die Inspektionen und Inventuren durch Euratom vor.

In der Gruppe „Beauftragte im Umweltschutz“ sind die Abfall-, Gefahrgut-, Immissionschutz- und Gewässerschutzbeauftragten zusammengefaßt, denen die Aufgaben nach den gesetzlichen Regelungen übertragen sind. Sie stellen umwelt- und sicherheitsrelevante Informationen zentrumsweit in verschiedenen Datenbanken zur Verfügung.

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

1.1.2 Amtliche Meßstelle für Festkörperdosimeter

Für die Überwachung strahlenexponierter Personen in Baden-Württemberg wird im Auftrag des Landes die amtliche Meßstelle für Festkörperdosimeter betrieben, die auf Anforderung auch Aufgaben im Bereich der nichtamtlichen Dosimetrie durchführt.

1.1.3 Abteilung Strahlenschutz

Die Abteilung Strahlenschutz ist überwiegend im Auftrag der Strahlenschutzbeauftragten, die für den Schutz der mit radioaktiven Stoffen umgehenden oder ionisierender Strahlung ausgesetzten Personen des Forschungszentrum verantwortlich sind, tätig. Aus dieser Aufgabenstellung heraus sind viele Mitarbeiter dezentral in den Organisationseinheiten des Forschungszentrums tätig. Sie sind Ansprechpartner in Fragen des arbeitsplatzbezogenen Strahlenschutzes, sie geben Hinweise und Empfehlungen und achten auf strahlenschutzgerechtes Verhalten.

Die Bereiche „Arbeitsplatzüberwachung“ übernehmen die Auswertung der Stabdosimeter. Monatlich werden die amtlichen Dosimeter sowie nach Bedarf Teilkörper- oder Neutronendosimeter ausgegeben. Nach Plan werden Kontaminations- und Dosisleistungsmessungen durchgeführt und die Aktivitätskonzentration in der Raumluft überwacht. Die Strahlenschutzmitarbeiter veranlassen bei Personenkontaminationen die Durchführung der Dekontamination. Zur Aufgabe der Mitarbeiter dieser Bereiche gehört auch die Überwachung der Materialtransporte aus den Kontrollbereichen in den betrieblichen Überwachungsbereich des Forschungszentrums und aus dem Zentrumsgelände nach außen.

Im Bereich „Interne Dosimetrie“ werden mittels Ganz- und Teilkörperzähler Nukliddepositionen im Körper ermittelt und Verfahren zur Bestimmung der Äquivalentdosis bei innerer Strahlenexposition weiterentwickelt. Im Vordergrund steht die Verbesserung des Nachweises von Thorium, Uran, Plutonium und Americium in Lunge, Leber und im Skelett sowie die Bereitstellung von Stoffwechselmodellen zur Interpretation der Meßergebnisse.

Der Bereich „Strahlenschutzmeßgeräte“ führt Reparaturen und Kalibrierungen an Anlagen zur Raum- und Abluftüberwachung und an den Gammapegel-Meßstellen durch. Weitere Aufgaben sind die Eingangskontrolle neuer Geräte, der Test von neu auf dem Markt angebotenen Meßgeräten sowie der Betrieb von Bestrahlungsanlagen zur Kalibrierung von Dosis- und Dosisleistungsmeßgeräten.

1.1.4 Abteilung Umweltschutz

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

Die Gruppe „Abluft- und Umgebungsüberwachung“ kontrolliert, koordiniert und bilanziert die Aktivitätsableitungen in die Atmosphäre aller Anlagen auf dem Gelände des Forschungszentrums. Sie ermittelt die Strahlenexposition der Umgebung. Zur Bestimmung des Radioaktivitätsgehaltes von Luft, Wasser, Boden, Sediment, Fisch und landwirtschaftlichen Produkten werden regelmäßig Proben in der Umgebung des Forschungszentrums genommen und in den Laboratorien der Abteilung gemessen.

Die Gruppe „Abwasserüberwachung und Spektrometrie“ ermittelt die Aktivitätskonzentrationen der Abwässer der einzelnen Einrichtungen des Forschungszentrums und entscheidet, ob diese Abwässer dekontaminiert werden müssen oder direkt der Kläranlage zugeführt werden dürfen. Sie bilanziert die Aktivitätsableitungen in den Vorfluter. Dieser Gruppe obliegt auch die Durchführung aller spektrometrischen Nuklidbestimmungen.

In der Gruppe „Chemische Analytik“ werden die radiochemischen Untersuchungen von Umweltproben und von Proben im Rahmen der Abluftüberwachung durchgeführt. 1995 wurde in Kooperation mit der Hauptabteilung Dekontaminationsbetriebe ein Freimeßlabor eingerichtet, um die Aktivitätsmessungen durchzuführen, die erforderlich sind, um die beim Rückbau und Abriß kerntechnischer Anlagen anfallenden radioaktiven Reststoffe uneingeschränkt verwerten oder wie gewöhnlichen Abfall beseitigen zu können.

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 Validierung des Modells werden Expositionsexperimente durchgeführt. Dabei werden der Einbau von HTO in das Gewebewasser, die Umwandlung in organisch gebundenes Tritium und seine Translokation in die eßbaren Pflanzenteile untersucht.

1.1.5 Abteilung Werkschutz

Der Abteilung Werkschutz besteht aus den Gruppen „Werkschutzbereiche“, „Administrative und technische Werkschutzmaßnahmen“ und „Werkfeuerwehr“.

Zu den Aufgaben der Gruppe „Werkschutzbereiche“ gehören der allgemeine Werkschutz für das Gesamtareal des Forschungszentrums Karlsruhe durch Streifen- und Überwachungsdienst. Sie führt die Kontrolle aller zur Ein- oder Ausfuhr bestimmten Güter durch, überwacht das Schließwesen und ist für den ordnungsgemäßen Ablauf des Straßenverkehrs im Bereich des Forschungszentrums zuständig. Mit Hilfe des Ermittlungsdienstes werden die Einhaltung der Ordnungs- und Kontrollbestimmungen und die Aufklärung von Schadensfällen betrieben. Die aufgrund atomrechtlicher Anforderungen notwendigen Ob-

jektsicherungsmaßnahmen für kerntechnische Bereiche werden durch ein beauftragtes Bewachungsunternehmen durchgeführt.

Die Gruppe „Administrative und technische Werkschutzmaßnahmen“ ist zuständig für die Bearbeitung und Ausstellung von Zutrittsberechtigungen nach behördlichen Auflagen, die Erstellung von Werksausweisen und für Auswahl, Einsatz und Funktionssicherheit technischen Sicherungssysteme.

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

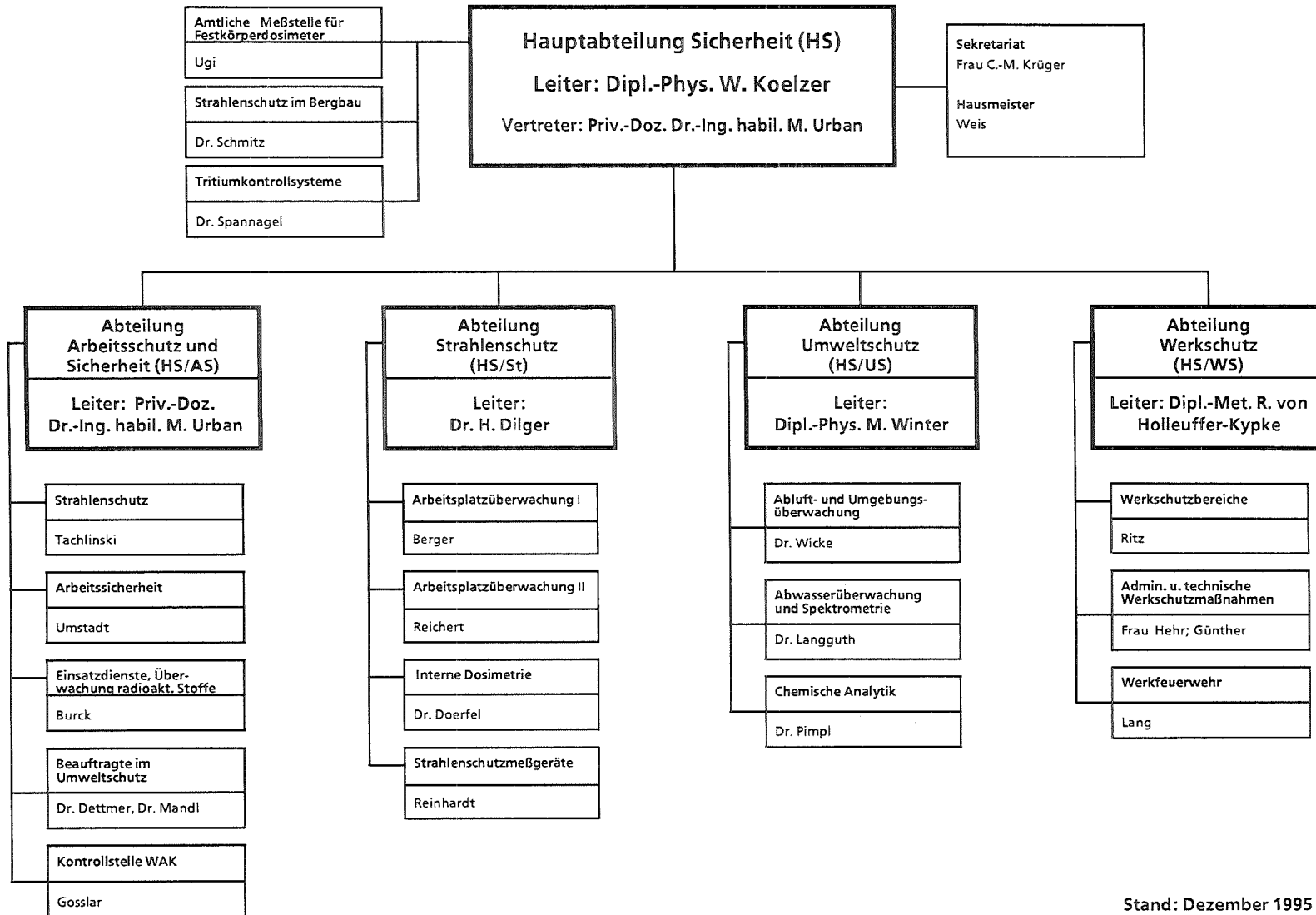
1.2 Einige Ergebnisse aus dem Jahr 1995

1.2.1 Strahlenexposition in der Umgebung des Forschungszentrums durch die Ableitung radioaktiver Stoffe 1995

Zur Berechnung der Strahlenexposition in der Umgebung des Forschungszentrums wurden die Berechnungsverfahren der Allgemeinen Verwaltungsvorschrift zur Ermittlung der Strahlenexposition durch die Ableitung radioaktiver Stoffe aus kerntechnischen Anlagen benutzt. Für die ungünstigsten Einwirkungsstellen außerhalb des Betriebsgeländes und für die umliegenden Ortschaften ergeben sich die in Tab. 1/1 aufgeführten maximalen Beiträge zur effektiven Dosis. Für 1995 ergibt sich eine mittlere Effektivdosis der Bevölkerung (Erwachsene) im Umkreis von 3 bzw. 20 km um das Forschungszentrum Karlsruhe von 0,04 μ Sv bzw. 0,01 μ Sv.

Ort	Maximale Beiträge zur effektiven Folgedosis in μ Sv für Erwachsene				
	durch Ingestion	durch Inhalation	durch Gamma-bodenstrahlung	durch Gamma-Submersion	durch alle Expositionspfade
Friedrichstal	0,02	0,003	<0,001	0,002	0,03
Eggenstein	0,03	0,004	<0,001	0,004	0,04
Leopoldshafen	0,04	0,005	<0,001	0,005	0,05
Linkenheim	0,03	0,004	<0,001	0,002	0,04
ungünstigste Einwirkungsstelle	0,40	0,06	0,01	0,23	0,7

Tab. 1/1: Strahlenexposition in der Umgebung des Forschungszentrums Karlsruhe durch die Emissionen radioaktiver Stoffe mit der Abluft, 1995



Stand: Dezember 1995

Die aus den Ableitungen radioaktiver Stoffe mit dem Abwasser des Forschungszentrums Karlsruhe resultierende Strahlenexposition von Personen, die sich am Rheinniederungskanal, der als Vorfluter dient, aufhalten und Lebensmittel aus diesem Gebiet konsumieren, wird ebenfalls nach den in der Allgemeinen Verwaltungsvorschrift angegebenen Verfahren berechnet. Dabei kann entweder von den bilanzierten Aktivitätsableitungen oder, realistischer, von den gemessenen Aktivitätsgehalten im Trinkwasser und in Lebensmitteln ausgegangen werden. Aus den bilanzierten Ableitungen errechnet sich eine effektive Folgedosis von 28 μSv , aus den gemessenen Aktivitätsgehalten in Nahrungsmitteln und Trinkwasser folgt eine effektive Folgedosis von nur 4,5 μSv .

Die aus den Ableitungen radioaktiver Stoffe mit Abluft und Abwasser berechneten Dosiswerte liegen damit deutlich unter den mit jeweils 300 μSv festgelegten Grenzwerten der Strahlenschutzverordnung.

1.2.2 Personendosisüberwachung

In Tab. 1/2 sind für die Mitarbeiter des Forschungszentrums die Ergebnisse der amtlichen Personendosimetrie wiedergegeben. 1995 waren 1 150 Mitarbeiter als beruflich strahlenexponierte Personen eingestuft. Die gesamte Personendosis betrug 143 mSv, die durchschnittliche beruflich bedingte Strahlenexposition für Personen des Forschungszentrums betrug wie im Vorjahr 0,1 mSv. Alle Dosiswerte oberhalb 5 mSv sind auf die Produktion von Radionukliden in der Hauptabteilung Zyklotron für die Herstellung von Radiopharmaka zurückzuführen. Die höchste Individualdosis von 14 mSv liegt deutlich unter dem Grenzwert der Strahlenschutzverordnung von 50 mSv.

Intervall der Personendosis in mSv	Häufigkeitsverteilung der Jahresdosiswerte in %
H = 0,0	91,5
H = 0,2	2,3
H = 0,4	0,7
0,5 < H ≤ 1,0	2,5
1,0 < H ≤ 2,0	1,3
2,0 < H ≤ 5,0	1,3
5,0 < H ≤ 10,0	0,3
10,0 < H ≤ 15,0	0,1
H > 15,0	0,0
höchste Personendosis in mSv	14,0

Tab. 1/2: Ergebnisse der Personendosisüberwachung der Mitarbeiter des Forschungszentrums Karlsruhe 1995

1.2.3 Konventionelle Arbeitssicherheit

Der Unternehmer hat jeden Unfall anzuzeigen, durch den eine im Betrieb beschäftigte Person getötet oder so verletzt ist, daß sie stirbt oder für mehr als drei Tage arbeitsunfähig ist. Für das Jahr 1995 waren 67 Unfälle - 41 Betriebsunfälle, 20 Wegeunfälle und 6 Sportunfälle - meldepflichtig. Die meisten Verunfallten wurden nur leicht verletzt, ein Wegeunfall war tödlich. Einen Überblick über Art der Verletzungen und verletzte Körperteile geben die Tabelle 1/3 und die Abbildung 1/1.

Art der Verletzung	Anzahl
Wunde, Riß	19
Prellungen, Quetschungen	12
Zerrungen, Verrenkungen	4
Knochenbruch	4
Verstauchung	1
Gehirnerschütterung	1

Tab. 1/3 Betriebsunfälle 1995, Art der Verletzungen

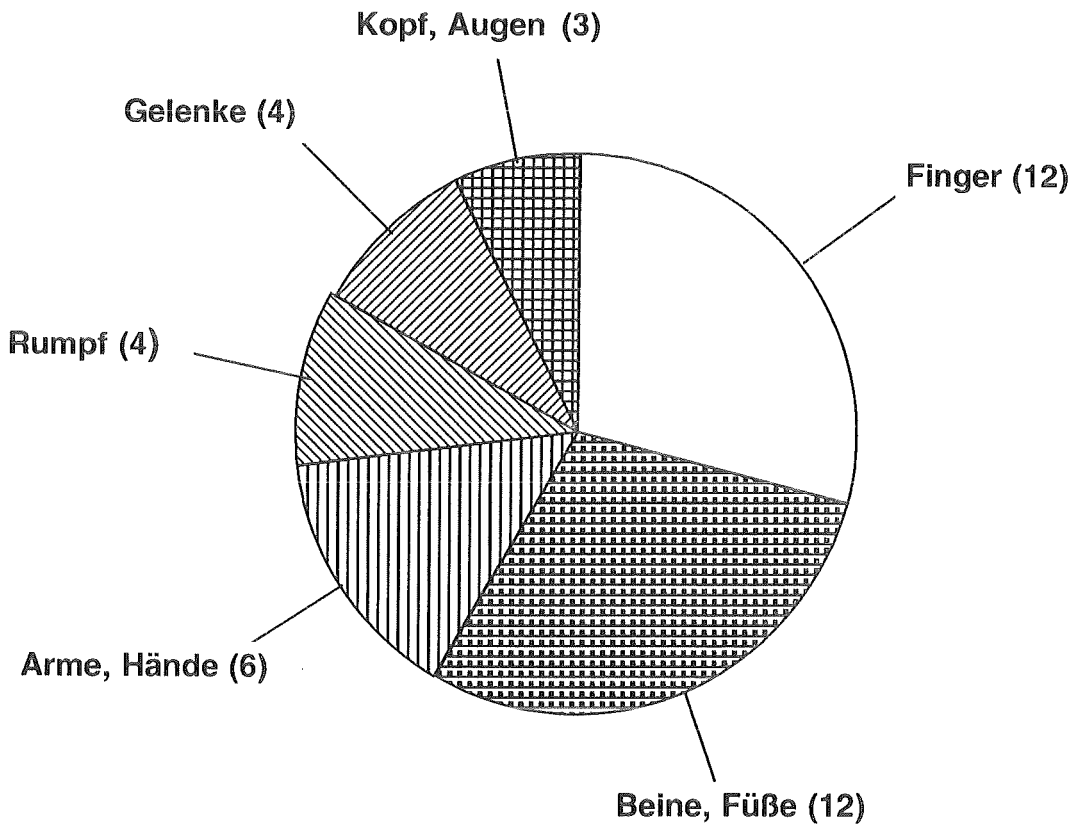


Abb. 1/1: Verletzte Körperteile, Betriebsunfälle Forschungszentrum Karlsruhe, 1995

Statistische Kennziffern, wie z. B. das Verhältnis zwischen der Zahl der Unfallereignisse und der Zahl der Beschäftigten, ermöglichen eine Bewertung der Unfalldaten. Die Unfallhäufigkeit bezogen auf 1 000 Vollzeitmitarbeiter ermöglicht einen Vergleich mit anderen Wirtschaftszweigen und eine Beurteilung der Wirksamkeit von Sicherheits- und Unfallverhütungsmaßnahmen. Diese statistischen Maßzahlen sind für 1995 im Vergleich zur gesamten gewerblichen Wirtschaft in Tab. 1/4 wiedergegeben.

Art der Unfälle	Zahl der anzeigepflichtigen Unfälle je 1 000 Vollbeschäftigte	
	Forschungs- zentrum 1995	gewerbliche Wirtschaft 1994*
Arbeitsunfälle	10,8	50,1
Wegeunfälle	5,3	5,6

* Daten von 1995 liegen noch nicht vor

Tab. 1/4: Unfälle im Forschungszentrum Karlsruhe 1995 im Vergleich zur gesamten gewerblichen Wirtschaft

1 Central Safety Department

1.1 Duties and Organization

The Central Safety Department is responsible for supervising, monitoring and, to some extent, also executing measures of radiation protection, industrial health and safety as well as physical protection and security at and for the institutes and departments of the Karlsruhe Research Center (Forschungszentrum Karlsruhe GmbH), and for monitoring liquid effluents and the environment of all facilities and nuclear installations on the premises of the Research Center. In addition, research and development work is carried out in the fields of behavior of tritium in the air/soil/plant system, tritium balances for nuclear fusion fuel cycles, and assessments of mining and ore dressing spoils.

As per December 31, 1995, the Central Safety Department - organizational chart see page 12 - employed 270 scientific, technical, and administrative staff members, one predoctoral student, and nine students for radiation protection engineers.

1.1.1 Industrial Health and Safety

The Industrial Health and Safety Unit has consulting, controlling and managing functions in the fields of radiation protection, radioactive materials surveillance and accountancy, industrial safety, waste management, hazardous goods, and in-plant emergency protection. It verifies compliance with legal duties, conditions imposed by authorities, and other technical safety regulations in the institutes and departments of the Center. These activities also include the centralized acquisition 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 work through providing information, consultancy, and contacts with authorities and monitors compliance with the Radiation Protection and the X-ray Ordinance. It manages the computerized data files containing the data measured for occupationally radiation exposed personnel, and also manages the deadlines for radiation protection instructions and health physics examinations. It creates the preconditions for personnel of external companies to be allowed to work in controlled areas, and it fills in the radiation passports for staff members working in external facilities.

The "Industrial Safety Group" has a controlling and consulting function in all areas of conventional health and safety. On the basis of work place analyses it suggests protective measures to the institutes and departments responsible for executing such regulations. It also records and reports accidents at work and appoints persons with special functions in the non-nuclear part of the safety organization of the Center.

The "Task Forces, Accounting of Radioactive Substances Group" provides the Task Force Leader on Duty for the safety organization of the Center "around the clock", elaborates and updates assignment documents, conducts drills of the task forces, and writes reports about assignments. The group is also responsible for central bookkeeping and accountancy as well as surveillance of nuclear materials and radioactive substances at the Center. It compiles all inventory change reports and prepares inspections and inventory verification exercises by Euratom.

The "Environmental Protection Officers Group" combines all officers responsible for waste, hazardous substances, environmental impacts, and protection of water. This group compiles and makes available important environment and safety related information throughout the Center in various databases.

To perform the duties of the Radiation Protection Officer of the Karlsruhe Research Center in decommissioning the Karlsruhe Reprocessing Plant (WAK) a "WAK Control Unit" has been set up. It exercises controlling functions in the areas of plant safety, radiation protection, and disposal of radioactive waste.

1.1.2 Official Measuring Agency Center for Solid State Dosimeters

On behalf of the State of Baden-Württemberg, the official measuring agency for solid state dosimeters is operated for personnel dose monitoring in the State of Baden-Württemberg; on request it also fulfills duties in the field of non-official dosimetry.

1.1.3 Radiation Protection

The Radiation Protection Unit works mainly on behalf of the Radiation Protection Officers responsible for protecting the persons handling radioactive substances or exposed to ionizing radiation. In exercising these functions many staff members work in a decentralized way, being assigned to the institutes and departments of the Center. The members of the Radiation Protection Unit are liaisons to the members of institutes or departments in matters of radiation protection on site and provide information and recommendations.

The "Work Place Monitoring Groups" are responsible for the daily evaluation of pen dosimeters and for recording the personnel doses received. In accordance with a preset plan, routine contamination and dose rate checks are performed, and activity concentrations in the air of work rooms are monitored. The radiation protection staff organize decontamination whenever personnel is contaminated. The duties of the staff in these groups also include monitoring of materials transports from controlled areas into the surveillance areas of the Research Center and out of the premises of the Center. When applicable, they issue clearances for the reuse or disposal of materials.

In the "Internal Dosimetry Group", human body counters and special partial body counters are used to determine nuclide depositions in the body, and procedures are developed further to determine the equivalent dose in cases of internal exposure. These efforts are concentrated mainly on improving methods of detecting thorium, uranium, plutonium, and americium in the lungs, the liver, and the skeleton, and to make available metabolic models for interpretation of the measured results.

The "Radiation Protection Instrumentation Group" is responsible for repairing and calibrating all types of radiation protection measuring equipment. Other activities include acceptance checks of new equipment, tests of measuring gear new on the market, and the operation of irradiation facilities for calibration of dose rate and dose meters.

1.1.4 Environmental Protection

The Environmental Protection Unit is responsible for monitoring the emissions of radioactive substances with gaseous and liquid effluents from the nuclear installations and institutes of the Karlsruhe Research Center, and for monitoring environmental impacts in the vicinity of the Center, to demonstrate, on the basis of measurements and supporting calculations, that the limits set forth by the nuclear supervisory authorities, have been observed.

The "Gaseous Effluent and Environmental Monitoring Group" controls, coordinates and balances the activity discharges into the atmosphere from all facilities on the prem-

ises of the Research Center and determines the radiation exposure of the environment. Samples are regularly taken in the vicinity and counted in the laboratories of the department to determine the radioactivity content of air, water, soil, sediment, fish, and agricultural produce.

The "Liquid Effluent Monitoring and Spectrometry Group" determines the activity concentrations in the waste water at the installations, and decides whether these liquid effluents have to be decontaminated or can be passed direct to the sewage treatment plant. It also establishes balances of the activity discharges. The Group is also responsible for carrying out all spectrometric nuclide assays.

The "Chemical Analysis Group" conducts radiochemical examinations of environmental samples and of samples collected for purposes of gaseous effluent monitoring. At the beginning of 1995 a so-called laboratory for clearance measurements was established at the Central Safety Department in cooperation with the Central Decontamination Department. During dismantling and decommissioning operations in nuclear facilities large amounts of radioactive residues arise which can be reused without restrictions or disposed of as ordinary waste only if reference values specified by public authorities are underrated. Nuclide specific analyses required for clearance of these materials are being performed at this laboratory.

As part of the R&D program of the Research Center, studies are conducted on the uptake of tritium in nutrition-related plants. A model has been developed which uses meteorological measured data to calculate the incorporation of tritium into wheat plants and, on this base, the ingestion dose after a release of tritium in the atmosphere. Exposure experiments with wheat plants are conducted to calibrate and validate the model. Aspects under study are the incorporation of HTO into the tissue water, the conversion into organically bound tritium, and the translocation of organically bound tritium into those parts of the wheat plant which will serve as food.

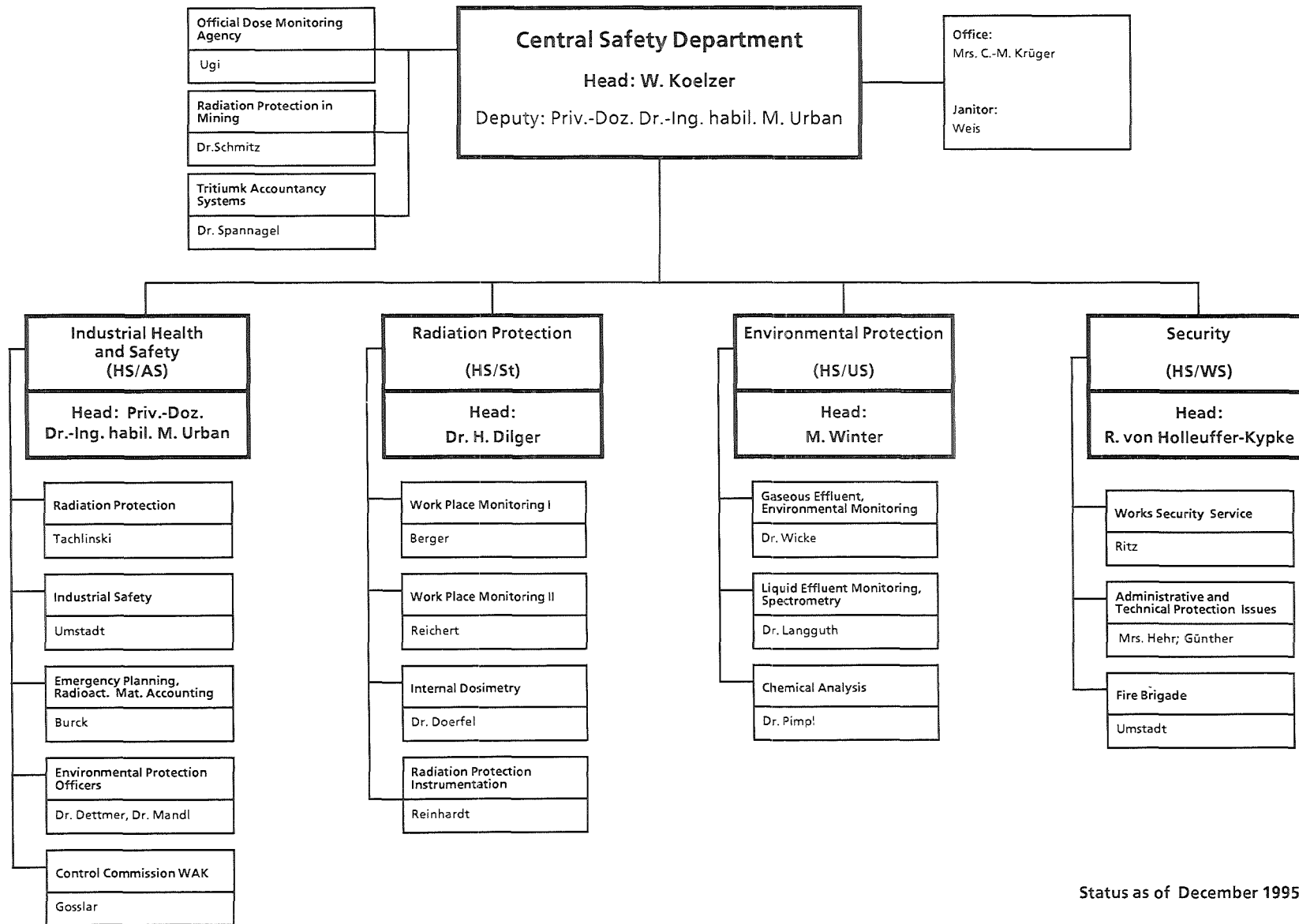
1.1.5 Works Security Service

The Security Unit is made up of the Works Security Service, the Administrative and Technical Physical Protection Measures Group, and the Fire Brigade.

The "Works Security Service" is responsible for all physical security measures on the whole area of the Research Center; these duties are fulfilled by patrol and surveillance services and by access control at the main entrance gates. The Group also checks all goods to be introduced into or removed from the Center, monitors locks, and is responsible for overseeing road traffic on the premises of the Center. The physical security measures in special nuclear areas necessary in compliance with the Atomic Energy Act are provided by an outside security company commissioned for these services.

The "Administrative and Technical Physical Protection Measures Group" is responsible for handling and issuing entry permits, and for choosing, installing and keeping in working order technical security systems.

One shift of the "Fire Brigade" is permanently ready for action on the premises of the Center. Its duty comprises fire fighting, preventive fire protection, and technical assistance in many ways, and also the inspection, repair and maintenance of all respiration protection gear used at the Center.



Status as of December 1995

1.2 Excerpts from the 1995 Performance Record

1.2.1 Radiation Exposure in the Vicinity of the Research Center Caused by Discharges of Radioactive Substances in 1995

The radiation exposure in the vicinity of the Center listed in Table 1/1 was calculated by the methods laid down in the official regulations. The mean effective dose of the population (adults) within a radius of 3 km and 20 km, respectively, around the Karlsruhe Research Center is seen to be 0.04 μ Sv and 0.01 μ Sv, respectively.

Location	Effective dose for adults, μ Sv				
	Ingestion	Inhalation	Gamma-radiation, ground	Gamma-radiation, clouds	total
Friedrichstal	0.02	0.003	<0.001	0.002	0.03
Eggenstein	0.03	0.004	<0.001	0.004	0.04
Leopoldshafen	0.04	0.005	<0.001	0.005	0.05
Linkenheim	0.03	0.004	<0.001	0.002	0.04
most adverse point outside the centre	0.40	0.06	<0.01	0.23	0.70

Tab. 1/1: Effective dose for adults in the vicinity of the Karlsruhe research Centre due to gaseous radioactive effluents, 1995

The radiation exposure resulting from discharges of radioactive substances with the liquid effluent to persons staying at the Rhine Valley Canal and consuming food grown in that area, is calculated by the procedure listed in the official regulation based either on the measured activity releases or, more realistically, on the activity contents as measured in drinking water and in food. The calculated effective doses are 28 μ Sv and 4.5 μ Sv respectively clearly underrun the dose limits of 300 μ Sv given by the Radiation Protection Ordinance.

1.2.2 Personnel Dose Monitoring

Table 1/2 gives data of annual dose levels of external exposure for all staff members under surveillance of the Karlsruhe Research Center. On the annual average, 1,150 staff members were classified as persons occupationally exposed to radiation. The collective external dose amounts to 143 mSv for the occupationally exposed staff members of the Research Center in 1995. The maximum external dose of 14 mSv found for an individual is clearly below the annual dose limit of 50 mSv.

Dose interval in mSv	Distributions of annual external personnel dose %
H = 0.0	91.5
H = 0.2	2.3
H = 0.4	0.7
0.5 < H ≤ 1.0	2.5
1.0 < H ≤ 2.0	1.3
2.0 < H ≤ 5.0	1.3
5.0 < H ≤ 10.0	0.3
10.0 < H ≤ 15.0	0.1
H > 15.0	0.0
Maximum individual dose, mSv	14.0

Table 1/2: Results of personnel external dose monitoring of the staff of the Karlsruhe Research Center in 1995.

1.2.3 Industrial Safety

An entrepreneur is required to report any accident as a consequence of which a person employed at the plant is killed or injured so that he or she dies or is wholly or partly incapacitated for more than three days. For 1995, a total of 67 accidents were notifiable, namely 41 plant accidents, 20 road accidents, and 6 sports accidents. Most accident victims were injured only slightly, except one fatal traffic accident. An overview of the types of injuries sustained and the parts of the body injured by plant accidents is presented in Table 1/3 and Figure 1/1.

Type of injury	Number
Wound, laceration	19
Contusions	12
Strains, dislocations	4
Bone fracture	4
Concussion	1
Sprains	1

Table 1/3: Plant accidents 1995; types of injuries.

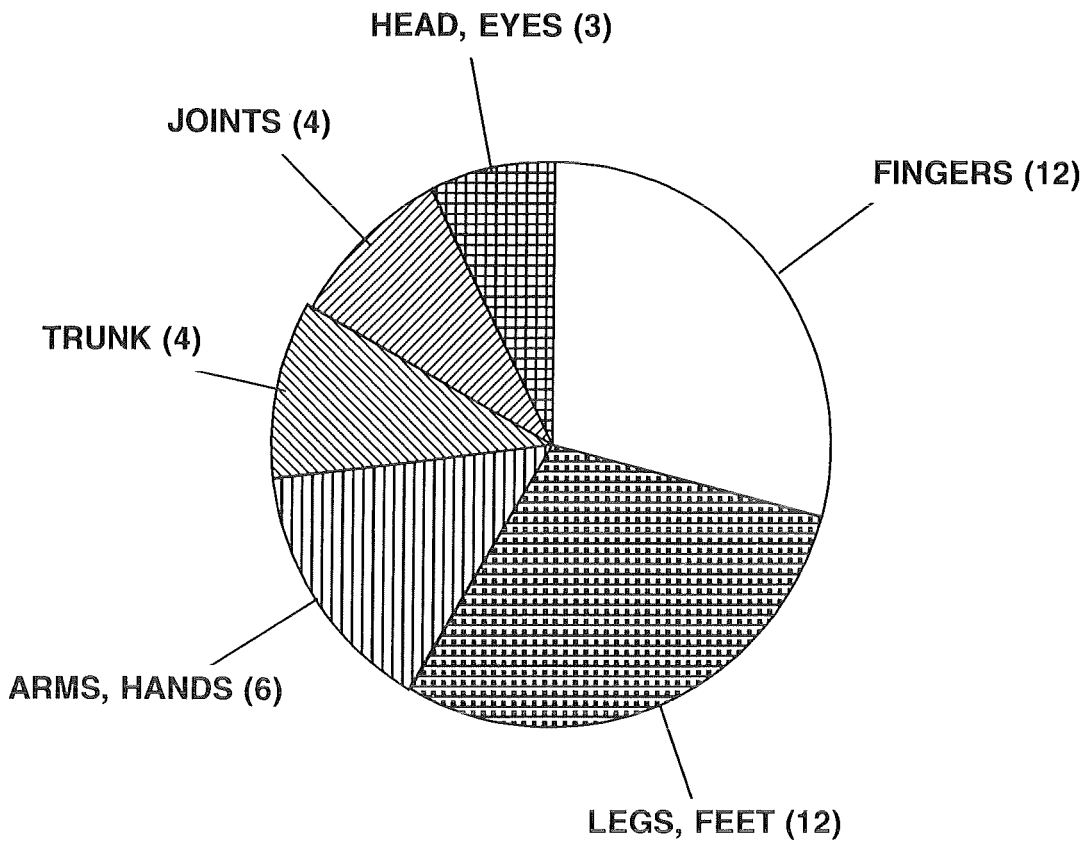


Fig. 1/1: Parts injured by plant accidents at the Karlsruhe Research Center in 1995

Statistical indicators, such as the ratio between the number of accidents and the number of employees, allow accident data to be evaluated. The accident rate per 1000 staff members permits comparisons to be made with other branches of industry and the effectiveness of safety and accident prevention measures to be gauged. These indicators are shown in Table 1/4 compared with the data applying to the manufacturing sector as a whole.

Type of accident	Number of notifiable accidents per 1000 full time employees	
	Research Center 1995	Manufacturing industries 1994*
Accident at work	10.8	50.1
Road accident	5.3	5.6

* 1995 data not yet available

Table 1/4: Comparison of accidents at the Karlsruhe Research Center in 1995 with the manufacturing industries.

2 Arbeitsschutz und Sicherheit

M. Urban

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

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

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

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

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

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

Abteilungsleitung

Strahlenschutz (G 1)	Arbeitssicherheit (G 2)	Einsatzdienste; Überwachung rad. Stoffe (G 3)	Zentrale Beauftragte im Umweltschutz (G 4)	Kontrollstelle WAK (G 5)
<p>1. Strahlenschutzmäßige Betreuung der Organisationseinheiten:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Beratung, Information, - Strahlenschutzbegehungen. <p>2. Umsetzung strahlenschutzrechtlicher Bestimmungen (AtG, StrlSchV, RöV):</p> <ul style="list-style-type: none"> - Bestellwesen, - Aktualisieren des internen Regelwerkes, - Melderegulung, - Behördenkontakte. <p>3. Fremdfirmenbetreuung:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Abgrenzungsverträge, - Dosismittelungen und Korrespondenz. <p>4. Personendosisregister:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Strahlenpässe, FZK-Personal; - Dokumentation der Personendaten, Termine und Dosiswerte; - Abwicklung amtliche Personendosismetrie. <p>5. Terminüberwachung:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Arbeitsmedizinische Vorsorgeuntersuchungen, Wartung, Pflege der Datenbank einschl. Datenabgleich (routinemäßige Einbestellungen, Ergebnismittelungen); - Inkorporationsüberwachung, - Belehrungen. <p>6. HS-AS-Rechnernetzwerk:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Betrieb, - Softwarepflege, - Anwendungsprogramm. 	<p>Aufgaben im Rahmen der Zuständigkeiten der HS</p> <p>1. Betreuung der Organisationseinheiten in konventionellen Arbeitssicherheitsfragen:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Beratung, Information; - Arbeitsplatzbewertungen, -überwachungen einschl. vorbeugendem Brandschutz; - Unfallstatistik, -meldewesen <p>2. arbeitsschutz-, unfallverhütungs- und brandschutzrechtliche Bestimmungen:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Erstellen und Aktualisieren von internen Regelwerken; - Behördenkontakte, - Bestellung von Funktionsträgern <p>3. Arbeitsmedizinische Vorsorgeuntersuchungen:</p> <ul style="list-style-type: none"> - sachliche Zuständigkeit in Zusammenarbeit mit dem Betriebsarzt, - personen-, ortsbezogene Prüfung und Festsetzung der Gefährdungsarten. <p><u>Aufgaben der Fachkräfte für Arbeitssicherheit nach § 6 ASiG</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - siehe § 6 ASiG 	<p>1. Aktualisieren einsatzspezifischer Unterlagen</p> <ul style="list-style-type: none"> - Alarmplan, - allg. Sicherheitsregelung, - Einsatz- und Anschlußpläne, - Brandbekämpfungspläne, - Katastropheneinsatzpläne. <p>2. Betreuung der EvD-Ausrüstung, der Einsatztrupps; alle bestellten EvD (alternierend):</p> <ul style="list-style-type: none"> - Einsatzleitung einschl. Berichte und Meldungen, - Alarmübungen, - Ortseinweisungen. <p>3. Kontrollieren der kernmaterialspezifischen Bestimmungen:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Aktualisieren des internen Regelwerkes; - Beratungen, Informationen. <p>4. Buchführung radioaktiver Stoffe und Dokumentation:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Behördenkontakte, - Meldewesen, - Begleiten bei Euratom- und IAEO-Begehungen. <p>5. zentrumsinternes Transportwesen für radioaktive Stoffe:</p> <ul style="list-style-type: none"> - papiermäßige Abwicklung, - internes Regelwerk, - Behälterliste. 	<p>1. Aufgaben der Beauftragten nach Abfall-, Bundesimmissionsschutz-, Gefahrgut-, Wasserhaushaltsrecht</p> <p>2. Gefahrstoffverordnung:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Wartung, Pflege der Gefahrstoffdatenbank "AUGE" - Datenabgleich in und aus anderen FZK-Datenbanken (z. B. SAP), "Stoffströme" - Bestellung von Funktionsträgern <p>3. Wiederkehrende Prüfungen:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Wartung/Pflege der Datenbank, - Datenabgleich in und aus anderen FZK-Datenbanken <ul style="list-style-type: none"> o Erstellen von Prüflisten, o Terminüberwachung, o Dokumentation. - Bestellung von Funktionsträgern. 	<p>1. Auditierung: Vorgaben Betriebshandbuch</p> <ul style="list-style-type: none"> - Strahlenschutzmaßnahmen, - Emissionsüberwachung, - Wiederkehrende Prüfungen. <p>2. Buch/Bestandsprüfung Kernbrennstoffe, sonstige radioaktive Stoffe</p> <p>3. Auditierung: Abfallwirtschaft radioaktiver und nicht radioaktiver Stoffe</p>

2.1 Strahlenschutz

2.1 Aufgaben der Gruppe „Strahlenschutz“

W. Tachlinski

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

Der Strahlenschutzverantwortliche hat zur Leitung und Beaufsichtigung der atomrechtlich relevanten Tätigkeiten Strahlenschutzbeauftragte zu bestellen. Bei der Bestellung ist sicherzustellen, daß alle sich aus den atomrechtlichen Bestimmungen und der jeweiligen Genehmigung ergebenden Aufgaben mit der erforderlichen Sachkunde abgedeckt sind. Hierbei sind die Aufgaben der Strahlenschutzbeauftragten voneinander abzugrenzen, um Doppelverantwortlichkeiten oder Lücken auszuschließen. Die vielen unterschiedlichen Bereiche des Forschungszentrums und die ständig erforderlichen Aktualisierungen bedingen einen erheblichen organisatorischen Aufwand. Zur Zeit sind 164 Personen zu Strahlenschutzbeauftragten nach StrlSchV und RöV bestellt, die in 201 eigenständigen innerbetrieblichen Entscheidungsbereichen tätig sind.

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

2.1.2 Betriebsüberwachung

W. Tachlinski

Neben der Beratung erfolgt die Betriebsüberwachung, zu der der Strahlenschutzverantwortliche verpflichtet ist, durch Begehungen der atomrechtlich relevanten Arbeitsstätten durch einen Strahlenschutzingenieur. Hierbei soll überprüft werden, ob die einschlägigen Bestimmungen wie Atomgesetz, Strahlenschutzverordnung, Röntgenverordnung, Genehmigungsaufgaben sowie das interne Regelwerk des Forschungszentrums 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 der Betriebsrat eingeladen. Die Ergebnisse der Begehungen und - soweit erforderlich - die Meldung, daß ein festgestellter Mangel beseitigt ist, werden dokumentiert. Die 1995 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 Strahlenschutz.

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

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

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

Die routinemäßige Strahlenschutzüberwachung endet mit der Abmeldung durch den zuständigen Strahlenschutzbeauftragten. Die Daten sind 30 Jahre aufzubewahren. Hierzu ist ein umfangreiches „Personenregister“ erforderlich und zu warten. 1995 gab es für 2 447 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 2 865 Intervallen entfallen ca. 1 406 auf Fremdfirmenangehörige. Diese große Zahl ergibt sich durch die hohe Fluktuation bei zum Teil sehr kleinen Intervallen.

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

2.1.4 Ergebnisse der Personendosisüberwachung

W. Tachlinski, D. Bosch

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

1995 wurden alle beruflich strahlenexponierten Mitarbeiter, unabhängig von der Kategorie, mit Phosphatglasdosimetern der amtlichen Meßstelle im Forschungszentrum Karlsruhe überwacht. Die angegebenen Dosiswerte sind die Summe aus Photon- und - soweit gemessen - Neutronendosis.

Dosisintervall in mSv	Personendosis Häufigkeitsverteilungen der Jahresdosiswerte 1995 in %
H = 0,0	91,5
H = 0,2	2,3
H = 0,4	0,7
0,5 < H ≤ 1,0	2,5
1,0 < H ≤ 2,0	1,3
2,0 < H ≤ 5,0	1,3
5,0 < H ≤ 10,0	0,3
10,0 < H ≤ 15,0	0,1
H > 15,0	0,0
Anzahl erfaßter Monatsdosiswerte	13 825
höchste Jahresdosis in mSv	14

Tab. 2/1: Ergebnisse der Personendosisüberwachung 1995 der Mitarbeiter des Zentrums

Im Jahresmittel waren 1 150 Mitarbeiter als beruflich strahlenexponierte Personen eingestuft. Die durchschnittliche Strahlenexposition für beruflich strahlenexponierte Personen betrug 1995 wie im Vorjahr 0,1 mSv. Die Personendosis aller beruflich strahlenexponierten Mitarbeiter des Forschungszentrums betrug 1995 insgesamt 143 mSv (Vorjahr 137 mSv).

Alle Personendosiswerte oberhalb 5 mSv und ein Dosisbetrag von 78 mSv stammen aus dem Bereich der Radionuklidproduktion für Radiopharmaka. Der für eine Einzelperson festgestellte höchste Jahreswert der Personendosis betrug 14 mSv an. Dieser Wert wurde bei einer Kategorie-A-Person festgestellt. Somit blieb der Jahreswert deutlich unter dem Jahreshgrenzwert von 50 mSv.

2.1.5 Personal in fremden Strahlenschutzbereichen

W. Tachlinski, B. Setrdle

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

2.1.5.1 Fremdfirmen in Strahlenschutzbereichen des Forschungszentrums

Mitte 1995 wurde der Standardvertrag zur Abgrenzung von Strahlenschutzaufgaben des Forschungszentrums überarbeitet. Um mit allen Fremdfirmen einheitliche Verträge zu haben, wurden im Juli 1995 alle noch gültigen Abgrenzungsverträge zum 31.10.1995 gekündigt und den Fremdfirmen gleichzeitig unseren neuen Standardvertrag zum Abschluß angeboten. Von den 281 davon betroffenen Vertragspartnern haben rund 20 % keinen neuen Vertrag mehr abgeschlossen. Zum Jahresende 1995 bestanden mit 229 Fremdfirmen Abgrenzungsverträge. Im Laufe des Jahres wurden von den Fremdfirmen 149 tatsächlich tätig. Diese setzten dabei 923 unterschiedliche Personen ein.

In angemessenen Abständen werden allen Strahlenschutzbeauftragten sowie einigen Zentralstellen im Zentrum Listen zur Verfügung gestellt, aus denen hervorgeht, mit welchen Firmen ein Abgrenzungsvertrag besteht, d. h. welche Firmen ihre beruflich strahlenexponierten Mitarbeiter in Strahlenschutzbereichen des Forschungszentrums tätig werden lassen dürfen. Diese Listen sind auf Anforderung jederzeit mit neuestem Stand generierbar. Informationen zu Vertragsstatus, Zuständigkeiten, Anschriften, Fax- und Telefonverbindung etc. können auch on-line zur Verfügung gestellt werden.

Für die bei uns tätigen Fremdfirmenmitarbeiter muß das Forschungszentrum gemäß Abgrenzungsvertrag die nichtamtlichen Personendosen ermitteln. Diese Dosen wurden beim Verlassen des Zentrums in die Strahlenpässe eingetragen. Zusätzlich dazu wurden diese Dosen monatlich allen betroffenen Fremdfirmen übermittelt. Diese Mitteilungen wurden ab März 1995 nicht mehr verschickt, da unsere Umfrage bei den Vertragspartnern ergeben hatte, daß etwa 90 % der befragten Firmen keinen Bedarf an den monatlichen Mitteilungen haben. Stattdessen erhalten die Fremdfirmen durch HS-AS eine jährliche Übersicht über die Tätigkeiten ihrer Mitarbeiter im Zentrum sowie über die dabei erhaltenen Dosen. Diese Dosisübersicht enthält neben den nichtamtlichen Dosen auch die eventuell durch uns gemessenen amtlichen Neutronendosen sowie Effektiv- und Teilkörperdosen aus innerer Exposition.

Werden Fremdfirmenmitarbeiter in inkorporationsgefährdeten Bereichen tätig, so werden den betroffenen Firmen monatlich die Ergebnisse der Raumlufüberwachung (Aktivitätszufuhr und Dosis) ortsbezogen mitgeteilt. Die Fremdfirmen können anhand dieser Angaben das Erfordernis der regelmäßigen Inkorporationsüberwachung prüfen sowie die individuelle Dosis durch Inhalation unter Berücksichtigung der jeweiligen Aufenthaltsdauer selbst abschätzen. Diese von den Firmen selbst abzuschätzenden Dosen können selbstverständlich nicht in der oben genannten jährlichen Dosisübersicht enthalten sein. Wurden bei der Raumlufüberwachung erhöhte Aktivitätskonzentrationen während eines bestimmten Zeitraumes festgestellt, wurde für die in dieser Zeit anwesenden Fremdfirmenmitarbeiter eine Zufuhr- und Dosisabschätzung durchgeführt und diese Ergebnisse in die Strahlenpässe der betroffenen Personen eingetragen.

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

2.1.5.2 Mitarbeiter des Forschungszentrums Karlsruhe in Strahlenschutzbereichen fremder Anlagen

Das Forschungszentrum Karlsruhe verfügt über eine Genehmigung nach § 20 StrlSchV. HS-AS schließt bei Bedarf die erforderlichen Abgrenzungsverträge ab, stellt Strahlenpässe aus, aktualisiert sie und dokumentiert die ihr von Fremdinstitionen übermittelten Daten im Dosisregister. Zum Jahresende bestanden 30 solcher Abgrenzungsverträge. Von

den derzeit zur Strahlenschutzüberwachung angemeldeten Personen besaßen zum Jahresende 103 Personen einen gültigen Strahlenpaß, wobei im Jahr 1995 zwölf Strahlenpässe neu registriert wurden.

2.1.6 Regelmäßige Inkorporationsüberwachung im Forschungszentrum

B. Setrdle

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

2.1.6.1 Inkorporationsüberwachung des Eigenpersonals

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

Die Inkorporationsüberwachung auf Transurane stützte sich maßgeblich auf die regelmäßige Überwachung der Aktivitätskonzentration der Luft am Arbeitsplatz (Raumluftüberwachung). Außerdem sind pro Jahr eine Stuhl- und eine Urinanalyse zur Überprüfung der durch die Raumluftüberwachung ermittelten Zufuhrwerte durchzuführen, wobei der Abstand zwischen den beiden Analysen sechs Monate betragen soll. Das Überwachungsverfahren erlaubt eine individuelle Überwachung, ohne auf die Meßwerte einer Referenzperson für eine gesamte Gruppe zurückgreifen zu müssen. Zusätzlich zu den Festlegungen des Sicherheitsbeauftragten wird von der zuständigen Aufsichtsbehörde gefordert, daß die Stuhlanalysen halbjährlich durchzuführen sind, sofern die über ein halbes Jahr aus der Raumluftüberwachung berechnete Aktivitätszufuhr mehr als 10 % der Grenzwerte der Jahresaktivitätszufuhr beträgt. Dies war im Berichtsjahr nicht der Fall.

Das Erfordernis einer regelmäßigen Inkorporationsüberwachung auf Transurane war im Berichtsjahr nur in Gebäuden der Hauptabteilung Dekontaminationsbetriebe gegeben. Es wurden ca. 65 Personen überwacht. Das Verfahren zur Bewertung der Raumluftüberwachung führte in vielen Fällen zu einer sehr konservativen Festlegung von Körperdosen.

Neben der Überwachung auf Transurane war in verschiedenen Instituten des Forschungszentrums eine Überwachung auf Tritium erforderlich. Dazu mußte monatlich eine Urinprobe abgegeben werden. Zum Jahresende wurden ca. 40 Personen auf Tritium überwacht. Die Meßergebnisse lagen überwiegend unterhalb der Nachweisgrenze von 200 Bq/l, der höchste Wert betrug 3 000 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 Null Millisievert.

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

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

2.1.6.2 Inkorporationsüberwachung des Fremdfirmenpersonals

Die regelmäßige Inkorporationsüberwachung bei Fremdfirmenmitarbeitern ist grundsätzlich Sache der Fremdfirma. Das Forschungszentrum übernimmt diese Aufgabe der Fremdfirmen nur für Firmen, die einen Vertrag über die Durchführung der regelmäßigen Inkorporationsüberwachung mit dem Forschungszentrum abgeschlossen haben. Die Kosten der regelmäßigen Inkorporationsüberwachung sind von der Fremdfirma zu tragen. Solche Sonderverträge beinhalten als Leistungen des Forschungszentrums sowohl die Überprüfung des Erfordernisses der Überwachung und die Festlegung der Inkorporationsüberwachungsart als auch die Auswertung der entsprechenden Proben, die Terminüberwachung und die Mitteilung der Meßergebnisse an die Fremdfirmen. Zur Zeit besteht ein solcher Vertrag zur Durchführung der Inkorporationsüberwachung mit drei Fremdfirmen, wobei eine regelmäßige Inkorporationsüberwachung im Jahr 1995 bei acht Fremdfirmenmitarbeitern durchgeführt wird.

2.2 Arbeitsschutz

2.2.1 Organisation und Aufgaben der Gruppe konventionelle Arbeitssicherheit

K. Umstadt

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

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

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

2.2.1 Betriebsbegehungen

M. Creutzmann

Die Sicherheitsfachkräfte haben im wesentlichen die Aufgaben gemäß § 6 des Arbeitssicherheitsgesetzes zu erfüllen. Insbesondere unterstützen sie den Arbeitgeber auf der Grundlage von beruflicher Erfahrung und Fachkenntnissen in allen Fragen des Arbeitsschutzes. Dazu gehören:

- das Ermitteln und Erkennen von betrieblichen Gefährdungen und Belastungen,
- das Beurteilen der daraus resultierenden Risiken,
- das Ableiten und Vorschlagen von Arbeitsschutzmaßnahmen und
- das Überprüfen der Wirksamkeit der durchgeführten Arbeitsschutzmaßnahmen.

Sie sollen den Unternehmer bei der Planung, Ausführung und Unterhaltung von Betriebsanlagen und von sozialen und sanitären Einrichtungen, bei der Beschaffung von technischen Arbeitsmitteln und der Einführung von Arbeitsverfahren und Arbeitsstoffen, bei der Auswahl und Erprobung von Körperschutzmitteln und bei der Gestaltung der Arbeitsplätze, des Arbeitsablaufs, der Arbeitsumgebung und den sonstigen Fragen der Ergonomie beraten.

Daneben sollen sie die Betriebsanlagen und die technischen Arbeitsmittel insbesondere vor ihrer Einführung sicherheitstechnisch überprüfen. In regelmäßigen Abständen müssen sie Arbeitsstätten begehen und festgestellte Mängel dem Unternehmer mitteilen, Maßnahmen zur Beseitigung vorschlagen und auf deren Durchführung hinwirken.

Dabei arbeiten die Fachkräfte für Arbeitssicherheit mit den Verantwortlichen der Organisationseinheiten, den Sicherheitsbeauftragten gem. § 719 der Reichsversicherungsordnung, den Betriebsärzten, dem Betriebsrat und den Aufsichtsbehörden zusammen. 1995 wurden insgesamt 92 Betriebsbegehungen innerhalb des Forschungszentrums durchgeführt.

Davon wurden sieben Begehungen gemeinsam mit dem Technischen Aufsichtsbeamten des Unfallversicherungsträgers oder mit dem Gewerbeaufsichtsbeamten durchgeführt. Zusätzlich wurden drei Begehungen von Baustelleneinrichtungen durchgeführt. Die bei den Begehungen festgestellten Mängel stellten keine akute Gefährdung dar und konnten in der Regel von den Verantwortlichen kurzfristig beseitigt werden.

2.2.2 Unfallgeschehen

P. Kaul

Nach § 1552 der Reichsversicherungsordnung hat der Unternehmer jeden Unfall anzuzeigen, wenn durch den Unfall ein im Betrieb Beschäftigter getötet oder so verletzt ist, daß er stirbt oder für mehr als drei Tage völlig oder teilweise arbeitsunfähig ist. Unabhängig hiervon werden aus grundsätzlichen Erwägungen sämtliche Unfälle im Forschungszentrum dem zuständigen Unfallversicherungsträger angezeigt, ohne Rücksicht auf die Meldepflichtigkeit. Nach diesen Kriterien wurden für das Jahr 1995 insgesamt 79 Arbeitsunfälle an den Unfallversicherer gemeldet. Davon waren 67 Unfälle meldepflichtig (Betriebsunfälle: 41; Wegeunfälle: 20; Sportunfälle: 6). Bei den Betriebsunfällen wurden die Betroffenen meist nur leicht verletzt, ein Wegeunfall war tödlich. Einen Überblick über Art der Verletzungen und verletzte Körperteile gibt Tab. 2/2.

verletzte Körperteile	Jahr		Art der Verletzung	Jahr	
	1994	1995		1994	1995
Kopf	10	2	Gehirnerschütterung	2	1
Augen	5	2	Prellungen, Quetschungen	23	12
Rumpf	2	3	Verstauchungen	4	1
Beine, Knie	4	8	Zerrungen, Verrenkungen	11	4
Füße, Zehen	8	4	Wunde, Riß	26	19
Arme	9	1	Knochenbruch	8	4
Hände, Finger	33	17	Verbrennungen, Ätzungen	5	0
innere Organe	1	0	Gliedverlust	1	0
Gelenke	6	4	Schleudertrauma	4	0
Halswirbel	6	1			

Tab. 2/2: Anzeigepflichtige Betriebsunfälle: Art der Verletzungen, verletzte Körperteile

Da 1994 die meisten Verletzungen Hände und Finger betrafen, wurde 1995 der Schwerpunkt der Unfallverhütungsmaßnahmen auf das Tragen von persönlicher Schutzausrüstung, speziell Handschutz, gelegt. Wie aus der Tab. 2/2 ersichtlich, sind die Verletzungen im Hand- und Fingerbereich deutlich zurückgegangen. Betrachtet man die Unfallzahlen nach unfallauslösenden Gegenständen, so ist bei der Handhabung von Handwerkzeugen ein Rückgang der Verletzungen von 50 % zu verzeichnen.

Statistische Kennziffern wie das Verhältnis zwischen der Zahl der Unfallereignisse und der Zahl der Beschäftigten (Forschungszentrum: 3 800 Mitarbeiter) oder der tatsächlich geleisteten Arbeitsstunden ermöglichen eine Bewertung der Unfalldaten. Die Darstellung der Unfallhäufigkeit bezogen auf 1 000 Mitarbeiter (Tausend-Mann-Quote) gibt einen schnellen Überblick über die Wirksamkeit von Unfallverhütungsmaßnahmen in einem Betrieb. Sie gestatten, mehrere Tätigkeitsbereiche eines Betriebes untereinander, Unternehmen derselben Branche oder andere Wirtschaftszweige zu vergleichen. Diese statistischen Meßziffern sind für das Unfallgeschehen des Forschungszentrums im Jahre 1995 in Tab. 2/3 wiedergegeben. Beim Vergleich liegt das Forschungszentrum bei den betrieblichen Unfällen deutlich unterhalb der Werte der gewerblichen Wirtschaft.

Art der Unfälle	Zahl der anzeigepflichtigen Unfälle je 1 000 Vollbeschäftigte	
	Forschungszentrum 1995	gewerbliche Wirtschaft 1994*
meldepflichtige Arbeitsunfälle	10,8	50,1
meldepflichtige Wegeunfälle	5,3	5,6

* Daten von 1995 liegen noch nicht vor

Tab. 2/3: Unfälle im Forschungszentrum Karlsruhe 1995 im Vergleich zur gesamten gewerblichen Wirtschaft

2.2.3 Arbeitsplatzüberwachungen

M. Creutzmann

Die Arbeitsplatzüberwachungen dienen dazu, konkrete Belastungen einzelner Mitarbeiter oder Gruppen zu erfassen. Hierzu ist es notwendig, durch Messungen Ergebnisse zu erhalten, welche die Basis für eventuell durchzuführende Maßnahmen bilden. Im Berichtsjahr wurden von den Fachkräften für Arbeitssicherheit 52 Arbeitsplatzüberwachungen im Forschungszentrum durchgeführt. Den Hauptanteil hierbei bilden die Lärmpegel- und die Gefahrstoffmessungen. Es wurden aber auch Beleuchtungsmessungen, Messungen an Lüftungseinrichtungen (wie z. B. Laborabzüge) und Klimamessungen in Arbeitsräumen durchgeführt. Die so ermittelten Belastungen dienen häufig dazu, den jeweiligen Arbeitsplatz zu optimieren oder die Mitarbeiter den speziellen arbeitsmedizinischen Vorsorgeuntersuchungen vorzustellen. Die Notwendigkeit der Durchführung von Arbeitsplatzüberwachungen wird entweder bei Betriebsbegehungen festgestellt oder aufgrund von Anfragen der Mitarbeiter oder der Betriebsärzte festgelegt. Einen großen Anteil an den Arbeitsplatzüberwachungen nahmen die Nachforschungen nach Arbeitsunfällen ein. Hier wurden vor Ort technische oder organisatorische Änderungen festgelegt, damit es zu keiner weiteren Gefährdung für die Mitarbeiter kommen kann.

2.2.4 Arbeitsmedizinische Vorsorgeuntersuchungen

K. Umstadt

Die vielfältigen Gefährdungen der Gesundheit, denen die Arbeitnehmer ausgesetzt sein können, verlangen nach geeigneten Maßnahmen der arbeitsmedizinischen Vorsorge. Trotz aller Maßnahmen des technischen Arbeitsschutzes, die Vorrang haben, und trotz des Einsatzes persönlicher Schutzausrüstung kann es unter den Bedingungen der Praxis zu einer Gefährdung durch biologische, chemische oder physikalische Einwirkungen kommen. Auch können bestimmte Tätigkeiten mit außergewöhnlichen Unfall- oder Gesundheitsgefährdungen für den Ausübenden selbst oder für Dritte verbunden sein. Arbeitsmedizinische Vorsorge dient sowohl der Individualprävention und der Beweissicherung für den einzelnen als auch der Verbesserung des Gesundheitsschutzes aller Arbeitnehmer. Vorrangig sollen die Versicherten über Gesundheitsrisiken aufgeklärt und beraten werden. Beeinträchtigungen der Gesundheit sollen verhindert oder frühzeitig erkannt werden, um ihren Auswirkungen zu begegnen. Mit Hilfe der arbeitsmedizinischen Vorsorge und ihrer Auswertung sollen Erkenntnisse über die Ursachen arbeitsbedingter Erkrankungen gewonnen werden. Dies soll zu einer Verbesserung der Arbeitsbedingungen führen. Darüber hinaus erleichtert die arbeitsmedizinische Vorsorge in Falle eines Berufskrankheitenverfahrens die Beweissicherung vor allem bei Erkrankungen mit langen Latenzzeiten. Die Berufsgenossenschaften und sonstige Träger der gesetzlichen Unfallversicherung haben mit der Unfallverhütungsvorschrift "Arbeitsmedizinische Vorsorge" und mit den Berufsgenossenschaftlichen Grundsätzen für arbeitsmedizinische Vorsorgeuntersuchungen wirkungsvolle Instrumente geschaffen, um das berufliche Risiko für die Gesundheit des einzelnen so gering wie möglich zu halten. Die Verantwortung für den Gesundheitsschutz am Arbeitsplatz liegt beim Unternehmer, der bei der Erfüllung dieser Aufgabe sowohl berufsgenossenschaftliche als auch staatliche Vorschriften zu beachten hat.

2.2.5 Zusätzliche sicherheitsrelevante Maßnahmen

M. Creutzmann, K. Umstadt, W. Winkelmann

Neben den routinemäßigen oder auf Anforderung durchgeführten Betriebsbegehungen und Arbeitsplatzüberwachungen wurden im Jahr 1995 aufgrund besonderer Vorhaben

und Änderungen der behördlicher Auflagen bzw. der gesetzlichen und berufsgenossenschaftlichen Vorgaben zusätzliche sicherheitsrelevante Schwerpunktaktionen durchgeführt.

- Ein Ausschuß beschäftigte sich mit der Überarbeitung der bisher bestehenden Schutzkleiderordnung. Veränderte Aufgabenstellungen innerhalb des Forschungszentrums, Neuerungen in den Regelwerken, modernere Angebote für persönliche Schutzausrüstung und Änderungen in Hinsicht auf die Europäische Gemeinschaft machen die Aktualisierung der bisherigen Schutzkleiderordnung notwendig. Der Ausschuß setzt sich aus Mitarbeitern des Betriebes, der Medizinischen Abteilung, des Einkaufs, des Strahlenschutzes und des Arbeitsschutzes zusammen.

Im Berichtsjahr wurde die von den Berufsgenossenschaften geforderte Gefährdungsanalyse im Bereich des Fußschutzes abgeschlossen. Daran anschließend wurden Trageversuche mit verschiedenen Schutzschuhen durchgeführt. Die Testpersonen bekamen die Möglichkeit, ihre Erfahrungen mit den getesteten Schuhen in Form einer Bewertung dem Ausschuß mitzuteilen. Es wurden Schutzschuhe der Schutzklassen S1, S2 und S3 ausgewählt. Die von den Mitarbeitern am besten beurteilten Schuhe wurden beschafft und sind seit Jahresmitte ab Lager erhältlich.

Nach Abschluß des Themenbereichs "Fußschutz" wurde mit der Auswahl und Beschaffung geeigneter Schutzkleidung begonnen. Gegen Ende des Berichtsjahres wurde Schutzkleidung zum Probetragen an ausgewählte Mitarbeiter ausgegeben.

- Die Absicherung der Lichtkuppeln auf den begehbaren Dächern und den ebenerdigen Abwassersammelstationen des Forschungszentrums wurde im Jahre 1995 abgeschlossen.

Die Aufstiege zu den Dächern wurden mit Leiterabsperrelementen vor unbefugtem Zutritt gesichert. Die Handhabung der Schließfunktion erfolgt über einen Verschlusszapfen mit Kernmaß 15 cm x 15 cm in Anpassung an den genormten Überflurhydrantenschlüssel der Feuerwehr. Neben der Feuerwehr befindet sich ein weiterer Schlüssel bei dem jeweiligen Betriebsbeauftragten.

- Nach den Richtlinien für Laboratorien müssen Abzüge mit Eingriffsöffnungen ausgerüstet sein. Bei der Überprüfung der im Zentrum vorhandenen ca. 150 Abzüge stellte sich heraus, daß ein Teil der vorhandenen Abzüge nicht der DIN 12924 (keine Eingriffsöffnungen) entsprach. Im Absprache mit dem Technischen Aufsichtsbeamten des Badischen Gemeindeunfallversicherungsverbandes wurde folgendes Vorgehen abgesprochen: Abzüge, in denen mit brennbaren und/oder ätzenden Gefahrstoffen oder Gasen umgegangen wird und aufgrund der Tätigkeit ein Schließen des Frontschiebers nicht möglich ist, mußten bis zum Ende des Jahres 1995 mit entsprechenden Eingriffsöffnungen nachgerüstet werden bzw. durch neue Abzüge ersetzt werden.
- Für die Errichtung einer Versuchsanlage zur thermischen Entsorgung spezieller Abfälle (Sondermüllverbrennung) war innerhalb des immissionsschutzrechtlichen Genehmigungsverfahrens der Antrag für den Arbeitsschutz zu bearbeiten.

In dieser Antragsunterlage "Arbeitsschutz" sind der Personaleinsatz mit Dauer und eventuellen Arbeitsplatzbelastungen, die Sozial-, Sanitär- und Sanitätseinrichtungen und die Ausstattung der Arbeitsräume hinsichtlich der Arbeitsstättenverordnung zu beschreiben, der Umgang und die Lagerung von Gefahrstoffen, die Lager- und Füllstellen für brennbare Flüssigkeiten zu bearbeiten sowie Druckbehälter und Rohrleitungen aufzulisten, die nach Druckbehälterverordnung durch Sachverständige zu prüfen sind.

Die Beschaffung der geforderten Daten ist für eine noch in der Planungsphase befindliche Anlage schwierig, gibt allerdings einem Sicherheitsingenieur die Chance,

die Arbeitsschutzbelange schon im Anfangsstadium einzubringen, um seiner Aufgabe nach dem Arbeitssicherheitsgesetz gerecht zu werden.

Diese Versuchsanlage soll in einem bereits vorhandenen Gebäude des Forschungszentrums errichtet werden, so daß gleichzeitig eine Nutzungsänderung nach dem Baurecht notwendig sein wird. Die Analyse nach der Arbeitsstättenverordnung ergab für die vorhandenen Räumlichkeiten einige wenige bauliche Änderungserfordernisse.

2.2.6 Aus- und Fortbildung

K. Umstadt

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

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.

Die Fachkräfte für Arbeitssicherheit sind gemäß § 5 des Arbeitssicherheitsgesetzes verpflichtet, jederzeit über die sicherheitstechnische Fachkunde zu verfügen, die zur Erfüllung der ihnen übertragenen Aufgaben erforderlich ist. Im Berichtsjahr wurden hierzu Seminare, Fortbildungsveranstaltungen und Ausstellungen bzw. Kongresse besucht.

2.2.7 Arbeitsschutzausschuß

K. Umstadt

Nach § 11 des Arbeitssicherheitsgesetzes hat der Arbeitgeber in Betrieben, in denen Betriebsärzte oder Fachkräfte für Arbeitssicherheit bestellt sind, einen Arbeitsschutzausschuß zu bilden. Die personelle Zusammensetzung und die Aufgaben des Arbeitsschutzausschusses sind im Arbeitssicherheitsgesetz geregelt. Unter Berücksichtigung der jeweiligen betrieblichen Gegebenheiten sollen u. a. Empfehlungen für betriebliche Sicherheitsprogramme erarbeitet werden.

In den Sitzungen des Arbeitsschutzausschusses im Jahre 1995 wurden neben zahlreichen Einzelfragen aktuelle Themen behandelt. Schwerpunkte hierbei waren:

- Überarbeitung der Schutzkleiderordnung: Hier konnte die Erprobung von Schutzschuhen abgeschlossen werden. Dem Arbeitgeber wurde ein Vorschlag zur Auswahl und Beschaffung von Schutzschuhen unterbreitet.
- Sicherheitsbeauftragte im Arbeitsschutzausschuß: Die Berufung von Sicherheitsbeauftragten aus den sicherheitsrelevanten Bereichen des Zentrums in den Arbeitsschutzausschuß hat sich bewährt. In vielen Fällen konnten sie die Probleme, die sich bei der Umsetzung von gesetzlichen bzw. berufsgenossenschaftlichen Auflagen vor Ort ergeben, den anderen Mitgliedern des Arbeitsschutzausschusses erläutern und gemeinsam mit ihnen nach Lösungsmöglichkeiten suchen.

2.3 Bilanzierung radioaktiver Stoffe

W. Burck

2.3.1 Zentrale Buchhaltung zur Erfassung und Meldung von Kernmaterial

Die Rechtsgrundlagen zur Erfassung, Überwachung und Meldung des Kernmaterials ergeben sich aus nationalen und internationalen Abkommen, Gesetzen, Verordnungen und Vorschriften. Von grundlegender praktischer Bedeutung sind im internationalen Bereich die "Besonderen Kontrollbestimmungen" der Kommission der Europäischen Gemeinschaften für die einzelnen Materialbilanzzonen. Aufgrund dieser genannten Bestimmungen ist der Besitz von Kernmaterial von der Beschaffung bis zur Abgabe lückenlos zu erfassen. Bestandsänderungen sind je nach Einzelfall den zu melden an:

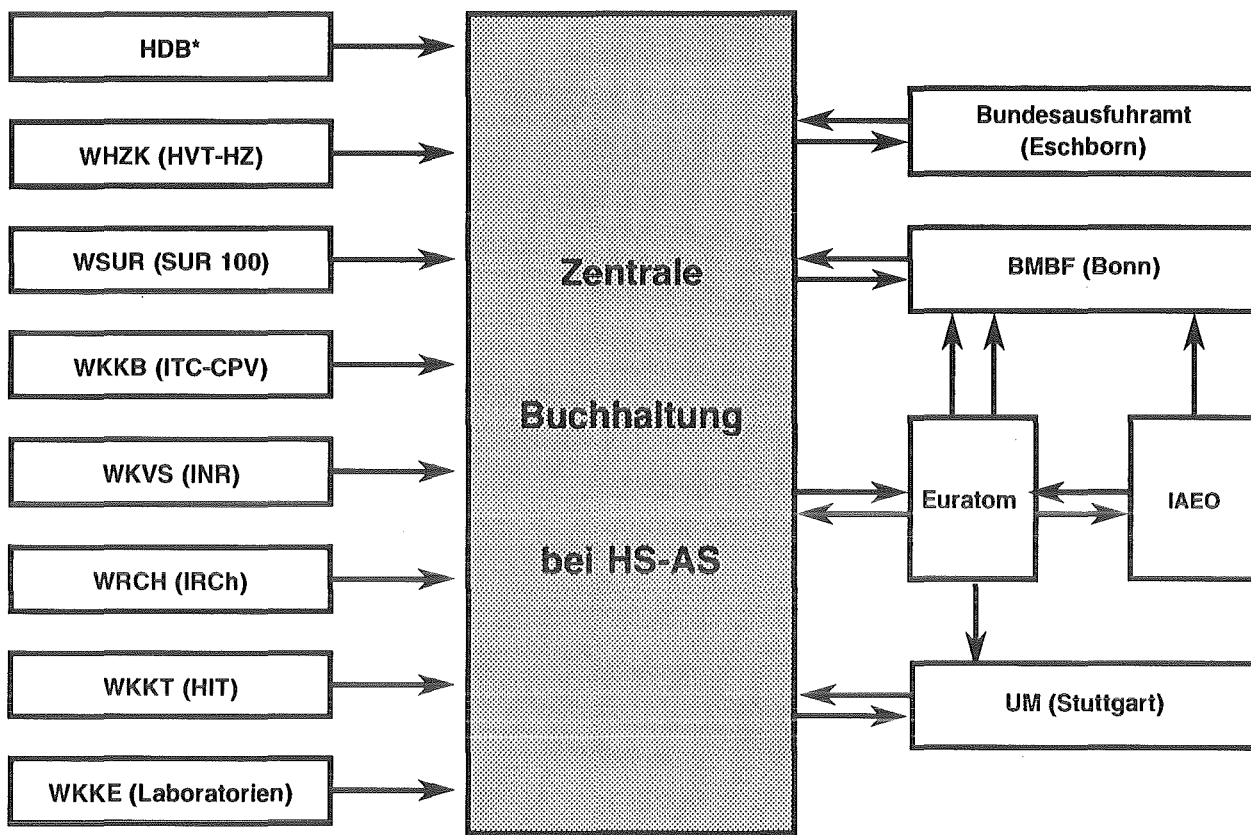
- Euratom,
- Umweltministerium Baden-Württemberg,
- Bundesausfuhramt,
- Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft, Forschung und Technologie,
- Gewerbeaufsichtsamt.

Um Bewegungen innerhalb des Zentrums erfassen zu können, hat Euratom die Einrichtungen in sieben Materialbilanzzonen und in den Bereich Hauptabteilung Dekontaminationsbetriebe aufgeteilt. Die Organisationseinheiten des Forschungszentrums melden monatlich alle Bestands- und Chargenänderungen an die zentrale Buchhaltung der Gruppe Kernmaterialüberwachung. Hier werden die Meldungen anhand von Lieferscheinen geprüft, verbucht und rechnergestützt erfaßt. Auf dieser Grundlage werden dann die monatlichen Bestandsänderungsberichte an die Aufsichtsbehörden erstellt und EDV-gerecht übermittelt. 1995 waren 794 Änderungen zu bearbeiten. Die an der Erfassung und Überwachung des Kernmaterials beteiligten internen und externen Meldeinstanzen und die zugehörigen Meldewege sind als Fließschema in Abb. 2/1 dargestellt.

2.3.2 Aufsicht durch Euratom und IAEA

Im Jahre 1995 haben die Direktion Sicherheitsüberwachung von Euratom, Luxemburg, und die Internationale Atomenergie-Organisation, Wien, im Forschungszentrum Karlsruhe insgesamt zwölf Inspektionen 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 der einzelnen Anlagen am Prüfungsstichtag;
- Aufstellung des realen Bestandes an Kernmaterial, gegliedert nach den einzelnen Schlüsselmeßpunkten und Chargen;
- Inventurlisten der Schlüsselmeßpunkte mit Angabe der einzelnen Positionen;
- Materialbilanzberichte mit den Angaben sämtlicher Bestandsänderungen seit der vorangegangenen Inventur;
- Bestandsänderungsbericht mit Angabe und Berichtigungen der Differenzen zwischen dem Buchbestand und dem realen Bestand an Kernmaterial.



* Die Hauptabteilung Dekontaminationsbetriebe unterliegt der Überwachung von Euratom, ist jedoch nicht als Materialbilanzzone im Sinne der Verordnung (Euratom) Nr. 3227/76 einzustufen.

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

2.3.3 Zentrale Buchhaltung zur Erfassung und Meldung sonstiger radioaktiver Stoffe und Meldung von radioaktivem Abfall

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 möglich ist. Wird hiervon Gebrauch gemacht, so ist der Freistellungsgrund in der Jahresmeldung zu vermerken. Die zur Anfertigung der Jahresmeldung gespeicherten Daten bilden die Grundlage für die Terminüberwachung zu Wiederholungsprüfungen an umschlossenen radioaktiven Stoffen, die für das Forschungszentrum zentral durch HS-AS durchgeführt wird. Die Wiederholungsprüfungen selbst werden durch HS-St entsprechend der erteilten Genehmigung durchgeführt. Die Anzahl der erfaßten umschlossenen radioaktiven Stoffe, aufgeschlüsselt nach prüfpflichtigen und nicht prüfpflichtigen, zeigt Tab. 2/4.

Aufgrund der sich aus § 78 der StrlSchV und aus behördlichen Auflagen ergebenden Buchführungs- und Anzeigepflichten muß das Forschungszentrum in bestimmten Zeitintervallen den zuständigen Behörden Gewinnung, Erzeugung, Erwerb und sonstigen Verbleib von radioaktiven Stoffen anzeigen. 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.

Erfaßte Strahler/Präparate	570
prüfpflichtig	95
nicht prüfpflichtig nach Richtlinie	
Ziffer 6.2.1	434
Ziffer 6.2.2	35
Ziffer 6.2.3	5
Ziffer 6.2.4	1

Tab. 2/4: Anzahl der anzeigepflichtigen, umschlossenen radioaktiven Stoffe im Forschungszentrum Karlsruhe (Stand: 31.12.1995)

Im Berichtsjahr wurde die Bearbeitung, Prüfung und zum Teil rechnergestützte Erfassung von 2 245 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.

Art der Berichte	Anzahl der Berichte und Berichtsempfänger			
	Euratom	Umweltministerium	Gewerbeaufsichtsamt	gesamt
Monatsberichte				
- Erwerb, Erzeugung und Abgabe			12	12
- Bestand an Schwerwasser	12			12
- Bestände an radioaktivem Abfall und Auslastung von Genehmigungen		12		12
- Erwerb und Abgabe von Tritium kanadischen Ursprungs	12			12
Quartalsberichte				
- Bestände u. Bestandsänderungen an radioaktivem Abfall	4			4
Halbjahresberichte				
- Erzeugung radioaktiver Stoffe		2	2	4
Jahresberichte				
- Bestand an offenen radioaktiven Stoffen		1	1	2
- Bestand an umschlossenen radioaktiven Stoffen		1	1	2
- Bestand an Schwerwasser		1	1	2
- Bestand an Tritium kanadischen Ursprungs	1	1	1	3
- Zugang und Bestand an radioaktivem Abfall		1	1	2
gesamt	29	19	19	67

Tab. 2/5: Umfang der Berichterstattung 1995

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 Organisationseinheiten sind verpflichtet, die Buchwerte an radioaktiven Stoffen den genehmigten Werten gegenüber zu stellen und HS-AS mitzuteilen. 1995 wurden insgesamt 344 Meldungen mit den bei HS-AS gespeicherten Daten einer Plausibilitätsprüfung unterzogen. Es konnten keine Überschreitungen festgestellt werden.

2.3.5 Überwachung der Einhaltung von Grenzwerten für "gemessenen Abfall"

Neben den Bestandsänderungen des Kernmaterials wird auch für alle Materialbilanzonen die gemessene oder aufgrund von Messungen abgeschätzte Menge an Kernmaterialabfall, der sog. „gemessene Abfall“, überwacht und dokumentiert. Dazu sind in den "Besonderen Kontrollbestimmungen" von Euratom für die einzelnen Materialbilanzonen des Forschungszentrums Monats- und Jahresgrenzwerte für den gemessenen Abfall festgelegt. Bis zu diesen Grenzwerten darf Kernmaterialabfall in nicht rückgewinnbarer Form an das Abfallager des Forschungszentrums abgegeben werden. Die Materialbilanzonen werden monatlich mittels eines Listenausdrucks über die jeweilige Inanspruchnahme ihres genehmigten Abgabekontingents informiert.

2.3.6 Erfassung von Kernmaterialtransporten und Hilfestellung bei Planung und Abwicklung

Zu den Aufgaben der Gruppe Kernmaterialüberwachung gehört auch die buchmäßige Überwachung von Kernmaterialtransporten und Hilfestellung bei Planung und Abwicklung. Alle externen Transporte des Forschungszentrums Karlsruhe werden bei der Einfahrt in das oder der Ausfahrt aus dem Zentrum der zentralen Buchhaltung bei HS-AS gemeldet. Die Zahl der 1995 erfaßten Kernmaterialbewegungen zeigt Tab. 2/6.

Materialkategorie	intern	extern
Natururan	9	1
angereichertes Uran	261	2
Thorium	3	-
abgereichertes Uran	1	1
Plutonium	258	-
gesamt	532	4

Tab. 2/6: Anzahl der Kernmaterialbewegungen 1995

Grundlage dieser Erfassung sind 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 bestehen, und zudem kann das jeweilige Versandgut gleichzeitig Kernmaterial verschiedener Kategorien enthalten.

2.3.7 Tritiumbilanzierung für Fusionsanlagen

G. Spannagel

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

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

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

2.4 Einsatzleitung und Einsatzplanung

W. Burck

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

2.4.1 Aufgaben

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

- Umsetzen, Aktualisieren und Kontrollieren der einsatzspezifischen Unterlagen (Alarmplan, allgemeine Sicherheitsregelung und Melderegulung des Forschungszentrums; Alarmpläne der Fremdinstitutionen),
- Betreuen und Ausbilden der Einsatztrupps des Forschungszentrums,
- Aus- und Weiterbildung der Einsatzleiter vom Dienst,
- Aktualisieren der Einsatzpläne und Pflege der einsatzspezifischen Software,
- Aktualisieren und Kontrollieren der Brandbekämpfungspläne und der Anschlußpläne.

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 von 24 Stunden ständig auf dem Gelände des Forschungszentrums auf. Dabei ist sichergestellt, daß er jederzeit erreicht werden kann. Der EvD übernimmt im Alarmfall die Einsatzleitung. Der EvD ist verantwortlich für die Durchführung aller Maßnahmen, die bei drohender Gefahr, Personenschäden, Brandunfällen, Strahlenunfällen oder sonstigen Schadensfällen zur Hilfeleistung und zur Wiederherstellung der technischen Sicherheit ergriffen werden müssen.

2.4.2 Statistik und Analyse der EvD-Einsätze

1995 gingen in der Alarmzentrale des Forschungszentrums eine Vielzahl von Meldungen ein. Hiervon erforderten 223 Meldungen einen Einsatz des EvD, um die Wiederherstellung der technischen Sicherheit zu erreichen. In allen Fällen konnten die Einsatzkräfte des Forschungszentrums durch rasches und zielgerichtetes Handeln die Auswirkungen der Störungen auf ein Mindestmaß begrenzen. Tabelle 2/7 zeigt eine Aufschlüsselung der Einsätze.

Die Ursachen für die EvD-Einsätze waren im Schwerpunkt: technische Hilfe 84, Feueralarme 79 (davon 61 Fehlalarme) und Wasserstörungen 40.

Jahr	1990	1991	1992	1993	1994	1995
Anzahl der Einsätze	219	177	235	210	183	223
Gesamteinsatzzeit in Stunden *	122	115	172	151	146	167
Mittlere Einsatzdauer in Stunden	0,6	0,6	0,7	0,7	0,5	0,5
Anzahl der Einsätze während der Regelarbeitszeit	93	103	100	75	66	71
Anzahl der Einsätze außerhalb der normalen Arbeitszeit	126	74	135	135	117	152
Alarmübungen	11	9	10	8	8	8

* Bei der Gesamteinsatzzeit wurde nur die Zeit berücksichtigt, in der sich der EvD tatsächlich außerhalb seiner Diensträume befand. Zeiten für die Nachbereitung der Einsätze sind nicht enthalten.

Tab. 2/7: Einsätze der Einsatzleiter vom Dienst, 1990 bis 1995

Einsatzschwerpunkt "Technische Hilfe": Unter dem Sammelbegriff "Technische Hilfe" fallen alle Maßnahmen, die im weitesten Sinn zur Wiederherstellung der technischen Sicherheit dienen. Hierzu gehören insbesondere Hilfemaßnahmen bei der Behebung von technischen Störungen an Lüftungs- und Klimaanlage, Heizungsanlagen, Kühlanlagen, Abwasser- und Auffanganlagen, Medienversorgungsanlagen, Experimentiereinrichtungen, Überwachungs- und Warnanlagen, Freisetzung von Chemikalien, Sturm- und Wasserschäden, Verkehrs- und Arbeitsunfälle.

Einsatzschwerpunkt "Wasserstörung": Hier wurden Einsätze eingestuft, bei denen es zum Auslaufen von Wasser kam. Bei mehr als der Hälfte der Einsätze waren die Ursachen Undichtigkeiten in Rohrleitungssystemen. Weiterhin führten nicht ordnungsgemäß befestigte Schläuche an Versuchsständen zu Wasserstörungen.

2.5 Betriebsbeauftragte im Umweltschutz

K. Dettmer, B. Mandl

Die Gruppe "Zentrale Beauftragte im Umweltschutz" setzt sich zusammen aus dem Gefahrgut- und Abfallbeauftragten und dem Gewässerschutz- und Immissionsschutzbeauftragten. Die organisatorische Einbindung gewährleistet optimale Voraussetzungen zur Erfüllung der rechtlichen Anforderungen und zur Wahrnehmung der Aufgaben der Betriebsbeauftragten. Diese umfassen im wesentlichen Überwachung und Kontrolle, Beratung, Information und Dokumentation. Durch das Ineinandergreifen der Rechtsgebiete hat sich die Konzentration auf eine Arbeitsgruppe mit kurzen Informationswegen als vorteilhaft erwiesen. Zusätzlich zu den Beauftragtenfunktionen sind in der Gruppe die Bereiche Chemikalienrecht, Umsetzung der Gefahrstoffverordnung und die Überwachung der wiederkehrenden Prüfungen angesiedelt.

2.5.1 Wiederkehrende Prüfungen

K. Dettmer

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

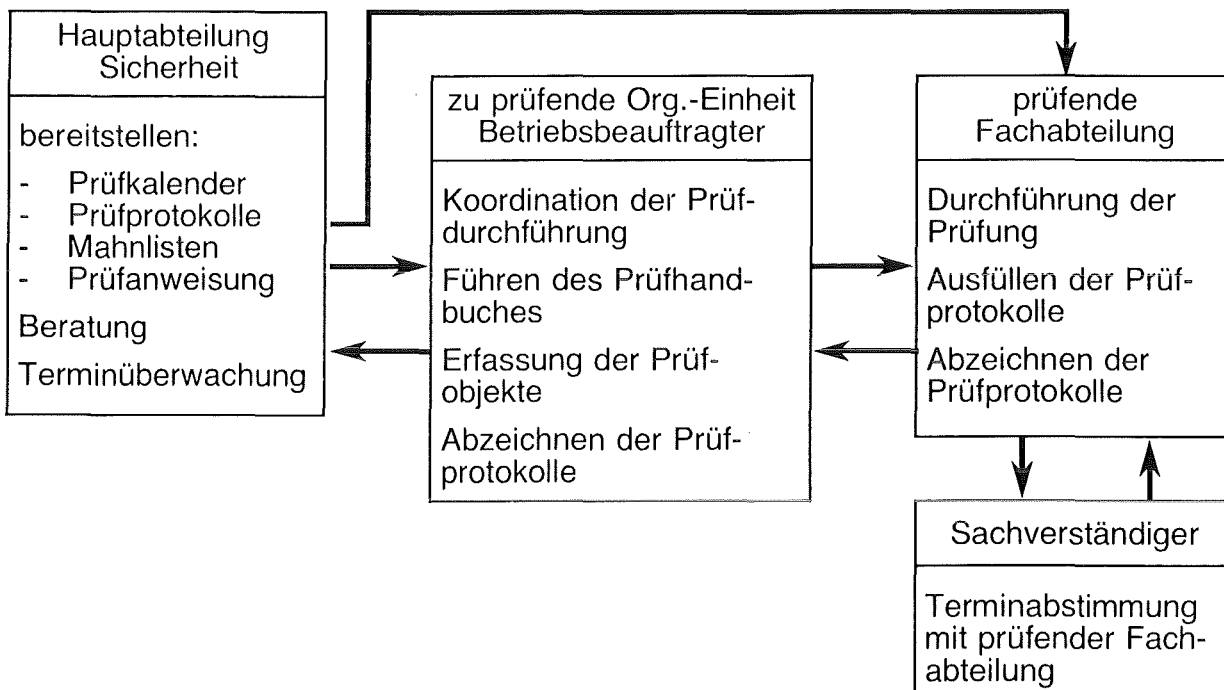


Abb. 2/2: Wiederkehrende Prüfungen, Aufgabenverteilung und Informationsfluß

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

Zur Terminierung und Dokumentation der Prüfungen werden Prüfprotokolle erstellt und an die verantwortlichen Organisationseinheiten oder die prüfenden Fachabteilungen ver-

schickt. Diese erhalten außerdem jährlich Prüflisten/Prüfkalender. Mahnlisten werden bei Bedarf monatlich verschickt.

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

Um die Gefahr von Fehlern und Datenverlusten zu reduzieren, die bei der manuellen Dateneingabe in das System und der Weitergabe von Daten über den Postweg besteht, wurde im Berichtsjahr eine Neukonzeption für die Übermittlung von Daten umgesetzt. Diese basiert auf einer Erweiterung des vorhandenen Erfassungsprogramms. Ein Teil der Betriebsbeauftragten des Zentrums wurde in die Lage versetzt, über Netzwerk auf die ihrer Organisationseinheit zugehörigen Daten zuzugreifen, diese selbständig zu pflegen und die Terminerfassung selbständig durchzuführen. Alle relevanten Informationen können vor Ort eingesehen und ausgewertet werden.

Durch die Entwicklung einer Paßworthierarchie konnte gewährleistet werden, daß Betriebsbeauftragte ausschließlich und eindeutig auf die ihnen zugeordneten Datensätze zugreifen können. Es besteht außerdem die Möglichkeit, daß die Hauptabteilung Betriebstechnik als prüfende Fachabteilung auf alle ihr in der HS-AS-Datenbank zugeordneten Objekte zugreifen und diese mit dem Wartungsplansystem abstimmen kann. Darüber hinaus wurden mit Hilfe des Erfassungsprogramms folgende Punkte realisiert:

- Prüftermine werden, verknüpft mit dem Prüfobjekt, dokumentiert; alle durchgeführten Prüfungen lassen sich zurückverfolgen.
- Die Zahl der Felder, die bei einem Prüfobjekt mitgeführt werden, wurde erheblich erweitert, so daß jede Organisationseinheit in der Lage ist, mit ihrer spezifischen Objektkennung die entsprechenden Daten wiederzufinden.
- Prüflisten und Prüfkalender wurden zu einem gemeinsamen Formular zusammengeführt, das den Betriebsbeauftragten eine Übersicht über alle Objekteigenschaften und Termine bietet.
- Die Handhabbarkeit von Listen und Protokollen wurde durch verbesserte Selektierkriterien erleichtert.
- Werden mehrere Prüfobjekte auf einem Protokoll dokumentiert, können nach den Wünschen und Vorgaben der Organisationseinheiten zusätzliche Angaben auf dem Prüfprotokoll gemacht werden, die eine genaue Bezeichnung und Zuordnung der Einzelobjekte ermöglichen.
- In einem Modellversuch wurden zwölf dezentrale Zugriffsmöglichkeiten auf die HS-AS-Datenbank geschaffen und der elektronische Datenabgleich für die entsprechenden Organisationseinheiten erfolgreich getestet.

Im Berichtszeitraum wurden von der prüfenden Fachabteilung alle Prüfbücher an die einzelnen Organisationseinheiten zu Händen der Betriebsbeauftragten weitergegeben. Im Rahmen dieser Aktion wurde unter der Beteiligung des TÜV Südwest ein kompletter Neuabgleich des Sachgebiets "Drucktechnische Einrichtungen" durchgeführt und sämtliche Prüfunterlagen innerhalb der Organisationseinheiten auf den neuesten Stand gebracht.

2.5.2 Stoffströme im Forschungszentrum Karlsruhe

K. Dettmer

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

- Die Verbesserung der Arbeitsplatzergonomie der Software, die in der Netzwerkversion zentrumsweit eingesetzt werden soll.
- Die Erprobung des Arbeitsaufwands für eine zentrale Stelle zur Wartung und Pflege der Datenbank und für Aufgaben, die bei der zentrumsweiten Einführung und Nutzung des Gefahrstofffassungssystems anfallen werden.
- Die Schaffung eines dezentralen Zugriffs auf Sicherheitsdaten von Stoffen, die im Zentrum vorhanden sind, zur Erstellung von Betriebsanweisungen vor Ort.

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

2.5.3 Gefahrguttransporte

B. Mandl

Der Gesetzgeber hat in den letzten Jahren weitere Maßnahmen getroffen, um den Transport gefährlicher Güter sicherer zu machen. Zum 01.01.1995 trat für grenzüberschreitende Transporte die 12. Änderungsverordnung zum ADR in Kraft. Im Dezember 1995 wurde die 5. Änderungsverordnung zur GGVS, die 5. Änderungsverordnung zur GGVE und Neufassung der GGVE und die 2. Verordnung zur Änderung der Gefahrgutausnahmeverordnung verkündet. Alle Änderungen erfordern erhebliche Umstellungen für den Gefahrguttransport des Forschungszentrums. Dies betrifft insbesondere die Zuordnung von Gefahrgütern, die Kennzeichnung und Bezettelung der Verpackungen und die Erstellung der Beförderungspapiere im konventionellen Bereich.

Für den Umschlag radioaktiver Gefahrgüter wurde bei HDB die "Isotopenstelle" eingerichtet. Eine Ausnahme von dieser Regelung sind die Transporte von Radionukliden für die nuklearmedizinische Diagnostik der Hauptabteilung Zyklotron, die weiterhin von dort aus direkt durchgeführt werden.

Im Bereich des Transports konventioneller Gefahrgüter wurden die Transporte über die Hauptabteilung Einkauf und Materialwirtschaft und die Abteilung Konventionelle Entsorgung abgewickelt. Die Änderungen im Gefahrgutrecht haben sich gerade hier am deutlichsten niedergeschlagen. Sie betreffen insbesondere die Zuordnung zu einer Gefahrenklasse, das Beförderungspapier, die Wahrnehmung der Pflichten der am Gefahrguttransport Beteiligten und die Kleinmengen (Freistellung von den Anforderungen der GGVS).

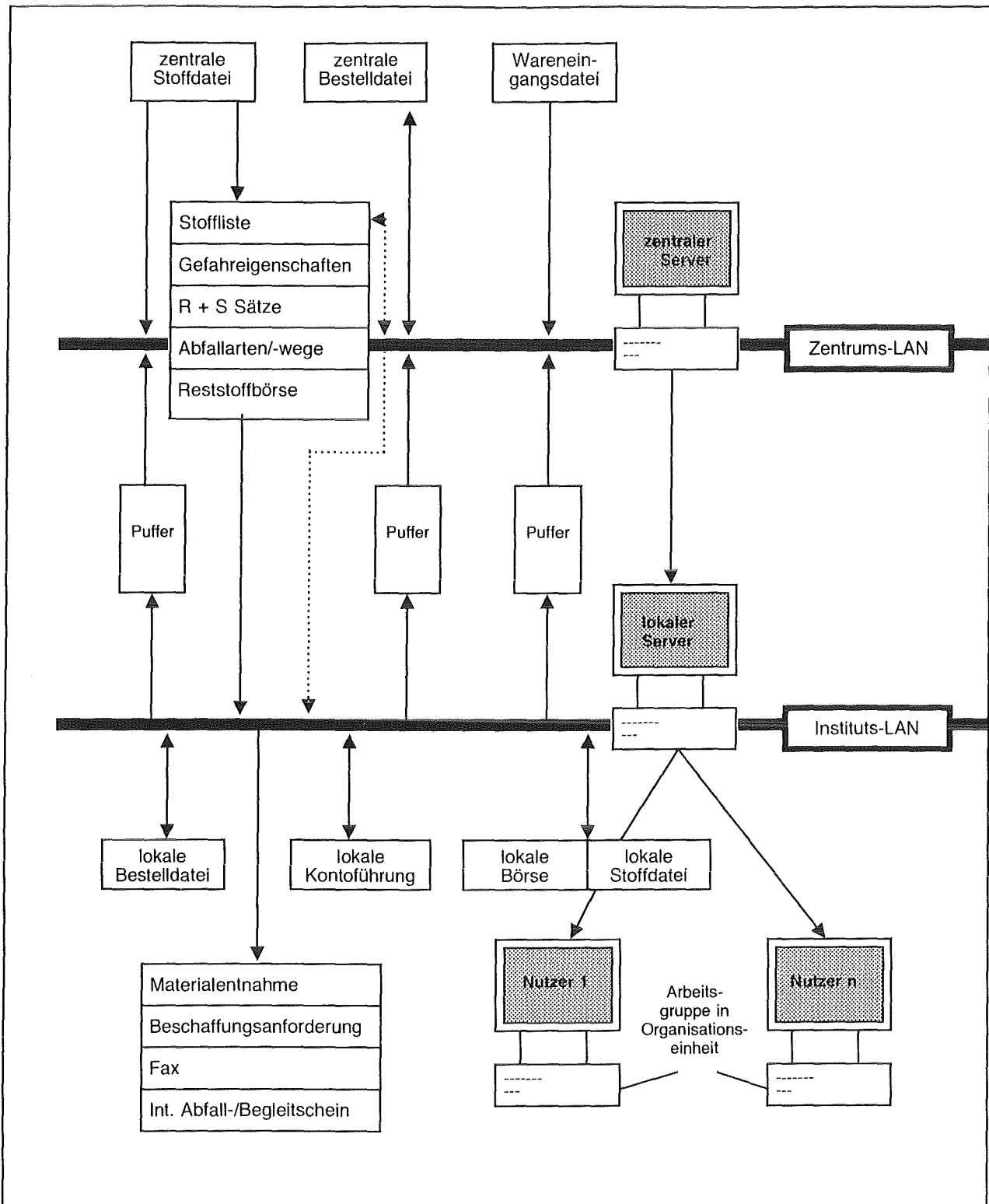


Abb. 2/3: Netzwerkversion des Gefahrstofferrfassungsprogramms aus Best-Chem

Der Schwerpunkt bei der Überwachung und Kontrolle, der Information und Beratung lag bei diesen Punkten. Insbesondere bei den Kleinmengen wird in der Regel nicht erkannt, daß es sich dennoch um einen Gefahrguttransport handelt, der aber in einigen Fällen mit Erleichterungen verbunden ist. Insgesamt konnte die Problematik solcher Gefahrguttransporte in Besprechungen, Informationsveranstaltungen bei den betroffenen Abteilungen den verantwortlichen Mitarbeitern vermittelt werden. Bei der Kontrolle von Gefahr-

guttransporten konnten mit den Mitarbeitern vor Ort individuelle Fragen und Probleme diskutiert und gelöst werden. Dabei lag der Schwerpunkt immer wieder bei den Änderungen und den Anforderungen, die bei der Abwicklung von besonderer Bedeutung sind, wie z. B. das Beförderungspapier mit seinen notwendigen Eintragungen (Verladerpflichten), schriftliche Weisungen (Unfallmerkblätter), Verpackungen und deren Kennzeichnung und die Fahrzeugkennzeichnung.

2.5.4 Abfallwirtschaft

B. Mandl

Die Konzeption der Abfallwirtschaft und der damit verbundene Abrufrahmenvertrag mit einer Entsorgungsfirma für bestimmte Entsorgungstätigkeiten haben sich bewährt. Die stetig ansteigenden Anforderungen im Bereich der Abfallentsorgung haben dazu geführt, daß ein neues betriebliches Entsorgungskonzept für das Forschungszentrum erarbeitet wurde. Wesentlicher Punkt ist die Einrichtung einer Abfallwirtschaftszentrale und die Konzentration aller Tätigkeiten zu Entsorgungsmaßnahmen auf die Abfallwirtschaftszentrale. Intern müssen anfallende Abfall-/Reststoffe nur noch mit dem "Internen Abgabeschein" an die Abfallwirtschaftszentrale abgegeben werden. Diese stellt auch bei Bedarf die Behälter zur Erfassung zur Verfügung. Die gesamte Disposition der Entsorgung erfolgt nur noch über die Abfallwirtschaftszentrale.

Zielsetzung ist, anfallende Abfälle weitgehend einer Verwertung zuzuführen. Durch konsequente Sortierung und intensive Suche nach Verwertungsmöglichkeiten wurden neue Verwerterwege aufgetan. Die externe Entsorgungssituation hat dazu geführt, daß insbesondere im Bereich der Verbrennung Überkapazitäten bestehen, die zu sinkenden Entsorgungsgebühren für brennbare Sonderabfälle führten. Dagegen bringt die neue Andienungsverordnung des Landes Baden-Württemberg einen zusätzlichen Verwaltungsaufwand und zusätzliche Verwaltungsgebühren für zu entsorgende Sonderabfälle mit sich. Die Mengen an zur Verwertung abgegebener Wertstoffe sind in Tab. 2/8 zusammengestellt. Die Einzelmengen der entsorgten nachweispflichtigen Abfall-/Reststoffe sind in Tab. 2/9 aufgelistet.

Reststoffe	Menge	Reststoffe	Menge
Altbatterien	366,99 t	Gras- und Sträucherabfälle	41,12 t
Altglas	17,35 t	Holzabfälle	38,22 t
Altpapier	173,27 t	Kabelabfälle	108,10 t
Aluminiumschrott	0,92 t	Kühlschränke	33 Stück
Bauschutt	5 970,11 t	Leuchtstoffröhren	9 506 Stück
Bildschirme	163 Stück	Lithium	0,09 t
Bleisteine	56,98 t	Magnetbänder	3,05 t
Cadmiumbleche	0,43 t	PE-rein	4,64 t
Datenschutzpapier	85,80 t	Sägespäne	5,20 t
Eisenschrott	1 188,66 t	Styroporabfall	518,00 m ³
Elektronikschrott	62,73 t	Tonerkartuschen	1,22 t
Faulschlamm	200,15 t	VA-Schrott	23,84 t
Filmabfall	0,41 t	Wertstoffe aus Gewerbeabfällen	190,92 t

Tab. 2/8: Entsorgte, nicht überwachungsbedürftige Reststoffe 1995

Abfall-/Reststoffart	Abfall- schlüssel- Nr.	Menge
Inhalt von Fettabscheidern	12501	34,45 t
Kesselschlacke	31307	40,00 t
Mineralfaserabfälle	31416	27,74 t
ölverunreinigter Boden	31423	7,68 t
Verbrauchte Ölbinder	31428	1,07 t
Asbestabfälle	31436	5,94 t
Eisenmetallbehältnisse m. schäd. Restinhalten	35106	0,60 t
Ölfilter	35107	0,42 t
Trockenbatterien, Trockenzellen	35325	1,75 t
anorgan. Säuren, Säuregemisch und Beizen	52102	2,05 t
Fixierbäder	52707	0,59 t
Entwickler	52723	0,70 t
sonstige Konzentrate und Halbkonzentrate	52725	15,74 t
Altbestände Pflanzenschutzmittel	53103	0,25 t
Motoren- und Getriebeöle	54112	22,64 t
feste fett- und överschmierte Betriebsmittel	54209	4,18 t
Bohr- und Schleifölemulsionen, Emulsionen	54402	11,01 t
Öl- und Benzinabscheiderinhalte	54702	83,52 t
FCKW, Kälte-, Treib- u. Lösemittel	55205	0,89 t
Lösemittelgemische, halogenhaltig	55220	1,58 t
Ethylenglykole	55303	4,14 t
Lösemittelgemische, halogenfrei	55370	7,62 t
lösemittelhaltige Schlämme, halogenfrei	55402	0,51 t
Ionenaustauscherharze	57124	4,04 t
Kunststoffbehältnisse m. schäd. Restinhalten	57127	2,70 t
Feinchemikalien	59301	0,48 t
Laborchemikalienreste, organisch	59302	3,39 t
Laborchemikalienreste, anorganisch	59303	1,70 t
mit Chemikalien verunreinigte Betriebsmittel	59304	9,12 t
Tenside	59402	1,48 t
Gase in Stahldruckflaschen	59802	0,04 t
Hausmüll	91101	317,69 t
Küchen- und Kantinenabfälle	91202	42,38 t
Baustellenabfälle	91206	211,57 t
Straßenkehrsicht	91501	36,18 t
Faulschlamm	94502	46,22 t

Tab. 2/9: Nachweispflichtige Abfall-/Reststoffe 1995

2.5.4 Immissionsschutz

K. Dettmer

Die Rechte und Pflichten des Immissionsschutzbeauftragten ergeben sich aus dem Bundesimmissionsschutzgesetz (BlmSchG). Seine Aufgaben sind im einzelnen:

- Überwachung der Einhaltung der Vorschriften des Bundesimmissionsschutzgesetzes;
- Hinwirkung auf die Entwicklung und Einführung umweltfreundlicher Verfahren;
- Mitwirkung bei der Entwicklung und Einführung umweltfreundlicher Verfahren sowie bei Genehmigungsverfahren;
- Beratung des Betreibers und der Betriebsangehörigen über die von einer Anlage verursachten schädlichen Umwelteinwirkungen sowie über Einrichtungen und Maßnahmen zu ihrer Verhinderung.

Aus der Sicht des Immissionsschutzes haben die genehmigungsbedürftigen Anlagen die höchste Priorität. Im Berichtszeitraum wurden innerhalb des Zentrums fünf derartige Anlagen, teilweise in mehrere Systeme untergliedert, betrieben. Es handelt sich dabei um das Abfallager, die Verbrennungsanlagen der HDB, die Verbrennungsanlage TAMARA, das Fernheizwerk und das Dampfkesselhaus. Für die drei erstgenannten Anlagen fordert der Gesetzgeber die Bestellung eines Immissionsschutzbeauftragten. Die Tabelle 2/10 zeigt den im Berichtszeitraum vorliegende Genehmigungsstatus der Anlagen.

Anlage	Immissionsschutzbeauftragter zu bestellen gemäß Anhang zur 12. BlmSchV	Immissionsschutzrechtliche Anzeige/Genehmigung
Abfallager	Ziffer 44	Anzeige nach § 67 BlmSchG
Verbrennungsanlagen der HDB	Ziffer 38	Genehmigung nach §§ 4 ff BlmSchG
Verbrennungsanlage TAMARA	Ziffer 38	Genehmigung nach §§ 4 ff BlmSchG
Fernheizwerk		Änderungsgenehmigung nach § 15 BlmSchG
Dampfkesselhaus		Änderungsgenehmigung nach § 15 BlmSchG

Tab. 2/10: Nach BlmSchG genehmigte Anlagen auf dem Gelände des Forschungszentrums

Die Verbrennungsanlagen der HDB gliedern sich in drei Teilsysteme:

- die Schachtofenanlage zur Verbrennung von festen, α -kontaminierten Reststoffen,
- die Schachtofenanlage zur Verbrennung von festen, β -kontaminierten Reststoffen und
- die Lösungsmittelverbrennungsanlage.

Ein ebenfalls nach Bundesimmissionsschutzgesetz genehmigtes Propangaslager ist der Anlage zugeordnet. Im Berichtszeitraum wurden erhebliche Umbaumaßnahmen an den Anlagen durchgeführt. Ziel ist es, mit Beginn des Jahres 1997 nur noch die α -Anlage als einzige der derzeit drei Verbrennungsanlagen zu betreiben und diese vollständig nach den Vorgaben der 17. Verordnung zur Durchführung des Bundesimmissionsschutzgesetzes nachzurüsten. Wesentliche Bestandteile der neuen Anlage werden sein:

- eine neue Nachbrennkammer,
- eine Harnstoffeindüsung zur Verminderung des Stickoxidemissionen,
- ein nachgeschaltetes Aktivkohlefilter, um den Vorgaben zur Einhaltung der Emissionswerte von Dioxinen und Furanen gerecht werden zu können. Letzteres wurde bereits erfolgreich an der β -Anlage getestet und die Einhaltung der Grenzwerte für Dioxine und Furane nachgewiesen.

In der Entwicklung und Planung befindet sich die Versuchsanlage zur Verbrennung von Sonderabfällen, THERESA, für die im Berichtszeitraum der Genehmigungsantrag nach dem Bundesimmissionsschutzgesetz gestellt wurde.

Im Fernheizwerk erfolgte im Berichtszeitraum die Umrüstung der Kessel 1 bis 3 mit neuen Zweistoffbrennern, die sich zum vollautomatischen 72-Stunden-Betrieb der gesamten Anlage eignen.

Zur Erfüllung der gesetzlich vorgeschriebenen Kontrollpflichten wurden, kombiniert mit den Kontrollgängen für den Gewässerschutz, regelmäßige Begehungen der genehmigungsbedürftigen Anlagen durchgeführt. Ein wesentlicher Teil der Begehungen im Berichtszeitraum wurde genutzt, um sich mit den Besonderheiten der Anlagen vor Ort vertraut zu machen. Es wurden Informationen über durchgeführte Änderungen an den Anlagen und über aktuelle Erfahrungen bei deren Betrieb ausgetauscht. Als Grundlage für die Kontrollen wurden die Genehmigungen, die Auflagen und die vorhandenen gutachterlichen Überwachungsprotokolle verwendet. Die gesetzlichen Regelungen, behördlichen Auflagen und die Überwachungseinrichtungen machen eine unkontrollierte Überschreitung von Grenzwerten, die Manipulation von Meßwerterfassungseinrichtungen nahezu unmöglich, so daß hier die betreiber- und behördenseitige Überwachung bereits einen wesentlichen Anteil zur Einhaltung der Vorschriften und Auflagen beiträgt.

2.5.6 Gewässerschutz

K. Dettmer

Dem Gewässerschutzbeauftragten obliegt die Wahrnehmung aller Rechte und Pflichten gemäß dem Wasserhaushaltsgesetz, dem Wassergesetz für Baden-Württemberg, der Eigenkontrollverordnung, anderen Rechtsvorschriften und der Wasserrechtlichen Erlaubnis und Genehmigung des Zentrums. Die Aufgaben ergeben sich aus dem Wasserhaushaltsgesetz und lassen sich im wesentlichen einteilen in:

- Überwachung der Einhaltung von Vorschriften, behördlichen Anordnungen, Bedingungen und Auflagen, Kontrolle der Abwasseranlagen und des Abwassers,
- Hinwirkung auf die Entwicklung und Einführung von innerbetrieblichen Verfahren zur Vermeidung oder Verminderung des Abwasseranfalls,
- Aufklärung und Beratung des Betreibers und der Betriebsangehörigen über die Betrieb verursachten Gewässerbelastungen und möglicher Gewässergefährdungen sowie über die Einrichtungen und Maßnahmen zu ihrer Verhinderung unter Berücksichtigung der wasserrechtlichen Vorschriften.

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

- **Abwassernetze:**
Überwachung von Prüfungen und Wartungs- und Reinigungsarbeiten an den Abwassernetzen. Im Berichtszeitraum wurde mit dem Freispülen und der optischen Kontrolle und Dokumentation des Regenwassernetzes begonnen; die jährliche vorgeschriebene Reinigung des Schmutzwassernetzes wurde ordnungsgemäß durchgeführt.
- Überprüfung von Bau- und Regenentwässerungsgesuchen:**
Überprüfung/Beteiligung an der Planung von Umbaumaßnahmen an den Wasser- netzen, den Hebestationen und an der Kläranlage; Beteiligung an Umwidmungen von Abwassersammelstationen und deren Planung und Durchführung.
- **Einleitung von Abwasser aus Betriebsanlagen:**
Beurteilung der Betriebsabwässer hinsichtlich Verwertbarkeit in der Kläranlage und entsprechende Beurteilung von geplanten Anlagen, Einhaltung von Grenzwerten, Abgabemengen usw.
- **Kontrolle/Überwachung/Hinwirkung/Beratung:**
Kontrolle des Betriebs der Kläranlage und monatliche Gegenzeichnung des Betriebstagebuchs, das gemäß Eigenkontrollverordnung erstellt wird. Kontrolle von Analysen, Abwasserfreigaben und Wartungsarbeiten.
- Beteiligung an Bauvorhaben und Investitionsentscheidungen:**
Der Antrag für die Wiedererlangung der wasserrechtlichen Erlaubnis wurde im Berichtszeitraum entwickelt. Es wurden gemeinsam mit den Betriebsabteilungen Behörden- gespräche über die Randbedingungen zur Antragsstellung und die Neufest- legung von Überwachungswerten, die bei der Ableitung von behandelten Abwäs- sern einzuhalten sind, geführt.
- **Dokumentation:**
Begehungsprotokolle, Monats- und Jahresberichte
- **Wassergefährdende Stoffe:**
Überwachung und Beteiligung an der Planung von Anlagen zur Lagerung, zum Ab- füllen und zum Umschlagen von wassergefährdenden Stoffen; Überprüfung von Baugesuchen und Baugenehmigungen im Hinblick auf den Umgang mit wasserge- gefährdenden Stoffen und wasserrechtliche Abnahmen; Durchführen einer Erhebung von Anlagen im Zentrum, die mit wassergefährdenden Stoffen umgehen im Hin- blick auf die Umsetzung der Verordnung über Anlagen zum Umgang mit wasserge- gefährdenden Stoffen; Planung von Gewässerschutzmaßnahmen an Altanlagen die mit wassergefährdenden Stoffen umgehen im Hinblick auf die Umsetzung der Ver- ordnung über Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen; Überwa- chung von Bau- und Stilllegungsmaßnahmen, Information der Betriebsbeauftragten über gesetzliche Vorgaben; Information von Betriebsbeauftragten und Personen, die an Baumaßnahmen verantwortlich beteiligt sind, Führung des Abwasserordners, ei- ner Informationssammlung über die wasserrechtlichen Belange des Zentrums für die Betriebsbeauftragten: eine komplette Neufassung des Abwasserordners ist für das Folgejahr vorgesehen.

Die beiden Kläranlagen des Zentrums, die Anlage für häusliches Schmutzwasser und die Anlage für Abwasser aus Werkstätten, Labors und technischen Bereichen arbeiteten im vergangenen Jahr problemlos. Alle Ableitungsgrenzwerte konnten ohne Schwierigkeiten eingehalten werden. Bei einer Reihe von Schadstoffen wurde im Vergleich zum Vor- jahr erneut eine Senkung der Frachten erreicht.

2.6 Kontrollstelle WAK

K.-D. Gosslar

Um ihrer Verantwortung bei der Stilllegung der Wiederaufarbeitungsanlage Karlsruhe gerecht zu werden, hat das Forschungszentrum Karlsruhe als Eigentümer und Genehmigungsmitinhaber eine Kontrollstelle eingerichtet, die ihre überwachende Funktion in Wahrnehmung spezifischer Strahlenschutz- und Sicherheitsaufgaben für den Bereich WAK im Rahmen der Sicherheitsorganisation des Forschungszentrums Karlsruhe ausübt. Schwerpunktmäßige Prüfungen haben zum Ziel, Mängel aufzuzeigen und Maßnahmen vorzuschlagen, die zur Erhaltung und Verbesserung der Anlagensicherheit führen.

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;
- 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.

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 der Kontrollstelle zur Verfügung gestellt.

Die stichprobenartigen Prüfungen wurden im Berichtszeitraum fortgeführt. Gegenstand der Auditierung waren:

- Maßnahmen zur Strahlenschutzüberwachung bei Stilllegung,
- Nachweis und Erhalt der Fachkunde bei verändertem Betriebszustand,
- Wiederkehrende Prüfungen,
- Alarmübungen,
- Durchführung der Dokumentation.

Defizite oder Mängel wurden nicht festgestellt.

3 Meßstelle

3.1 Amtliche Personendosimetrie

S. Ugi

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

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

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

Als drittes amtliches Dosimeter wird ein vom uns entwickeltes universelles Albedoneutronendosimeter eingesetzt, dessen bundesweiter Einführung vom Länderausschuß für Atomkernenergie 1986 zugestimmt wurde. Das Neutronendosimeter unter der Bezeichnung KfK-TLD-GD2 (PTB-Zulassungsnummer 6.21-PD-93.09) mit TLD-600 (⁶LiF:Mg,Ti)- und TLD-700 (⁷LiF:Mg,Ti)-Thermolumineszenzdetektoren dient zur Personenüberwachung in Neutronen-Gamma-Mischstrahlungsfeldern. Für spezielle Überwachungsaufgaben können die Albedodosimeter auch mit gammastrahlungsunempfindlichen Kernspürätzdetektoren 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 nicht-amtlichen Dosimeterauswertungen und Meßverfahren angeboten (Tab. 3/1). Nichtamtliche Überwachung basierte in der Regel auf freiwilligen Zusatzmaßnahmen der Kunden, aber auch auf auftragsbedingten Auswertungen.

Zur Umgebungsüberwachung werden sowohl Phosphatglas- als auch Thermolumineszenzdosimeter eingesetzt. Zur Überwachung der Radonkonzentration in der Luft werden passive im Forschungszentrum Karlsruhe entwickelte Radondiffusionskammern (Radondosimeter) mit Kernspürätzdetektoren angeboten. Zusätzlich erfolgt die Bereitstellung von Kernspürdetektoren für Kunden, die die Auswertung der Dosimeter selbst durchführen.

3.1.1 Photolumineszenzdosimetrie

A. Hager, B. Rittinger

Die Anzahl der mit Photolumineszenz-Glasdosimetern überwachten Betriebe erhöhte sich im Berichtszeitraum leicht, wobei die Auswertezahlen gegenüber dem Vorjahr gering zurückgingen (Tab. 3/1). Die Entwicklung der Auswertezahlen in den letzten elf Jahren ist in Abb. 3/1 dargestellt.

amtliche Auswertung	Auswertezahl	Kundenzahl
Phosphatglas-Ganzkörperdosimeter	86 859	94
Thermolumineszenz-Teilkörperdosimeter	24 495	246
Albedo-Neutronen-Ganzkörperdosimeter	11 230	54
nichtamtliche Auswertung		
Phosphatglasdosimeter	3 219	13
Thermolumineszenzdosimeter	1 530	11
Radondosimeter	3 090	36

Tab. 3/1: Serviceleistungen der amtlichen Meßstelle 1995

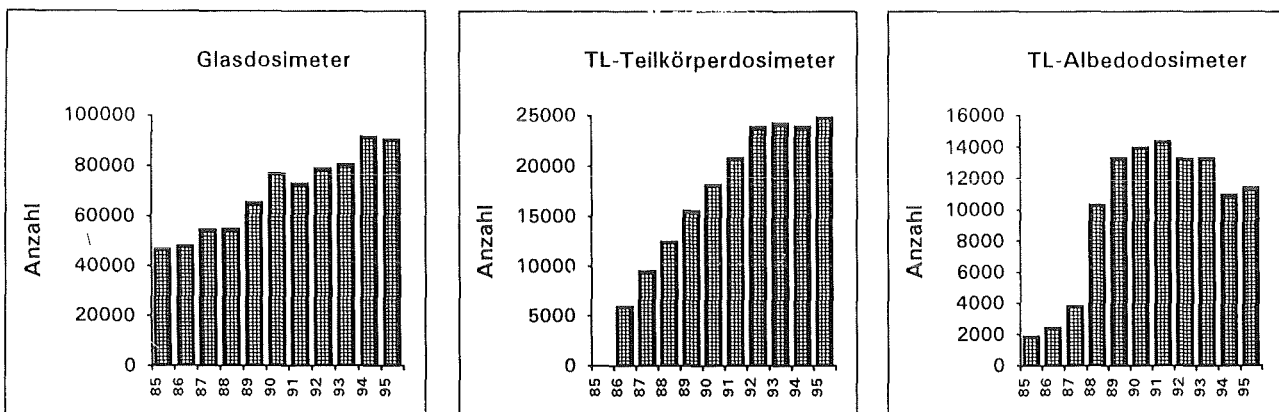


Abb. 3/1: Entwicklung der Auswertezahlen pro Jahr seit 1985

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. 3/2 sichtbaren monatlichen Schwankungen der Auswertezahlen sind zum einen die Folge des Zusammentreffens unterschiedlicher Überwachungszeiträume, zum anderen resultieren sie aus der teilweisen Überlappung der Revisionsphasen in den einzelnen Kraftwerken in der Jahresmitte.

Für das Flachglas liegen nun die Ergebnisse der PTB-Vergleichsbestrahlungen für drei Jahre vor. Wie Abb. 3/3 zeigt, liegen die Ergebnisse im ganzen Dosisbereich sehr gut beim Sollwert. Die beiden Hüllkurven zeigen die nach Eichordnung maximal zulässigen

Meßunsicherheiten an. Innerhalb der Routineüberwachung an Kernkraftwerken wurde eine gute Übereinstimmung der Meßergebnisse des amtlichen Flachglasdosimeters und elektronischer Personendosimeter in Eigenüberwachung erhalten.

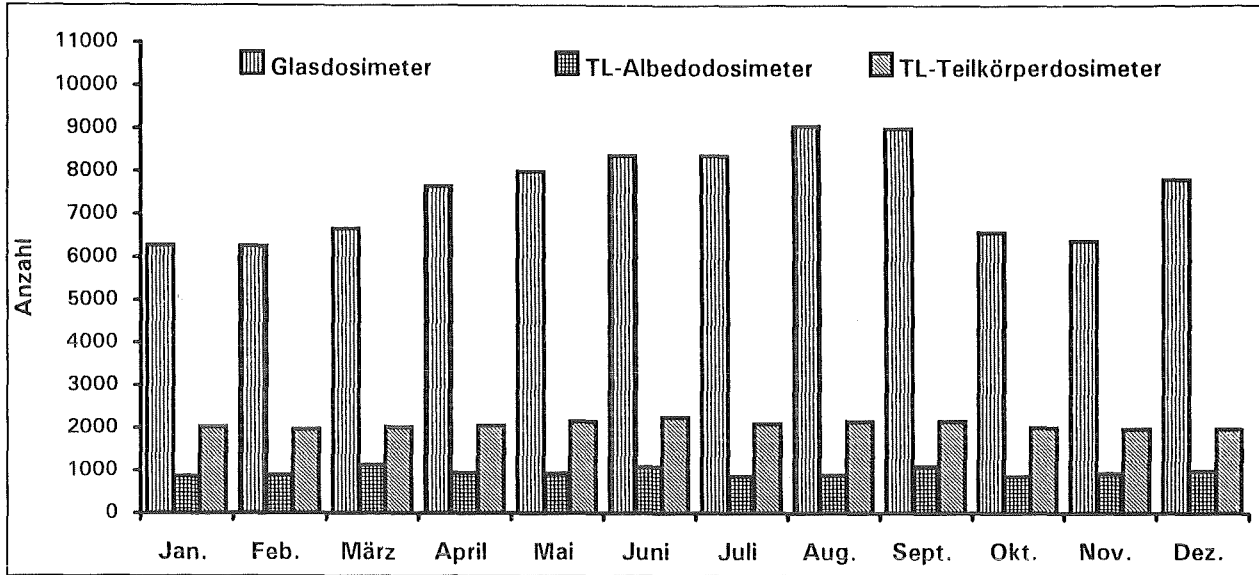


Abb. 3/2: Verlauf der Auswertezahlen pro Monat im Jahr 1995

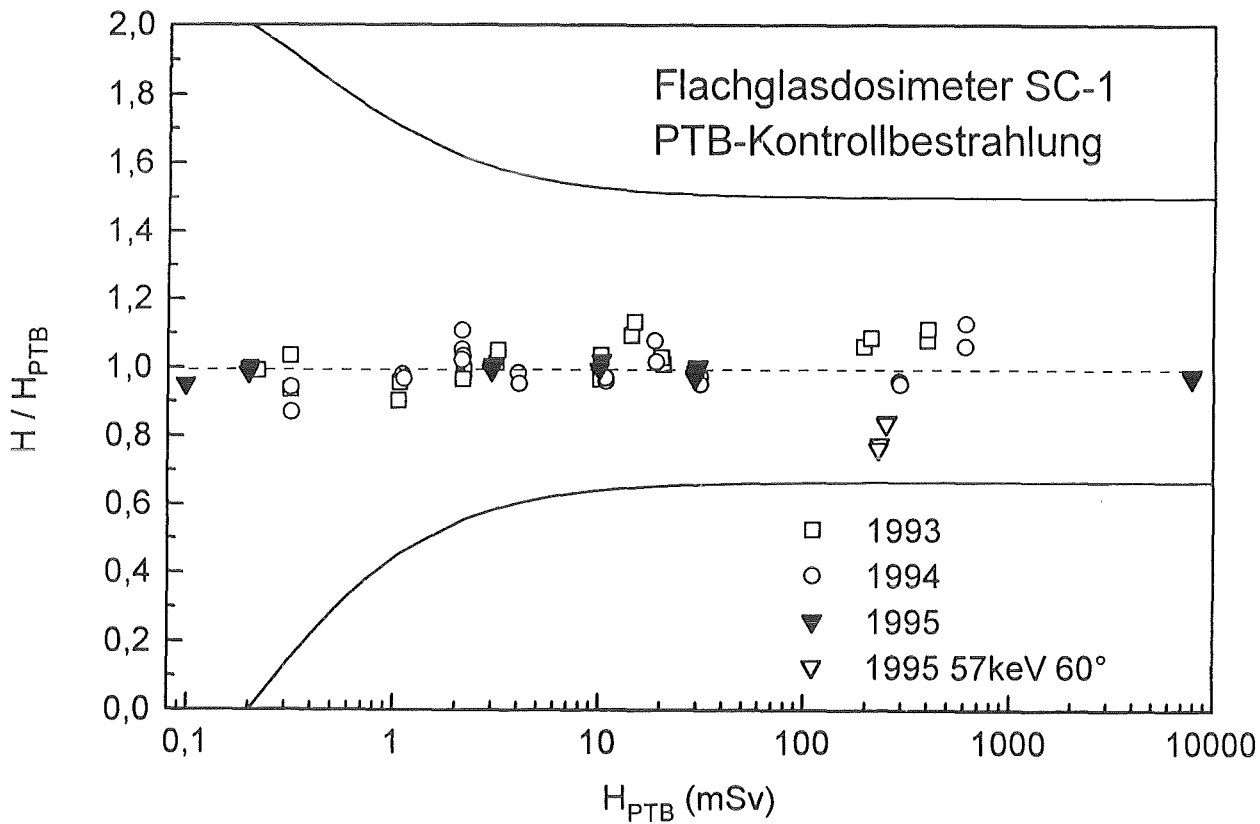


Abb. 3/3: Ergebnisse der PTB-Kontrollbestrahlung von Flachglasdosimetern

3.1.2 Thermolumineszenzdosimetrie

N. Biegard, S. Volk

Die Auswertezahlen der Teilkörperdosimetrie liegen bei 2 000 im Monat. Während der Revisionsphasen in den Kernkraftwerken besteht Bedarf an Teilkörperdosimetern zur Messung von Betastrahlung. Die Meßstelle bietet für diesen Zweck das Fingerringdosimeter bestückt mit zwei TL-Detektoren an. Die Anzahl der automatisch ausgewerteten Albedoneutronendosimeter hat sich bei etwa 1 000 Dosimetern pro Monat eingependelt.

3.2 Sonstige Personen- und Ortsdosimeter

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

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

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

- Thermolumineszenzdosimeter zur Personenüberwachung in Beta-Gamma-Mischstrahlungsfeldern. Es werden neutronenunempfindliche TLD-700 (${}^7\text{LiF:Mg,Ti}$) von 0,9 mm Dicke in einer Kapsel Typ Alnor hinter einer Abdeckung von 30 mg/cm² und 450 mg/cm² verwendet und in einem automatischen Auswertesystem ausgewertet.
- Thermolumineszenzdosimeter zur Umgebungsüberwachung bestehend aus TLD-700-Detektoren in einer Polyäthylenkapsel entsprechend einer Abdeckung von 500 mg/cm².
- 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, α)-Konverter verwendet werden. Mit letzteren läßt sich der Beitrag der natürlichen Neutronenstrahlung bei Expositionszeiten von einigen Monaten nachweisen.
- Thermolumineszenzdosimeter zur Ortsdosismessung im Gray-Dosisbereich. Bevorzugt werden $\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7$ -Detektoren wegen ihrer relativ geringen Supralinearität und Wiederverwendbarkeit nach Hochdosisbestrahlungen eingesetzt.

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

3.3 Hochdosismessungen in Oberflächennähe von radioaktiven Gefäßstützen

B. Burgkhardt, B. Rittinger, A. Schwandner

Im Projekt "Radioaktive Gefäßstützen" der Abteilung Technologietransfer und Marketing werden radioaktive netzartige Röhren (Stents) für die dauerhafte Öffnung von infarktgefährdeten Blutgefäßen entwickelt. Die Kenntnis der Dosisverteilung ist entscheidend für den Erfolg beim medizinischen Einsatz. Messungen in unmittelbarer Umgebung eines "Stent" der Länge 7 mm und des Durchmessers 3 mm sollen die Dosisabschätzungen experimentell abstützen. Für diese Meßaufgabe setzt die Meßstelle LiF-Thermolumineszenzdetektoren in einem Teflonträger der Dicke 50 µm und der Größe 4 mm x 3 mm ein. Die Auswertung erfolgt in einem Gerät mit linearer Widerstandsaufheizung bis 270 °C unter einer Quarzglasabdeckung auf der Heizplatte. Der Integrationsbereich der Glowkurve umfaßt die Fläche von Peak 4 und 5. Die Peakhöhe kann wegen der uneinheitlichen Glowkurvenform nicht herangezogen werden. Eine Zweitauswertung ersetzt die Regenerierung im Ofen. Das individuelle Ansprechvermögen der Detektoren wird berücksichtigt. Die Kalibrierung erfolgt mit Cs-137-Photonen bei 1 Sv. Meßwerte oberhalb dieser Dosis erfordern eine Supralinearitätskorrektur (siehe Abb. 3/4). Aus den Kalibrierbestrahlungen bis 300 Sv wurde eine Meßunsicherheit der Einzelmessung von 8 % entsprechend einem Vertrauensniveau von 92 % abgeschätzt. Dieser Wert enthält keine systematischen Unsicherheiten durch die Energieabhängigkeit der Detektoren. Ein Einfluß der Beleuchtung der Detektoren unter dem Mikroskop, das zur Positionierung im Phantom verwendet wird, konnte nicht gefunden werden. Bei Wiederverwendung der Detektoren nach vorausgegangener Hochdosisbestrahlung ist die dadurch bedingte Erhöhung des Ansprechvermögens (Abb. 3/4) zu korrigieren und der entsprechend höhere Meßfehler zu berücksichtigen. Die Messungen werden fortgesetzt.

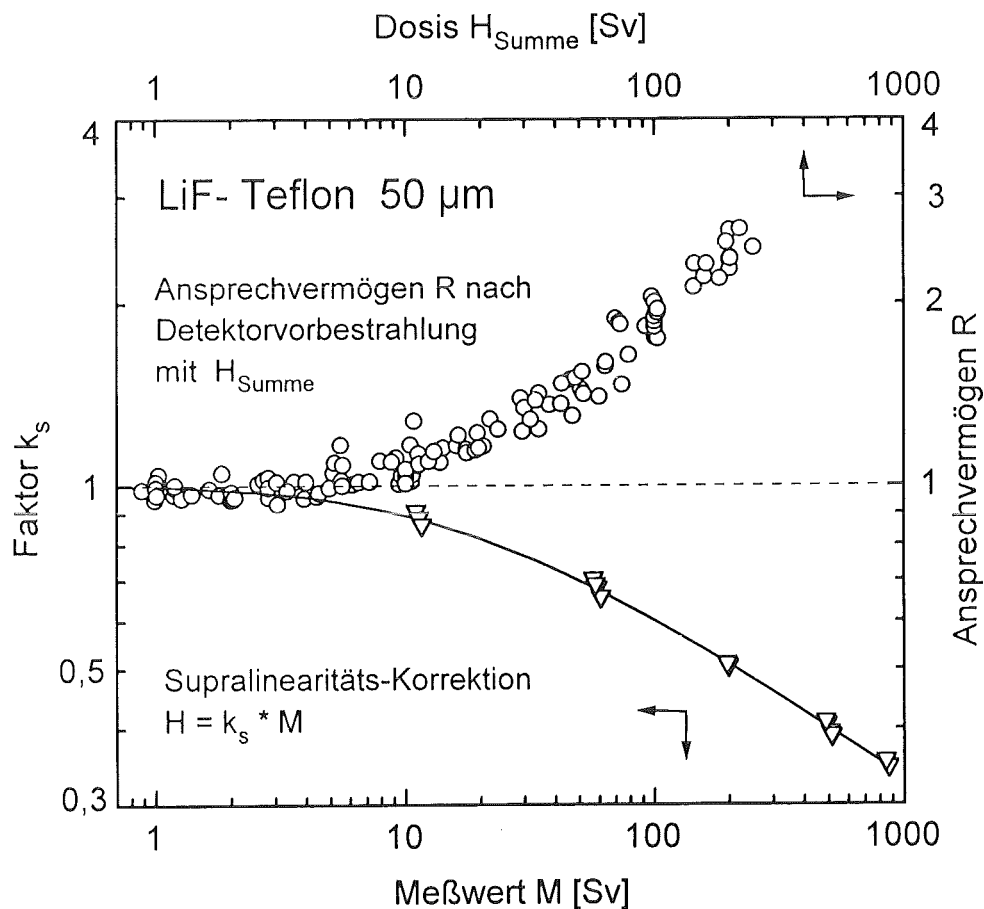


Abb. 3/4: Supralinearitätskorrektionsfaktor in Abhängigkeit der unkorrigierten Dosisanzeige und relatives Ansprechvermögen nach einer Hochdosis-Vorbestrahlung für LiF-Teflondetektoren der Dicke 50 µm

4 Strahlenschutz

H. Dilger

Mitte 1995 wurden die beiden Abteilungen Strahlenschutzüberwachung und Dosimetrie, mit Ausnahme der Amtlichen Meßstelle für Festkörperdosimetrie, zur Abteilung Strahlenschutz zusammengefaßt. Die Aufgabe dieser Abteilung umfaßt die Bereitstellung von Strahlenschutzpersonal einschließlich der Meßgeräte zur Durchführung der Arbeitsplatzüberwachung vor Ort und die Messungen zur Überwachung der inneren Exposition auf dem Gelände des Forschungszentrums tätiger Personen.

Die Gruppen Arbeitsplatzüberwachung I und II unterstützen die Strahlenschutzbeauftragten in der Wahrnehmung ihrer Pflichten gemäß Strahlenschutz- oder Röntgenverordnung. Der Umfang der Zusammenarbeit ist in Abgrenzungsregelungen zwischen der Hauptabteilung Sicherheit und den entsprechenden Institutionen festgelegt. Die für die Arbeitsplatz- und Umgebungsüberwachung eingesetzten Geräte werden durch Mitarbeiter der Gruppe Meßgeräte beschafft, verwaltet und repariert bzw. die Reparatur veranlaßt. Weiter betreibt diese Gruppe die Eichhalle mit einem Neutronen-/Gammastrahler-Kalibrierstand und einem Röntgen-/Gammastrahler-Eichstand, der außer für eigene Kalibrierbestrahlungen auch vom Eichamt Baden-Württemberg genutzt wird.

Die Gruppe Interne Dosimetrie betreibt einen Ganzkörper- und verschiedene Teilkörperzähler zum gammaspektroskopischen Nachweis von Radionukliden im menschlichen Körper. Des weiteren ist dieser Gruppe ein zentrales Meßlabor angeschlossen, in dem die Aktivität von Raumluftfiltern im Rahmen der Inkorporationsüberwachung ausgewertet und nuklidspezifische Analysen und Sondermessungen durchgeführt werden. Seit dem Zusammenschluß der Abteilung Strahlenschutz gehört die zentrale Strahlenpaßstelle des Forschungszentrums ebenfalls zur Gruppe Interne Dosimetrie.

4.1 Arbeitsplatzüberwachung

H.-U. Berger, A. Reichert

Bedingt durch die Aufgabenstellung sind die Mitarbeiter der Arbeitsplatzüberwachung dezentral in den einzelnen Institutionen des Forschungszentrums tätig. Nach der räumlichen Lage der zu überwachenden Gebäude gliedern sich die zwei Gruppen in fünf Bereiche (siehe Lageplan nach Seite 54 und Tab. 4/1).

Eine wichtige Aufgabe für die Arbeitsplatzüberwachung ist die Durchführung der Personendosimetrie. Jede beruflich strahlenexponierte Person erhält neben einem Flachglas- oder Albedodosimeter eine Taschenionisationskammer. Die Anzahl der Personen einschließlich Fremdfirmenangehöriger, die mit selbstablesbaren Taschenionisationskammern ausgerüstet wurden (Stichmonat Dezember 1995), ist in Spalte 4 der Tab. 4/1 aufgeführt. Diese Anzahl hat sich gegenüber dem Vorjahr um ca. 130 verringert. Dies ist auf eine Reduktion im Bereich der physikalischen Institute und den Heißen Zellen zurückzuführen. Über die Meßergebnisse der Taschenionisationskammern wird in Kap. 4.2.1 berichtet.

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 der 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 die überwachte Fläche durch die Entlassung von Räumen aus dem Kontrollbereich der Anlage Heiße Zellen und durch die Umwidmung von drei aktiven Abwasser-sammelstationen in inaktive Hebeanlagen.

Gruppe	Bereich Überwachte Institutionen	Anzahl der Mitarbeiter der Abteilung Strahlenschutz	Anzahl der überwachten Personen	Fläche des überwachten Bereichs in m ²
1	2	3	4	5
Arbeitsplatzüberwachung I	1. ITC: INE, ITC-CPV	4,0 (6,0)	299 (294)	9 500 (9 500)
	2. HZ/FR2: HBT (Bau 705), HIT, HVT-HZ, IRS, IMF, PBS-FR2	4,5+6# (6,5+6#)	416 (396)	13 100 (14 300)
	3. Inst/TL: FTU, HBAU, HS, HVT-TL, IGEN, IK, INFP, INR, IRCh, IRS, ITC-TAB, ITP, ITOX, MED, ÖA Gruppenleiter	6 (7)	534 (653)	4 400 (5 100)
Arbeitsplatzüberwachung II	4. HDB I: HDB (Bau 518, 543, 545, 547, 553, 555), HZY	9 (10,5)	236 (332)	5 900 (5 900)
	5. HDB II: HDB (Bau 519, 526, 531-536, 548, 561, 563, 570, 571) Gruppenleiter	8+3+ (8+3+)	265 (201)	39 300 (39 300)

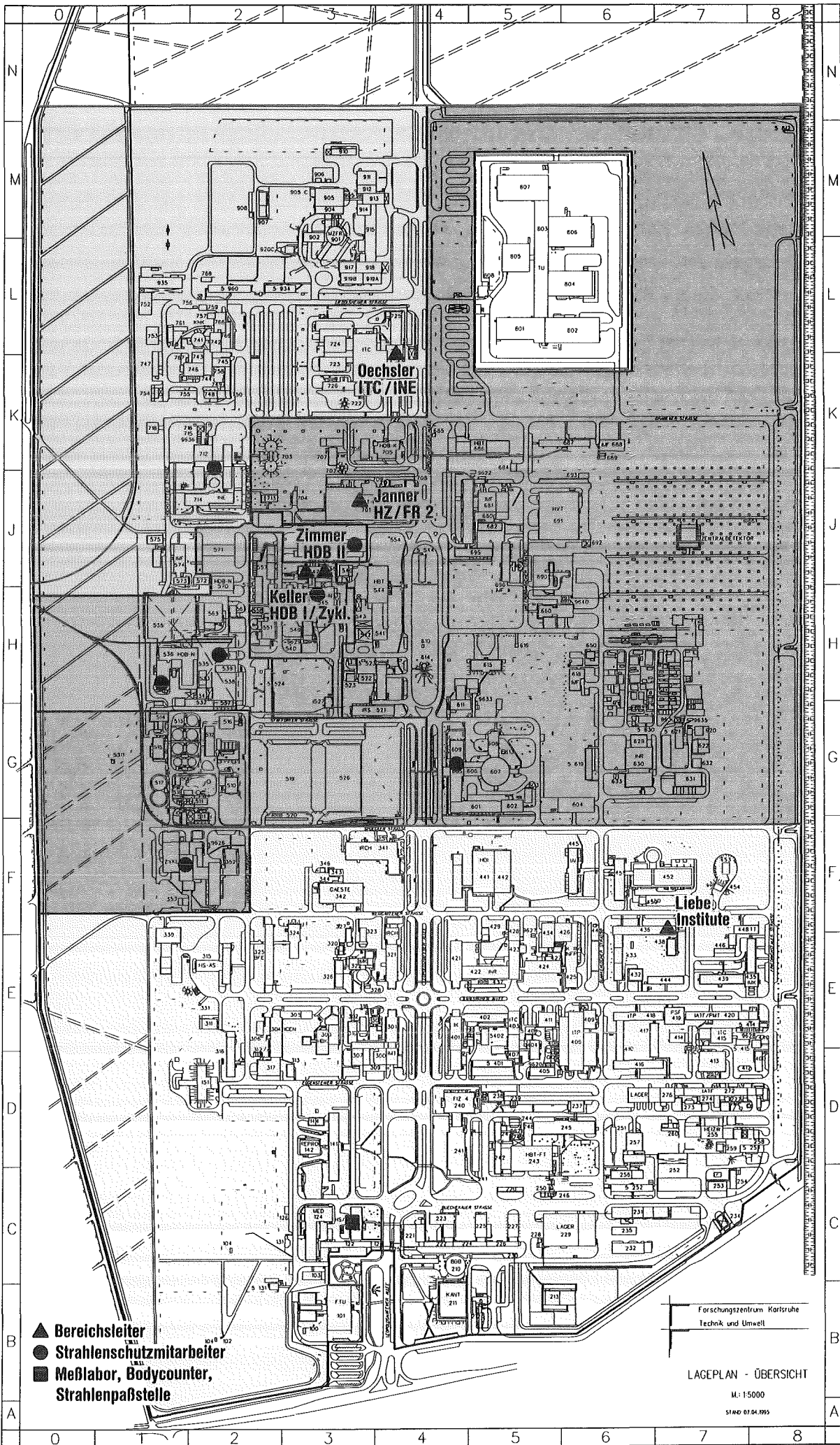
#Dreischichtdienst, +Zweischichtdienst

Tab. 4/1: Personalstand der Arbeitsplatzüberwachung (Soll), überwachte Personen und Bereichsgröße, jeweils Stand Dezember 1995 (Vorjahreszahlen in Klammer)

Die Kontaminationskontrolle von Personen am Ausgang von Bereichen, in denen genehmigungspflichtig mit offenen radioaktiven Stoffen umgegangen wird, geschieht in der Regel in Eigenüberwachung mit Hand-Fuß-Kleider-Monitoren mit automatisiertem Meßablauf. Die Alarmwerte sind auf 0,05 Bq/cm² für α -Aktivität und auf 0,5 Bq/cm² für β -Aktivität eingestellt.

Die Mitarbeiter der Gruppen Arbeitsplatzüberwachung kontrollieren auf Anforderung des zuständigen Strahlenschutzbeauftragten die Durchführung von Arbeiten mit erhöhtem Kontaminations- oder Strahlenrisiko. Autorisierte Mitarbeiter legen bei der Ausstellung von Arbeitserlaubnissen die Strahlenschutzauflagen fest. Insgesamt wurden wie im Vorjahr ca. 2 300 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 1995 wurden insgesamt 345 (Vorjahr 238) formalisierte Vorgänge von der Abteilungsleitung bearbeitet. Der Anstieg ist darauf zurückzuführen, daß 1995 ein starker Materialabfluß aus ITC-CPV und FR2 stattfand.

Die Abteilung Strahlenschutz unterhält von Montag bis Freitag einen Dreischichtdienst, der auch außerhalb der regulären Arbeitszeit u. a. die Überprüfung von Meldungen vornimmt, in Zwischenfallsituationen Strahlenschutzmaßnahmen ergreift, Transportkontrollen durchführt, Proben aus den Abwassersammelstationen ausmißt und gegebenenfalls



- ▲ Bereichsleiter
- Strahlenschutzmitarbeiter
- Meßlabor, Bodycounter, Strahlenpaßstelle

Forschungszentrum Karlsruhe
Technik und Umwelt

LAGEPLAN - ÜBERSICHT

M: 1:5000

STAND 07.04.1995

zum Abpumpen in das Klärwerk freigibt und zeitweise die Strahlenschutzüberwachung von Anlagen in der Hauptabteilung Dekontaminationsbetriebe während der Nachtschicht durchführt. An den Samstagen und Sonntagen ist jeweils ein Strahlenschutztechniker acht Stunden im Forschungszentrum anwesend und in den anderen Zeiten zu Hause rufbereit. Zur fachlichen Beratung und zur Verstärkung des Schichtdienstes stehen außerhalb der Regelarbeitszeit zwei Rufbereitschaften zur Verfügung. Während der Regelarbeitszeit bilden Angehörige der Rufbereitschaft sowie jeweils zwei Personen von zwei Einsatzfahrzeugen den Strahlenmeßtrupp für besondere Meßaufgaben im Rahmen der Alarmorganisation des Forschungszentrums.

Die wiederkehrenden Prüfungen an Strahlenschutzmeßgeräten werden von den Mitarbeitern der Abteilung nach festgelegten Prüfplänen vorgenommen. Von autorisierten Mitarbeitern werden die Dichtheitsprüfungen an umschlossenen Strahlern in den einzelnen Institutionen durchgeführt (s. Kap. 4.3.2.3).

Die Aus- und Weiterbildung der Mitarbeiter wurde im vergangenen Jahr fortgeführt. Neben der praktischen Ausbildung unter Anleitung der Bereichsleiter wurden theoretische Kurse im Fortbildungszentrum für Technik und Umwelt des Forschungszentrums besucht. Insgesamt nahmen Mitarbeiter der Abteilung an 20 Kursen über Strahlenschutz, Chemie und Datenverarbeitung teil. Für die Mitarbeiter des Schichtdienstes und der Rufbereitschaften wurden monatlich Begehungen von Gebäuden mit Fort- und Raumluftmonitoren sowie sonstigen dauernd betriebenen Strahlenschutzmeßgeräten durchgeführt.

Beim FR2 wurden die Rückbaumaßnahmen zur Herbeiführung des sicheren Einschusses überwacht und die Materialflüsse kontrolliert. Angewachsen ist auch die Zahl der Kontrollmessungen bei MZFR und KNK und beim Rückbau der Anlage PUTE. Die Messungen werden von Fremdfirmenpersonal vor Ort nach unseren Meßanweisungen mit von uns bereitgestellten Meßgeräten durchgeführt. Aus der Strahlenschutzüberwachung konnten nach Durchführung umfangreicher Kontrollmessungen entlassen werden: Räume der Hauptabteilung Versuchstechnik/Heiße Zellen, der Hauptabteilung Zyklotron/ Radionuklidtechnik im Maschinenbau, der Hauptabteilung Ingenieurtechnik sowie die Abwassersammelstationen in den Gebäuden 343, 405 und 429.

4.2 Ergebnisse der Arbeitsplatzüberwachung

H. Dilger

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

4.2.1 Personendosimetrie mit Taschenionisationskammern

Die Tab. 4/2 zeigt, daß in den Einrichtungen des Forschungszentrums im Jahre 1995 keine Person eine Jahresdosis von mehr als 15 mSv erhalten hat. Die Anzahl der Personen mit einer Jahresdosis zwischen 5 und 15 mSv im Jahr 1995 betrug bei einer Gesamtzahl von 1 750 überwachten Personen (Stand Dezember) wie im Vorjahr neun. Diese neun Personen sind alle in der Hauptabteilung Zyklotron mit der Produktion von Radiopharmaka beschäftigt.

Gruppe	Beschleuniger (HZY, INR, INFP- VDG)	Institutionen mit höherem Aktivitätsinventar (HVT-HZ, INE, ITC-CPV, PBS-FR2)	Dekontamination und Abfall- behandlung (HDB)	sonstige Insti- tutionen	gesamt
Personendosis in mSv	Anzahl der Personen				
$H \leq 5$	85 (102)	488 (451)	454 (468)	714 (846)	1 741 (1 867)
$5 < H \leq 5$	9 (5)	0 (1)	0 (3)	0 (0)	9 (9)
$15 < H \leq 50$	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
Oberflächen- kontamination in Vielfachen der internen Interventionswerte	Anzahl der Fälle				
$10^0 < K_\alpha \leq 10^1$	0 (0)	9 (37)	157 (62)	0 (1)	166 (100)
$10^1 < K_\alpha \leq 10^2$	0 (0)	1 (18)	37 (14)	0 (0)	38 (32)
$10^2 < K_\alpha \leq 10^3$	0 (0)	0 (2)	5 (0)	0 (0)	5 (2)
$10^3 < K_\alpha$	0 (0)	0 (1)	1 (0)	0 (0)	1 (1)
$10^0 < K_\beta \leq 10^1$	0 (1)	9 (44)	26 (34)	1 (2)	36 (81)
$10^1 < K_\beta \leq 10^2$	0 (0)	5 (29)	10 (5)	1 (0)	16 (34)
$10^2 < K_\beta \leq 10^3$	0 (0)	1 (12)	0 (0)	1 (0)	2 (12)
$10^3 < K_\beta$	0 (0)	1 (1)	1 (0)	0 (0)	2 (1)
$10^0 < K_{H-3}$	0 (0)	0 (0)	0 (0)	2 (0)	2 (0)
Raumluftaktivitäts- konzentrationen in Vielfachen von abge- leiteten Grenzwerten	Anzahl der Fälle				
$0,024 < R_\alpha \leq 1$	0 (5)	1 273 (723)	5 079 (4331)	58 (4)	6 410 (5 063)
$1 < R_\alpha \leq 20$	0 (0)	265 (108)	419 (304)	1 (0)	685 (412)
$20 < R_\alpha$	0 (0)	83 (49)	93 (71)	0 (0)	176 (120)
$0,016 < R_\beta \leq 1$	7 (3)	33 (24)	137 (137)	0 (0)	177 (164)
$1 < R_\beta \leq 20$	0 (0)	0 (3)	15 (24)	0 (0)	15 (27)
$20 < R_\beta$	0 (0)	1 (0)	0 (0)	0 (0)	1 (0)
$0,025 < R_{H-3}$	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)

Tab. 4/2: Strahlenschutzmeßergebnisse 1995 im Forschungszentrum Karlsruhe (Vorjahreswerte in Klammer); bezüglich der Interventionswerte und der abgeleiteten Grenzwerte siehe Kap. 4.2.2 und 4.2.3

4.2.2 Oberflächenkontaminationen

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

4.2.3 Raumlufaktivitäten

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

Aus den Grenzwerten der Jahresaktivitätszufuhr gemäß Strahlenschutzverordnung für beruflich strahlenexponierte Personen der Kategorie A und dem Jahresinhalationsvolumen von 2 400 m³ werden Interventionswerte abgeleitet. So werden in den Anlagen des Forschungszentrums Karlsruhe im allgemeinen für α -Aktivitätsgemische 0,04 Bq/m³ (Leitnuklid Pu-239, löslich), für β -Aktivitätsgemische 40 Bq/m³ (Leitnuklid Sr-90, löslich/unlöslich) festgelegt. In Institutionen, in denen mit speziellen Nukliden umgegangen wird, werden die Interventionswerte haus- und nuklidspezifisch festgelegt. Für I-123 ergibt sich 0,4 kBq/m³ und für HTO 1 MBq/m³.

Bei Raumlufaktivitätskonzentrationen oberhalb dieser Interventionswerte dürfen Arbeiten in den Anlagen des Forschungszentrums 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 Raumlufaktivitäten mit Atemschutzisoliergeräten, oberhalb des 200fachen dieser Werte mit fremdbelüfteten, gasdichten Schutzanzügen gearbeitet werden. Als untere Meßschwelle für Glasfaserfilter wurde bei der α -Aktivität 1 mBq/m³ und bei der β -Aktivität 0,65 Bq/m³ gewählt. Damit ist bei einem nach der Strahlenschutzverordnung angenommenen Jahresinhalationsvolumen von 2400 m³, das aber in der Praxis wegen kürzerer Aufenthaltszeiten weit unterschritten wird, eine α -Aktivität von 2,4 % und eine β -Aktivität von 1,6 % des Grenzwerts der Jahresaktivitätszufuhr für Personen der Kategorie A - bezogen auf Pu-239, löslich, und Sr-90, löslich/unlöslich - nachweisbar.

Die Messungen der Raumlufaktivitäten werden zum Teil zur Inkorporationsüberwachung herangezogen (s. Kap. 4.3).

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

1) β -/ γ -Strahler ohne 2)

2) ni = niederenergetische Strahler gemäß Anlage IX StrlSchV

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

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

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

4.2.4 Externe Exposition

Aus den Meßwerten der Taschenionisationskammern wurden die mittleren Individualdosen der exponierten Personen und die Summendosen in den Institutionen zusammengestellt (siehe Tab. 4/4). Diese Werte enthalten auch die Expositionswerte der Fremdfirmenangehörigen. Die nach diesem Überwachungsverfahren ermittelte gesamte Personendosis beträgt 554 mSv, Vorjahr 569 mSv. Die Summendosis von 554 mSv kann nicht unmittelbar mit dem in Kapitel 2.1.4 angegebenen Wert von 143 mSv verglichen werden, da dieser Wert nicht die Dosis der Fremdfirmenmitarbeiter enthält und mit einem anderen Dosimetriesystem ermittelt wurde. Unsere Untersuchungen zeigen, daß die Verschiedenheit der Meßsysteme einen Dosismehranteil von etwa 110 mSv bewirkt. Dies ist auf die vielen Werte im Bereich um 0,1 mSv zurückzuführen, die bei Taschenionisationskammern eher auf 0,2 mSv, bei der amtlichen Dosimetrie eher auf 0 mSv gerundet werden. Die Auswertungen zeigen, daß von allen überwachten Personen nur 813 Personen eine Dosis ab der monatlichen Erkennungsgrenze von 0,1 mSv erhalten haben. Diese Personen sind in Spalte 3 aufgeführt.

Institution	Summendosen in mSv		Anzahl der Personen mit einer Dosis >0,1 mSv		mittlere Individualdosis (mSv) der Personen mit einer Dosis >0,1 mSv	
HDB	271	(270)	426	(313)	0,6	(0,9)
HZY	149	(127)	69	(62)	2,2	(2,0)
HVT-HZ	32	(37)	36	(39)	0,9	(0,9)
HS-St	26	(26)	46	(40)	0,6	(0,7)
HBT	16	(19)	57	(61)	0,3	(0,3)
HS-WS	11	(23)	39	(78)	0,3	(0,3)
ITC-CPV	11	(15)	31	(34)	0,4	(0,4)
alle übrigen	38	(52)	109	(159)	0,3	(0,3)
Gesamt	554	(569)	813	(789)	0,7	(0,7)

Tab. 4/4: Mit Taschenionisationskammern 1995 gemessene Summen- und mittlere Individualdosen im Forschungszentrum Karlsruhe einschließlich der Expositionswerte von Fremdfirmenangehörigen (Vorjahreswerte in Klammer)

4.3 Interne Dosimetrie

H. Doerfel

Die Gruppe Interne Dosimetrie ist für die personenbezogene Inkorporationsüberwachung durch Direktmessung der Körperaktivität sowie für die betriebliche Inkorporationsüberwachung durch Messung der Aktivitätskonzentration in der Raumluft zuständig. Außerdem beschäftigt sie sich mit der Bereitstellung von biokinetischen und dosimetrischen Modellen zur Interpretation der bei der Inkorporationsüberwachung anfallenden Meßdaten und mit der Verbesserung der Meßverfahren zur internen Dosimetrie. Im Vordergrund stehen hierbei die Direktmessung der Körperaktivität von Aktiniden in Lunge, Leber und Skelett, die direkte Bestimmung der Äquivalentdosisleistung bei Inkorporation gammastrahlender Spalt- und Aktivierungsprodukte sowie die Verfahren zur hochempfindlichen Bestimmung der Alpha-Aktivität auf den im Rahmen der betrieblichen Inkorporationsüberwachung anfallenden Filterproben. Die Gruppe ist in erster Linie für die Eigenüberwachung des Forschungszentrums sowie zur Überwachung der auf dem Ge-

lände des Forschungszentrums angesiedelten Institutionen zuständig. Darüberhinaus führt sie auch Messungen für externe Auftraggeber (Industrie, Berufsgenossenschaften, Euratom) durch.

4.3.1 Personenüberwachung

4.3.1.1 Routine- und Sondermessungen

H. Doerfel, I. Hofmann, A. Kupschus, K. Neumann, A. Zieger

Die Abteilung Strahlenschutz betreibt einen Ganzkörperzähler und verschiedene Teilkörperzähler zum gammaspektroskopischen Nachweis von Radionukliden im menschlichen Körper. Der Ganzkörperzähler besteht aus vier NaI(Tl)-Detektoren, die paarweise oberhalb und unterhalb der zu messenden Person angeordnet sind. Mit dieser Meßanordnung können in erster Linie Spalt- und Aktivierungsprodukte mit Photonenenergien zwischen 100 und 2 000 keV nachgewiesen werden. Die verschiedenen Teilkörperzähler umfassen insgesamt drei 8"-Phoswich-Detektoren, zwei 1"-Phoswich-Detektoren sowie fünf hochauflösende HPGe-Sandwich-Detektoren und werden vorwiegend zum Nachweis niederenergetischer Photonenstrahler wie I-125, Pb-210 und Am-241 eingesetzt. Die Meßgeometrie richtet sich hierbei nach der Art und der Lage der Nukliddeposition im Körper. So werden bei kurz zurückliegenden Inkorporationen hauptsächlich Messungen an den Lungen durchgeführt, während bei länger zurückliegenden Inkorporationen darüber hinaus auch Messungen an der Leber sowie am Kopf und an den Knien der Probanden durchgeführt werden können.

Die Tabellen 4/5 und 4/6 vermitteln einen Überblick über die im Jahr 1995 mit den Ganz- und Teilkörperzählern durchgeführten Personenmessungen und ihre Verteilung auf die verschiedenen Institutionen.

Insgesamt wurden 1 825 Personen mit dem Ganzkörperzähler und 329 Personen mit den Teilkörperzählern untersucht. Etwa die Hälfte der Ganzkörpermessungen wurden für das Forschungszentrum selbst durchgeführt, wobei es sich zu 90 % um Eingangs-/Ausgangsmessungen von Fremdfirmenmitarbeitern handelte. Bei den für das Forschungszentrum durchgeführten Teilkörpermessungen handelte es sich dagegen in erster Linie um routinemäßige Untersuchungen an einer Gruppe von Mitarbeitern der Hauptabteilung Dekontaminationsbetriebe sowie um Untersuchungen aus besonderem Anlaß. Die restlichen Ganzkörpermessungen erfolgten im Auftrag der auf dem Gelände des Forschungszentrums angesiedelten Institutionen einschließlich Europäisches Institut für Transurane (11,5 %), Kernkraftwerk-Betriebsgesellschaft mbH (15 %) und Wiederaufarbeitungsanlage Karlsruhe (15 %), sowie im Fremdauftrag (12 %). Die Teilkörpermessungen wurden hauptsächlich für die Hauptabteilung Dekontaminationsbetriebe (18 %), das Europäische Institut für Transurane (17 %) sowie für Euratom Luxemburg (45 %) durchgeführt.

Bei etwa 19 % aller untersuchten Personen wurden Cs-137-Inkorporationen nachgewiesen, die allerdings in nahezu allen Fällen unter der Erkennungsgrenze für beruflich bedingte Cs-Körperaktivitäten von 85 Bq (siehe Abschnitt 4.3.1.2) lagen. In vielen Fällen mit Meßwerten oberhalb der Erkennungsgrenze (Höchstwert 630 Bq) wurden nach Auskunft der Probanden Wildbret oder Pilze verzehrt, so daß auch hier von keiner beruflich bedingten Inkorporation auszugehen war.

Im Rahmen der regelmäßigen Inkorporationsüberwachung wurden mit dem Ganzkörperzähler bei 79 Personen beruflich bedingte Inkorporationen festgestellt. Bei den nachgewiesenen Nukliden handelte es sich hauptsächlich um Co-60 (86 % der Fälle), Cs-137 (14 %), I-131 (10 %), Ag-110m (6 %), Co-58 (5 %), Mn-54 (4 %), Sb-124 (1 %) und Zn-65 (1 %). In keinem Fall lag die Aktivität oberhalb der Interpretationsschwelle nach der 'Richtlinie für die physikalische Strahlenschutzkontrolle'. Die effektive Dosis war für alle Personen kleiner als 1,5 mSv. Mit den Teilkörperzählern wurden im Rahmen der Routi-

neüberwachung Am-241- und Cm-244-Depositionen nachgewiesen, die in allen Fällen auf länger zurückliegende Inkorporationen zurückzuführen waren.

Institution	Anzahl der überwachten Personen	Anzahl der routinemäßigen Inkorporationsmessungen	Anzahl der Inkorporationsmessungen aus besonderem Anlaß
HBT	8	10	
HDB	384	651	13
HIT	7	10	
HS-St	51	94	5
HS-WS	1	1	
HVT-HZ	26	36	1
HVT-TL	1	1	
HZY	6	6	
IMF	4	4	
INE	29	48	
INFP	1	1	
IRCh	2	2	
ITC-CPV	99	172	4
PBS-FR2	90	114	1
KBG-KNK	108	126	2
KBG-MZFR	137	247	
TU	244	287	7
WAK	351	374	
Fremdauftrag	276	302	
Summe	1 825	2 486	33

Tab. 4/5: Anzahl der Personenmessungen mit dem Ganzkörperzähler 1995

Bei den Messungen aus besonderem Anlaß wurden mit dem Ganzkörperzähler in sieben Fällen Cs-137, in einem Fall Co-60 und mit den Teilkörperzählern in zwei Fällen Am-241 und in einem Fall Pu nachgewiesen. Die festgestellten Cs-137-Aktivitäten lagen in vier Fällen unter der Erkennungsgrenze für beruflich bedingte Inkorporationen. In drei Fällen handelte es sich um zwischenfallsbedingte äußere Kontaminationen mit Cs-137. Die nachgewiesene Co-60-Aktivität war bereits bei der Eingangsmessung festgestellt worden und demzufolge nicht auf eine Zufuhr im Forschungszentrum zurückzuführen. Bei den mit den Teilkörperzählern nachgewiesenen Nukliden handelte es sich in allen Fällen um zwischenfallsbedingte äußere Kontaminationen der unverletzten Haut.

Neben den im Auftrag der erwähnten Institutionen durchgeführten Personenmessungen wurden zahlreiche Messungen zur Ermittlung der Cs-137-Körperaktivität der Karlsruher Referenzgruppe vorgenommen (Kapitel 4.3.1.2). Außerdem wurden verschiedene Materialproben, wie z. B. Luftfilter oder Abrißmaterial gammaspektroskopisch untersucht. Zur

Qualitätssicherung wurden zahlreiche Kalibriermessungen, Teilkörperreferenzmessungen sowie Nulleffektmessungen durchgeführt. Mit Ausnahme der täglich erfolgenden Energiekalibrierungen sind alle Messungen in Tab. 4/7 aufgelistet. Die Gesamtanzahl der Messungen belief sich auf 3 667.

Institution	Anzahl der überwachten Personen	Anzahl der routinemäßigen Inkorporationsmessungen	Anzahl der Inkorporationsmessungen aus besonderem Anlaß
HDB	30	68	16
HS-St	3		3
HVT-HZ	2	1	1
ITC-CPV	11	7	4
PBS-FR2	1		1
TU	58	66	7
Fremdauftrag	224	285	
Summe	329	427	32

Tab. 4/6: Anzahl der Personenmessungen mit den Teilkörperzählern 1995

Messung	Ganzkörperzähler	Teilkörperzähler		
		8"-Phoswich	1"-Phoswich	HPGe-Sandwich
Routine	2 184	139	1	2
besond. Anlaß	33	31		1
Fremdauftrag	302	258		27
Referenz	236	18		7
Nulleffekt	60	65	1	9
Kalibrierung	5	240	1	31
sonstige	8	2		6
gesamt	2 828	753	3	83

Tab. 4/7: Anzahl aller Messungen mit Ganz- und Teilkörperzählern 1995 (ohne Energiekalibriermessungen)

4.3.1.2 Cs-137-Referenzmessungen

Seit Inbetriebnahme des ersten Ganzkörperzählers im Jahr 1961 werden regelmäßige Messungen zur Bestimmung der Cs-137-Körperaktivität an einer Referenzgruppe von zur Zeit etwa 20 nicht beruflich strahlenexponierten Personen aus dem Karlsruher Raum durchgeführt. Die Abb. 4/1 stellt die seit 1961 gemessenen Quartalsmittelwerte der spe-

zifischen Cs-137-Körperaktivität dar. Deutlich erkennbar sind die Auswirkungen des Fall-outs der oberirdischen Kernwaffentests in den 60er Jahren sowie des Reaktorunfalls von Tschernobyl im April 1986. Die Tab. 4/8 zeigt die Monatsmittelwerte der spezifischen Cs-137-Körperaktivität für 1995. Der aus diesen Werten resultierende Jahresmittelwert von 0,26 Bq/kg ist derselbe wie im Vorjahr.

Monat	Spezifische Cs-137-Körperaktivität in Bq pro kg Körpergewicht
Januar	0,29
Februar	0,27
März	0,23
April	0,22
Mai	0,23
Juni	0,23
Juli	0,22
August	0,20
September	0,19
Oktober	0,26
November	0,39
Dezember	0,34
Mittelwert 1995	0,26

Tab. 4/8: Monatsmittelwerte der spezifischen Cs-137-Körperaktivität der Karlsruher Referenzgruppe im Jahr 1995

Die Geschlechtsabhängigkeit der Cs-137-Körperaktivität wird durch Abb. 4/2 verdeutlicht. Frauen haben im Mittel eine geringere spezifische Körperaktivität sowohl an Cs-137 als auch an natürlichem K-40 als Männer. Für den Einzelnen läßt sich diese Aussage jedoch nicht pauschalisieren, da auch noch andere Faktoren den Cs-137- und K-40-Gehalt beeinflussen, wie z. B. Muskel/Fett-Verhältnisse, Stoffwechsel und Ernährungsgewohnheiten. Der letztgenannte Einflußfaktor zeigt sich auch im Jahresgang der Meßwerte, der im Herbst stets einen durch den Verzehr von Pilzen bedingten leichten Anstieg der mittleren Cs-137-Körperaktivität zeigt. Insgesamt führen die verschiedenen Einflußfaktoren zu einer recht großen Streuung der Einzelwerte.

Eine genaue Analyse der Ergebnisse zeigt, daß die 1995 ermittelten Werte der absoluten Cs-137-Körperaktivität sowohl bei den Männern als auch bei den Frauen in guter Näherung durch logarithmische Normalverteilungen beschrieben werden können. Die geometrischen Mittelwerte der Cs-137-Körperaktivität betragen 25 Bq bei den Männern bzw. 12 Bq bei den Frauen. Die mittleren Schwankungsfaktoren sind mit 2,0 (Männer) und 1,7 (Frauen) bei beiden Geschlechtern ungefähr gleich. Bei Zugrundelegung dieser Verteilungen ergeben sich für die Erkennungsgrenzen der berufsbedingten Cs-137-Körperaktivität nach DIN 25482 Werte von 80 Bq bei den Männern bzw. 30 Bq bei den Frauen.

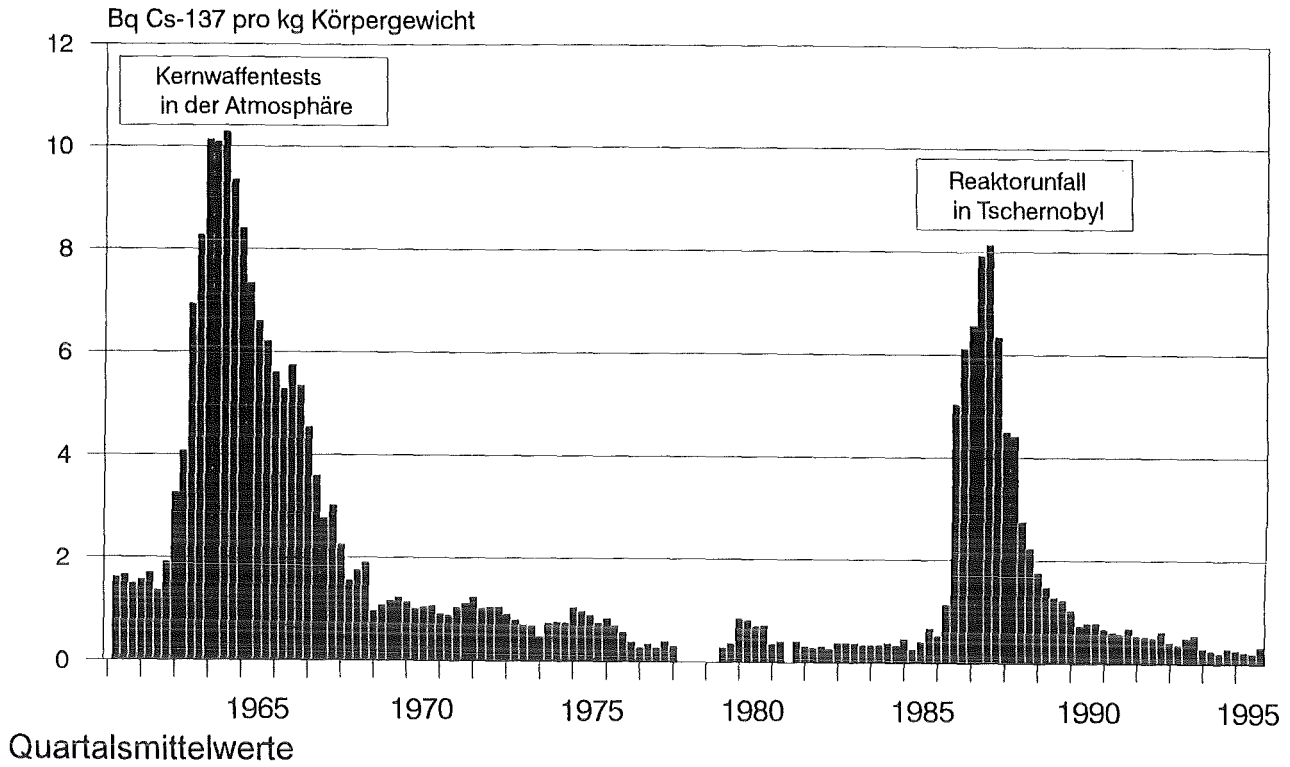


Abb. 4/1: Quartalsmittelwerte der spezifischen Cs-137-Körperaktivität der Karlsruher Referenzgruppe seit 1961

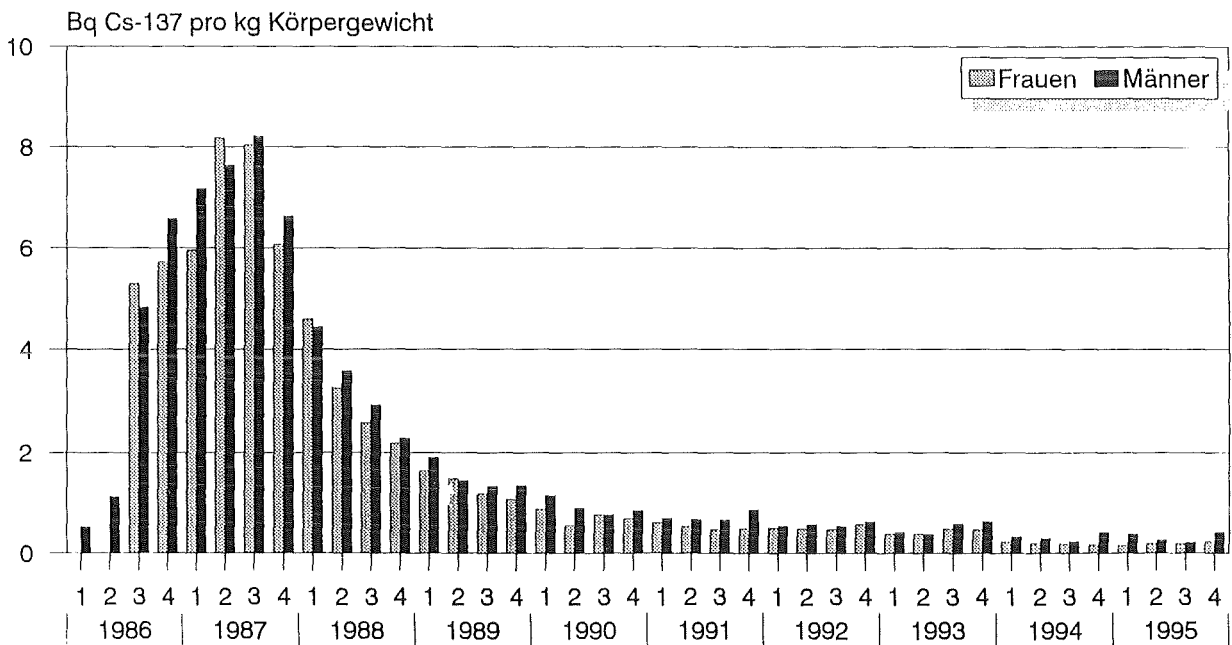


Abb. 4/2: Geschlechtsspezifische Quartalsmittelwerte der Cs-137-Körperaktivität der Karlsruher Referenzgruppe seit 1986

4.3.1.3 Strahlenpaßstelle

F. Pfeffer

Im Jahr 1995 hatten 117 (Vorjahr 153) von 230 (264) Fremdfirmen mit gültigem Abgrenzungsvertrag Mitarbeiter in Kontrollbereichen des Forschungszentrums Karlsruhe angemeldet. Insgesamt wurden 480 (730) Anmeldungen durchgeführt, wovon 120 (213) Ummeldungen oder Mehrfach-Anmeldungen waren, d. h. Mitarbeiter von Fremdfirmen, die sich mehrmals im Jahr an- und abgemeldet haben. 60 Anmeldungen wurden mit Bestätigungen im Sinne des § 20 AtG getätigt. Des weiteren wurden 1995 insgesamt 415 Abmeldungen durchgeführt, davon 73 Zwangsabmeldungen aufgrund versäumter ärztlicher Untersuchungen oder versäumter anlagenbezogener Belehrungen.

Im Berichtszeitraum wurden 1 457 (1 217) Strahlenpässe zur Aktualisierung kurzfristig an Fremdfirmen ausgegeben. In Strahlenpässe wurden 7 560 (8 800) Eintragungen vorgenommen. Insgesamt sind 1 760 (1 489) Fremdfirmenmitarbeiter in der Datei erfaßt.

4.3.2 Betriebliche Überwachung

K. Burkhard, G. Nagel

4.3.2.1 Filter- und Wischtestmessungen

Im Jahr 1995 wurden im Strahlenschutzmeßlabor 36 100 Raumluftfilter (Vorjahr 31 000) mit Pseudokoinzidenzanlagen auf künstliche α - und β -Aktivität ausgemessen. Der Arbeitsaufwand war durch die Erhöhung der Gesamtfilteranzahl um mehr als 5 000 wesentlich größer. Auch die Anzahl der Filter zur Überwachung der Interventionsarbeiten, die außerhalb der normalen Auswerteroutinen gemessen werden mußten, stieg gegenüber dem Vorjahr um 300 auf 2 600.

Die Luftstaubaktivitäten sind in Tab. 4/9 aufgegliedert. Auch in dieser Tabelle fallen die Sonderfilter zur Überwachung von Interventionsarbeiten durch die Erhöhung der Filteranzahl mit einer α -Konzentration $>0,8 \text{ Bq/m}^3$ auf. Die Werte 1 mBq/m^3 für α -Strahler bzw. $0,65 \text{ Bq/m}^3$ für β -Strahler sind die unteren Meßschwellen. Die Werte $0,04 \text{ Bq/m}^3$ für α -Strahler bzw. 40 Bq/m^3 für β -Strahler werden von den Grenzwerten der Jahresaktivitätszufuhr über Luft für Personen der Kategorie A abgeleitet (vgl. Kap. 4.2.3). Ein weiterer Grenzwert ist für α -Strahler $0,8 \text{ Bq/m}^3$ bzw. für β -Strahler 800 Bq/m^3 (20faches der abgeleiteten Werte), oberhalb dessen Atemschutzisoliergeräte getragen werden müssen. In Abb. 4/3 wird der Verlauf der Häufigkeitsverteilung der Aerosolaktivitätskonzentration oberhalb der Meßschwelle in der Raumluft relativ zu der im Jahr gemessenen Filteranzahl über die letzten fünf Jahre gezeigt.

Aktivität	Aktivitätsgrenzen in Bq/m^3		Anzahl der Filter		Anteil an der Gesamtzahl in %	
α -Aktivität		A > 0,8	176	(120)	0,49	(0,39)
	0,8	\geq A > 0,04	685	(412)	1,90	(1,33)
	0,04	\geq A \geq 0,001	6 410	(5 063)	17,76	(16,33)
		A < 0,001	28 829	(25 405)	79,86	(81,95)
β -Aktivität		A > 800	1	(0)	0,00	(0,00)
	800	\geq A > 40	15	(27)	0,04	(0,09)
	40	\geq A \geq 0,65	170	(161)	0,47	(0,52)
		A < 0,65	35 914	(30 812)	99,48	(99,39)

Tab. 4/9: Häufigkeitsverteilung der Aerosolaktivitätskonzentration in der Raumluft

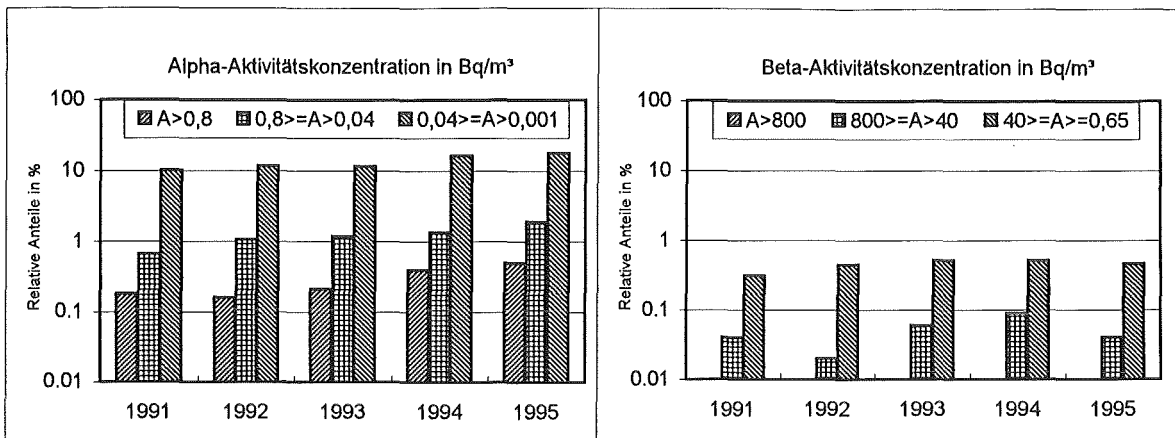


Abb. 4/3: Verlauf der Häufigkeitsverteilung der Aerosolaktivitätskonzentrationen in der Raumluft oberhalb der Meßschwelle

Mittels α -Spektroskopie wurden 18 Proben untersucht. Davon entfielen 16 Proben auf Wischtests und 2 Proben auf Glasfaserfilter. Die identifizierten Nuklide sind in Tab. 4/10 aufgeführt. Mittels γ -Spektroskopie wurden im Strahlenschutzmeßlabor 1 163 Proben quantitativ und qualitativ untersucht. Davon entfielen auf Kohlefilter aus der Raumluftüberwachung 814, auf Glasfaserfilter 51, auf Wischtests 100, auf Sonstiges 91 und auf Dichtheitsprüfungen 107 Proben. Die identifizierten Nuklide sind in Tab. 4/11 nach fallender Häufigkeit aufgeführt. Für viele Einzelproben mit unüblichen Meßgeometrien war der zeitliche Aufwand für die γ -Spektroskopie sehr hoch. Mittels Flüssigszintillationsmeßtechnik wurden 1 333 Styropor-Wischttest-Proben auf H-3 untersucht.

Nuklid	Be-schleuniger	Einrichtungen mit höherem Aktivitätsinventar	HDB	sonstige Institutionen	Summe
Am-241+Pu-238	-	-	16	-	16
Pu-239+Pu-240	-	-	13	-	13
Cm-243+Cm-244	-	-	3	-	3
Ra-226+Folgeprod.	-	-	-	2	2
Cm-242+Cf-252	-	-	1	-	1

Tab. 4/10: Durch α -Spektroskopie identifizierte Radionuklide

Vom Strahlenschutzmeßlabor wurden bis Mitte des Jahres außer den bereits aufgeführten Messungen auch die Neu- und Ersatzbeschaffungen für den Strahlenschutz durchgeführt, sowie die Verfolgung von Reparaturaufträgen und Eichungen. Ab diesem Zeitpunkt werden durch die Umstrukturierung der Abteilung nur noch die Instandhaltungsbeschaffungen bearbeitet.

Nuklid	Be- schleuniger	Einrichtungen mit höherem Aktivitätsinven- tar	HDB	sonstige Institutionen	Summe
I-123	228	-	-	-	228
Cs-137+Ba-137m	-	2	93	1	96
Am-241	-	2	70	-	72
Co-60	-	3	63	1	67
I-129	-	-	58	-	58
Zn-65	-	-	40	-	40
Mn-54	-	-	37	-	37
Sb-125+Te-125m	-	1	12	-	13
Cs-134	-	2	9	-	11
Ra-226+Folgepr.	-	-	5	3	8
Th-232+Folgepr.	-	-	6	1	7
Co-58	-	-	6	-	6
Eu-154	-	1	3	-	4
Co-57	-	-	3	-	3
Ag-110m	-	-	2	-	2
Ru-106+Rh-106	-	-	1	-	1
Ag-108m	-	1	-	-	1
Ce-141	-	-	1	-	1
Eu-152	-	1	-	-	1
Th-228+Folgepr.	-	-	-	1	1
U-235	-	-	1	-	1
U-237	-	-	1	-	1
U _{nat}	-	-	-	1	1

Tab. 4/11: Durch γ -Spektroskopie identifizierte Radionuklide

4.3.2.2 Raumlufaktiviitätsüberwachung

Die Inkorporationsüberwachung wird gemäß der Richtlinie für die physikalische Strahlenschutzkontrolle durchgeführt. Danach ist eine regelmäßige Inkorporationsüberwachung notwendig, wenn nicht auszuschließen ist, daß infolge von inkorporierten Radionukliden jährliche Körperdosen oberhalb 1/10 der Grenzwerte für Personen der Kategorie A auftreten. Diese Bedingungen sind in der Hauptabteilung Dekontamination und beim Rückbau der Anlage PUTE im Teilinstitut Chemisch-Physikalische Verfahren des Instituts für Technische Chemie gegeben. Hier treten insbesondere Transuranelemente auf. Nach der oben erwähnten Richtlinie sind für diese Radionuklide tägliche Messungen der

Aktivitätskonzentration in der Raumluft am Arbeitsplatz und einmal jährlich je eine Messung der Aktivitätskonzentration in Stuhl und Urin durchzuführen. In der Anlage PUTE wurde abweichend von der Richtlinie die Inkorporationsüberwachung durch wöchentliche Stuhluntersuchungen durchgeführt. Dies war notwendig, weil in hochkontaminierten Räumen, in denen mit Vollschutzanzügen gearbeitet werden muß, die Raumluftaktivitäten nicht repräsentativ für mögliche Inhalationen während des Auskleidevorgangs sind.

Aus den Meßdaten der Aktivitätskonzentration in der Raumluft zwischen der Meßschwelle und dem Interventionswert (vgl. Kap. 4.2.3) werden arbeitsgruppenspezifisch unter Verwendung des jeweils maximalen Aktivitätskonzentrationswertes einer Raumgruppe oder eines Gebäudes die täglichen Aktivitätszufuhren berechnet, zu Monatswerten addiert und zu individuellen effektiven Dosen umgerechnet. Dabei wird sowohl zur Berechnung der Aktivitätskonzentrationen als auch zur Berechnung der Aktivitätszufuhren von einem achtstündigen Arbeitstag ausgegangen. Die Aktivität des β -Strahlers Pu-241 wird aufgrund von langjährigen Messungen des Nuklidvektors als das 20fache der gesamten α -Aktivität angenommen.

In Tab. 4/12 sind die auf diese Weise für die verschiedenen Arbeitsgruppen bestimmten effektiven Dosen aufgeführt. Die in den einzelnen Anlagen der Hauptabteilung Dekontaminationsbetriebe sich ergebende Effektivdosis liegt aufgrund von Inkorporationen zwischen 0,0 und 2,2 mSv. Diese Dosiswerte stellen eine obere Abschätzung dar, da sie unter konservativen Annahmen (Berücksichtigung der maximalen Aktivitätskonzentration eines Arbeitstages für die Dauer des gesamten Arbeitstages) ermittelt wurden. Insgesamt liegt die mittlere effektive Dosis durch äußere und innere Exposition unterhalb des Grenzwertes für nicht beruflich strahlenexponierte Personen.

Arbeitsgruppe		Effektivdosis in mSv	
HDB	Lager	0,0	(0,0)
HDB	Verbrennung	1,2	(1,8)
HDB	Deko fest	2,2	(1,8)
HDB	Deko flüssig	0,8	(0,8)
HDB	Zementierung, Bau 545	0,0	(0,0)
HDB	Labor	0,0	(0,0)
HS-St	HDB Deko flüssig	0,8	(0,8)
HS-St	HDB Deko fest	2,2	(1,8)
ITC-CPV	Bau 721, 725 und 726	0,0	(0,0)
ITC-CPV	Bau 724 (PUTE)	1,8	(0,4)
HBT-HZ	Bau 701	0,0	(0,0)
INE	Bau 712	0,0	(0,0)

Tab. 4/12: Aus Messungen der Raumluftaktivität berechnete Effektivdosen für Angehörige einer Arbeitsgruppe im Jahr 1995 (Vorjahreswerte in Klammer)

4.3.2.3 Dichtheitsprüfungen

K. Burkhard

Auch 1995 hat die Abteilung Strahlenschutzüberwachung an umschlossenen Strahlern, die sich im Besitz des Forschungszentrums befinden, Dichtheitsprüfungen durchgeführt. Die Prüfungen erfolgen für sonstige radioaktive Stoffe bis zum $1 \cdot 10^{10}$ fachen der Freigrenzen im Rahmen einer atomrechtlichen Genehmigung der Hauptabteilung Sicherheit, für Kernbrennstoffe im Rahmen der atomrechtlichen Genehmigungen der entsprechenden Institution und einer Bestätigung des Umweltministeriums Baden-Württemberg, daß die Hauptabteilung Sicherheit eine anerkannte Prüfstelle gemäß § 75 Strahlenschutzverordnung ist.

Als Prüfgrundlage dient DIN 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 Prüfzeiten bei der Aufsichtsbehörde beantragt werden. Als Prüfverfahren werden für die Strahler Wischprüfung, Tauchprüfung oder die Emanationsprüfung angewandt. Die Proben werden je nach Strahlenart im Proportionalzähler (evtl. nach Eindampfung), durch γ -Spektroskopie oder durch Flüssigszintillationsmeßtechnik ausgewertet. Die Anzahl der geprüften Strahler ist in Tab. 4/13 nach Nuklid und Institution sortiert aufgeführt. Im Berichtsjahr wurde kein undichter Strahler gefunden.

	Cs-137	Am-241	Cf-252	Sr-90	Co-60	Np-237	Ra-226	Cd-109	Fe-55	Pu-239	Ni-63	Pb-210	Pm-147	Ba-133	Sm-151	Ges.
HS-St	15	5	3	9		1				3		1	1			38
FTU	4	4	7	3			1	2				1				22
INR		1	5			3	1									10
HDB	4				1				3					1		9
IK I		4		1							2					7
IK III		6														6
ITOX				1	2		1									4
HZY					2		1									3
ITC-TAB		2			1											3
EKM								1								1
HVT-HZ	1															1
IMK		1														1
INFP															1	1
ITC-CPV	1															1
Summe	25	23	15	14	6	4	4	3	3	3	2	2	1	1	1	107

Tab. 4/13: Anzahl der im Jahr 1995 durchgeführten Dichtheitsprüfungen an umschlossenen Strahlern

4.3.2.4 Programmpflege und -neuentwicklung

G. Nagel

Im Berichtszeitraum wurden die Programme zur Dateiverwaltung von Personendosen (Taschenionisationskammer), Strahlenmeßgeräte, Raumluftaktivität (Aerosole), Oberflächenkontamination, Präparaten und Strahlenpässen aktualisiert.

4.3.3 Biokinetische Untersuchungen

4.3.3.1 Biokinetische Modellierung der Mikroverteilung von Pu-239 im Skelett

E. Polig

Biokinetische Modelle der Radionuklidverteilung im Körper sind nicht nur zur Abschätzung der Radionuklidzufuhr durch Ausscheidungsanalysen oder zur Berechnung der Äquivalentdosen geeignet. Man kann sie vielmehr auch zur Beschreibung der Mikroverteilung innerhalb eines Organes verwenden. Das ist besonders in solchen Fällen naheliegend, wo anatomisch und physiologisch bedingt eine sehr ungleichförmige Verteilung erfolgt und diese Ungleichförmigkeit wesentlich das Strahlenrisiko von Spätfolgen beeinflusst. Dies trifft z. B. bei der Deposition von Aktiniden im Skelett zu.

Im folgenden wird ein biokinetisches Modell der Mikroverteilung von Pu-239 im menschlichen Skelett nach der direkten Zufuhr im Blut (systemische Verteilung) diskutiert. Abgesehen vom Skelett-Teil ist das Modell identisch mit dem kürzlich publizierten metabolischen Modell der ICRP (Publikation 67). Die Transferwege der Skelettkompartimente wurden modifiziert, da das gegenwärtige ICRP-Modell das typische Zeitverhalten der einzelnen Markierungsarten im Skelett, wie es aus autoradiographischen Studien bei Versuchstieren und Mensch bekannt ist, nicht richtig wiedergibt.

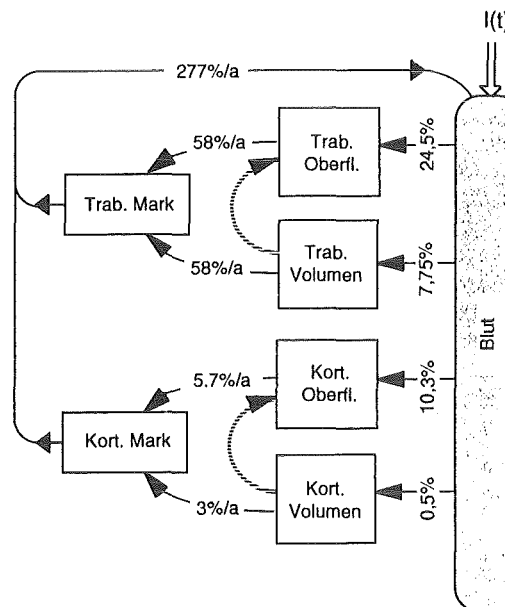


Abb. 4/4: Skelettkompartimente des biokinetischen Modells für Pu-239. Es sind die Prozentsätze der im Blut befindlichen Aktivität angegeben, die in die jeweiligen trabekulären und kortikalen Oberflächen- und Volumenkompartimente transferiert werden. Die Ausscheidungsraten geben den Prozentsatz der in einem Jahr transferierten Aktivität an.

Die Skelettkompartimente des Modells sind in Abb. 4/4 dargestellt. Aktinide lagern sich primär auf internen Knochenoberflächen ab. In das Knochenvolumen gelangen sie nur dann, wenn Knochensubstanz umgebaut und neuer Knochen gebildet wird. Die Konzentration in diesen Volumenmarkierungen ist abhängig von der Konzentration im Blut zur Zeit der Neubildung, wenn die mineralische Phase der Knochensubstanz auskristallisiert. Im Gegensatz zum ICRP-Modell sind deshalb die Volumenkompartimente direkt mit dem Blutkompartiment verbunden.

Von dem im Blut befindlichen Pu werden 43 % in das Skelett transferiert. Die Aufteilung dieses Skelettanteils auf die einzelnen Skelettkompartimente ist aus Abb. 4/4 ersichtlich. Sie wurde mit Hilfe des Konzepts der Affinitätsverhältnisse berechnet. Die Affinität eines Skelettkompartiments ist der in Abb. 4/4 angegebene Prozentsatz dividiert durch die entsprechende Knochenoberfläche. Bei den Volumenkompartimenten ist das die jeweils in Neubildung befindliche Knochenoberfläche, bei den Oberflächenkompartimenten die 'ruhende', d. h. nicht in Neubildung befindliche, Knochenoberfläche. Das kortikale/trabekuläre Affinitätsverhältnis (q_{ct}) und das ruhende/bildende Affinitätsverhältnis (q_{rf}) wurden mit einem Wert von je 1/3 angenommen. Diese Verhältnisse können autoradiographisch bestimmt werden.

Im Gegensatz zu ICRP 67 berücksichtigt das hier vorgestellte Modell die Tatsache, daß die oberflächen- und volumenbezogenen Umbauraten des Skeletts verschieden sind. Eine Berechnung auf der Basis bekannter histomorphometrischer Daten ergibt die in Abb. 4/4 gezeigten Werte für die Transferkonstanten aus den Oberflächen- und Volumenkompartimenten in das Knochenmark. Die Umbauraten der Oberflächen sind ca. doppelt so groß wie die entsprechenden Umbauraten im Volumen (26 % pro Jahr trabekulär, 3 % pro Jahr kortikal). Dabei ist zu berücksichtigen daß die Volumendepositionen im trabekulären Knochen ebenfalls mit der Umbaurate der Oberflächen eliminiert werden. Das Modell kann die sogenannte 'interne Rezirkulation' berücksichtigen. Darunter versteht man die direkte Neuverteilung von resorbierten Markierungen auf benachbarten Knochenoberflächen, ohne den Durchgang durch das Blutkompartiment (gestrichelte Pfeile in Abb. 4/4). Da experimentelle Daten zu diesem Phänomen nicht vorhanden sind, wird eine mögliche interne Rezirkulation hier nicht berücksichtigt.

Bezüglich der relativen Toxizität von oberflächensuchenden (Transurane) und volumen-suchenden (Radium) α -Strahlern ist die Frage sehr wichtig, wieviel von der ursprünglich auf den Oberflächen deponierten Radioaktivität eines Oberflächensuchers im Verlaufe der Zeit auf den Oberflächen bleibt. Depositionen von α -Strahlern auf internen Knochenoberflächen bestrahlen die Risikozellen sehr viel intensiver als Volumendepositionen und bedeuten deshalb ein erhöhtes Strahlenrisiko. Mit Hilfe des Modells kann eine obere Grenze für den Bruchteil der trabekulären Aktivität (F_{vol}), die sich im Knochenvolumen befindet, angegeben werden:

$$F_{vol} < \frac{1}{q_{rf} MWT S_{vt} + 1 - q_{rf} + \frac{F_{vt} \sigma_{Ft}}{F_{vt} \sigma_{Ft}}}$$

Die mittlere Tiefe einer Struktureinheit (MWT) und das Oberflächen/Volumen-Verhältnis (S_{vt}) sind zwei morphologische Parameter der Skelettstruktur. F_{vt} ist die Umbaurate im Volumen des trabekulären Skeletts und σ_{Ft} ist die Zeit für die Neubildung von Knochen in einer Struktureinheit. F_{vol} nimmt mit zunehmenden Werten von q_{rf} ab. Die Abb. 4/5 zeigt, daß selbst für eine hohe Umbaurate von 50 % pro Jahr und einem kleinen Wert von $q_{rf} = 1/5$ nicht mehr als 50 % der gesamten trabekulären Aktivität im Volumen sein können. Für realistische Werte des menschlichen Skeletts sind sogar nur ca. 20 % der Pu-239-Aktivität im Volumen. Für das kortikale Skelett kann eine ähnliche aber zeitabhängige Abschätzung abgeleitet werden. Die obere Grenze für F_{vol} nimmt dort langsam von 5 % direkt nach der Aufnahme auf 15 % nach 50 Jahren zu.

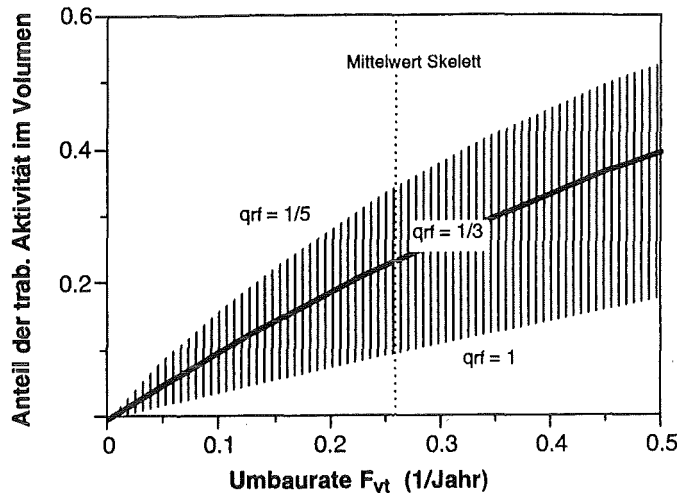


Abb. 4/5: Obere Grenze für die ins Volumen transferierte trabekuläre Aktivität von Pu-239 in Abhängigkeit von der Volumenumbaurrate (F_{vt}). q_{rf} ist das Affinitätsverhältnis von ruhenden zu bildenden Oberflächen (siehe Text).

In Abb. 4/6 sind die durchschnittlichen Oberflächenkonzentrationen im trabekulären Skelett nach einmaliger oder chronischer Zufuhr von 1 kBq Pu-239 dargestellt. Für die chronische Zufuhr wird eine konstante Aufnahme­rate bis zum jeweiligen Zeitpunkt auf der Abszisse angenommen. Der Aufnahme-Modus hat einen deutlichen Effekt auf die Konzentration der Markierungen. Nach der einmaligen Zufuhr sind die Konzentrationen geringer als nach der chronischen Zufuhr. Das Modell sagt voraus, daß der Aufnahme-Modus einen wesentlich geringeren Einfluß auf die Oberflächenmarkierungen im kortikalen Skelett hat. Die Berechnungen zeigen, daß kortikale Oberflächenkonzentrationen die trabekulären Konzentrationen nach zwei bzw. fünf Jahren bei einmaliger oder chronischer Zufuhr überschreiten. In Abb. 4/6 sind ebenfalls autoradiographische Messungen der trabekulären Oberflächenkonzentrationen im axialen Skelett (Wirbelsäule) einer Versuchsperson angedeutet, die eine Pu-Injektion erhielt und 17 Monate später verstarb (Langham-Studie). Die Werte in Abb. 4/6 sind eine Durchschnittskonzentration über alle existierenden Oberflächen. Da an Orten der Knochenneubildung oder -resorption keine Oberflächenmarkierungen existieren, sind die mittleren Konzentrationen an Oberflächen, wo tatsächlich Markierungen bestehen, um den Faktor 1,1 größer. Kortikale Oberflächenkonzentrationen erreichen ein Maximum von ca. 4 mBq cm^{-2} nach 10 bzw. 20 Jahren bei einer Zufuhr von 1 kBq für einmalige oder stetige Zufuhr.

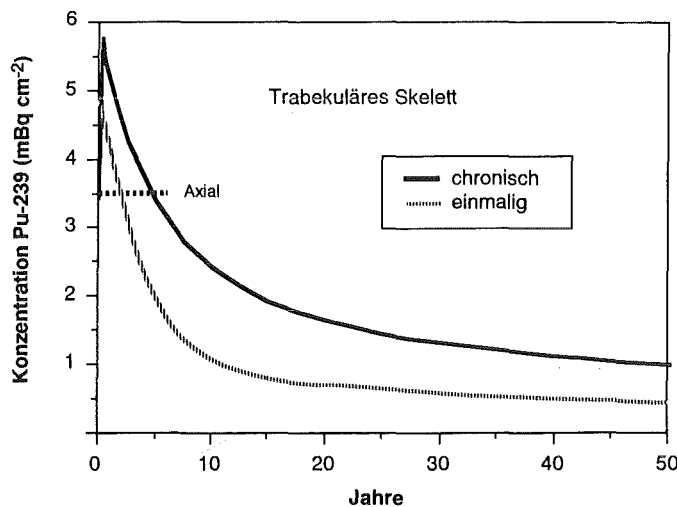


Abb. 4/6: Konzentration von Pu-239 auf internen Oberflächen des trabekulären Skeletts für chronische oder einmalige Zufuhr von 1 kBq ins Blut

Wenn man annimmt, daß die Umbauvorgänge des Skeletts nach einem reinen Zufallsmechanismus stattfinden, dann ist der Bruchteil der Knochenoberflächen (f_{vol}), die eine angrenzende Volumenmarkierung tragen:

$$f_{vol}(t) = 1 - (1 - \sigma_F F_S) e^{-F_S t}$$

F_S ist die Oberflächenumbaurate. Mit diesem Ausdruck kann man abschätzen, daß 99 % aller trabekulären bzw. kortikalen Oberflächen eine angrenzende Volumenmarkierung nach 7,8 oder 80 Jahren haben. Wie in Abb. 4/7 zu sehen ist, hängen die kortikalen Volumenmarkierungen nicht wesentlich vom Aufnahmemodus ab. Pu-239-Konzentrationen in trabekulären Volumenmarkierungen sind wesentlich größer als in kortikalen Markierungen. Die gestrichelte horizontale Linie in Abb. 4/7 zeigt Konzentrationen 'begrabener Aktivität' gemessen im axialen Skelett der o. g. Versuchsperson.

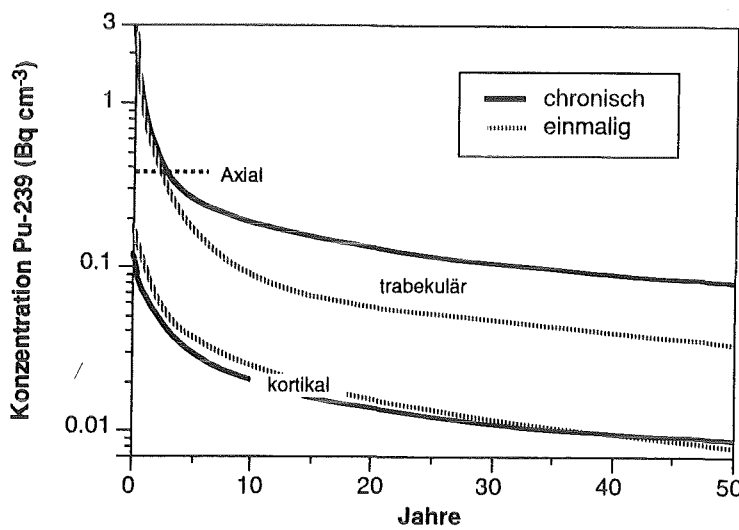


Abb. 4/7: Konzentration von Pu-239 im Knochenvolumen des trabekulären und kortikalen Skeletts nach chronischer oder einmaliger Zufuhr von 1 kBq ins Blut

Wegen der schnellen Ausscheidung aus dem Knochenmark (Abb. 4/4) sind diese Kompartimente im Quasigleichgewicht mit den entsprechenden Volumen- und Oberflächenkompartimenten. Das bedeutet, daß sich immer ca. 17 % der gesamten trabekulären und 2 % der kortikalen Aktivität im trabekulären bzw. kortikalen Mark befinden. Der Beitrag der Markierungen im Knochenmark zur endostealen Strahlenbelastung ist gering, verglichen mit den Volumenmarkierungen im mineralisierten Gewebe. Die Konzentration im trabekulären Mark sind ca. achtmal und im kortikalen Mark mehr als zweimal kleiner als die entsprechenden Konzentrationen im Knochenvolumen.

Das Modell ist nicht nur in der Lage, die durchschnittlichen Konzentrationen von Oberflächen- und Volumenmarkierungen zu berechnen, sondern es können damit auch Konzentrationen in neugebildeten Struktureinheiten für jeden beliebigen Zeitpunkt nach der Zufuhr vorausgesagt werden. Es kann die typischen Konzentrationsprofile erklären, die im neugebildeten Knochen autoradiographisch als 'begrabene Oberflächenmarkierungen' beobachtet werden. Weiterhin ist es möglich, das kinetische Verhalten der Radionuklidmarkierungen auf Oberflächen während der Zyklen der Resorption, Neubildung und des Ruhens zu beschreiben. Einer der wesentlichen Vorteile des Modells besteht in seiner Fähigkeit, auch die Variation der Konzentrationen in den verschiedenen Markierungstypen zu berechnen.

Es ist vorgesehen, mit diesem Modell und einer revidierten Berechnung der absorbierten Energiefraktionen eine verbesserte und detaillierte Abschätzung der Strahlendosen im Skelett nach Inhalation und Ingestion von Transuranen durchzuführen.

4.3.3.2 Untersuchungen zu einer Inhalation von leichtlöslichem Am-241

H. Doerfel

Bei der Entsorgung einer für Dichtemessungen eingesetzten Am-241-Quelle kam es bei einem Meßgerätehersteller zu einer Personenkontamination mit pulverförmigen Am-241. Nach einer ersten Dekontamination vor Ort wurde der betroffene Mitarbeiter an das Regionale Strahlenschutzzentrum im Forschungszentrum Karlsruhe überstellt. Nach den in einem solchen Fall üblichen Sofortmaßnahmen (Kontaminationsmessungen der Körperoberfläche, Entnahme eines Nasen-Rachen-Abstrichs, Ganzkörperdusche) wurde der Mitarbeiter für weitere Untersuchungen an die Abteilung Strahlenschutz überwiesen und die Untersuchung von Urin- und Stuhlproben veranlaßt. Aufgrund der ersten Ergebnisse der Nasen-Rachen-Abstrich- und Lungenmessung wurde noch am gleichen Tag mit einer DTPA-Behandlung zur Intensivierung der Am-241-Ausscheidung begonnen.

Die in der Folgezeit gewonnenen Meßdaten wiesen auf eine äußerst ungewöhnliche Biokinetik des inkorporierten Am-241 hin. So war die Aktivitätsausscheidung im Urin bereits wenige Tage nach der Zufuhr wesentlich größer als die Aktivitätsausscheidung im Stuhl. Dies ist auch bei Berücksichtigung des DTPA-Effekts sehr ungewöhnlich. Nach Unterbrechung der DTPA-Behandlung etwa zwei Monate nach der Zufuhr war die Urinausscheidung immer noch mehr als doppelt so groß wie die Stuhlausscheidung. Auch war der im Anfangsstadium erkennbare Effekt der DTPA-Behandlung wesentlich geringer als in den bisher beobachteten Fällen.

Die verfügbaren biokinetischen ICRP-Modelle waren daher im vorliegenden Fall nicht anwendbar. Allerdings zeigte sich, daß das bei uns entwickelte biokinetische Am-241-Modell durch Modifikation der Löslichkeitsspezifischen Parameter bis zu einem gewissen Grad an die vorliegenden Meßergebnisse angepaßt werden kann. Kennzeichnender Parameter ist hierbei der sogenannte Löslichkeitsfaktor L, der den Aktivitätstransfer aus der Lunge (Al-Kompartiment) und aus dem Darmtrakt in die Körperflüssigkeiten sowie den direkten Aktivitätstransfer von den Körperflüssigkeiten in die Harnblase bestimmt. Der Löslichkeitsfaktor ist im Modell auf 1 für schwerlösliches Plutonium normiert. Die bisher beobachteten Am-241-Inkorporationsfälle können nach dem Modell in sehr guter Meßwertkonsistenz mit Werten zwischen $L = 5$ und $L = 30$ interpretiert werden. Im vorliegenden Fall hat das inhalierte Aerosol aufgrund der effektiven Halbwertszeit im Al-Kompartiment jedoch einen Löslichkeitsfaktor von etwa $L = 200$.

Mit diesem Wert ergeben die Modellrechnungen eine Zufuhr von etwa 3,6 kBq und eine Korngröße von $1 \mu\text{m AMAD}$. Für die Primärdeposition im Atemtrakt wurde das Depositionsmuster des neuen Lungenmodells für einen Nichtraucher bei normaler Atemrate zugrundegelegt. Demnach wurden 21 % (0,76 kBq) im ET2-Bereich, 2,9 % (0,11 kBq) im BB+bb-Bereich und 11 % (0,4 kBq) im Al-Bereich deponiert. Die ET2-Deposition wurde vermutlich durch die Spülung und durch die Entnahme des Nasen-Rachen-Abstrichs auf etwa 0,33 kBq reduziert.

Die Abb. 4/8 bis 4/10 zeigen die mit diesen Modellannahmen berechneten Ausscheidungs- und Retentionsfunktionen im Vergleich zu den jeweiligen Meßwerten. Die gemessenen Urinwerte liegen tendenziell über den Modellwerten, während die gemessenen Skelett- und Leberwerte (27 ± 12 Bq im Skelett und 6 ± 4 Bq in der Leber am 90. Tag nach der Zufuhr) deutlich unter den Modellwerten liegen.

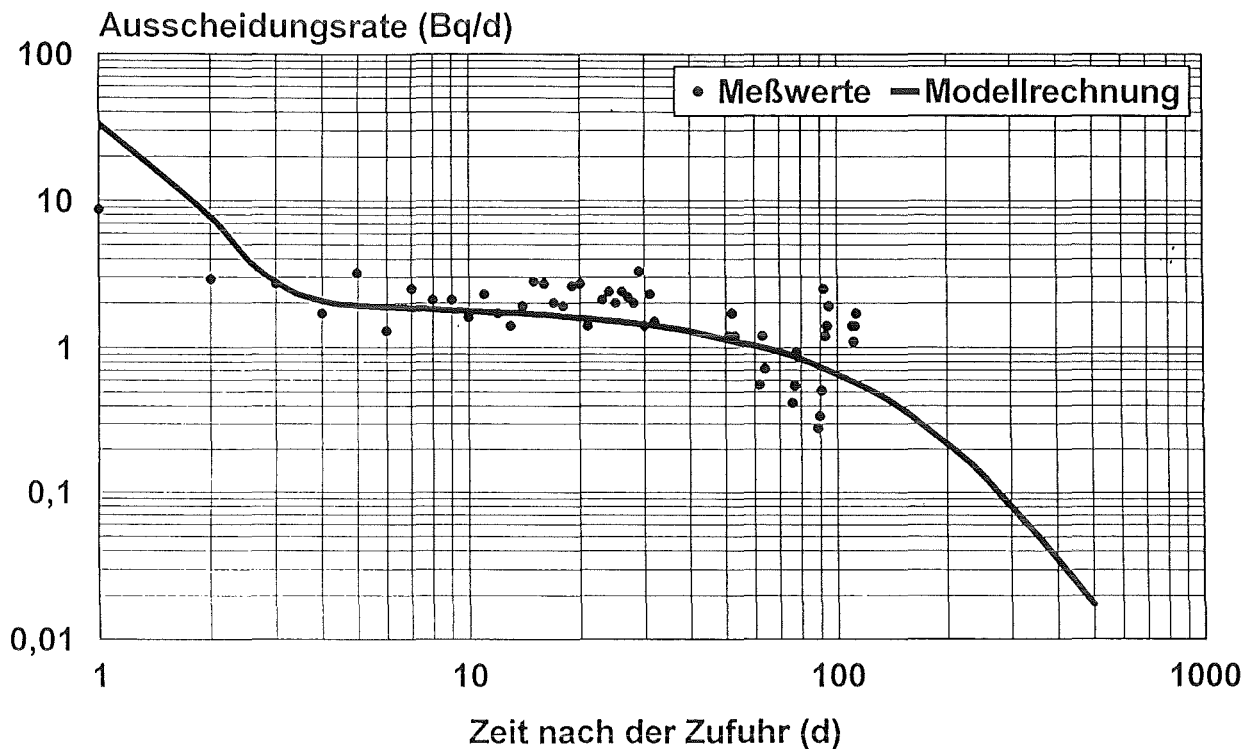


Abb. 4/8: Ausscheidungsraten von Am-241 im Urin nach Inhalation von 3,6 kBq $1 \mu\text{m}$ AMAD; $L = 200$; $T(\text{AI}) = 58 \text{ d}$; ET2-Deposition reduziert auf etwa 330 Bq durch Spülung und NAAB

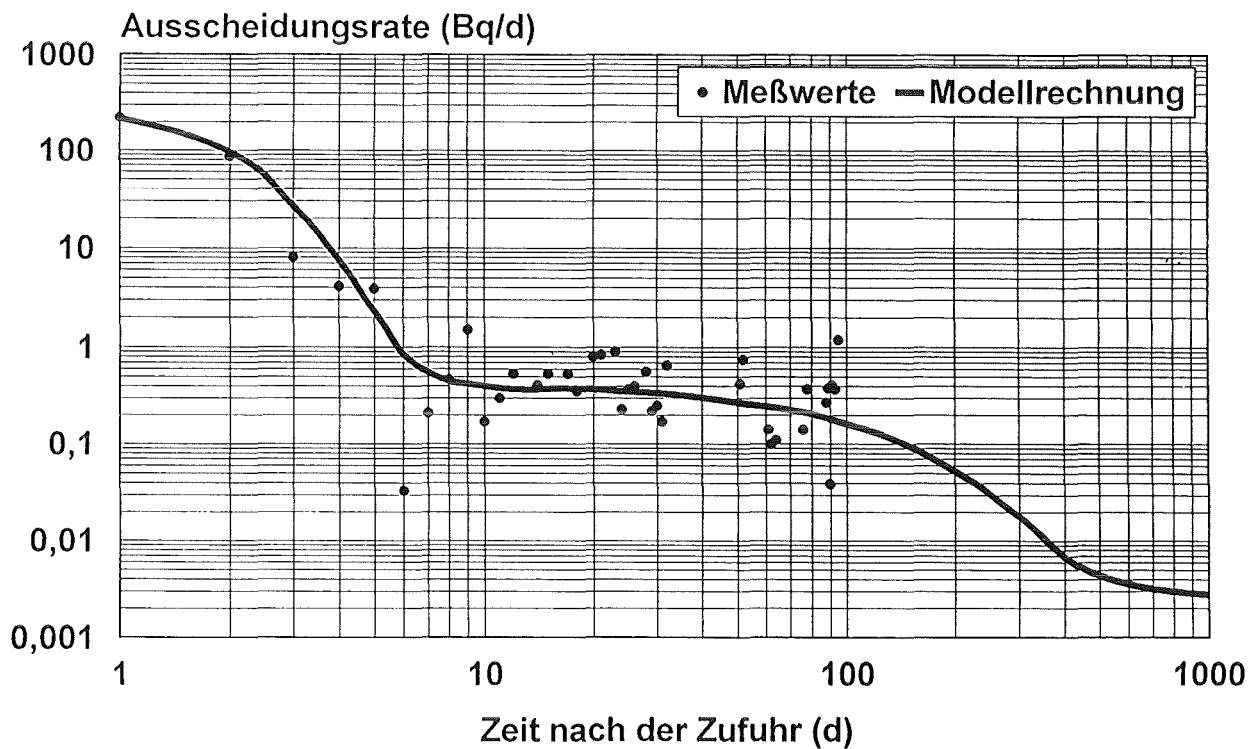


Abb. 4/9: Ausscheidungsraten von Am-241 im Stuhl nach Inhalation von 3,6 kBq $1 \mu\text{m}$ AMAD; $L = 200$; $T(\text{AI}) = 58 \text{ d}$; ET2-Deposition reduziert auf etwa 330 Bq durch Spülung und NAAB

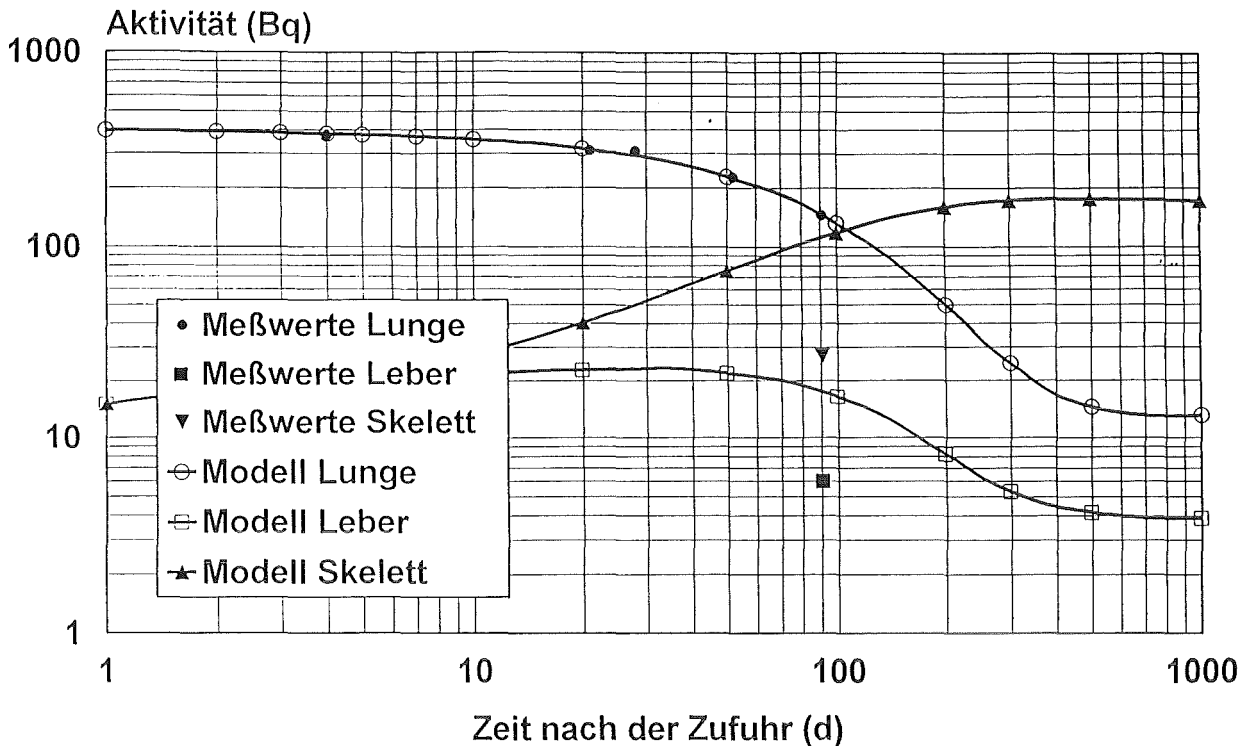


Abb. 4/10: Körperaktivität von Am-241 nach Inhalation von 3,6 kBq
 $1 \mu\text{m AMAD}$; $L = 200$; $T(\text{Al}) = 58 \text{ d}$; ET2-Deposition reduziert auf etwa 330 Bq durch Spülung und NAAB

Die Meßergebnisse sowie die Modellrechnungen deuten darauf hin, daß das inkorporierte Am-241 zum überwiegenden Teil bereits bei der Aufnahme in einer leicht transportablen komplexierten Form vorlag. Aus diesem Grund war anfangs kein ausgeprägter DTPA-Effekt erkennbar. Die letzte DTPA-Therapie zeigte dagegen einen deutlich erkennbaren Effekt. Möglicherweise war das in komplexierter Form aufgenommene Am-241 zu diesem Zeitpunkt bereits weitgehend ausgeschieden, so daß die DTPA-Wirkung bei der Restaktivität stärker zur Geltung kommt als im Anfangsstadium.

Bei der Berechnung der in den Abb. 4/8 bis 4/10 dargestellten Ausscheidungs- und Retentionsfunktionen ist der DTPA-Effekt nicht explizit berücksichtigt worden. Es ist allerdings nicht auszuschließen, daß die bei der Berechnung angenommene hohe Transportabilität zum Teil auf die DTPA-Therapie zurückzuführen ist. Dies kann jedoch erst beim Vorliegen weiterer Meßergebnisse genauer geklärt werden.

Wenn keine weiteren DTPA-Therapiemaßnahmen erfolgen, kann man davon ausgehen, daß die 50-Jahre-Folgeäquivalentdosis durch die bis jetzt durchgeführten DTPA-Infusionen in der Leber auf etwa 30 % und im Skelett auf etwa 56 % der nach dem Modell zu erwartenden Werte gesenkt worden ist (Tab. 4/14 und 4/15).

	Anzahl der Zerfälle über 50 Jahre	
	ohne DTPA	mit DTPA
Lunge	1,7·10 ¹⁰	1,7·10 ¹⁰
Leber	3,7·10 ⁹	1,1·10 ⁹
Skelett	2,1·10 ¹¹	1,2·10 ¹¹

Tab. 4/14: Anzahl der in Lunge, Leber und Skelett zu erwartenden Zerfälle aufgrund von Modellrechnungen mit dem neuen biokinetischen Am-241-Modell für eine inhalationsbedingte Zufuhr von 3,6 kBq, weitere Annahmen siehe Text

Organ bzw. Gewebe	Folgeäquivalentdosis in mSv		
	Organ bzw. Gewebe	Beitrag zur effektiven Dosis	
		alte Wichtung (ICRP 26)	neue Wichtung (ICRP 60)
Lunge	270	32	32
Leber	11	0,6	0,6
R. Knochenmark	350	42	42
Knochenoberfläche	4 300	130	43

Tab. 4/15: Folgeäquivalentdosen aufgrund von Modellrechnungen mit dem neuen biokinetischen Am-241-Modell für eine inhalationsbedingte Zufuhr von 3,6 kBq, weitere Annahmen siehe Text

Demnach ist bei dem betroffenen Mitarbeiter mit einer effektiven Folgeäquivalentdosis in Höhe von ca. 210 mSv (alte Wichtung nach ICRP 26) bzw. in Höhe von ca. 120 mSv (neue Wichtung nach ICRP 60) zu rechnen.

4.3.4 Sonstige Untersuchungen

K. Neumann, H. Doerfel, I. Hofmann, A. Zieger

4.3.4.1 Kalibrierung des INDOS-Detektorsystems

Im Rahmen einer Studien- und Diplomarbeit der Berufsakademie Karlsruhe wurde das bei uns entwickelte Detektorsystem zur direkten internen Dosimetrie (INDOS) kalibriert.

Im ersten Schritt wurde ein Computercode zur Berechnung des Ansprechvermögens der vier Plastik-Szintillationsdetektoren von INDOS entwickelt. Der Computercode stützt sich auf frühere Kalibriermessungen, bei denen die Geometrie- und Energieabhängigkeit des Ansprechvermögens der Detektoren für verschiedene Punktstrahler (Na-22, Mn-54, Co-57, Co-60, Ba-133, Cs-137 und Am-241) an einem Netz von Raumpunkten bestimmt wurde. Das Netz wurde dabei so gewählt, daß alle möglicherweise von einem Probanden eingenommenen Raumpunkte in der Umgebung der Detektoren abgedeckt werden.

Außerdem wurde mit Hilfe eines Pressholzphantoms das Absorptions- und Build-up-Verhalten der γ -Strahlung in gewebeäquivalentem Material untersucht. Aus diesen Messungen wurden halbempirische Funktionen zur Berechnung des Ansprechvermögens der Detektoren als Funktion der γ -Energie und der Raumkoordinaten der Strahlenquelle sowie der Massenbelegung auf der Strecke zwischen der Strahlenquelle und den Detektoren abgeleitet.

Die rechnerische Kalibrierung bestand im wesentlichen in der räumlichen Integration dieser Funktionen über die von den interessierenden Organen bzw. Körperbereichen der Probanden eingenommenen Raumbereiche. Zur Definition dieser Raumbereiche wurde das vom Medical Internal Radiation Dose Committee vorgeschlagene sogenannte MIRD-Phantom herangezogen, welches auch die Grundlage für die Berechnung der ICRP-Dosisfaktoren bildet. Das MIRD-Phantom ist hier besonders gut geeignet, da es gewissermaßen zu modellkonsistenten Kalibrierfaktoren führt. Allerdings repräsentiert das MIRD-Phantom eine aufrecht stehende Person, so daß es im vorliegenden Fall in eine sitzende Position transformiert werden muß.

Das MIRD-Phantom umfaßt Kopf, Hals, Rumpf, Ober- und Unterschenkel. Als dosisrelevante Organe werden Schilddrüse, Lunge, Leber, Dünndarm, oberer und unterer Dickdarm explizit berücksichtigt. Das Phantom bezieht sich auf den Referenzmenschen mit einer Körpergröße von 170 cm und einem Körpergewicht von 70 kg bei einer homogenen Dichte von 1 g/cm³.

Zur Simulation von Personen mit anderen Körperproportionen wurde das Phantom rechnerisch gestreckt bzw. gestaucht. Als Randbedingung diente dabei der Zusammenhang zwischen Rumpflänge und Körpergröße, der in ergänzenden Untersuchungen zur Optimierung der Meßgeometrie bestimmt wurde. Zur Normierung des Phantomvolumens wurde die in der ICRP Publikation 23 (Reference Man) angegebene Abhängigkeit des Körpergewichts von der Körpergröße herangezogen.

Die Abb. 4/11 zeigt zunächst die nach Anpassung des MIRD-Phantoms an die INDOS-Meßposition berechneten Werte des Ansprechvermögens der vier INDOS-Detektoren für homogene Aktivitätsdepositionen im Ganzkörper eines 70-kg-Referenzmenschen. Alle Detektoren zeigen qualitativ etwa die gleiche Energieabhängigkeit des Ansprechvermögens, so daß die Verhältnisse der Impulsraten der einzelnen Detektoren bei allen Energien etwa gleich groß sind. Entsprechendes gilt auch für alle genannten dosisrelevanten Organdepositionen.

Zur Quantifizierung der Impulsratenverhältnisse wurde zunächst das relative Ansprechvermögen RA_i (Verhältnis des Ansprechvermögens des i -ten Detektors bezogen auf das Gesamtansprechvermögen aller vier Detektoren) eingeführt. Darauf aufbauend wurde zur Charakterisierung der verschiedenen Depositionsmuster als weiterer Parameter der sogenannte Verteilungskoeffizient V eingeführt, der sich nach der folgenden Formel aus dem relativen Ansprechvermögen RA_i der einzelnen Detektoren berechnet:

$$V = \ln \left[\frac{RA_3 + RA_4}{2,1 \cdot RA_2} \right]$$

Die Tab. 4/16 zeigt die über den gesamten Energiebereich von 100 keV bis 5 MeV gemittelten Werte des relativen Ansprechvermögens RA_i sowie die daraus abgeleiteten Werte des Verteilungskoeffizient V für die betrachteten Depositionsarten beim 70-kg-Referenzmenschen.

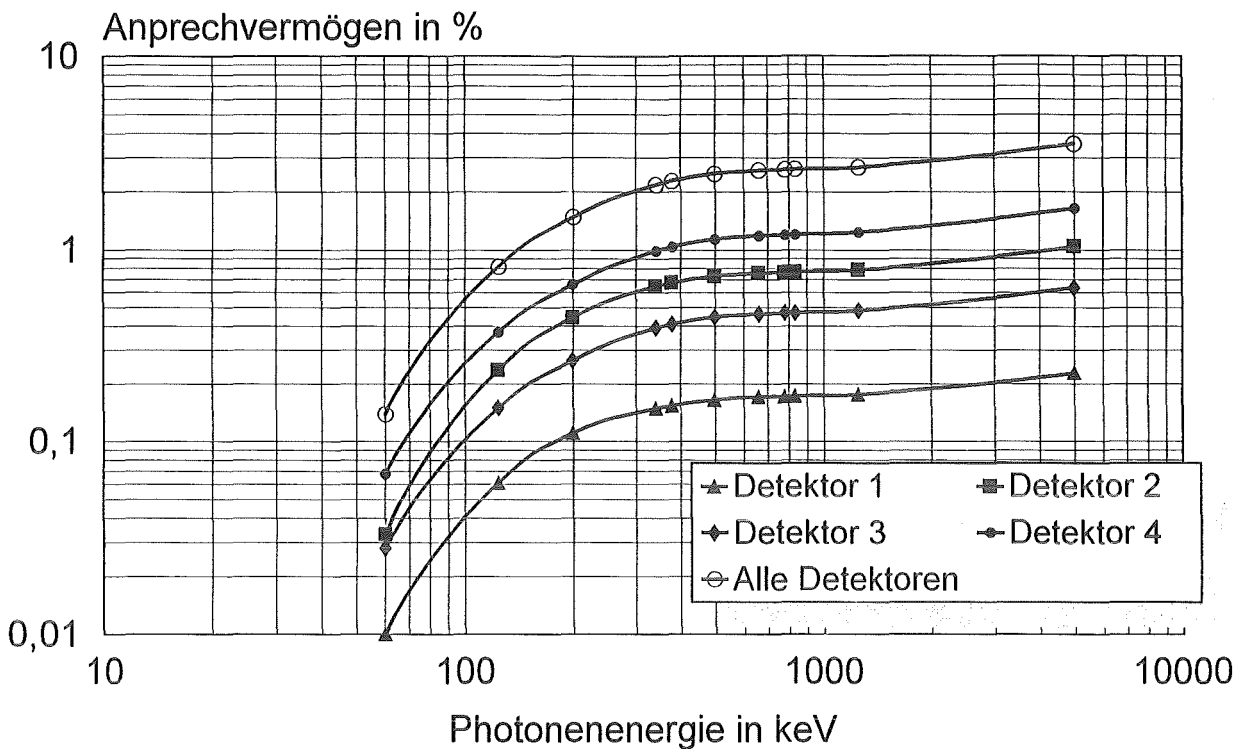


Abb. 4/11: Ansprechvermögen der vier Detektoren des INDOS-Detektorsystems für homogene Ganzkörperdepositionen nach Berechnungen auf der Basis des MIRD-Phantoms (Impulse pro Photon)

Deposition	Relatives Ansprechvermögen RA_i in %				Verteilungskoeffizient V
	RA_1	RA_2	RA_3	RA_4	
Ganzkörper	$7,8 \pm 0,5$	$29,7 \pm 0,3$	$16,9 \pm 0,3$	$45,6 \pm 0,4$	0
Schilddrüse	$46,9 \pm 6,4$	$52,9 \pm 6,4$	0	$0,1 \pm 0,1$	-7,0
Lunge	$8,5 \pm 0,4$	$89,0 \pm 1,4$	0	$2,5 \pm 1,0$	-4,3
Lunge	$3,5 \pm 0,4$	$61,3 \pm 3,6$	$7,9 \pm 1,7$	$27,4 \pm 4,8$	-1,3
Oberer Dickdarm	$0,5 \pm 0,1$	$7,8 \pm 1,0$	$13,5 \pm 1,6$	$78,2 \pm 0,5$	1,7
Unterer Dickdarm	0	$0,7 \pm 0,3$	$5,4 \pm 1,3$	$93,9 \pm 1,6$	4,2

Tab. 4/16: Relatives Ansprechvermögen RA_i der vier Detektoren und Verteilungskoeffizient V des INDOS-Detektorsystems für homogene Ganzkörperdepositionen sowie für verschiedene Organdepositionen beim 70-kg-Referenzmenschen

Für den Strahlenschutz sind vier Kategorien von Nukliddepositionen von besonderer Bedeutung. Die erste Kategorie umfaßt homogene bzw. quasihomogene Aktivitätsverteilungen im ganzen Körper (z. B. im Muskel- oder Fettgewebe). In dieser Kategorie ist die effektive Äquivalentdosis grenzwertrelevant. Die zweite Kategorie umfaßt alle Nukliddepositionen, bei denen die Lungenäquivalentdosis größer als die dreifache effektive Äquivalentdosis ist (grenzwertrelevante Lungendeposition). Die dritte Kategorie umfaßt alle Nukliddepositionen, bei denen die Schilddrüsenäquivalentdosis größer ist als die sechsfache effektive Äquivalentdosis (grenzwertrelevante Schilddrüsendeposition). Die vierte

Kategorie umfaßt alle übrigen Nukliddepositionen, bei denen wie in der ersten Kategorie die effektive Äquivalentdosis grenzwertrelevant ist.

Aufgrund der charakteristischen Unterschiede des relativen Ansprechvermögens bzw. des Verteilungsindex ist es möglich, jeden Meßwert anhand der Impulsratenverhältnisse eindeutig einer dieser vier Kategorien zuzuordnen. In Tab. 4/17 sind die wichtigsten Kenngrößen der vier Kategorien für den 70-kg-Referenzmenschen zusammengestellt. In der ersten und der vierten Kategorie beziehen sich die Werte auf die effektive Äquivalentdosis und in den beiden anderen Kategorien auf die jeweiligen Organ-Äquivalentdosen. Die unteren Nachweisgrenzen beziehen sich jeweils auf eine Meßzeit von 20 s pro Statusuntersuchung.

Die Berechnungen zeigten, daß das Ansprechvermögen des INDOS-Detektorsystem für alle Depositionsmuster nahezu die gleiche Körpergrößenabhängigkeit aufweist wie die entsprechenden Dosisfaktoren. Demzufolge haben die Kalibrierfaktoren, die vom Verhältnis des Ansprechvermögens zum entsprechenden Dosisfaktor bestimmt werden, bei allen betrachteten Körpergrößen nahezu den gleichen Wert. Dies wird in Tab. 4/18 am Beispiel von homogenen Ganzkörperdepositionen einiger ausgewählter Nuklide aus dem medizinischen und kerntechnischen Bereich verdeutlicht.

Entsprechendes gilt auch für alle übrigen Nuklide, die nach der Richtlinie zur physikalischen Strahlenschutzkontrolle durch Direktmessung der Körperaktivität zu überwachen sind, sowie für alle übrigen Depositionskategorien. Demnach erhält man mit INDOS bei allen Körpergrößen stets einen realistischen Wert für die Äquivalentdosis. Hier liegt ein weiterer Vorteil von INDOS gegenüber dem konventionellen Verfahren der internen Dosimetrie, bei dem ein körpergrößen- bzw. körpergewichtsabhängiger Fehler von bis zu einem Faktor 2 auftreten kann.

	1 Ganzkörper	2 Lunge	3 Schilddrüse	4 Sonstige
Verteilungsindex	$-0,5 < I < 1,5$	$2,9 < I < 5,6$	$I > 5,6$	$1,5 < I < 2,9$ oder $I < -0,5$
Meßgröße	effektive Äquivalent- dosis	Organ- Äquivalent- dosis	Organ Äquivalent- dosis	effektive Äquivalent- dosis
Leitnuklid	Co-60	Co-60	I-131	Co-60
Kalibrierfaktor in nSv/d pro Imp/s				
Detektor 1	0	0	3 570	4,89
Detektor 2	3,78	50,2	0	8,86
Detektor 3	3,78	0	0	0
Detektor 4	3,78	0	0	12,6
Untere Nachweisgrenze in µSv				
Wochendosis (1 Mess.)	0,8	3,8	130	2,3
Monatsdosis (4 Mess.)	1,8	8,2	280	4,9
Jahresdosis (45 Mess.)	6,5	30,0	1 000	18,0

Tab. 4/17: Kenngrößen des INDOS-Detektorsystems für vier Depositionskategorien bezogen auf den 70-kg-Referenzmenschen

Nuklid	eff. Energie in keV	Kalibrierfaktor in nSv/d pro Imp/s für die Körpergrößen			
		150 cm	170 cm	190 cm	210 cm
Tc-99m	141	10,6	10,8	10,5	10,4
Tl-201	160	3,28	3,34	3,24	3,23
Ga-67	253	7,41	7,57	7,35	7,37
I-131	379	4,70	4,81	4,71	4,73
Cs-137	662	3,17	3,25	3,19	3,20
Zn-65	1 089	4,36	4,48	4,41	4,43
Co-60	1 250	3,71	3,81	3,75	3,77

Tab. 4/18: Kalibrierfaktoren des INDOS-Detektorsystems für homogene Ganzkörperdepositionen von einigen Nukliden aus dem medizinischen und kerntechnischen Arbeitsbereich bei Personen mit unterschiedlichen Körpergrößen zwischen 150 cm und 210 cm

4.3.4.2 Erste Probandenmessungen mit dem INDOS-Detektorsystem

K. Neumann, H. Doerfel, I. Hofmann, A. Zieger

Im Rahmen des Vorhabens zur Markteinführung des INDOS-Detektorsystems wurden erste Probandenmessungen mit dem Detektorsystem durchgeführt. Für diese Messungen konnten Probanden gewonnen werden, die bei nuklearmedizinischen Untersuchungen im Städtischen Klinikum Karlsruhe definierte Aktivitäten von Ga-67, Tc-99m oder Tl-201 erhalten haben. Die Probanden wurden in verschiedenen Meßreihen parallel mit INDOS und mit dem Ganzkörperzähler untersucht. Die letztgenannten Untersuchungen dienen dabei zur Bestimmung der Körperaktivität bzw. zur Abschätzung der zum Zeitpunkt der INDOS-Messung zu erwartenden inneren Äquivalentdosisleistung.

Bei der Abschätzung der zu erwartenden Äquivalentdosisleistung sind die effektiven Halbwertszeiten der inkorporierten Radionuklide von besonderer Bedeutung. Die Untersuchungen mit dem Ganzkörperzähler zeigten, daß die Nuklide bei den verschiedenen Probanden jeweils nahezu die gleichen Halbwertszeiten haben. Es kann daher angenommen werden, daß die individuellen Unterschiede der biologischen Halbwertszeiten vernachlässigbar sind. Außerdem kann angenommen werden, daß die biologische Halbwertszeiten der beiden Thallium-Isotope Tl-201 und Tl-202 identisch sind. Mit diesen Annahmen ergeben sich aus einer zusammenfassenden Betrachtung aller Messungen die folgenden effektiven Halbwertszeiten: Ga-67: 3,1 d; Tc-99m: 5,3 h; Mo-99: 2,3 d; Tl-201: 2,6 d; Tl-202: 7,0 d. Zur Erzielung einer möglichst genauen Aussage über die zu erwartende Äquivalentdosisleistung wurden die Meßwerte des Ganzkörperzählers mit Hilfe dieser mittleren Halbwertszeiten ausgeglichen.

Die INDOS-Messungen wurden sowohl mit den Standardkalibrierfaktoren für den medizinischen Bereich (Leitnuklid Ga-67) als auch mit nuklidspezifisch korrigierten Kalibrierfaktoren durchgeführt. Die INDOS-Messungen zeigten, daß in allen Fällen Ganzkörperdepositionen vorlagen. Allerdings handelte es sich nur bei Ga-67 um annähernd homogene Ganzkörperdepositionen (Verteilungsindex $V = -0,08 \pm 0,04$), während bei Tl-201 ($V = 0,33 \pm 0,03$) und Tc-99m ($V = 0,88 \pm 0,26$) offenbar Aktivitätsanreicherungen im Beckenbereich bzw. im Bereich der Oberschenkel vorlagen.

Dies kann auf die unterschiedliche Biokinetik der einzelnen Nuklide zurückgeführt werden. So wird Ga-67 hauptsächlich im Knochenmark abgelagert, während Tl-201 und Tc-99m vorwiegend im Muskelgewebe - also vorwiegend auch im unteren Rumpfbereich und im Oberschenkelbereich - deponiert werden. Die beobachteten Aktivitätsanreicherungen führten bei Tl-201 und insbesondere bei Tc-99m zu systematischen Diskrepanzen zwischen den INDOS-Meßwerten und den jeweiligen Erwartungswerten der Äquivalentdosisleistung. Diese Diskrepanzen zeigten eine auffällige Korrelation mit dem Verteilungsindex V. Aufgrund dieser Korrelation wurde der folgende Faktor K zur Korrektur der bei inhomogenen Ganzkörperdepositionen auftretenden Effekte abgeleitet.

$$K = \frac{1}{1 + (0,8 \cdot V)}$$

Die Abb. 4/12 bis 4/14 zeigen an drei Beispielen die auf diese Weise erhaltenen INDOS-Werte im Vergleich zu den aus den Ganzkörperzählerdaten abgeschätzten Erwartungswerten der effektiven Äquivalentdosisleistung. Bei Ga-67 (Abb. 4/12) ergibt sich im gesamten Bereich eine ausgezeichnete Übereinstimmung zwischen den INDOS-Werten und den Erwartungswerten (mittleres Verhältnis $1,02 \pm 0,02$). Auch die aus den INDOS-Werten abgeschätzte effektive Halbwertszeit stimmt mit 3,1 d sehr gut mit dem aus den Ganzkörperzählerdaten abgeleiteten Wert überein. Bemerkenswert ist hierbei allerdings, daß die INDOS-Werte sehr viel näher an der entsprechenden Exponentialfunktion liegen als die Ganzkörperzählerdaten: Die mittlere Abweichung der INDOS-Werte beträgt 1,4 %, die der Ganzkörperzählerdaten ist mit 8,0 % mehr als fünfmal so groß. Die aus den Ganzkörperzählerdaten abgeschätzte effektive Folgeäquivalentdosis beträgt insgesamt 4,0 mSv (3,6 mSv durch Ga-67, 0,4 mSv durch Tl-201). Die aus den INDOS-Werten abgeschätzte Gesamtdosis liegt mit 3,9 mSv sehr nahe an diesem Erwartungswert.

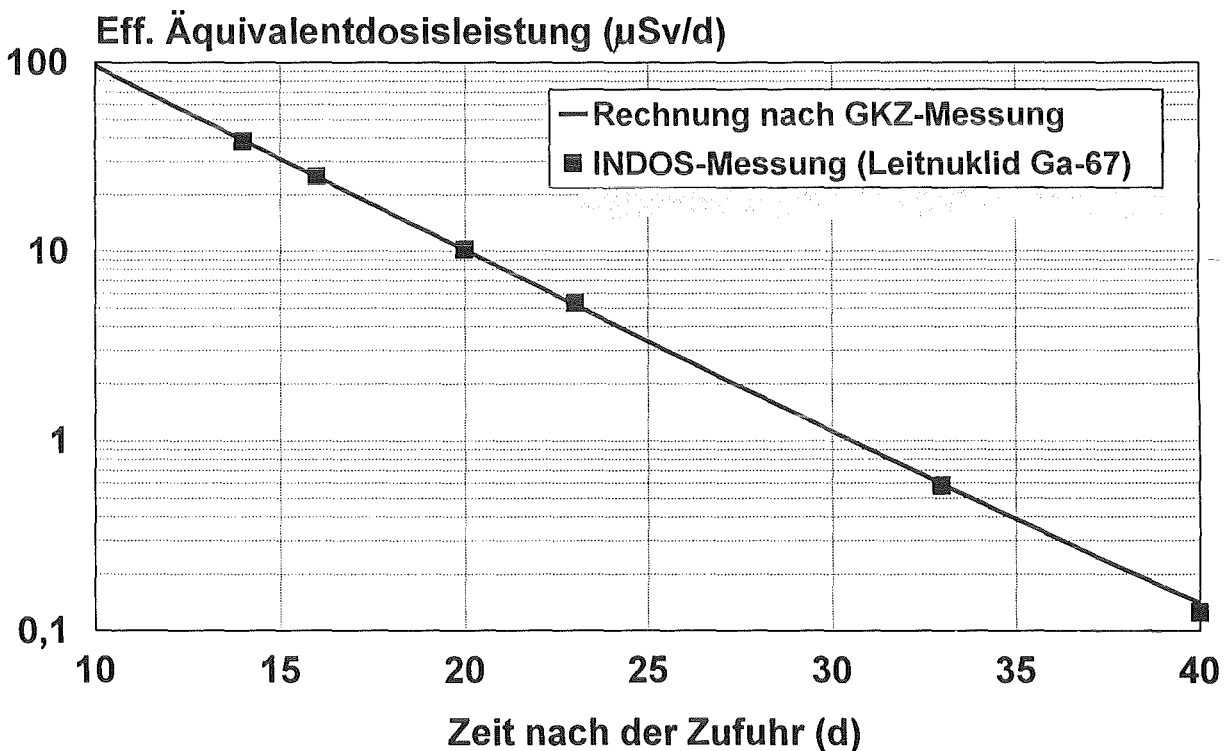


Abb. 4/12: Zeitlicher Verlauf der effektiven Äquivalentdosisleistung infolge einer Systemzufuhr von etwa 48 MBq Ga-67 und etwa 7,2 MBq Tl-201 nach Berechnungen anhand von Ganzkörperzählerdaten (GKZ-Messung) sowie nach INDOS-Messungen mit Standardkalibrierfaktoren (Leitnuklid Ga-67)

Bei TI-201 (Abb. 4/13) liegen die mit den den Standardkalibrierfaktoren (Leitnuklid Ga-67) ermittelten INDOS-Werte um etwa den Faktor 2 unter den Erwartungswerten, während die mit den nuklidspezifischen Kalibrierfaktoren (Leitnuklid TI-201) ermittelten Werte weitgehend mit den Erwartungswerten übereinstimmen. Der erste INDOS-Wert liegt allerdings etwa 70 % über dem Erwartungswert. Hierbei ist zu berücksichtigen, daß etwa zwei Drittel der injizierten TI-201-Aktivität am ersten Tag unmittelbar über den Urin ausgeschieden wird und nur das verbleibende Drittel in das System transferiert wird.

Die anfangs mit INDOS gemessene Dosisüberhöhung ist mit hoher Wahrscheinlichkeit auf die schnell über den Urin ausgeschiedenen Aktivitätskomponente, die bei den Untersuchungen im Ganzkörperzähler nicht erfaßt wurde, zurückzuführen. Insofern ist der überhöhte Wert wahrscheinlich korrekt. Sieht man von dem Dosisbeitrag der schnell ausgeschiedenen Aktivitätskomponente ab, so ergibt sich aus den Ganzkörperzählerdaten effektive Folgeäquivalentdosis von insgesamt 1,25 mSv (1,21 mSv durch TI-201, 0,04 mSv durch TI-202). Die aus den INDOS-Werten mit der nuklidspezifischen Kalibrierung abgeschätzte Gesamtdosis stimmt mit 1,31 mSv sehr gut mit diesem Erwartungswert überein.

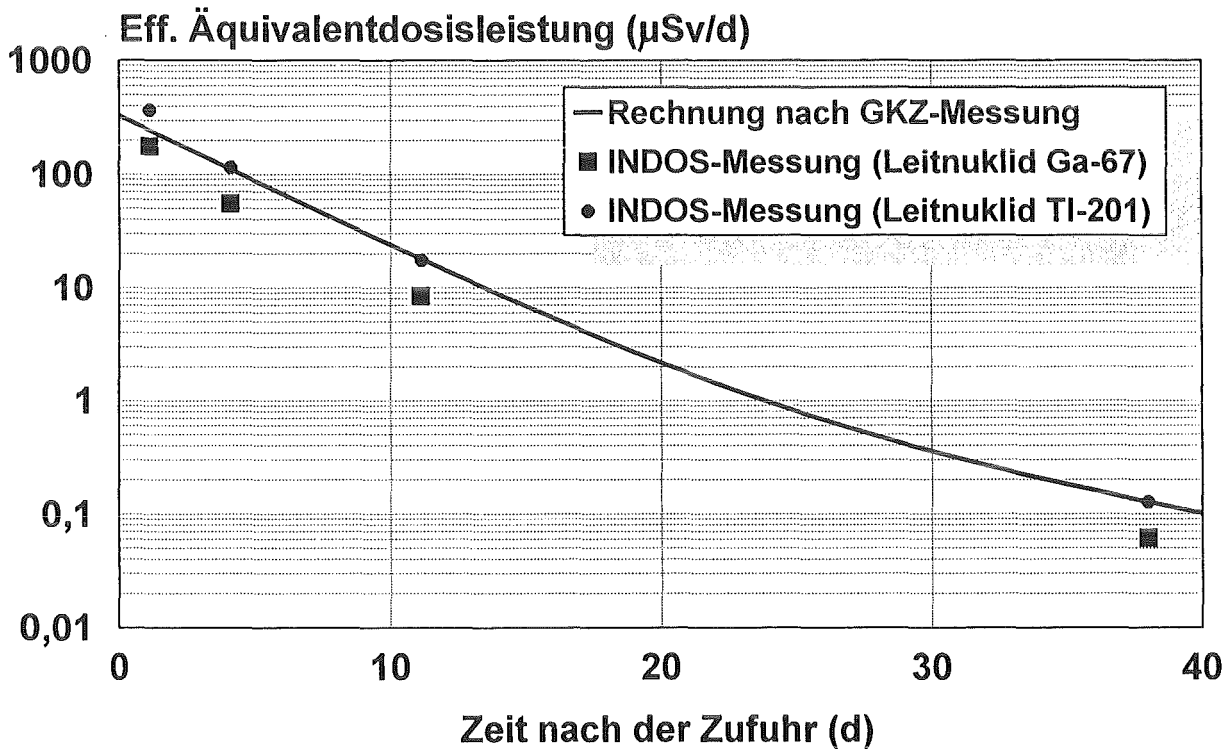


Abb. 4/13: Zeitlicher Verlauf der effektiven Äquivalentdosisleistung infolge einer Systemzufuhr von etwa 20 MBq TI-201 mit etwa 0,13 MBq TI-202 nach Berechnungen anhand von Ganzkörperzählerdaten (GKZ-Messung) sowie nach INDOS-Messungen mit Standardkalibrierfaktoren (Leitnuklid Ga-67) bzw. mit nuklidspezifischen Kalibrierfaktoren (Leitnuklid TI-201)

Bei Tc-99m (Abb. 4/14) liegen die mit den den Standardkalibrierfaktoren (Leitnuklid Ga-67) ermittelten INDOS-Werte um etwa 30 % über den Erwartungswerten, während die mit den nuklidspezifischen Kalibrierfaktoren (Leitnuklid Tc-99m) ermittelten Werte im dosisrelevanten Zeitbereich sehr gut mit den Erwartungswerten übereinstimmen.

Bei Tc-99m sind die beobachteten Inhomogenitäten der Aktivitätsverteilung noch ausgeprägter als bei TI-201. Bei dem hier dargestellten Fall zeigte sich allerdings, daß die Inhomogenitäten teilweise auf eine Aktivitätsansammlung in der Harnblase zurückzuführen

war. So ging der Verteilungsindex von durchschnittlich $1,13 \pm 0,16$ vor Entleeren der Blase auf durchschnittlich $0,88 \pm 0,05$ nach Entleeren der Blase zurück. Die in Abb. 4/14 aufgeführten INDOS-Werte beziehen sich auf die Messungen bei entleerter Blase. Die vor Entleerung der Blase ermittelten Werte lagen jeweils etwa 8 % bis 10 % höher. Dies deckt sich sehr gut mit der bei einer biologischen Halbwertszeit von etwa zwei Tagen zu erwartenden Ausscheidungsrate pro Blasenentleerung.

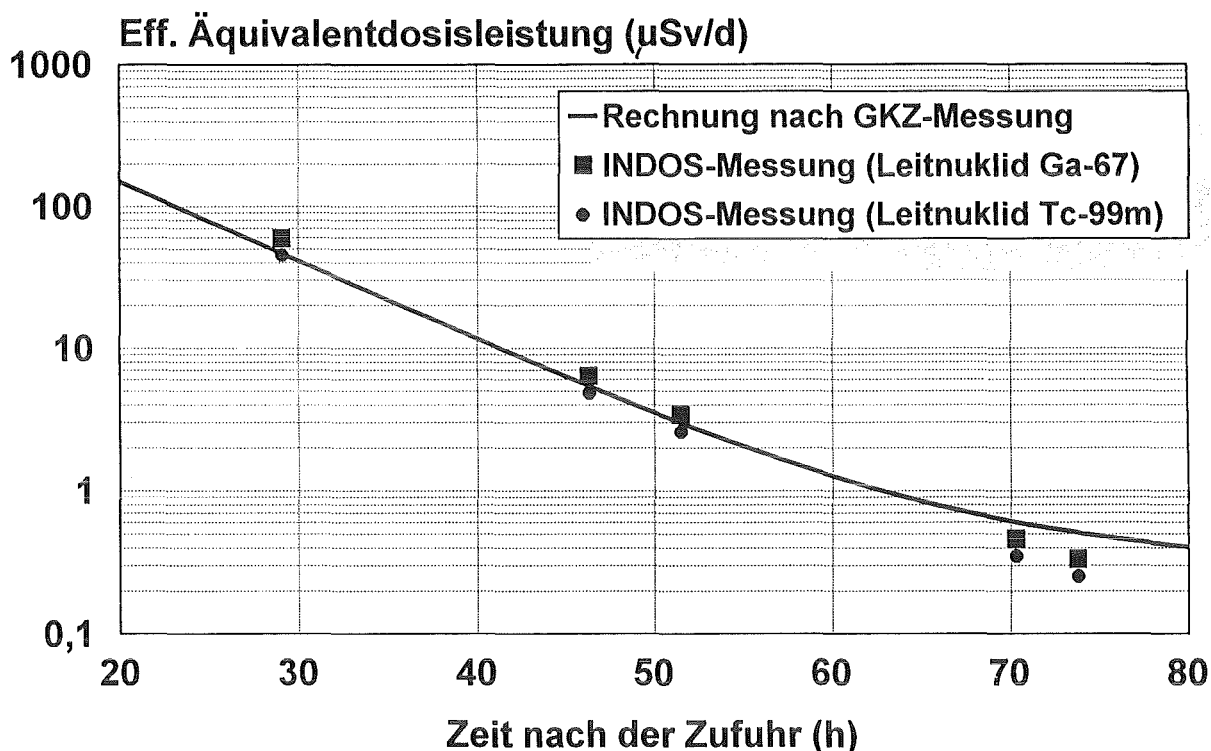


Abb. 4/14: Zeitlicher Verlauf der effektiven Äquivalentdosisleistung infolge einer Systemaufnahme von etwa 180 MBq Tc-99m und 0,01 MBq Mo-99 nach Berechnungen anhand von Ganzkörperzählerdaten (GKZ-Messung) sowie nach INDOS-Messungen mit Standardkalibrierfaktoren (Leitnuklid Ga-67) sowie mit nuklid-spezifischen Kalibrierfaktoren (Leitnuklid Tc-99m)

Zusammenfassend kann man daher feststellen, daß mit dem INDOS-Detektorsystem in jeder Hinsicht außerordentlich gute Meßergebnisse erzielt werden können.

4.4 Strahlenschutzmeßtechnik

4.4.1 Aufgaben

B. Reinhardt

Nach der Strahlenschutzverordnung wird an Strahlenschutzmeßgeräte generell die Forderung gestellt, daß sie dem Stand der Wissenschaft und Technik entsprechen, den Anforderungen des Meßzweckes genügen, in ausreichender Anzahl vorhanden sind und regelmäßig gewartet werden. Der Bestand an elektronischen Strahlenschutzmeßgeräten, der von der Abteilung Strahlenschutz betreut wird, setzt sich aus einer großen Anzahl von Dosisleistungs- und Kontaminationsmonitoren, aus Meßplätzen zur Aktivitätsbestimmung und den ortsfesten Anlagen zur Pegel- und Luftüberwachung zusammen.

Die Funktionstüchtigkeit der Geräte und Anlagen wird vom Personal der Arbeitsplatzüberwachung regelmäßig, meist täglich, überprüft. Regelmäßig wiederkehrende Prüfungen nach Prüfanweisung werden gemäß den in einem Prüfplan festgelegten Anforderungen durch das Personal der Arbeitsplatzüberwachung, durch Sachkundige einer Service-Firma oder durch hinzugezogene Sachverständige durchgeführt. Bei der Instandhaltung der Strahlenschutzmeßgeräte fallen folgende Aufgaben an:

- Kalibrierung tragbarer Dosisleistungsmeßgeräte,
- Mitarbeit bei der Eichung von Dosisleistungsmeßgeräten und Dosimetern durch die amtliche Eichabfertigungsstelle,
- Bestrahlung von Dosimetern zur Kalibrierung von Auswertegeräten,
- Reparatur und Kalibrierung der Pegel- und Luftüberwachungsanlagen in den Instituten und Abteilungen des Forschungszentrums und in der Umgebung,
- Reparatur sonstiger elektronischer Geräte,
- Erstellung von Prüfanweisungen.

Außerdem werden Eingangskontrollen neu beschaffter 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 vorgenommen und kommerziell nicht erhältliche Geräte für den Eigenbedarf der Hauptabteilung Sicherheit entwickelt.

4.4.2 Wartung und Reparatur

J. Burkhardt, H. Michel, W. Richter

Zur Instandhaltung der von der Abteilung Strahlenschutz betreuten kontinuierlich messenden Raumluft- und Fortluftüberwachungsanlagen waren 570 Reparatureinsätze 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.

Durch die Zusammenfassung zweier bisher getrennter Abteilungen der Hauptabteilung Sicherheit in 1995 erfolgte auch die Übergabe des Meßgerätelagers einschließlich der damit verbundenen Geräteverwaltung und Neubeschaffung an die Gruppe Strahlenschutzmeßgeräte. 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.

4.4.3 Routinekalibrierung

M. Hauser, P. Bohn

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 Bundesan-

stalt für die Zulassung zur Eichung und den Prüfregeln für Strahlenschutzdosimeter. Folgende Aufgaben stehen im Vordergrund:

- Kalibrierung von Dosisleistungsmeßgeräten, Dosimetern und Dosiswarngeräten,
- Bestrahlung von Dosimeterchargen zur Kalibrierung von Thermolumineszenz- und Photolumineszenz-Auswertegeräten.

Im Berichtsjahr wurden 22 Gamma-Dosisleistungsmeßgeräte und 22 Neutronendosisleistungsmeßgeräte kalibriert. Hinzu kam noch die Bestrahlung von 18 Neutronendosimetern. An der Hochdosis-Bestrahlungsanlage fanden 63 Bestrahlungen, zum Teil als Auftragsarbeiten für Fremdfirmen statt. Im Bestrahlungsbunker wurden 618 Bestrahlungen, hauptsächlich für die amtliche Meßstelle, durchgeführt. Alle Cs-137-Bestrahlungseinrichtungen wurden regelmäßig mit einem Sekundärstandard überprüft.

115 Bestrahlungen mit der Röntgenanlage dienten zur Bestimmung der Energieabhängigkeit von Dosimetern. Zusätzlich erfolgten Funktionskontrollen bei 86 Kontaminationsmonitoren, die u. a. von der Berufsfeuerwehr Karlsruhe und Kernkraftwerken eingesandt wurden. Wenn notwendig und möglich, wurden defekte Geräte repariert. Anschließend erfolgte eine Kalibrierung oder die Bestimmung des Wirkungsgrades mit einem Großflächenpräparat.

4.4.4 Amtliche Eichabfertigungsstelle

M. Hauser, P. Bohn

Aufgrund der Eichordnung ist es Aufgabe des Landes Baden-Württemberg, regelmäßige Eichungen von Personen- und Ortsdosimetern vorzunehmen. Entsprechend einem Vertrag zwischen dem Land Baden-Württemberg und dem Forschungszentrum Karlsruhe werden hierfür die vorhandenen technischen Einrichtungen zur Verfügung gestellt. Bei der amtlichen Eichabfertigungsstelle werden Beamte der Aufsichtsbehörde hoheitlich tätig. Der Beitrag der Hauptabteilung Sicherheit besteht in der Bereitstellung der Bestrahlungseinrichtungen und in der Unterstützung bei der Durchführung der Eichungen mit insgesamt 4 873 Eichpunkten im Jahr 1995.

4.5 Entsorgung von Großkomponenten aus Kernkraftwerken

A. Reichert, N. Hummel, K.-D. Zimmer; W. Schwarzkopf, HDB

Neben der eigentlichen Aufgabe der Strahlenschutzüberwachung werden die Mitarbeiter von HS/St im Bereich HDB immer häufiger Aufgaben bei der Entsorgung radioaktiver Reststoffe konfrontiert. In der Vergangenheit bestand die Entsorgung größtenteils darin, daß radioaktive Reststoffe innerhalb der HDB-Anlagen dekontaminiert und konditioniert wurden.

Aufgrund des "Wiederverwertungsgebots" nach § 9a AtG sowie aktualisierte Kostenbetrachtungen kommt neuerdings dem Gebiet des "Freimessens" als möglicher Entsorgungsweg immer größere Bedeutung zu, stellt dies doch eine kostengünstige Alternative zum Konditionieren bzw. Einschmelzen dar.

1995 zeigte der "Entsorgungsmarkt" verstärkt Bedarf an dieser Entsorgungsmöglichkeit insbesondere bei Großkomponenten aus deutschen Kernkraftwerken. HDB war es möglich, aufgrund der bestehenden atomrechtlichen Genehmigung sowie der vorhandenen Infrastruktur, diesen Bedarf in einigen Fällen zu decken. Da die Vergabe der Aufträge nach den üblichen Regeln der Marktwirtschaft erfolgte, stellte dies auch für die Mitarbei-

ter von HS-St eine teilweise neue Situation dar, da Strahlenschutzmessungen (Freigabemessungen) verstärkt unter dem Aspekt der Wirtschaftlichkeit durchgeführt werden mußten. Einen Einblick über den Umfang dieses Arbeitsbereiches für die Mitarbeiter soll am Beispiel der Entsorgung einer Niederdruckturbine (ND) aus dem Kernkraftwerk Philippsburg I, bestehend aus Innengehäuse, Diffusor und Läufer, gegeben werden. Die Gesamtmasse der radioaktiven Reststoffe lag bei ca. 260 Mg.

Die Komponenten der ND-Turbine wurden in zwei Chargen, Läufer mit Radscheibe (150 Mg) und Innengehäuse mit Diffusor (110 Mg) angeliefert. Die vom Ablieferer angegebene Gesamtaktivität belief sich auf 8 MBq, mit einer Oberflächenaktivität von 5 - 50 Bq/cm², basierend auf einem Nuklidgemisch aus Co-60, Zn-65 und Mn-54. Von uns durchgeführte Eingangsmessungen bestätigten diese Angaben.

Der Läufer mit Radscheiben wurde chemisch dekontaminiert. Die Teile der Innengehäuse wurden vorab mechanisch zerlegt und anschließend mittels "Stahlkiesstrahlen" bzw. chemisch dekontaminiert. Nach Abschluß der gesamten Arbeiten konnten 240 Mg Stahl der uneingeschränkten Wiederverwertung zugeführt werden, d. h. mit einer massenspezifischen Aktivität $<5 \cdot 10^{-5}$ faches der Freigrenze je Gramm, einer Oberflächenaktivität $<0,5$ Bq/cm² für β -Strahler und $<0,05$ Bq/cm² für α -Strahler und einer Dosisleistung $<0,5$ μ Sv/h an der Oberfläche der Reststoffe. Eine Restmenge von 19 Mg ging bei zu hoher Restkontamination oder bei Unmöglichkeit des "Freimessen" zum Einschmelzen. Ein Großteil dieser Menge kann nach dem Einschmelzen der uneingeschränkten Wiederverwertung zugeführt werden. Lediglich eine Restmenge von 1 Mg wurde als radioaktiver Abfall endlagergerecht konditioniert .

Zur Freigabe der 240 Mg Metallschrott waren umfangreiche Freigabemessungen erforderlich. Im einzelnen bedurfte es ca. 8 000 Kontaminationsmessungen mit Handgeräten und ca. 4 000 Kontaminationsmessungen mittels Wischprobenahme.

Zur Verifizierung des vom Abgeber angegebenen Nuklidvektors wurden ca. 60 Materialproben entnommen und im Freimeßlabor der HS (siehe Kap. 5.5) nuklidspezifisch ausgewertet.

5 Umweltschutz

M. Winter

Die Aufgaben der Abteilung "Umweltschutz" (HS-US) umfassen vor allem die Überwachung der Emissionen radioaktiver Stoffe mit Abluft und Abwasser aus dem Forschungszentrum 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 Umweltministerium Baden-Württemberg vierteljährlich übersandt.

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

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

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

Zu Jahresbeginn 1995 wurde in Kooperation mit der Hauptabteilung Dekontaminationsbetriebe ein Freimeßlabor eingerichtet. Beim Rückbau und beim Abriß kerntechnischer Anlagen fallen große Mengen radioaktiver Reststoffe an. Solche Reststoffe dürfen nur dann uneingeschränkt verwertet oder wie gewöhnlicher Abfall beseitigt werden, wenn behördlich vorgegebene Richtwerte unterschritten sind. Für den Freigabevorgang erforderliche nuklidspezifische Analysen werden im Freimeßlabor durchgeführt (s. Kap. 5.5).

Für das Projekt Kernfusion werden Untersuchungen zur Aufnahme von Tritium in ernährungsrelevante Pflanzen durchgeführt. Um die Ingestionsdosis nach einer Freisetzung von Tritium in die Atmosphäre abschätzen zu können, wurde ein Modell für die Berechnung des Einbaus von Tritium in Weizenpflanzen entwickelt. Das Modell wurde mit den Ergebnissen von Expositionsexperimenten in einer Klimakammer kalibriert, und zwar hinsichtlich der Aufnahme von HTO in das Gewebewasser und des Tritiumeinbaus in die organische Substanz. Um die Übertragbarkeit der Ergebnisse aus den Laborexperimenten auf Freilandbedingungen zu überprüfen, wurden 1995 Feldversuche durchgeführt. Über die Untersuchungsergebnisse wird in Kap. 5.6 berichtet.

5.1 Fortluftüberwachung

A. Wicke

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

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

AAK	Aerosole mit kurzlebiger α -Aktivität (Halbwertszeit <8 Tage)
AAL	Aerosole mit langlebiger α -Aktivität (Halbwertszeit ≥ 8 Tage)
ABK	Aerosole mit kurzlebiger β -Aktivität (Halbwertszeit <8 Tage)
ABL	Aerosole mit langlebiger β -Aktivität (Halbwertszeit ≥ 8 Tage)
E	Radioaktive Edelgase
GK	Kurzlebige radioaktive Aktivierungsgase
I	Radioaktive Iodisotope
H-3	Tritium
C-14	Kohlenstoff-14

Die Einführung von Nuklidgruppen bedeutet keinen Verzicht auf die Bilanzierung der Ableitungen von einzelnen Radionukliden. Sie ist jedoch bei verschiedenen Emittenten notwendig, da bei diesen einerseits die Nuklidzusammensetzungen in den Ableitungen nicht vorhergesagt werden können, andererseits aber höchstzulässige Ableitungen vorgegeben werden müssen. Die für die Messung, die Bilanzierung und die Dosisberechnung erforderlichen Definitionen der Nuklidgruppen werden in Kap. 5.1.3.5 näher erläutert.

Der Abluftplan 1995 weist Genehmigungswerte für 31 Positionen aus. Dabei ist zu berücksichtigen, daß die Ableitungen über insgesamt 39 Abluftkamine erfolgen (s. Abb. 5/1). Die Zahl 31 ergibt sich dadurch, daß im Fall sehr nahe beieinanderliegender Kamine zur Vereinfachung der Ausbreitungsrechnungen mehrere zu einem Emittenten zusammengefaßt wurden:

HZY:	Kamine KAZ und Boxenabluft
HDB:	Kamine Geb. 545 und 555
HDB:	Kamine Geb. 548 Ost und West
HVT-HZ:	Kamine Geb. 702 und 709
TU:	Kamine Geb. 802, 806 und 807
WAK:	Kamine Geb. 1503, 1532 und 1533.

Die Ableitungen der zum Forschungszentrum Karlsruhe GmbH gehörenden Emittenten werden in Zusammenarbeit mit den Mitarbeitern der HS-Abteilung "Strahlenschutzüberwachung" (HS-St) ermittelt. Dabei werden die zur Bilanzierung benutzten Filter, Iodkohlepatronen, C-14- und Tritiumsammler durch HS-St-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 von der Arbeitsgruppe "Gerätetechnik" der Abteilung HS-St durchgeführt. Die Koordinierungsstelle bei HS-US veranlaßt, daß die Fortluftmeßstellen entsprechend den Forderungen der Behörde und dem Stand von Wissenschaft und Technik nachgerüstet werden.

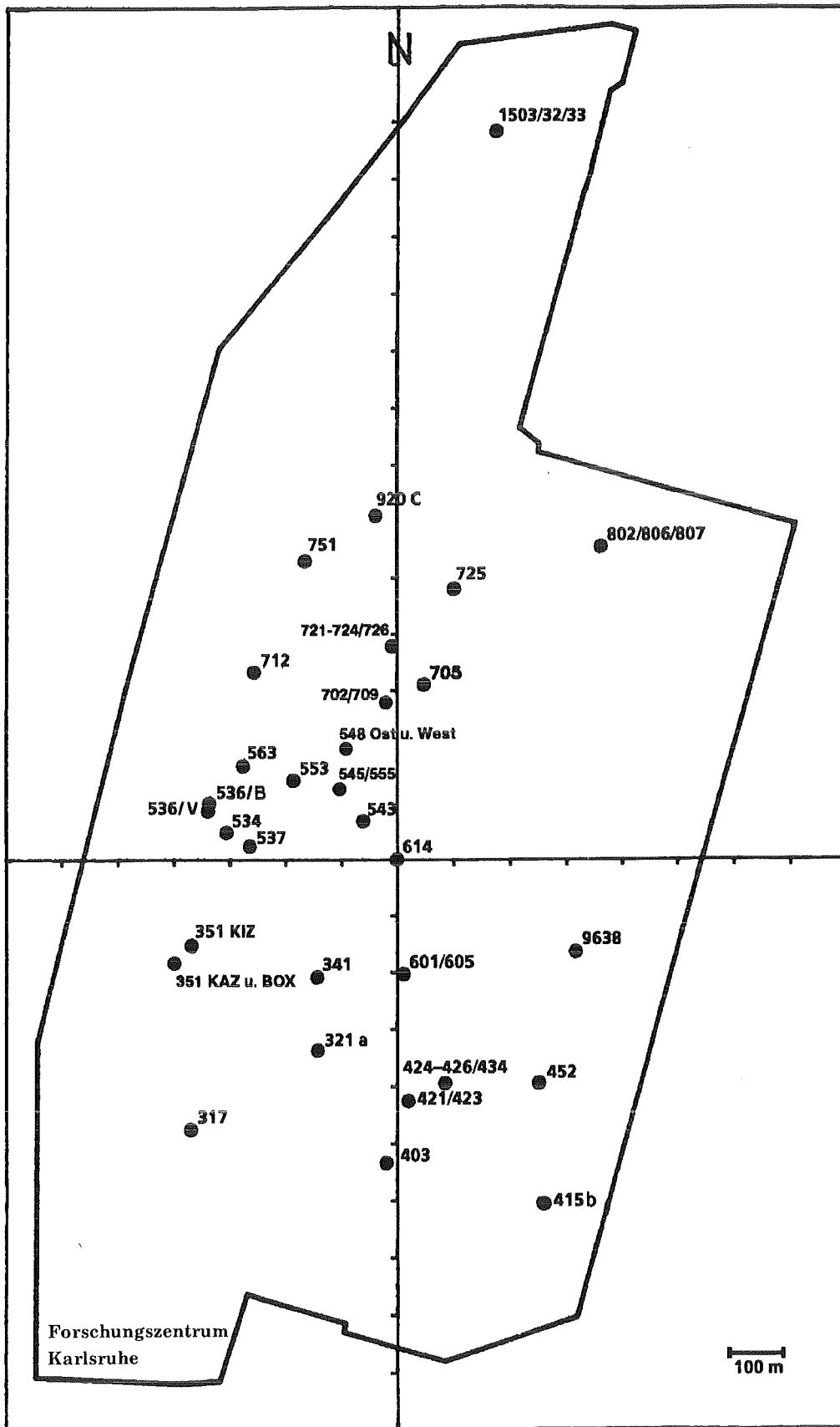


Abb. 5/1: Lageplan der Emittenten des Forschungszentrums Karlsruhe mit Angabe der Gebäudenummern

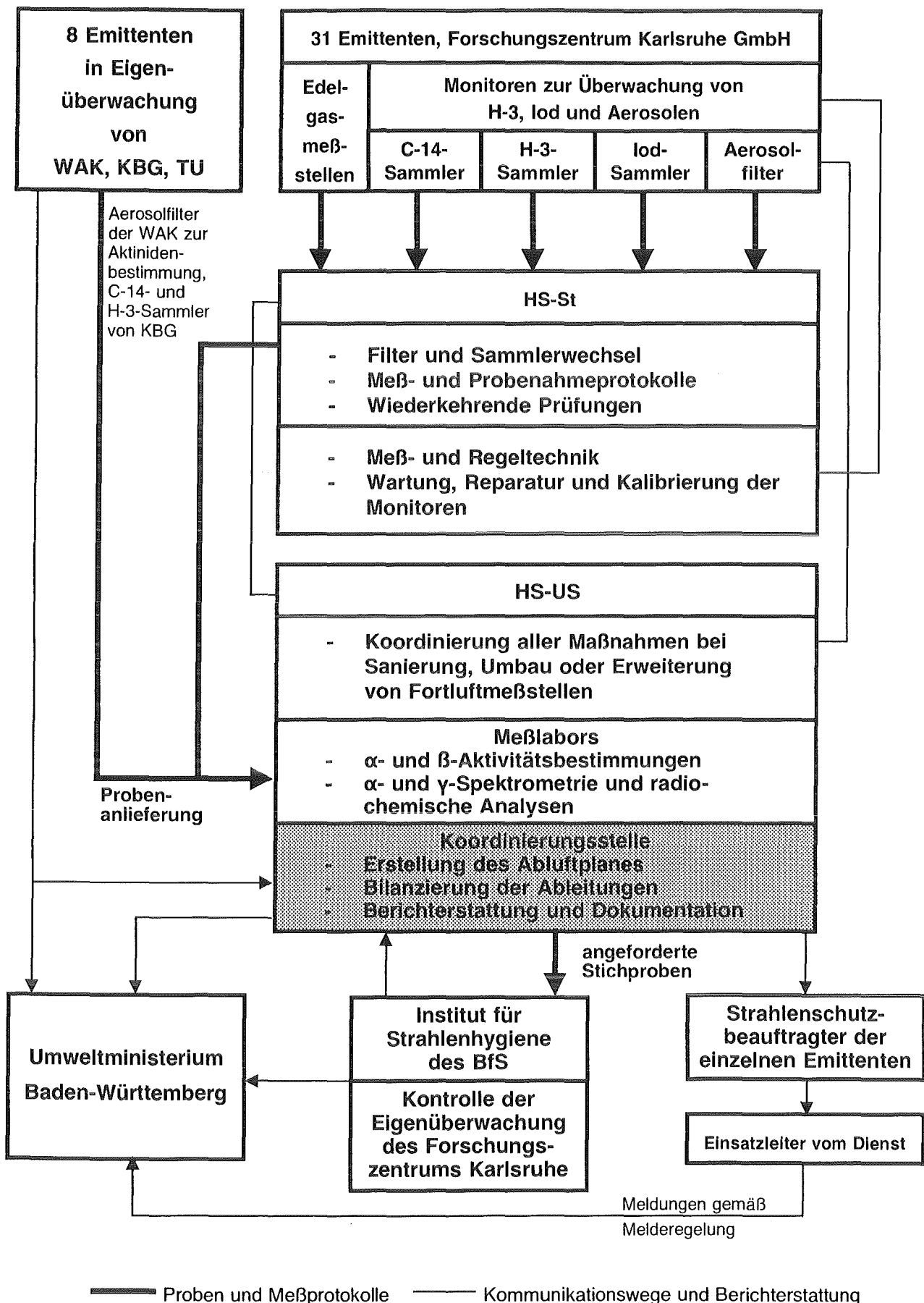


Abb. 5/2: Schematische Darstellung der Fortluftüberwachung im Forschungszentrum Karlsruhe

Wegen Auflösung des Kontrollbereiches konnte im Laufe des Berichtsjahres die Fortluftüberwachung für ITC-TAB, Geb. 403, entfallen.

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

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

Darüber hinaus erfolgt in Kap. 5.1.2 eine Berichterstattung über die Ableitungen nicht-radioaktiver 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 1995

B. Messerschmidt, A. Wicke

Die Bilanzierung der radioaktiven Ableitungen erfolgt durch Auswertung der in den Fortluftmeßstellen eingesetzten Sammler. Für die Überwachung der Aerosole werden Glasfaserfilter, für Iod Aktivkohle und für Tritium bzw. C-14 Molekularsiebe eingesetzt. Eine Ausnahme bilden die radioaktiven Edelgase, deren Bilanzierung durch Direktmessung erfolgt. 1995 waren insgesamt rund 3 600 Proben zu analysieren. Alle Meßergebnisse werden auf der Grundlage einer wöchentlichen Bilanzierung dokumentiert und der Behörde in Form von Tages-, Wochen-, Quartals- und Jahresberichten mitgeteilt. Zur Bilanzierung werden gemäß KTA-Regel 1503.1 nur Meßwerte herangezogen, die oberhalb der erreichten Erkennungsgrenze lagen. Die Bilanzierungswerte für radioaktive Aerosole werden durch Messung der Gesamt- α - bzw. Gesamt- β -Aktivität ermittelt. In den Fällen, bei denen sich Hinweise darauf ergeben, daß bei erhöhten Kurzzeitabgaben die zulässigen Wochen- bzw. Tageswerte erreicht worden sein könnten, werden nuklidspezifische Messungen vorgenommen.

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

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

Dabei bedeuten:

i Nuklidindex

A_i Aktivitätsabgabe für das Iodisotop i

$A_{i,zul.}$ zulässige Ableitung für das Iodisotop i

In Tab. 5/1 werden für die einzelnen Emittenten des Forschungszentrums Karlsruhe, geordnet nach aufsteigenden Gebäudenummern und den jeweils zu berücksichtigenden Nukliden und Nuklidgruppen, die 1995 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 festgelegten zulässigen Ableitungen überschritten.

Emittent Geb.-Nr. Emissions- höhe	Nuklid/ Nuklid- gruppe	zulässige Ableitungen gemäß Abluftplan 1995		bilanzierte Ableitungen 1995 Bq	bilanzierte Ableitungen 1994 Bq	Effektiv- dosis am Immissions- maximum des Emittenten 1995 μ Sv
		Bq/Woche	Bq/a			
IGEN Geb. 317 14 m	A _{BL} I-125		1,0 E06 7,0 E06	2,7 E04 1,2 E04	4,0 E04 4,8 E03	< 0,001
IRCh Geb. 321a 15 m	A _{AL} A _{BL} H-3	1,0 E04 1,0 E07 2,0 E12	2,0 E05 2,0 E08 4,0 E13	2,9 E03 4,0 E04 1,5 E10	4,2 E03 5,1 E04 2,1 E09	< 0,001
IRCh Geb. 341 15 m	A _{AL} A _{BL}		1,0 E05 1,0 E07	5,8 E03 6,5 E04	2,2 E03 3,4 E04	< 0,001
HZY Geb. 351 KIZ 36 m	A _{BK} A _{BL} E+G _K I-123 I-126		5,0 E09 5,0 E07 1,0 E13 1,0 E10 5,0 E06	- 3,0 E04 1,0 E12 1,5 E08 -	- 1,4 E05 1,0 E12 2,1 E07 -	0,026
HZY Geb. 351 KAZ 15 m und Boxenabluft 11m	A _{BK} A _{BL} E+G _K I-123 I-125 I-126	5,0 E08 5,0 E06 1,0 E12 5,0 E08 5,0 E05 5,0 E05	1,0 E10 1,0 E08 2,0 E13 1,0 E10 1,0 E07 1,0 E07	2,7 E05 6,8 E04 1,5 E12 7,4 E08 3,4 E05 -	1,4 E05 6,5 E04 2,8 E12 1,4 E08 1,6 E05 -	0,16
ITC-TAB Geb. 403 10 m	A _{BK} A _{BL} E		1,0 E08 1,0 E08 1,0 E10	- - -	- - -	< 0,001
TÜV Südwest Geb. 415b 10 m	I -131	2,5 E05	5,0 E06	3,3 E05	9,8 E05	< 0,001
INR Geb. 421/423 5 m	E+G _K H-3		2,0 E10 2,0 E12	1,0 E08 4,0 E10	2,0 E08 1,3 E11	< 0,001
INFP und IK III Geb. 424-426 und 434 10 m	E H-3		3,0 E11 2,0 E11	- -	- -	< 0,001
HVT-TL Geb. 452 50 m	H-3	2,0 E12	4,0 E13	1,2 E11	2,7 E08	0,005

Tab. 5/1: Ableitungen radioaktiver Stoffe der einzelnen Emittenten des Forschungszentrums Karlsruhe in die Atmosphäre in den Jahren 1995 und 1994

Emittent Geb.-Nr. Emissions- höhe	Nuklid/ Nuklid- gruppe	zulässige Ableitungen gemäß Abluftplan 1995		bilanzierte Ableitungen 1995 Bq	bilanzierte Ableitungen 1994 Bq	Effektiv- dosis am Immissions- maximum des Emittenten 1995 μ Sv
		Bq/Woche	Bq/a			
HDB Geb. 534 8 m	AAL ABL H-3 I-125 I-129 I-131		4,0 E04 4,0 E07 8,0 E10 2,0 E05 2,0 E05 2,0 E05	- 7,5 E04 2,8 E09 - 1,4 E04 -	1,8 E02 6,4 E04 1,0 E10 1,8 E03 3,3 E04 -	< 0,001
HDB Geb. 536/V (Ver- brennungs- anlagen) 70 m	AAL ABL H-3 C-14 I-125 I-129 I-131	2,0 E06 1,0 E09 1,0 E12 3,0 E10 1,5 E07 1,0 E07 2,0 E07	4,0 E07 2,0 E10 2,0 E13 6,0 E11 3,0 E08 2,0 E08 4,0 E08	2,7 E05 1,2 E06 2,9 E12 4,4 E10 3,1 E05 3,3 E06 -	1,3 E05 3,3 E06 1,2 E12 1,3 E10 2,4 E06 1,3 E07 -	0,24
HDB Geb. 536/B (Betriebs- räume) 16,5 m	AAL ABL H-3 I-125 I-129 I-131		1,0 E05 2,0 E07 1,0 E10 8,0 E05 5,0 E05 1,0 E06	3,0 E03 1,7 E04 2,6 E09 - - -	1,2 E03 1,6 E05 2,0 E09 - - -	< 0,001
HDB LfU-Lager Geb. 537 16,5 m	H-3		1,0 E11	4,1 E08	1,2 E10	< 0,001
HDB Geb. 543 8 m	AAL ABL H-3 I-129		4,0 E05 4,0 E07 1,0 E10 1,0 E04	1,4 E03 1,7 E04 2,0 E06 4,2 E02	1,9 E03 2,6 E04 7,8 E07 9,8 E01	< 0,001
HDB Geb. 545 20 m und HDB Geb. 555 19 m	AAL ABL H-3 C-14 I-125 I-129 I-131	1,0 E05 5,0 E07 2,0 E11 1,0 E10 2,5 E06 3,0 E05 5,0 E06	2,0 E06 1,0 E09 4,0 E12 2,0 E11 5,0 E07 6,0 E06 1,0 E08	9,4 E02 4,0 E05 1,2 E11 3,0 E08 5,1 E05 8,4 E05 -	1,1 E03 2,7 E05 6,8 E11 1,1 E11 - 6,5 E05 -	0,047
HDB Geb. 548 Ost und INE, Geb. 547 15 m und HDB Geb. 548 West 15 m	AAL ABL H-3 C-14 I-125 I-129 I-131	1,5 E05 2,0 E07 2,0 E12 5,0 E08 4,0 E06 1,0 E06 4,0 E06	3,0 E06 4,0 E08 4,0 E13 1,0 E10 8,0 E07 2,0 E07 8,0 E07	2,4 E03 1,3 E06 1,0 E12 1,4 E08 - 8,8 E04 -	1,1 E05 2,6 E05 5,7 E10 - - 2,7 E05 -	0,14

Tab. 5/1: Fortsetzung

Emittent Geb.-Nr. Emissions- höhe	Nuklid/ Nuklid- gruppe	zulässige Ableitungen gemäß Abluftplan 1995		bilanzierte Ableitungen 1995 Bq	bilanzierte Ableitungen 1994 Bq	Effektiv- dosis am Immissions- maximum des Emittenten 1995 µSv
		Bq/Woche	Bq/a			
HDB LAW-Lager Geb. 553 8,5 m	AAL ABL H-3 I-129		1,0 E05 1,0 E07 1,0 E11 5,0 E05	2,0 E02 - 4,6 E07 -	1,7 E03 1,5 E05 4,2 E09 -	< 0,001
HDB Geb. 563 14 m	AAL ABL H-3		1,0 E06 1,0 E07 8,0 E11	9,0 E02 1,3 E04 2,5 E08	3,7 E02 5,7 E04 1,1 E08	< 0,001
HIT Geb. 601/605 22 m	AAK AAL ABL H-3		6,0 E08 8,0 E05 3,0 E06 1,0 E08	4,0 E08 3,5 E02 1,2 E04 1,0 E08	- 1,2 E00 2,0 E04 -	< 0,001
PBS-FR2 Geb. 614 99 m	AAL ABL H-3 I-129		1,0 E06 1,0 E08 1,0 E11 1,0 E06	5,1 E02 9,8 E04 3,6 E09 -	- 1,2 E05 9,3 E09 -	< 0,001
HVT-HZ Geb. 702 60 m und Geb. 709 60 m	AAL ABL E H-3 I-129 I-131	2,0 E06 5,0 E08 2,0 E12 1,0 E13 4,0 E05 1,0 E07	4,0 E07 1,0 E10 4,0 E13 2,0 E14 8,0 E06 2,0 E08	1,1 E03 4,9 E04 1,9 E12 4,6 E11 - -	3,4 E03 4,2 E05 2,5 E12 4,6 E11 1,2 E05 -	0,01
HDB- Wäscherei Geb. 705 5,5 m	AAL ABL		1,0 E06 1,0 E08	1,7 E03 3,1 E04	2,3 E03 3,9 E04	< 0,001
INE Geb. 712 60 m	AAL ABL H-3 E I-125 I-126 I-129 I-131	5,0 E04 5,0 E06 5,0 E08 1,0 E06 1,0 E06 5,0 E04 1,5 E06	1,0 E06 1,0 E08 1,0 E10 2,0 E11 2,0 E07 2,0 E07 1,0 E06 3,0 E07	1,0 E02 1,7 E04 2,0 E08 1,0 E08 - - - -	1,2 E03 1,0 E05 1,1 E08 - - - -	< 0,001
ITC-CPV Geb. 721- 724/726 60 m	AAL ABL E H-3 C-14 I-129 I-131		3,0 E06 3,0 E08 8,0 E12 2,0 E11 4,0 E09 3,0 E06 5,0 E07	3,3 E03 2,4 E04 - 2,3 E08 - 6,6 E04 -	3,8 E03 1,6 E05 - 1,9 E08 - 1,0 E05 -	< 0,001

Tab. 5/1: Fortsetzung

Emittent Geb.-Nr. Emissions- höhe	Nuklid/ Nuklid- gruppe	zulässige Ableitungen gemäß Abluftplan 1995		bilanzierte Ableitungen 1995 Bq	bilanzierte Ableitungen 1994 Bq	Effektivdosis am Immissions- maximum des Emittenten 1995 μ Sv
		Bq/Woche	Bq/a			
ITC-CPV Geb. 725 10 m	A _{AL}		1,0 E05	1,4 E04	5,3 E02	< 0,001
	A _{BL}		1,0 E07	1,3 E03	6,7 E04	
	E		1,0 E11	-	-	
	H-3		4,0 E09	1,5 E08	1,1 E08	
	C-14		4,0 E08	-	-	
	I-129		3,0 E06	-	-	
	I-131		1,0 E06	-	-	
KBG-KNK Geb. 751 99 m	A _{AL}	2,8 E05	1,1 E07	-	-	< 0,001
	A _{BL}	1,4 E08	5,6 E09	-	6,7 E04	
	E	9,3 E12	1,5 E14	4,7 E10	4,7 E10	
	H-3	2,0 E11	4,0 E12	2,9 E10	4,9 E10	
	I-129	4,6 E05	1,8 E07	-	-	
	I-131	9,3 E06	3,7 E08	-	-	
TU Geb. 802, 806, 807 50 m	A _{AK}	1,6 E10	3,2 E11	-	-	0,004
	A _{AL}	5,0 E04	1,0 E06	3,6 E03	1,4 E04	
	A _{BL}	2,0 E07	4,0 E08	5,7 E04	1,3 E05	
	E	2,0 E12	4,0 E13	1,2 E12	-	
	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	A _{AL}	5,0 E04	1,0 E06	-	-	0,068
	A _{BL}	5,0 E07	1,0 E09	3,1 E04	-	
	Sr-90		1,0 E08	-	-	
	H-3	5,0 E12	1,0 E14	4,3 E12	4,0 E12	
	C-14		1,0 E10	2,4 E09	-	
WAK Geb. 1503/ 1532/1533 60 m	A _{AL}	Bq/Tag 1,85 E06	1,85 E08	3,0 E05	4,7 E05	0,09
	A _{BL}	1,85 E08	1,85 E10	9,8 E06	1,3 E07	
	Pu-241*		3,7 E09	5,9 E06	9,4 E06	
	Sr-90*		1,85 E09	1,2 E06	1,4 E06	
	E	1,0 E10	1,0 E12	1,0 E11	-	
	H-3	1,85 E11	1,85 E13	6,4 E10	7,7 E10	
	I-129	2,4 E06	2,4 E08	2,9 E06	4,3 E06	
	I-131	1,48 E07	1,48 E09	2,5 E06	4,1 E06	
HS-US Geb. 9638 10 m	H-3		4,0 E11	3,3 E07	6,2 E07	< 0,001

* Ableitungswerte sind in A_{BL} enthalten, wobei die bilanzierten Ableitungen für Pu-241 aus den Ableitungen von A_{AL} errechnet wurden

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 und Pu-241 sind im Wert für die Nuklidgruppe A_{BL} bereits enthalten. Die Pu-241-Werte wurden auf der Grundlage der gemessenen Gesamt- α -Emissionen aus dem Pu-241-Anteil im jeweiligen Kernbrennstoff errechnet.

In den Abbildungen 5/3a bis 5/3g werden die monatlichen radioaktiven Ableitungen mit der Fortluft im Jahr 1995 graphisch dargestellt. Es wird - aufgeschlüsselt nach Nuklidgruppen - unterschieden zwischen den verschiedenen Genehmigungsinhabern TU, WAK, KBG und Forschungszentrum Karlsruhe GmbH. KBG umfaßt die beiden Emittenten KNK und MZFR. Für die Einrichtungen des Forschungszentrums Karlsruhe GmbH sind die Ableitungen getrennt nach der HDB als Emissionsschwerpunkt und den sog. "übrigen" Emittenten dargestellt. Die Ableitungen des Geb. 415b (TUV Südwest) werden hier der Gruppe der "Übrigen" zugerechnet.

Graphisch dargestellt wurden die Ableitungen der radioaktive Aerosole, und zwar getrennt nach Aerosolen mit Alpha- und mit Betaaktivität, der radioaktiven Edelgase und kurzlebigen Aktivierungsgase sowie der Einzelnuklide I-129, I-131, Tritium und C-14.

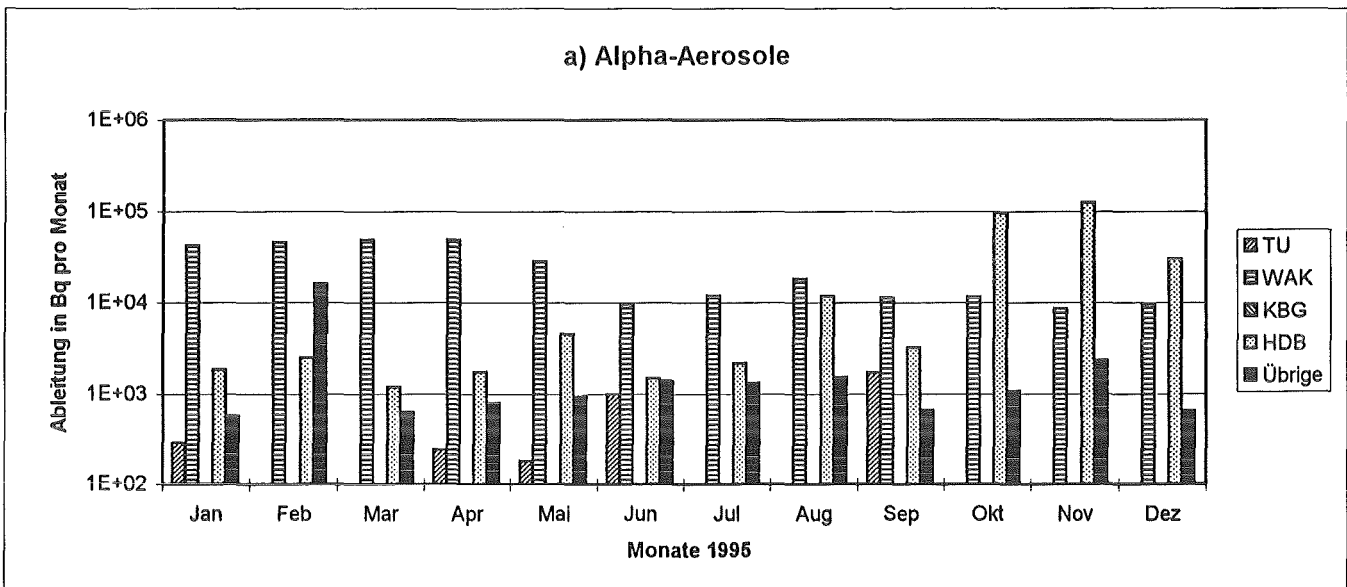


Abb. 5/3a: Monatliche radioaktive Ableitungen mit der Fortluft am Standort Forschungszentrum Karlsruhe im Jahr 1995 für TU, WAK, KBG mit KNK und MZFR, HDB und den "übrigen Emittenten"

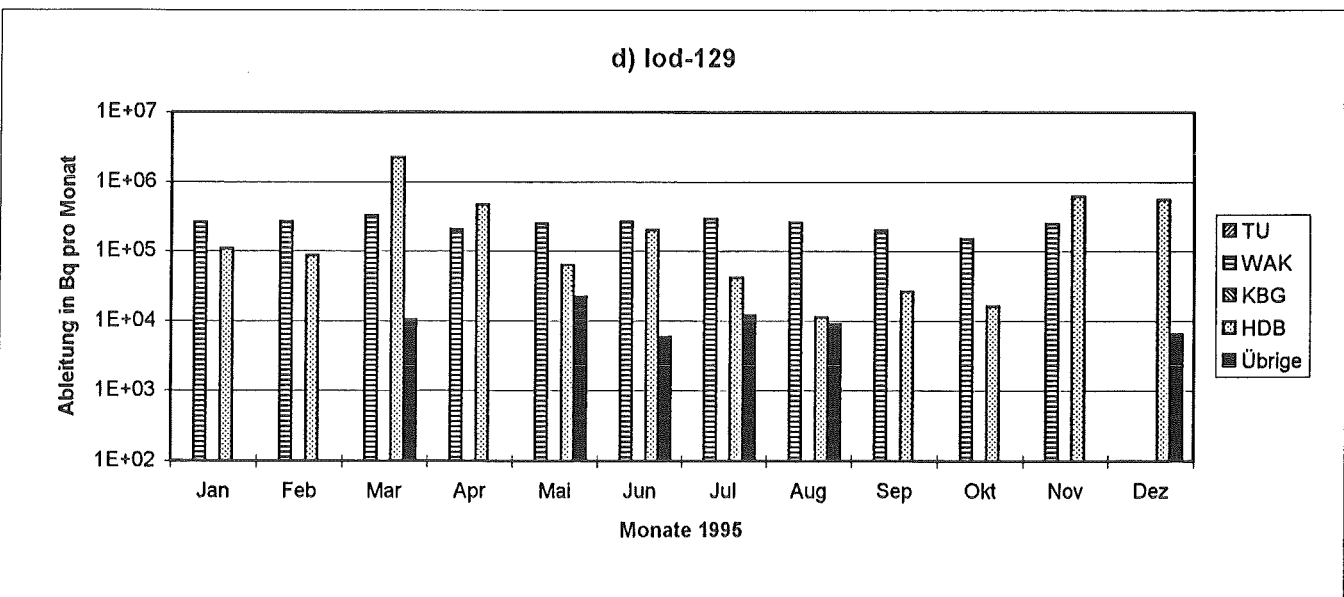
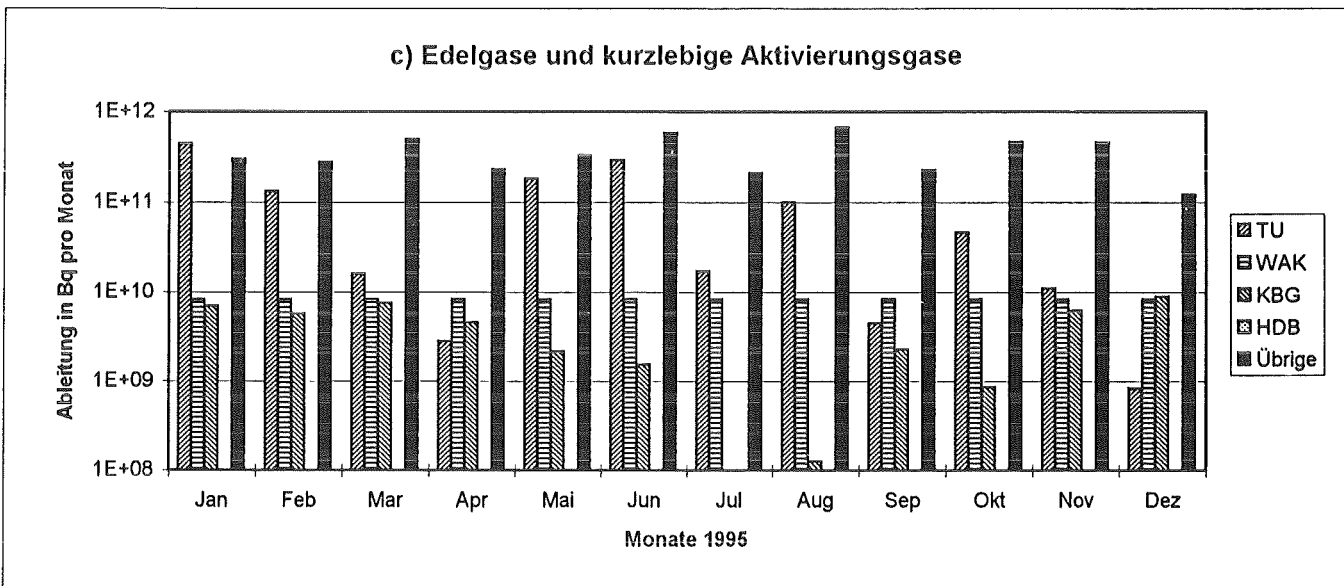
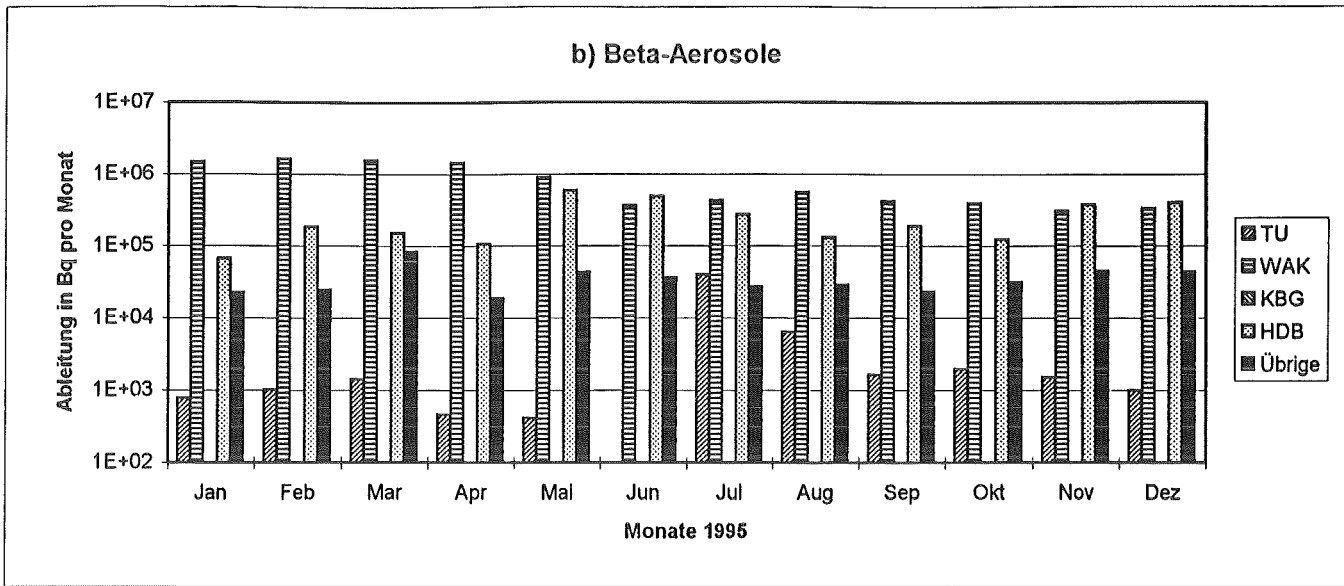


Abb. 5/3b-d: Monatliche radioaktive Ableitungen mit der Fortluft am Standort Forschungszentrum Karlsruhe im Jahr 1995 für TU, WAK, KBG mit KNK und MZFR, HDB und den "übrigen Emittenten"

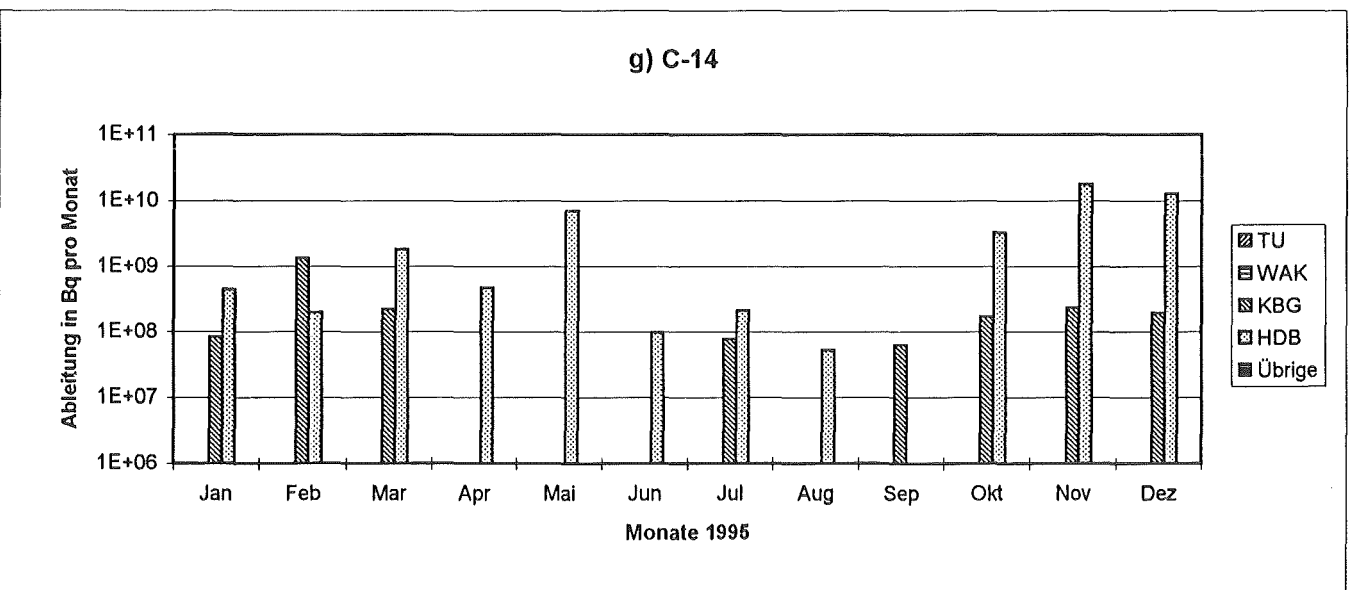
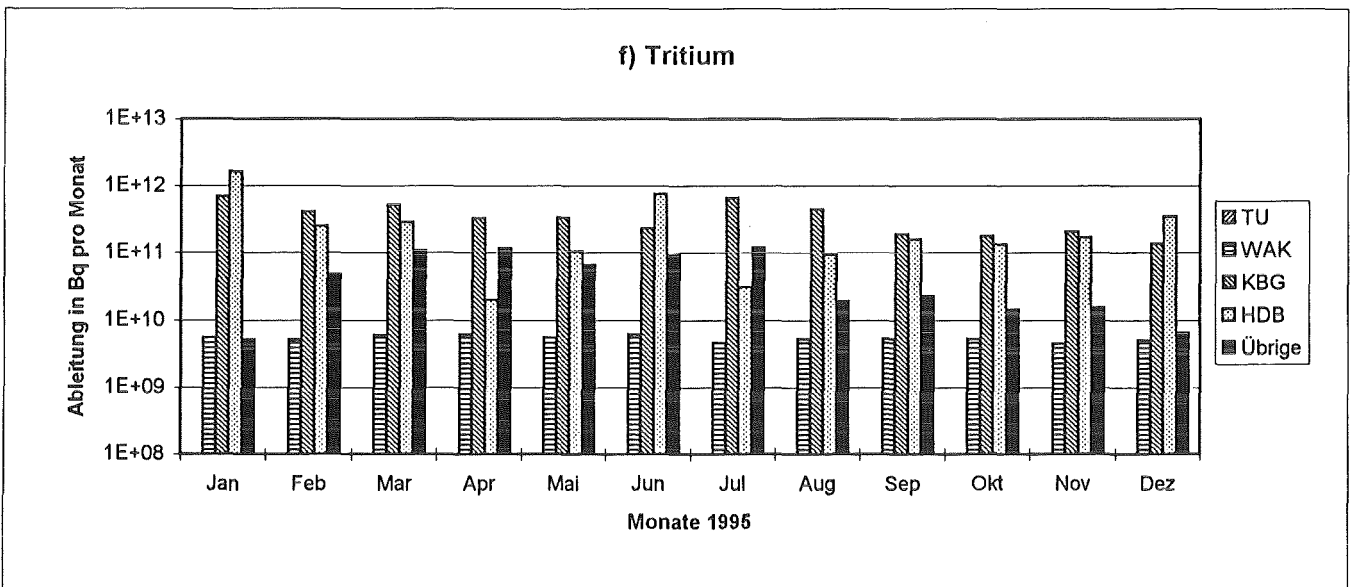
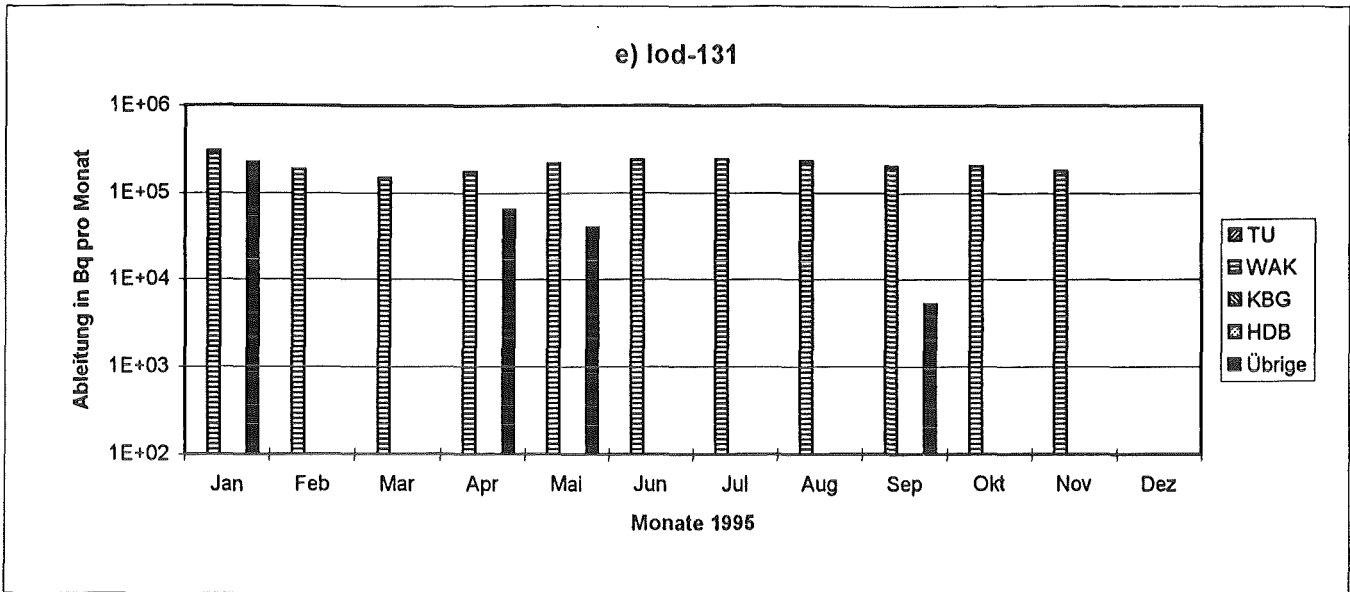


Abb. 5/3e-g: Monatliche radioaktive Ableitungen mit der Fortluft am Standort Forschungszentrum Karlsruhe im Jahr 1995 für TU, WAK, KBG mit KNK und MZFR, HDB und den "übrigen Emittenten"

5.1.2 Ableitung nichtradioaktiver Stoffe mit der Fortluft 1995

B. Messerschmidt, A. Wicke

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

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

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

5.1.2.1 Verbrennungsanlagen der Hauptabteilung Dekontaminationsbetriebe

G. Steinhaus (HDB), W. Bumiller (HDB)

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

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

Tab. 5/2 gibt einen Überblick über die zulässigen Schadstoffkonzentrationen und die Gesamtableitungen im Jahr 1995. Der Konzentrationsgrenzwert für HCl wurde gegenüber dem Vorjahr halbiert. Bei der CO-Emissionsfracht wurden durch gezielte Sauerstoffeinspeisung in den Verbrennungsprozeß und durch Verbesserung in der Verfahrenstechnik ähnlich niedrige Werte wie im Vorjahr erreicht. Die Messung des Schadstoffes NO ist bisher nur bei der Emissionsüberwachungseinrichtung der "Feststoffsysteme" möglich. Die Emissionsfrachten für die Schadstoffe HCl, SO₂, Gesamt-C, NO und Staub entsprechen in etwa den Werten des Jahres 1994.

Schadstoff	Konzentrationsgrenzwert in mg/Nm ³	Emissionsfracht in Mg	
		Feststoffsysteme	Lösemittelsysteme
HCl	50	0,016	0,002
SO ₂	100	0,047	0,009
CO	100	0,431	0,018
Staub	5	0,006	0,001
Gesamt-C	20	0,076	0,003
NO	-	0,561	-

Tab. 5/2: Emissionsdaten 1995 für die Verbrennungsanlagen der HDB

5.1.2.2 Versuchsanlage TAMARA

H. Gramling (ITC-TAB)

Für die Versuchsanlage TAMARA besteht die Auflage zur Überwachung der folgenden mit dem Abgas emittierten Schadstoffe: Feststoffanteil, der als Staub ausgetragen wird und Gehalt der Schadgase HF, HCl, SO₂ und CO. Die Massenkonzentrationen dieser Stoffe sind auf das Abgasvolumen im Normzustand nach Abzug des Feuchtegehalts zu beziehen. Neben den gemessenen Emissionswerten und den gemessenen Sauerstoffgehalten im Abgas sind die rechnerisch auf einen Sauerstoffgehalt von 17 Vol.-% normierten Schadstoffkonzentrationen anzugeben. In Tab. 5/3 sind die Konzentrationen der Schadstoffe im Abgas als Mittelwerte über die jeweilige Betriebsphase sowie Beginn und Ende jeder Betriebsphase aufgeführt. Die genehmigten Werte können der letzten Zeile der Tabelle entnommen werden. Die Emissionsgrenzwerte wurden deutlich unterschritten.

Emissionsintervalle 1995	O ₂ Vol.-%	Gemessene Schadstoffkonzentrationen									
		bei unterschiedlichen O ₂ -Gehalten in mg/Nm ³ trocken					normiert auf einen O ₂ -Gehalt von 17 Vol.-% in mg/Nm ³ trocken				
		HF	HCl	SO ₂	CO	Staub	HF	HCl	SO ₂	CO	Staub
31.03.-07.04.	12,4	< 0,2	< 2	13	< 10	0,47	< 0,2	< 2	6	< 10	0,22
12.05.-19.05.	12,6	< 0,2	< 2	16	< 10	0,60	< 0,2	< 2	8	< 10	0,29
30.06.-07.07.	12,0	< 0,2	< 2	11	< 10	0,36	< 0,2	< 2	5	< 10	0,16
06.10.-13.10.	11,8	0,3	< 2	8	< 10	0,51	< 0,2	< 2	4	< 10	0,22
01.12.-08.12.	12,1	< 0,2	< 2	< 3	< 10	0,80	< 0,2	< 2	< 3	< 10	0,36
Genehmigungsgrenzwerte:							2	50	200	100	50

Tab. 5/3: Schadstoffkonzentrationen im Abgas der Versuchsanlage TAMARA 1995

5.1.2.3 Fernheizwerk und Blockheizkraftwerk

K. Leschmann (HBT)

Das Blockheizkraftwerk wurde insgesamt mit 5 232 Betriebsstunden mit Erdgas betrieben. Der Heizölbetrieb beläuft sich auf drei Stunden. Im Fernheizwerk wurden 6 301 h mit Erdgas und 162 h mit Heizöl "EL" gefahren. Der Heizölbetrieb ist auf Umbaumaßnahmen innerhalb des Heizwerkes zurückzuführen. Der Notkessel 4 im Fernheizwerk wurde 1995 nicht betrieben.

Schadstoff	Blockheizkraftwerk Jahresemission in Mg	Fernheizwerk Jahresemission in Mg
NO _x	56,7	13,1
CO	1,51	0,62

Tab. 5/4: Emissionsdaten 1995

5.1.3 Strahlenexposition in der Umgebung durch die mit der Fortluft abgeleiteten radioaktiven Stoffe 1995

A. Wicke, D. Papadopoulos

5.1.3.1 Berechnungsgrundlagen

Die Dosisberechnung erfolgte auf der Grundlage der monatlich bilanzierten Ableitungswerte der im Jahr 1995 zu berücksichtigenden Emittenten (s. Tab. 5/1). Dabei wurden die Körperdosen gemäß der "Allgemeinen Verwaltungsvorschrift zu § 45 der Strahlenschutzverordnung: Ermittlung der Strahlenexposition durch die Ableitung radioaktiver Stoffe aus kerntechnischen Anlagen oder Einrichtungen" (AVV), Bundesanzeiger 64a, 42 (1990) berechnet. Mit Körperdosen sind im folgenden stets die über 50 Jahre integrierten Folgeäquivalentdosen gemeint.

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

Die zur Berechnung der Teilkörperdosen und der Effektivdosis durch Inhalation, Ingestion und externer Bestrahlung benötigten Dosisfaktoren wurden dem Bundesanzeiger 185a vom September 1989 entnommen. Um die Auswahl relevanter Klassen für die Lungenretention und Löslichkeit bei Ingestion radioaktiver Aerosole zu ermöglichen, wurden für die verschiedenen Emittenten die bei den 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 Forschungszentrums Karlsruhe gemessen. Windrichtung, Windgeschwindigkeit und Ausbreitungskategorie werden halbstündlich gemittelt. Ihre Häufigkeitsverteilungen werden in der Ausbreitungsstatistik zusammengefaßt. Die Windrose wird in zwölf 30°-Sektoren eingeteilt. Den Ausbreitungsrechnungen werden die Windgeschwindigkeit und -richtung in 60 m Höhe zugrundegelegt. Für andere Emissionshöhen als die Bezugshöhe von 60 m wird die Windgeschwindigkeit aus dem Windgeschwindigkeitsprofil berechnet. Dazu werden die Exponenten des vertikalen Windgeschwindigkeitsprofils aus der AVV übernommen.

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

5.1.3.3 Ausbreitung und Ablagerung

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

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

5.1.3.4 Rechenprogramme

Die Dosisbeiträge durch β -Submersion, Inhalation, Ingestion und Gammabodenstrahlung sind im wesentlichen proportional zur Aktivitätskonzentration in der bodennahen Luft in der Nähe des betrachteten Aufpunktes. Das Berechnungsverfahren für diese Expositionspfade ist daher prinzipiell gleich. Das FORTRAN-Programm ISOLA leistet in Verbindung mit dem FORTRAN-Programm EFFDOS die erforderlichen Rechenoperationen, indem die Dosisbeiträge der Einzelemittenten überlagert und für alle Expositionspfade und Organe ermittelt werden. Wegen der geringen Schwächung der Gamma-Strahlung in Luft kann bei der Berechnung der γ -Submersiondosis nicht so vorgegangen werden.

Hier muß man für jeden Aufpunkt die Gammadosis als Summe der Dosisbeiträge der im Raum verteilten Gamma-Aktivität berechnet werden. Für diesen Zweck wird das FORTRAN-Programm WOLGA angewandt. Es gibt die Gammadosis für einen beliebigen Aufpunkt in der Umgebung eines oder mehrerer Emittenten als Summe der Dosisbeiträge der Aktivität im Raum an. Diese Berechnung wird unter Berücksichtigung der Gamma-Energien der dosisrelevanten Radionuklide durchgeführt.

5.1.3.5 Einteilung der radioaktiven Emissionen in Nuklidgruppen und Einzelnuclide

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

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

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

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

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

HIT:	U-nat
PBS-FR2:	U-nat
IRCh, Geb. 321a:	U-nat
IRCh, Geb. 341:	Pu-238

Für HDB wurde ein konservatives Aktivitätsgemisch aus Pu-238 (46 %), Pu-239 (7 %), Pu-240 (10 %) und Am-241 (37 %) angenommen. Die relativen Anteile wurden nach KORIGEN für den Umgang mit kernbrennstoffhaltigen Reststoffen mit einem mittleren Abbrand von 30 000 MWd/t und einer Kühlzeit von drei Jahren berechnet. Die Ableitung erfolgte in nitroser Form. Lediglich bei der Verbrennungsanlage der HDB (Geb. 536) und der Wäscherei (Geb. 705) werden Oxide bzw. Hydroxide abgeleitet.

Bei der Festlegung des Nuklidspektrums für die WAK wurde das Nuklidspektrum des HAWC (high active waste concentrate) und das EIS-Spektrum (erweiterte Inventurspülung) mit 0,4 bzw. 0,6 gewichtet.

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

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

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

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

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

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

Bei Einrichtungen, die mit Kernbrennstoffen umgehen, wurde die Zusammensetzung des β -aktiven Spaltproduktgemisches nach KORIGEN unter Annahme eines mittleren Abbrandes von 30 000 MWd/t und einer Kühlzeit von drei Jahren errechnet. Bei diesen Emittenten wurden 10 % der Ableitung der Gruppe A_{BL} als Sr-90 berücksichtigt. Außerdem wurde angenommen, daß bei ITC-CPV, Geb. 721/725, und bei TU 10 % der Emission der Gruppe A_{BL} als Pu-241 abgeleitet wird.

Bei der WAK wird ein Nuklidspektrum zugrundegelegt, das sich aus dem Nuklidspektrum des HAWC und dem sog. EIS-Spektrum zusammensetzt (siehe Nuklidgruppe A_{AL}). Dabei werden Sr-90 und Pu-241 separat berücksichtigt.

Bei den Anlagen der HDB wurde - mit Ausnahme von Geb. 536 (Verbrennungsanlage) und Geb. 545 (LAW-Destillation) - bei der Ableitung die durch Messungen belegte mittlere Zusammensetzung des MAW-Destillats als charakteristisch angenommen (als Nitrat). Bei der Verbrennungsanlage wurden für die Festlegung des Nuklidgemisches die Deklarationsscheine für die zu verarbeitenden Reststoffe zugrundegelegt. Die Verbrennungsprodukte wurden als Oxid emittiert.

Für Geb. 545 wurde die Nuklidzusammensetzung entsprechend wiederholter Analysen des LAW-Destillats festgelegt. Abweichend von den übrigen Anlagen der HDB ist hier der Anteil von β -Strahlern, die nicht aus dem Kernbrennstoffzyklus stammen, wie z. B. P-32, S-35 und Ca-45, mit 66 % relativ hoch. Die Ableitung der Aerosole erfolgte in nitroser Form.

- Nuklidgruppe E/G_K: Radioaktive Edelgase und kurzlebige Aktivierungsgase

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

- Nuklidgruppe I: Radioaktive Iodisotope

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

- Tritium

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

- C-14

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

5.1.3.6 Ergebnisse der Dosisberechnung

Unter den beschriebenen Randbedingungen wurden die Teilkörper- und Effektivdosen für Kleinkinder und Erwachsene in der Umgebung berechnet. Die für jeden einzelnen Emittenten ermittelte Effektivdosis am jeweiligen Immissionsmaximum wurde bereits in Tab. 5/1 in der letzten Spalte aufgeführt. Nach Überlagerung der Auswirkungen aller Emittenten ergeben sich - aufgeschlüsselt nach den zu berücksichtigenden Expositionspfaden - für die ungünstigsten Einwirkungsstellen außerhalb des Betriebsgeländes 1995 die in Tab. 5/5 aufgeführten maximalen Beiträge zur effektiven Dosis.

Expositionspfad	Kleinkinder	Erwachsene
Inhalation	0,04 µSv	0,06 µSv
Ingestion	0,55 µSv	0,40 µSv
Gammasubmersion	0,27 µSv	0,23 µSv
Gammabodenstrahlung	0,01 µSv	0,01 µSv
Summe über alle Expositionspfade	0,9 µSv	0,7 µSv

Tab. 5/5: Maximale Strahlenexposition 1995 in der Umgebung des Forschungszentrums Karlsruhe

Die maximal zu erwartenden Schilddrüsendosis eines Kleinkindes berechnet sich zu 2,1 µSv, die eines Erwachsenen zu 1,9 µSv.

Die Einzelergebnisse für die betrachteten Expositionspfade - für den Expositionspfad Ingestion aufgeschlüsselt nach den in Tab. X2 der Strahlenschutzverordnung aufgeführten Organen und Geweben - sind für die nähere Umgebung in Tab. 5/6 zusammengestellt. Dabei sind nur Orte aufgeführt, für die sich nach Summation über alle Expositionspfade Effektivdosen oberhalb von 0,02 µSv ergaben.

Die regionale Verteilung der Effektivdosen für Erwachsene in der Umgebung des Forschungszentrums als Summe der Dosisbeiträge aller Expositionspfade am jeweils betrachteten Ort ist in Abb. 5/4 graphisch in Form von Isodosislinien dargestellt.

Obwohl diese Dosisberechnung bereits die Emissionen der WAK mitberücksichtigt, wird gemäß behördlicher Auflage eine gesonderte Berechnung der Strahlenexposition in der Umgebung des Forschungszentrums Karlsruhe durch die mit der Fortluft der WAK abgeleiteten Aktivität durchgeführt. Die für WAK allein errechneten Teilkörper- und Effektivdosen an der jeweils ungünstigsten Einwirkungsstelle außerhalb des Betriebsgeländes des Forschungszentrums sind ebenfalls in Tab. 5/6 aufgeführt.

Für 1995 ergibt sich eine mittlere Effektivdosis der Bevölkerung (Erwachsene) im Umkreis von 3 km bzw. 20 km um das Forschungszentrum Karlsruhe von 0,04 µSv bzw. 0,01 µSv. Der Berechnung wurde die folgende Beziehung zugrundegelegt, in der p_i die Einwohnerzahl des Ortes i und H_i die errechnete Effektivdosis am Ort i bedeutet:

$$H = \frac{\sum p_i \cdot H_i}{\sum p_i}$$

Insgesamt zeigen die Berechnungsergebnisse, daß die durch § 45 der Strahlenschutzverordnung vorgegebenen Dosisgrenzwerte im Jahr 1995 deutlich unterschritten wurden.

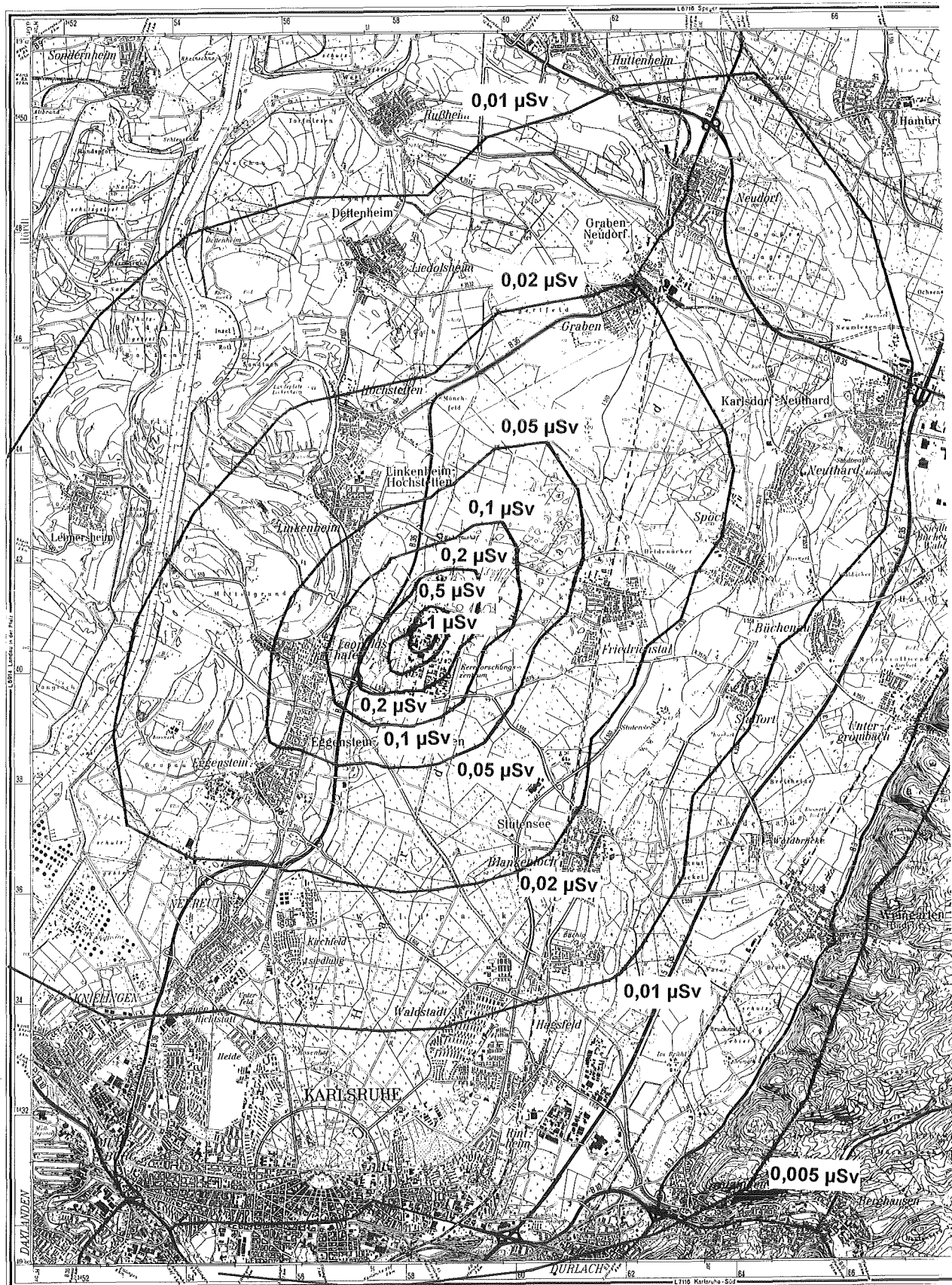
Ort	Maximale Körper-Folgedosen in μSv für Erwachsene						
	durch Ingestion						durch Beta-submersion***
	Keimdrüse	Brust	rotes Knochenmark	Lunge	Schilddrüse	Knochenoberfläche	Haut
Friedrichstal	0,02	0,02	0,02	0,02	0,10	0,03	0,01
Eggenstein	0,02	0,02	0,03	0,02	0,12	0,03	0,02
Leopoldshafen	0,03	0,03	0,04	0,03	0,21	0,05	0,03
Linkenheim	0,03	0,03	0,03	0,03	0,16	0,04	0,02
ungünstigste Einwirkungsstelle* aller Emittenten	0,36 (-565/0)	0,36 (-565/0)	0,37 (-565/0)	0,36 (-565/0)	1,64 (-565/0)	0,45 (-565/0)	0,85 (-565/0)
ungünstigste Einwirkungsstelle* für WAK allein	0,01 (420/1480)	0,01 (420/1480)	0,03 (420/1480)	0,01 (420/1480)	1,26 (420/1480)	0,11 (420/1480)	0,005 (420/1480)
Ort	Maximale Beiträge zur effektiven Folgedosis in μSv für Erwachsene						
	durch Ingestion	durch Inhalation	durch Gamma-bodenstrahlung	durch Gamma-Submersion	durch alle Expositionspfade		
Friedrichstal	0,02	0,003	< 0,001	0,002	0,03		
Eggenstein	0,03	0,004	< 0,001	0,004	0,04		
Leopoldshafen	0,04	0,005	< 0,001	0,005	0,05		
Linkenheim	0,03	0,004	< 0,001	0,002	0,04		
ungünstigste Einwirkungsstelle* aller Emittenten	0,40 (-565/0)	0,06 (200/750)	0,01 (420/1480)	0,23 (-640/-370)	0,7**		
ungünstigste Einwirkungsstelle* für WAK allein	0,05 (420/1480)	0,014 (420/1480)	0,01 (420/1480)	0,016 (0/1290)	0,09**		

* in Klammern: x/y-Koordinaten in m, bezogen auf den FR2-Kamin

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

*** gemäß Anlage X StrlSchV kein Beitrag zur effektiven Dosis.

Tab. 5/6: Ergebnisse der Dosisberechnung aufgrund der Emissionen im Jahr 1995 für die nähere Umgebung des Forschungszentrums Karlsruhe



Topographische Karte 1:50000, Blatt L6916 Karlsruhe-Nord

Abb. 5/4: Effektivdosen in der Umgebung des Forschungszentrums Karlsruhe, 50-Jahre-Folgedosis aufgrund der Emissionen 1995

5.1.4 Störfallberechnungen für kerntechnische Einrichtungen im Forschungszentrum Karlsruhe

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 für die Dauer eines Jahres unterbunden wird. Ferner sind die tatsächlichen Verhältnisse in der Umgebung des Standortes zu berücksichtigen.

Für die Dosisberechnungen wurden die im Bundesanzeiger 185a im September 1989 bekanntgemachten Dosisfaktoren benutzt. 1995 wurden Berechnungen auf Anforderung der jeweiligen Betreiber für folgende Fälle durchgeführt:

- KGB-KNK, Geb. 751: Störfallberechnung im Zusammenhang mit den geplanten Stilllegungsmaßnahmen
- HVT-TL, Geb. 452: Auslegungsstörfälle Anlagenbrand und Erdbeben

Es konnte nachgewiesen werden, daß die Dosisgrenzwerte des § 28 Abs. 3 StrlSchV nicht überschritten werden.

5.2 Abwasserüberwachung und Spektrometrie

K.-G. Langguth

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

Mit Beginn des Jahres 1995 wurden zusätzliche Aufgaben im Rahmen des neu gegründeten Freimeßlabors übernommen (s. Kap. 5.5). So werden für die Freigabe von radioaktiven Reststoffen in der Gruppe alle α - und γ -spektrometrischen Messungen sowie die H-3- und C-14-Messungen durchgeführt.

Tab. 5/7 gibt eine Übersicht über Herkunft, Art und Anzahl der Proben, die bearbeitet wurden, sowie über Art und Anzahl der daran durchgeführten Einzelmessungen.

Meßzweck	Anzahl der Proben	Anzahl der durchgeführten Messungen					
		α	β	Flüssigszintillation		α-Spektrometrie	γ-Spektrometrie
				H-3, C-14, S-35	Spektroskopie		
Abwasserüberwachung							
- Abwassersammelstationen	1 982	1 681	1 681	387	10	4	481
- Endbecken	262	262	262	283	-	-	353
- Endbecken (Mischproben)	150	64	64	91	-	12	128
Klärschlammüberwachung (Chemie- und Schmutzwasserschlamm)	45	45	45	-	-	-	-
Betriebliche Überwachung der Abwassereinzugssysteme	177	170	170	166	11	13	52
Sondermessungen	33	6	6	5	2	-	38
Überwachung der Fort- und Raumluft (s. Kap. 5.1.1)	3 458	2 664	2 664	1 272	8	-	1 520
Freimeßlabor	2 548	17	4	848	-	69	1 874
Entwicklungsarbeiten	-	-	-	1 600	420	-	150
Umgebungsüberwachung	645	-	-	508	-	26	140
Auftragsmessungen							
- Fortluftüberwachung für MZFR + KNK	152	-	-	152	-	-	-
- externe Aufträge	75	2	-	2	-	-	77
Qualitätskontrolle	-	2 481	2 481	2 551	-	167	854
Ringversuche	7	15	15	8	-	8	32
Training von Gastwissenschaftlern	151	-	-	-	-	151	-

Tab. 5/7: Art und Anzahl der Proben sowie der 1995 in der Gruppe "Abwasserüberwachung und Spektrometrie" durchgeführten Einzelmessungen

5.2.1 Abwasserüberwachung

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

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

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

Das Kühlwasser (ca. 200 000 m³/a) und das von versiegelten Flächen abfließende Niederschlagswasser (ca. 270 000 m³/a) wird in den unmittelbar an das Forschungszentrum angrenzenden Hirschkanal eingeleitet. Vom eingeleiteten Wasser werden kontinuierlich Temperatur, Leitfähigkeit und 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 (s. Sandfänge, Lageplan Nr. 2 in Kap. 5.3) durch kontinuierliche Probenahme überwacht.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Die nach diesem Verfahren ("Dosiskonzept") für das Abwasser des Forschungszentrums Karlsruhe festgelegten Jahreshöchstwerte J_n wurden 1993 durch einen von der Aufsichtsbehörde bestimmten Gutachter überprüft.

Die maximal zulässigen Konzentrationen für die Aktivitätsabgaben mit einzelnen Endbeckenfüllungen $K_{n,E}$ wurden auf das fünffache der zulässigen Aktivitätskonzentrationen begrenzt, die sich als Quotient aus den Jahreshöchstwerten J_n und dem im Referenzjahr 1990 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 aus den 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.

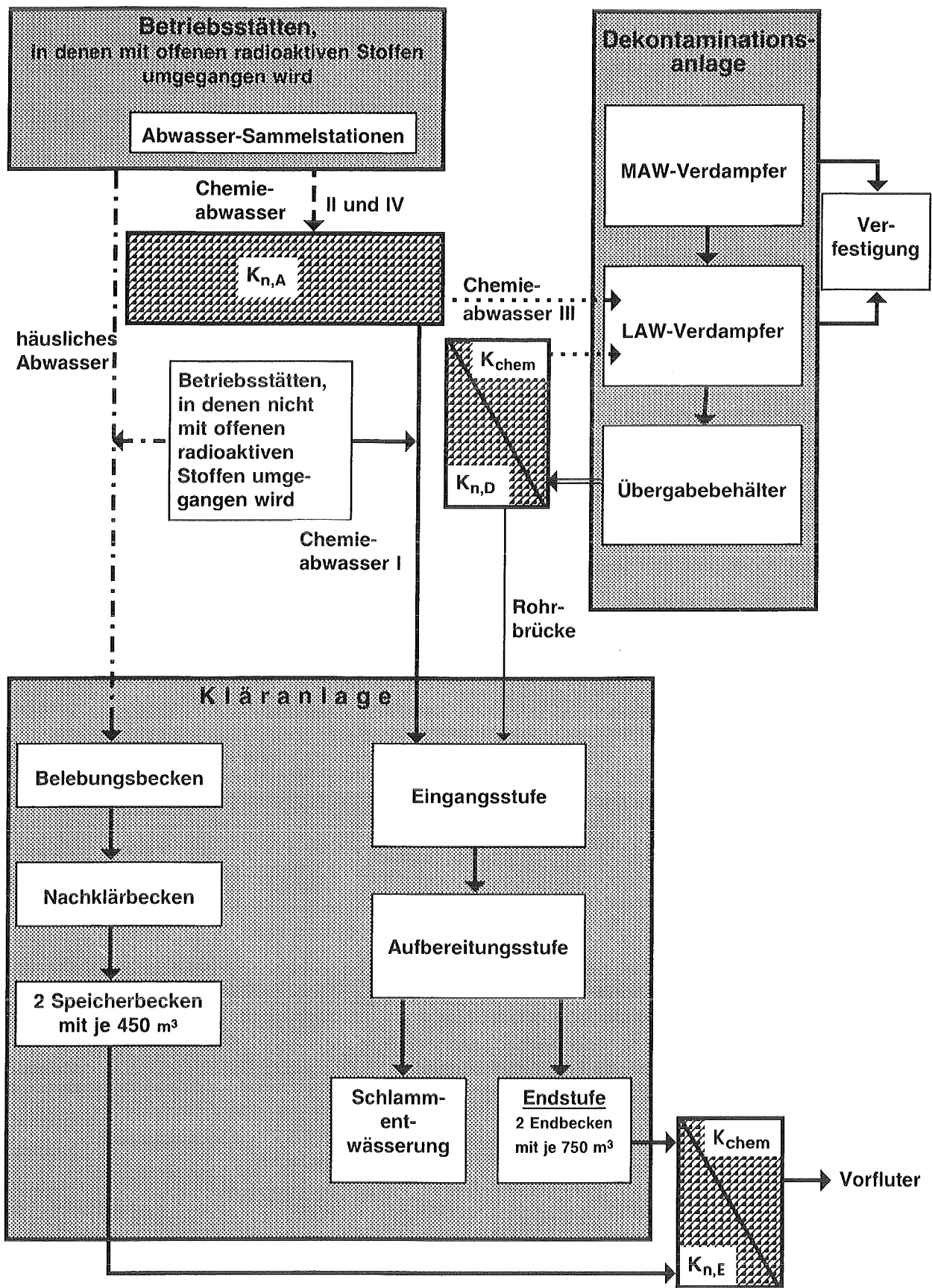


Abb. 5/5: Vereinfachtes Fließschema der Abwässer im Forschungszentrum Karlsruhe ($K_{n,x}$: Kontrollmessung radioaktiver Stoffe; K_{chem} : Kontrollmessung nicht-radioaktiver Stoffe)

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

Die Eigenüberwachung der radioaktiven Emissionen mit dem Abwasser aus dem Forschungszentrum Karlsruhe wird durch Messungen behördlich beauftragter Sachverständiger kontrolliert. Aufgrund behördlicher Anordnung wird auf das Forschungszentrum Karlsruhe sinngemäß das Programm zur "Kontrolle der Eigenüberwachung radioaktiver Emissionen aus Kernkraftwerken" gemäß der Bekanntmachung des BMI v. 10.05.1978 angewandt. Danach werden durch das Bundesamt für Strahlenschutz (BfS), das als beauftragter Sachverständiger von der zuständigen Behörde beigezogen wurde, Kontrollmessungen an Monatsmischproben durchgeführt.

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

Chr. Wilhelm

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

Der Aufbau des Datensystems ist in Abb. 5/6 schematisch dargestellt. Die PC der Meßgeräte sind über das LAN an zwei redundante Server, die zur Datensicherung zusätzlich mit Bandlaufwerken ausgestattet sind, angeschlossen. Für eine Bearbeitung der Proben- und für die Eingabe der Entscheidung über die Weiterverarbeitung des Abwassers stehen zwei Daten-PC zur Verfügung. Einer dieser Daten-PC befindet sich im Gebäude 605 im Bereich der Abteilung Strahlenschutzüberwachung, bei der die Überwachung des Abwassers außerhalb der regulären Arbeitszeit durchgeführt wird.

Die Daten-PC kommunizieren über ein Telegramm-Protokoll mit dem ADOS-Datensystem eines Großrechners der HDB. Ein Kopplungs-PC, der einerseits mit dem LAN und andererseits über eine 3270-Emulation mit dem Großrechner verbunden ist, übernimmt die Kommunikation zwischen dem LAN-PC-System und dem Großrechner.

Für die Bearbeitung der Proben- und die Kommunikation mit dem ADOS-Datensystem wurde das Programm ABWADAT entwickelt. Vor Eingaben in die Daten-PC muß sich der Benutzer über einen Kartenleser mit der ihm persönlich zugeordneten Code-Karte identifizieren. Durch ABWADAT wird dann die Berechtigung für Eingaben entsprechend dem innerbetrieblichen Entscheidungsbereich, der dem Benutzer übertragen wurde, überprüft. Das ADOS-System wiederum kommuniziert mit dem AWUS-System des Prozeßrechners, der das Abwassersystem auf dem Gelände des Forschungszentrums steuert.

Bei Störung dieses Übertragungsweges werden die Entscheide bezüglich der Weiterverarbeitung der Abwässer über ein zusätzliches serielles Kabel direkt an AWUS übertragen. Im Jahre 1995 gab es keinen Totalausfall, da in jedem Anforderungsfall zumindest die direkte Übermittlung der Entscheide an das Klärwerkssystem AWUS funktionierte. Die Verfügbarkeit des Gesamtsystems lag bei ca. 90 %. Die Laborsoftware ABWADAT zeigte im Berichtsjahr keine nennenswerten Störungen, so daß die Ausfallzeit mit kleiner als 1 % angegeben werden kann.

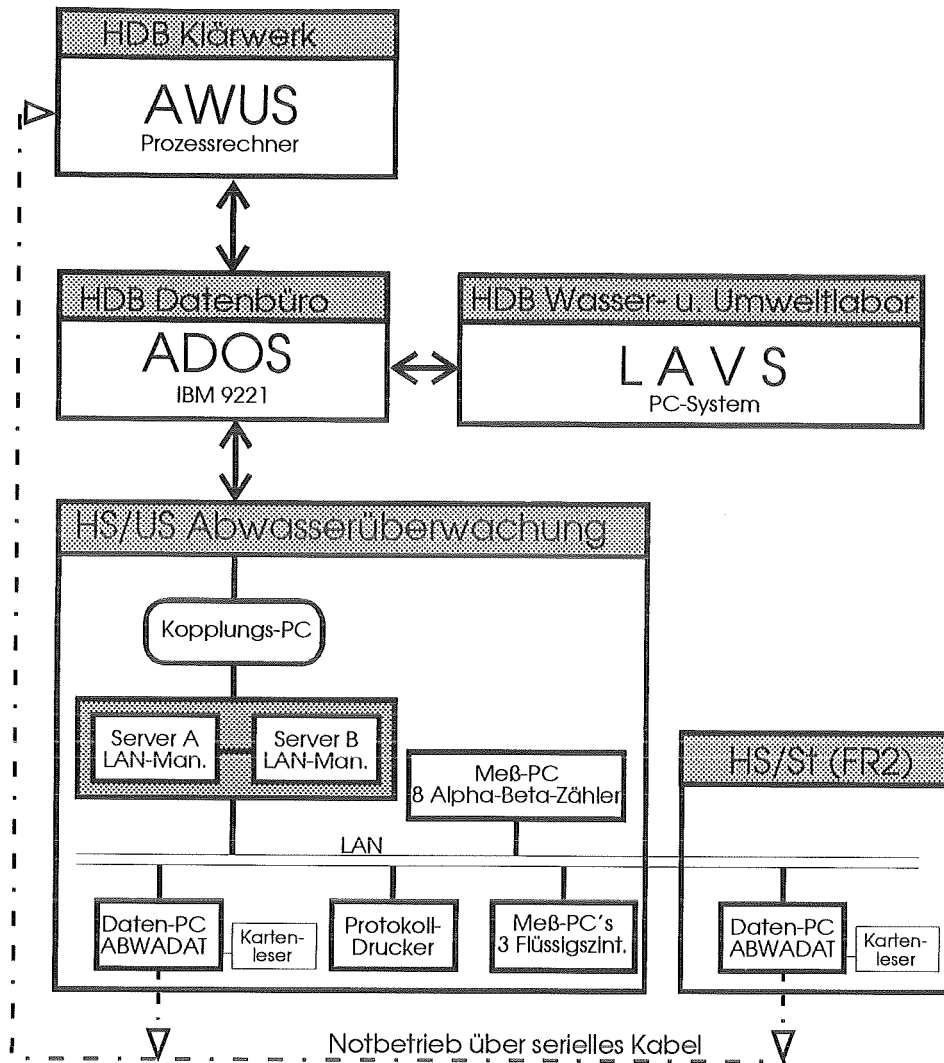


Abb. 5/6: Fließschema der Daten zur Abwasserüberwachung zwischen HDB- und HS-Datensystemen

5.2.3 Ableitung radioaktiver Stoffe mit dem Abwasser 1995

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

Die Ableitung radioaktiver Stoffe mit dem Abwasser wird anhand von Mischproben bilanziert. Dazu werden mengenproportionale Proben der einzelnen Endbeckenfüllungen zu Wochen- und Monatsmischproben vereinigt und am Ende des Sammelzeitraumes analysiert. Neben den Gesamtaktivitätsmessungen werden auch nuklidspezifische Messungen mittels Gammaskopie durchgeführt. Bei Monatsmischproben werden diese Messungen durch eine chemische Aufbereitung der Proben zur getrennten Bestimmung der Konzentration von Strontium- und Plutoniumisotopen sowie von C-14 und S-35 ergänzt.

In der Tab. 5/8 sind die anhand von Monatsmischproben ermittelten Gesamtableitungen radioaktiver Stoffe für 1995 wiedergegeben. Zum Vergleich sind die Vorjahreswerte und die Genehmigungswerte für Einzelnuclide angegeben. Zur Einhaltung der atomrechtlichen Genehmigung 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	
		1995	1994
H-3	1,6 E+14	1,4 E+13	4,4 E+13
C-14	6,4 E+10	7,3 E+07	1,8 E+09
Sr-90	7,0 E+09	3,2 E+06	7,8 E+06
Cs-137	6,5 E+09	1,1 E+07	2,2 E+07
Pu-238	1,1 E+09	1,2 E+05	4,5 E+05
Pu-239+240	9,7 E+08	2,2 E+05	2,4 E+05
Pu-241	5,0 E+10	3,3 E+07	2,8 E+07
aus dem Forschungszentrum abgeleitete Abwassermenge in m ³	-	126 700	143 000

Tab. 5/8: 1995 aus dem Forschungszentrum Karlsruhe in den Vorfluter abgeleitete Abwassermenge und -aktivität sowie Genehmigungswerte gemäß atomrechtlicher Genehmigung

Bei den bilanzierten Ableitungen dominiert das in Form von HTO abgeleitete Tritium. Einen Überblick über die Entwicklung der mit dem Abwasser des Forschungszentrums Karlsruhe in den letzten 24 Jahren in den Vorfluter abgeleiteten Tritiumaktivität gibt Abb. 5/7.

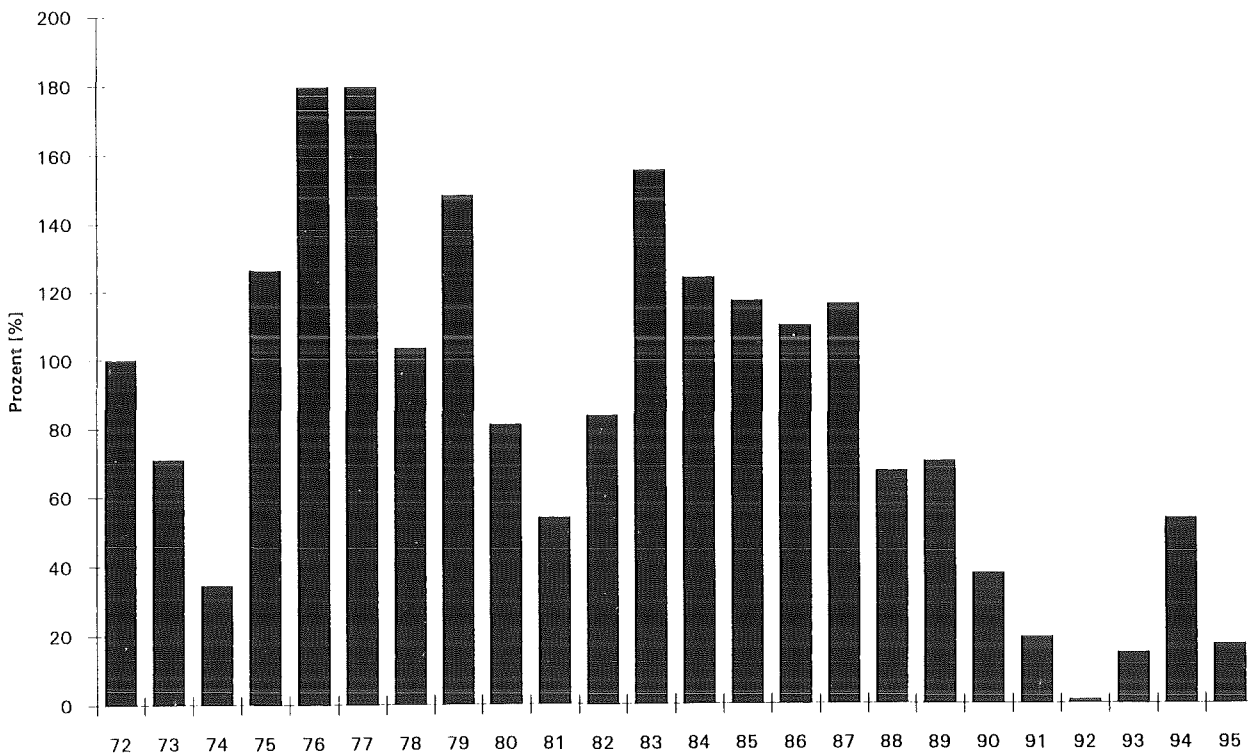


Abb. 5/7: Entwicklung der mit dem Abwasser aus dem Forschungszentrum Karlsruhe jährlich abgeleiteten Tritiumaktivität seit 1972 (1972 = 100 %)

5.2.4 Ableitung nichtradioaktiver Stoffe mit dem Abwasser 1995

K.-G. Langguth, W. Bumiller (HDB)

Die Überwachung der aus den Endbecken der Kläranlagen für häusliches Abwasser und für Chemieabwasser in den Vorfluter eingeleiteten Abwässer hinsichtlich nichtradioaktiver Stoffe (s. Tab. 5/9) wird von der Hauptabteilung Dekontaminationsbetriebe durchgeführt.

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

Tab. 5/9: Bilanzierte Mengen und Jahreskonzentrationsmittelwerte der 1995 mit dem Chemieabwasser (60 600 m³) und dem häuslichen Abwasser (66 100 m³) in den Vorfluter abgeleiteten nichtradioaktiven Stoffe

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 in die Überwachung einbezogen. In Tab. 5/9 sind die bilanzierten Ableitungen mit dem häuslichen Abwasser und dem Chemieabwasser sowie die errechneten Jahreskonzentrationsmittelwerte für Jahr 1995 wiedergegeben. Die Genehmigungswerte wurden in keinem Fall überschritten. Dies bestätigen auch die amtlichen Überwachungsmessungen.

Das Volumen des abgeleiteten Chemieabwassers hat 1995 gegenüber dem Vorjahr um 13 %, das des häuslichen Abwassers um 9 % abgenommen. Bei der Chemiekkläranlage erreichte die Ableitung von CSB (chemischer Sauerstoffbedarf) und KW (mineralölähnliche Kohlenwasserstoffe) ähnliche Werte wie im Vorjahr. Die bereits im letzten Jahr festgestellten niedrigen Frachten an AOX und TOC sind im Jahr 1995 ebenfalls wieder erreicht worden. Die Phosphat-, Nitrat- und Nitritfrachten konnten 1995 gleichfalls auf dem niedrigen Niveau des Vorjahres gehalten werden.

Der in den letzten Jahren erreichte stabile und störungsfreie Betrieb der biologischen Kläranlage konnte auch 1995 aufrechterhalten werden. In der biologischen Anlage erreichten die Ableitungen von AOX, TOC und Ammonium ähnlich niedrige Werte wie im Vorjahr. Die Nitrat-Fracht konnte auf dem Niveau des Vorjahres gehalten werden.

5.2.5 Strahlenexposition in der Umgebung durch die mit dem Abwasser abgeleiteten radioaktiven Stoffe 1995

K.-G. Langguth, D. Papadopoulos

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

5.2.5.1 Berechnung der Strahlenexposition aus den bilanzierten Aktivitätsableitungen

Die Berechnung wurde mit Hilfe des Rechenprogrammes RHEIN-1 durchgeführt. RHEIN-1 berechnet die über 50 Jahre integrierten Folgeäquivalentdosen entsprechend den Modellen der Allgemeinen Verwaltungsvorschrift. Es wurden die Effektivdosen und die Dosen des relativ am stärksten exponierten Organs jeweils für Erwachsene und Kleinkinder berechnet. Bei der Berechnung wurden alle für den Standort des Forschungszentrums Karlsruhe relevanten Expositionspfade berücksichtigt. Als mittlerer Wert für den Durchfluß im Rheinniederungskanal wurde der der Genehmigung zugrundeliegende Wert von 0,7 m³/s verwendet. Tab. 5/10 enthält die Rechenergebnisse für die effektiven Dosen und die Dosen für die jeweils am stärksten exponierten Organe für Erwachsene und Kleinkinder.

Bilanzierte Aktivitätsableitungen 1995		Maximale Körper-Folgedosen in μSv			
		Erwachsene		Kleinkinder	
Nuklid	Aktivität in Bq	effektive Dosis	Dosis für das relativ am stärksten exponierte Organ	effektive Dosis	Dosis für das relativ am stärksten exponierte Organ
H-3	1,4 E + 13	27		27	
C-14	7,3 E + 07	0,35		0,07	
Sr-90	3,2 E + 06	0,03	0,14 (RK)	0,02	0,07 (RK)
Cs-137	1,1 E + 07	0,51		0,39	
Pu-238	1,2 E + 05	0,01	0,20 (KO)	0,01	0,09 (KO)
Pu-239+Pu-240	2,2 E + 05	0,02	0,41 (KO)	0,01	0,18 (KO)
Pu-241	3,3 E + 07	0,07	1,2 (KO)	0,03	0,40 (KO)
Summe, gerundet:		28	-	28	-

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

Tab. 5/10: Maximale Körper-Folge-Äquivalentdosen, berechnet aus den bilanzierten Aktivitätsableitungen mit dem Abwasser 1995

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

Die Äquivalentdosen werden als Produkte der durch Ingestion aufgenommenen Aktivitäten und den zugehörigen Dosisfaktoren ermittelt. Die Berechnung basiert auf den von HS/US gemessenen Aktivitätsgehalten im Trinkwasser und in Lebensmitteln im Bereich des Rheinniederungskanals. Bei allen Messungen der Aktivität von Grund- und Trinkwasser wurde nur Tritium nachgewiesen. Da das aus dem Grundwasser gewonnene Trinkwasser auch zur Viehtränke und zur Beregnung verwendet wird, kann angenommen werden, daß auf diese Weise erzeugte landwirtschaftliche Produkte außer Tritium keine anderen künstlichen Radionuklide aus dem Abwasser des Forschungszentrums enthalten. Für pflanzliche Produkte ist die spezifische Tritiumaktivität aus Messungen bekannt. Für Fleisch wurde die spezifische Tritiumaktivität nach dem Modell der Allgemeinen Verwaltungsvorschrift zu § 45 berechnet.

Für Trinkwasser wurde der Mittelwert der Tritiumkonzentrationen (260 Bq/l), der sich 1995 aus der vierteljährlichen Überwachung der Eigenwasserversorgungen von zwei landwirtschaftlichen Betrieben am Rußheimer Altrhein ergab, in die Rechnung eingesetzt.

Bei Messungen von Fisch aus dem Rheinniederungskanal wurden geringe Mengen von Cs-137 nachgewiesen. Für die Dosisberechnung wurde der Mittelwert von 0,44 Bq/kg eßbarer Substanz verwendet. Im Vorfluter wurde Sr-90 in den Quartalsmischproben nachgewiesen (Variationsbereich 0,9 bis 5,2 mBq/l). Der Mittelwert von 2,7 mBq/l wurde für das Gewebewasser im Fischfleisch eingesetzt. Daraus wurde die spezifische Sr-90-Aktivität für Fischfleisch ermittelt. Für die spezifischen Aktivitäten dieser Nuklide in Fisch errechnet sich ein Beitrag zur effektiven Dosis von 0,1 μSv . Aus dem Mittelwert der 1995 gemessenen Tritiumgehalte von Fischfleisch (390 Bq/kg eßbarer Substanz) ergab sich ein Beitrag zur effektiven Dosis von 0,1 μSv .

Zur Bestimmung des Tritiumgehaltes pflanzlicher Produkte wurde die spezifische Aktivität von Weizen, Kartoffeln und Mangold gemessen. Die Meßwerte variierten zwischen 0,9 und 3 Bq/kg eßbarer Substanz.

Für die Dosisberechnung wurde der Mittelwert von 2 Bq/kg verwendet. Im Jahr 1995 wurde in den landwirtschaftlichen Betrieben am Rußheimer Altrhein Rindvieh ausschließlich zur Fleischgewinnung für den Eigenbedarf gehalten. Zur Berechnung des Tritiumgehaltes im Fleisch wurde der Mittelwert von 260 Bq/l der Trinkwasser-Eigenwasserversorgungen verwendet, da dieses Wasser auch zur Viehtränke und zur Beregnung benutzt wird. Zur Berechnung des Beitrages durch Futtermittel wurde der Mittelwert der gemessenen spezifischen Tritiumaktivität von 2,7 Bq/kg herangezogen.

Lebensmittel	Jahresverbrauch Erwachsene	effektive Dosis μSv
Trinkwasser	800 l	3,3
Fisch	20 kg	0,2
Fleisch	150 kg	0,9
Pflanzliche Produkte	500 kg	<0,1
Summe:		4,5

Tab. 5/11: Effektive Folge-Äquivalentdosis für Erwachsene für den Expositionspfad Abwasser im Jahr 1995, berechnet aus den ermittelten Aktivitätskonzentrationen in Trinkwasser und Lebensmitteln

Der Jahresverbrauch der verschiedenen Lebensmittel entsprechend den Daten der Allgemeinen Verwaltungsvorschrift und die resultierenden Effektivdosisbeiträge sind in Tab. 5/11 eingetragen. Als Summe der Dosisbeiträge ergibt sich eine effektive Folge-Äquivalentdosis für den Expositionspfad Abwasser von 4,5 μSv .

5.2.6 Spektrometrische Messungen

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

Im Bereich "Spektrometrie" der Gruppe werden für alle Gruppen der Abteilung Umweltschutz Messungen durchgeführt. Für gammaspektrometrische Messungen stehen vier "Hochenergie"-, vier "Niederenergie"- und zwei Gamma-X-Detektoren zur Verfügung. Bei Bedarf werden auch die Detektoren des Bereiches Abwasserüberwachung eingesetzt. Zur Alphaspektrometrie werden acht Halbleiterdetektoren eingesetzt. Die Detektoren werden in einem Meß- und Auswertesystem betrieben, welches in Kap. 5.2.7 näher beschrieben ist.

Neben diesen Detektoren stehen für die Messung von Alpha- und Beta-Bruttoaktivitäten zwei Großflächen-Durchfluß-Zähler mit Probenwechsler und Pseudokoinzidenzelektronik zur Verfügung. Mit diesen Meßplätzen werden die Bilanzierungsmessungen an Aerosolfiltern zur Fortluftüberwachung durchgeführt.

Die Anzahl der Proben und der daran durchgeführten Messungen wurde in Tab. 5/7 aufgeführt. An den Aerosolfiltern zur Fortluftüberwachung werden stets zwei Messungen vorgenommen. Zunächst wird unmittelbar nach Anlieferung eine α - und β -Bruttoaktivitätsmessung durchgeführt, um erhöhte Aktivitätsabgaben rechtzeitig erkennen und Gegenmaßnahmen einleiten zu können. Zur Bilanzierung der abgeleiteten Aktivität werden die Filter dann nach Abklingen der kurzlebigen natürlichen Aktivität erneut gemessen.

Zur γ -spektrometrischen Bilanzierung der mit der Fortluft und dem Abwasser abgeleiteten Aktivität sind Messungen sowohl im Nieder- als auch im Hochenergiebereich erforderlich, so daß - außer bei Verwendung der kombinierten Gamma-X-Detektoren - je Probe hier ebenfalls zwei Messungen erforderlich sind. Besondere Erwähnung verdient der hohe Arbeitsaufwand für die Durchführung der verschiedenen Ringversuche.

Trotz der geringen Zahl an Proben bei den Ringversuchen 'Abwasser', 'Abluft', 'Milchpulver' sowie 'Sediment' ist wegen der von den durchführenden Institutionen geforderten Mehrfachbestimmungen tatsächlich eine sehr große Zahl an Messungen auszuführen.

5.2.7 Das Mehrplatz-Spektrometriesystem auf Genie-PC-Basis

Chr. Wilhelm

In der Gruppe "Abwasserüberwachung und Spektrometrie" wurde 1994 ein Mehrplatz-Spektrometriesystem auf Genie-PC-Basis für die Detektoren des Bereiches "Spektrometrie" in Betrieb genommen. Da sich das System sehr gut bewährte, wurden 1995 die Spektrometrie-Systeme der Gruppe vereinheitlicht und die Detektoren des Bereiches "Abwasserüberwachung" in das neue System integriert. Zur weiteren Steigerung der Analysenkapazität, insbesondere in Hinblick auf die 1995 übernommenen Aufgaben im Rahmen des Freimeßlabors (s. Kap. 5.5), wurde ein weiterer Detektor mit Probenwechsler an das Analysensystem angeschlossen.

In das System sind nunmehr 14 Germaniumdetektoren zur Gamma-Spektrometrie, acht Halbleiterdetektoren und zwei Gitterionisationskammern zur Alpha-Spektrometrie und ein Probenwechsler eingebunden. Zur Steuerung des Systems und zur Durchführung von Analysen stehen insgesamt sieben PC zur Verfügung. Davon sind vier PC in den drei Meßlabors zur direkten Bedienung der Detektoren vor Ort aufgestellt und drei leistungsfähigere PC zur Auswertung von Spektren in zwei Büroräumen (s. Abb. 5/8). Von jedem PC aus kann jeder Detektor angesteuert und eine Analyse durchgeführt werden.

Die Kalibrierung der Detektoren wurde 1995 mit 200 Messungen weitgehend abgeschlossen. Für den Routinebetrieb wurden weitere Prozeduren entwickelt, die den Analysierenden bei seinen Aufgaben unterstützen. So wurde z. B. eine spezielle Prozedur für den Probenwechsler entwickelt, die es erlaubt, die Analysenparameter für 19 Proben beim Start des Probenwechslers einzugeben, so daß der Probenwechsler alle Proben messen und analysieren kann, ohne daß der Bediener eingreifen muß. Um den Betrieb des Probenwechslers zu überwachen, wurde ein Programm entwickelt, das ständig den Betriebszustand des Probenwechslers erfaßt und in einem zusätzlichen Fenster auf dem Bildschirm eines Analyse-PC im Büro anzeigt. Bei einer Störung des Meßbetriebs am Probenwechsler wird von diesem Programm eine Warnung ausgegeben.

Durch den hohen Grad an Automatisierung konnte eine wesentliche Steigerung der Analysenkapazität bei gleichzeitiger Verbesserung der Analysenqualität erreicht werden.

- Meß-Labor 1**
 3 γ - Hochenergiedetektoren
 4 γ - Niederenergiedetektoren

- Meß-Labor 2**
 2 γ -X- Detektoren
 1 γ - Hochenergiedetektor
 8 α - Halbleiterdetektoren

- Meß-Labor 3**
 1 γ -X- Detektor
 1 γ - Hochenergiedetektor
 1 γ - Niederenergiedetektor
 2 Gitterionisationskammern

- Meß-Labor 4**
 1 γ -X- Detektor mit
 19fach-
 Probenwechsler

- Büro 1**
 2 Analyse-PC

- Büro 2**
 1 Analyse-PC

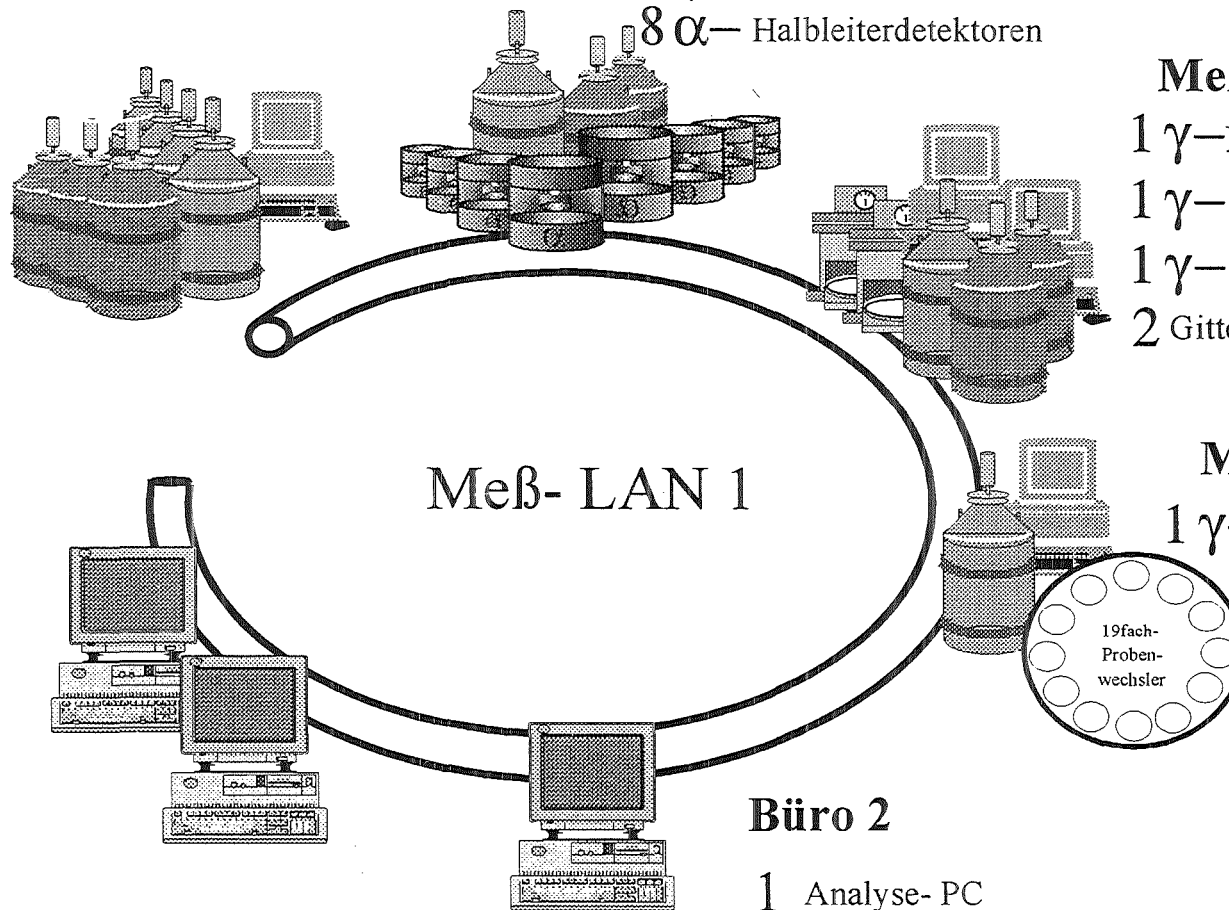


Abb. 5/8: Schematischer Aufbau des Spektrometriesystems

5.3 Umgebungsüberwachung

M. Vilgis, A. Wicke

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

Das auflagenbedingte Überwachungsprogramm umfaßt die Ermittlung der direkten Strahlenexposition sowie die Messung der Aktivität von Probenmaterialien aus verschiedenen Umweltmedien. Wenn sich im Rahmen der Routineüberwachung gegenüber bekannten Schwankungsbereichen signifikant erhöhte Meßwerte ergeben, werden ergänzende, zeitlich befristete Überwachungsmaßnahmen durchgeführt.

Monatliche Meßfahrten dienen dem Training des Einsatzpersonals bei Störfällen. Insgesamt werden dabei jährlich an ca. 900 Proben rund 1 800 Messungen durchgeführt.

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

- 1 Direktmessung der Strahlung
 - 1.1 Außenstationen
 - 1.2 Monitoranlage zur Überwachung des Betriebsgeländes einschließlich WAK
 - 1.3 Festkörperdosimeter
- 2 Radioaktivitätsmessungen
 - 2.1 Luft
 - 2.2 Niederschlag
 - 2.3 Boden
 - 2.4 Bodenoberfläche
 - 2.5 Bewuchs
 - 2.6 Laub
 - 2.7 Pflanzliche Nahrungsmittel
 - 2.8 Oberflächenwasser
 - 2.9 Grund- und Trinkwasser
 - 2.10 Sediment
 - 2.11 Fisch
- 3 Meßfahrten (Störfalltrainingsprogramm)
 - 3.1 γ -Ortsdosisleistung
 - 3.2 Aerosole
 - 3.3 gasförmiges Iod
 - 3.4 Bodenoberfläche
 - 3.5 Boden

5.3.1 Ergebnisse der Routineüberwachung 1995

M. Vilgis, F. Werner, W. Bohn, M. Rietschel

5.3.1.1 Direktmessung der Strahlung

Zur Direktmessung der Strahlung befinden sich zwei On-line-Systeme im Einsatz. Das eine System, die sogenannte Monitoranlage, dient der Überwachung des betrieblichen Überwachungsbereichs, das andere System, die sogenannten Außenstationen, dient der Überwachung der umliegenden Ortschaften. 1995 wurde durch die Monitoranlage keine Überschreitung der Warnschwelle von 1 $\mu\text{Sv/h}$ registriert. Bei den Außenstationen wurden keine erhöhten Dosisleistungsmeßwerte registriert. In Abb. 5/9 sind die mittleren wöchentlichen Ortsdosisleistungen 1995 an den Außenstationen der Ortschaften Blankenloch, Friedrichstal und Leopoldshafen und an der Station "Forsthaus" dargestellt. Der Schwankungsbereich lag zwischen 70 und 100 nSv/h. Die Wochenwerte für die Ortschaften Eggenstein, Graben-Neudorf, Karlsruhe und Linkenheim, die lediglich aus darstellungstechnischen Gründen nicht in Abb. 5/9 aufgenommen wurden, lagen alle innerhalb dieses Schwankungsbereichs. Die geringen Unterschiede des Strahlungspegels werden im wesentlichen durch standortspezifische Parameter wie z. B. verschiedene Dachhöhen, Dachneigungen, Alter und Baumaterial der Dächer und Gebäude, aber auch durch die Nähe zu anderen Gebäuden bestimmt.

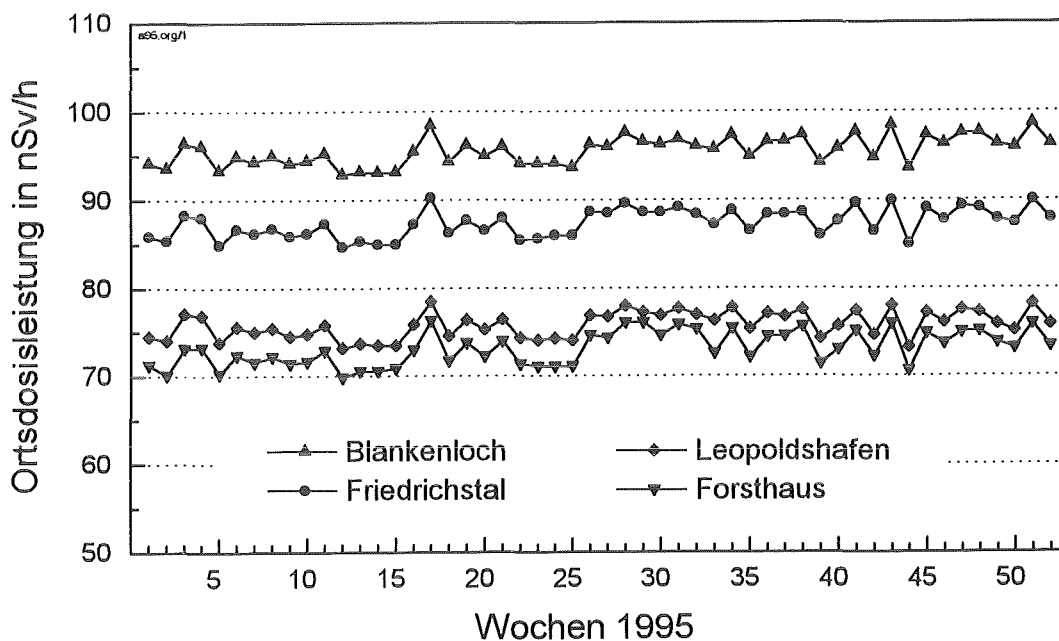


Abb. 5/9: Mittlere wöchentliche γ -Ortsdosisleistung 1995 in den nächstgelegenen Ortschaften und am Forsthaus

Die niedrigste Dosisleistung wird am "Forsthaus" (einzelnes Gebäude, 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 1995 innerhalb der Schwankungsbreite der Meßwerte der 32 Umgebungsdosimeter (0,52 bis 0,75 mSv/a) in den umliegenden Ortschaften.

5.3.1.2 Radioaktivitätsmessungen

Zweimal wöchentlich werden die Aerosolfilter, die in den drei Meßhütten kontinuierlich bestaubt werden, gewechselt. Zusätzlich zur Messung der langlebigen α - und β -Gesamtaktivität aller Einzelfilter erfolgen vierteljährlich γ -spektrometrische Untersuchungen

und Plutoniumanalysen der Filter. 1995 lagen alle durch γ -Spektrometrie bestimmten Aktivitätskonzentrationen künstlicher Radionuklide unter oder nahe der Nachweisgrenze ($10 \mu\text{Bq}/\text{m}^3$ für Cs-137). Die Be-7-Aktivitätskonzentration schwankte zwischen 2,6 und $4,9 \text{ mBq}/\text{m}^3$. Be-7 ist ein natürliches Radionuklid, das als Leitnuklid für den vertikalen atmosphärischen Austausch angesehen werden kann und dessen Aktivitätskonzentration je nach Jahreszeit schwankt. Im dritten Quartal wurden bei der Meßhütte Forsthaus Pu-238 in einer Konzentration von $0,17 \mu\text{Bq}/\text{m}^3$ und Pu-239+240 in einer Konzentration von $0,13 \mu\text{Bq}/\text{m}^3$ in der Luft nachgewiesen. In allen übrigen Fällen lagen die Aktivitätskonzentrationen unterhalb der Nachweisgrenze (vgl. Kap. 5.4.1).

Im Niederschlag wurde bei der γ -spektrometrischen Bestimmung der künstlichen Radionuklide insgesamt viermal in Quartalsmischproben Cs-137 nachgewiesen. Der Maximalwert lag bei $0,017 \text{ Bq}/\text{l}$ für das erste Quartal an der Niederschlagsammelstelle Meßhütte Nordost. In allen anderen Proben lag die Aktivitätskonzentration unterhalb der Nachweisgrenze ($0,03 \text{ Bq}/\text{l}$ für Cs-137). Die Monatswerte der H-3-Aktivitätskonzentration schwankten zwischen der Nachweisgrenze ($2 \text{ Bq}/\text{l}$) und $69 \text{ Bq}/\text{l}$.

Tab. 5/12 enthält eine Übersicht über die Schwankungsbereiche der 1994 und 1995 gemessenen spezifischen Aktivitäten in Boden- und Sedimentproben. Aufgeführt sind außer dem natürlichen Radionuklid K-40 nur solche künstlichen Nuklide, für die in den Jahren 1994 und 1995 mindestens ein Meßergebnis über der Erkennungsgrenze lag. Gegenüber dem Vorjahr wurde keine erhöhte spezifische Aktivität im Boden oder Sediment festgestellt. Die gemessenen Cs-134- und Cs-137-Aktivitäten beruhen zum größten Teil auf dem Fallout vom Reaktorunfall in Tschernobyl im Jahr 1986. Die Sedimentproben werden im Rheinniederungskanal und Hirschkanal kontinuierlich in sogenannten Sedimentsammelkästen aufgefangen, die monatlich geleert werden.

überwachtes Medium	Nuklid	spezifische Aktivität in Bq/kg Trockensubstanz			
		1995		1994	
		Minimum	Maximum	Minimum	Maximum
Boden (0 - 5cm)	K-40	440	470	450	680
	Cs-134	<0,23	1,1	0,79	1
	Cs-137	8,8	43	23	56
	Sr-90	<0,09	1,2	0,3	2,3
	Pu-238	<0,02	0,17	<0,004	0,05
	Pu-239+240	0,07	0,66	0,16	0,6
Boden (In-situ-Gamma-Spektrometrie)	K-40	280	340	310	420
	Cs-134	0,75	<1,3	<0,8	1,4
	Cs-137	9,7	17	11	23
Sediment (Rheinniederungskanal unterhalb Einleitung)	K-40	340	420	360	470
	Cs-134	<1,2	<2,1	<1,9	5,5
	Cs-137	10	48	33	100
	Pu-238	0,11	0,45	0,25	0,26
	Pu-239+240	0,35	0,75	0,53	0,55
Sediment (Hirschkanal)	K-40	400	660	340	580
	Co-60	<1,4	3,1	<1,9	5,8
	Cs-134	0,71	5,6	6,9	16
	Cs-137	47	320	330	710
	Am-241	<2,1	11	<9,4	29

Tab. 5/12: Schwankungsbereiche der spezifischen Aktivität im Boden und Sediment

Zur Bestimmung der spezifischen Aktivität im Boden wurden in den Hauptausbreitungssektoren der WAK (s. braun umrandete Sektoren in Lageplan Nr. 1) und an einer Referenzstelle Proben bis zu einer Tiefe von 5 cm entnommen und anschließend im Labor gemessen. In den beiden Hauptausbreitungssektoren bezüglich der Standorte der Abluftkamine im Forschungszentrum (s. grün umrandete Sektoren in Lageplan Nr. 1) wurden von den Anbauflächen der überwachten Nahrungsmittel (s. Tab. 5/13) Bodenproben bis zu einer Tiefe von 20 cm entnommen. Die gemessene spezifische Aktivität dieser Proben lag im Schwankungsbereich der Meßwerte der Bodenproben bis 5 cm Tiefe (siehe Tab. 5/12). Außerdem wurde die spezifische Aktivität im Boden an vier Stellen auch durch In-situ-Gammaspektrometrie ermittelt.

Eine Übersicht über die Schwankungsbereiche der 1994 und 1995 gemessenen spezifischen Aktivitäten in Nahrungsmitteln gibt Tab. 5/13. Aufgeführt wurden nur solche künstlichen Nuklide, für die in den Jahren 1994 und 1995 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-137-Aktivität lag im Bereich der Meßwerte des Vorjahres.

überwachtes Medium	Nuklid	spezifische Aktivität in Bq/kg Frischsubstanz			
		1995		1994	
		Minimum	Maximum	Minimum	Maximum
Wurzelgemüse	K-40	38	120	24	72
	Cs-137	<0,018	0,027	<0,02	0,04
	Sr-90	<0,016	<0,026	<0,07	0,093
Getreide	K-40	95	140	110	120
	Cs-137	<0,038	0,052	<0,04	<0,08
	Sr-90	0,095	0,34	0,3	0,3
Blattgemüse	K-40	46	140	37	150
	Cs-137	<0,021	0,049	<0,02	0,03
	Sr-90	0,17	0,18	0,12	0,7
Fisch	K-40	70	77	54	81
	Cs-137	0,43	0,45	0,2	0,3

Tab. 5/13: Schwankungsbereiche der spezifischen Aktivität in Nahrungsmitteln

Zur Überwachung des Grundwassers im Nahbereich der HDB werden zahlreiche Beobachtungspiegel im Rahmen des Umgebungsüberwachungsprogrammes beprobt. Diese Pegel befinden sich innerhalb und außerhalb des Betriebsgeländes in Grundwasserfließrichtung. Die H-3-Konzentrationen schwankten 1995 zwischen der Nachweisgrenze (2 Bq/l) und 130 Bq/l. Die H-3-Aktivitätskonzentrationen des Grund- und Trinkwassers der Wasserwerke Tiefgestade, Linkenheim, Leopoldshafen, Hardtwald, des Forschungszentrums und der Beobachtungsbrunnen zwischen dem Forschungszentrum und Linkenheim lagen zwischen 2 und 10 Bq/l.

Im Grundwasser von den Standorten der Aussiedlerhöfe in der Nähe des Rheinniederungskanals bei Liedolsheim, Rußheim und Rheinsheim wird vierteljährlich die H-3-Aktivitätskonzentration bestimmt. Die H-3-Aktivitätskonzentrationen schwankten hier zwischen 2,8 und 320 Bq/l.

Die Kühl- und Regenwässer des Forschungszentrums werden über die Sandfänge 1 bis 6 in den Hirschkanal abgeleitet (s. Lageplan Nr. 2). Das Oberflächenwasser des Hirschkanals unterhalb von Sandfang 6 wird kontinuierlich beprobt. Die Wochenwerte der H-3-Aktivitätskonzentration mit einem Maximalwert von 12 Bq/l lagen im Jahresdurchschnitt unter der gemessenen H-3-Aktivitätskonzentration im Niederschlag. Unterhalb der Einleitungsstelle für die Abwässer des Forschungszentrums Karlsruhe werden Wasserproben aus dem Rheinniederungskanal kontinuierlich gesammelt. Die Wochenwerte der H-3-Aktivitätskonzentration schwankten 1995 zwischen 2,5 und 3 800 Bq/l. In Abb. 5/10 ist der zeitliche Verlauf der H-3-Aktivitätskonzentration im Rheinniederungskanal dargestellt.

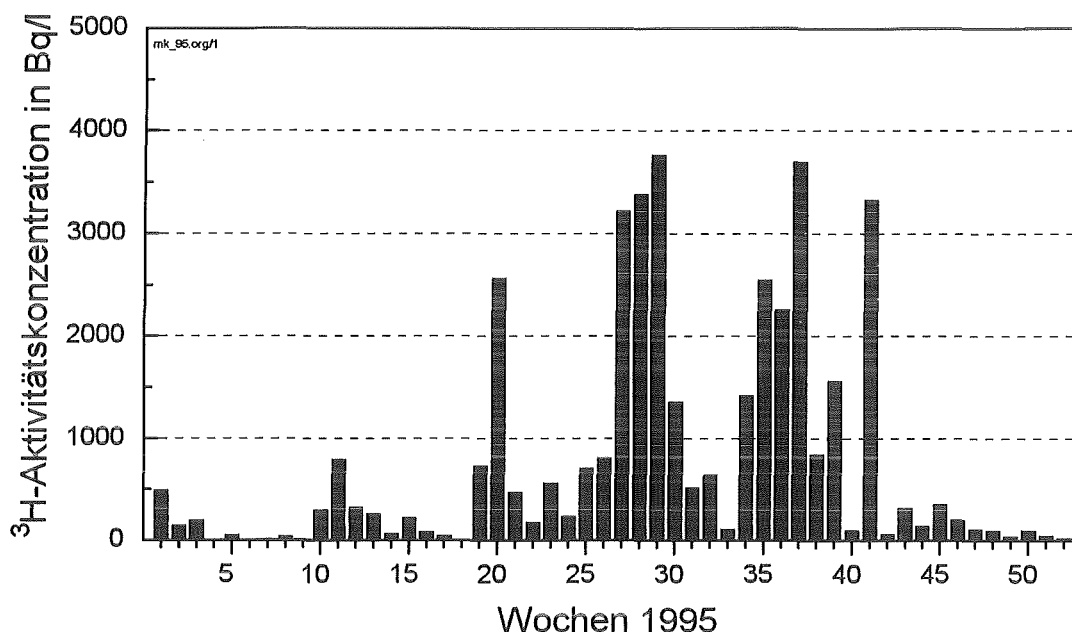


Abb. 5/10: H-3-Aktivitätskonzentration im Rheinniederungskanal

Vierteljährlich werden außerdem vier Baggerseen und kleinere Gewässer, die zum Teil eine direkte Verbindung zum Rheinniederungskanal haben, beprobt. Ihre H-3-Aktivitätskonzentrationen schwankten 1995 zwischen 2 und 1 400 Bq/l.

5.3.1.3 Meßfahrten

Im Rahmen des Störfalltrainingsprogrammes werden monatliche Meßfahrten zu wechselnden Meß- und Probenahmeorten durchgeführt. Die in der Zentralzone (s. Abb. 5/11) anzufahrenden Stellen wurden gemäß dem "Besonderen Katastropheneinsatzplan für die Umgebung des Forschungszentrums Karlsruhe" festgelegt. Ziel dieser Meßfahrten ist das Training des Rufbereitschaftspersonals der HS-US. Alle Meßergebnisse entsprechen der Erwartung und zeigten keinerlei Auffälligkeiten.

5.3.1.4 Ergänzende Überwachungsmaßnahmen

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

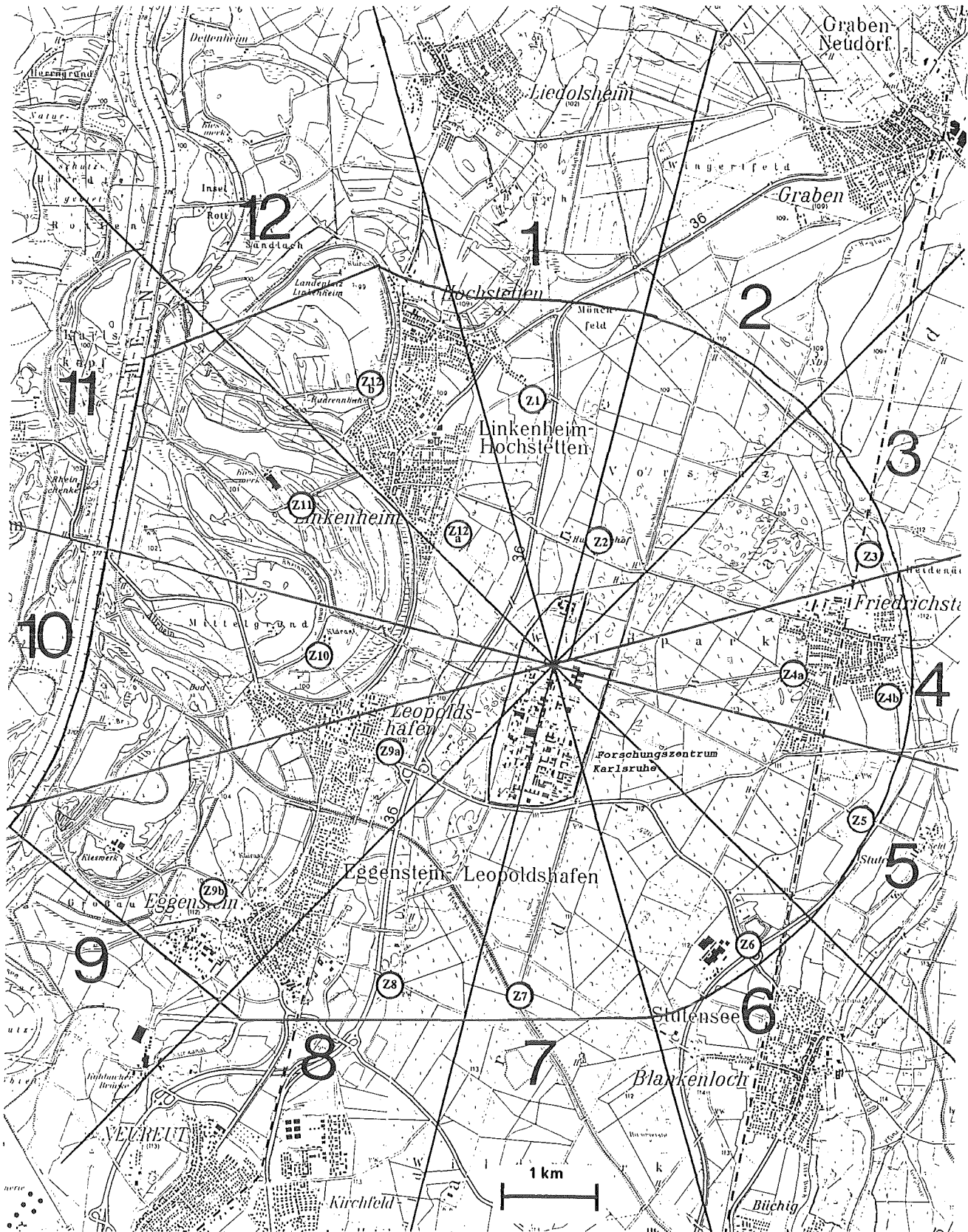


Abb. 5/11: Meß- und Probenahmeorte in den zwölf Sektoren der Zentralzone gemäß dem "Besonderen Katastropheneinsatzplan für das Forschungszentrum Karlsruhe"

Der Grundwasserpegel H0/1 (siehe Lageplan Nr. 2) zeigte im 1. Halbjahr 1995 einen Anstieg der H-3-Aktivitätskonzentration. Um den Verlauf besser verfolgen zu können, wurde die Probenentnahmefrequenz auf zwei Proben pro Quartal erhöht.

Am routinemäßig überwachten Baggersee Neuloch bei Dettenheim wurde bei der Probe im dritten Quartal 1995 eine H-3-Aktivitätskonzentration von 1 400 Bq/l gemessen. Eine sechs Wochen später entnommene Probe ergab einen Meßwert von nur 14 Bq/l. Die Erhöhung der H-3-Aktivitätskonzentration war bedingt durch die gleichzeitig hohe Konzentration im Rheinniederungskanal (s. Abb. 5/10), da der Baggersee eine direkte Verbindung zum Rheinniederungskanal hat.

Aufgrund des öffentlichen Interesses am Radioaktivitätsgehalt im Grundwasser in der Umgebung des Rheinniederungskanals wurden über einen Zeitraum von fünf Wochen je zehn Wasserproben aus dem Wasserwerk Tiefgestade, der Rheinmitte, dem Rheinuferbereich und zwei zwischen dem Rheinniederungskanal und dem Wasserwerk liegenden Grundwasserpegeln entnommen. Die mittlere H-3-Aktivitätskonzentration beim Rheinufer lag bei $2,1 \pm 0,8$ Bq/l, bei den Grundwasserpegeln bei $3,3 \pm 0,9$ Bq/l und beim Rohwasser des Wasserwerks bei $2,8 \pm 0,4$ Bq/l. Der Maximalwert von 5,7 Bq/l wurde in der Rheinmitte gefunden.

Zusätzlich wurden zwei Rohwasserproben aus dem Wasserwerk Tiefgestade und dem Wasserwerk Linkenheim mit besonders hoher Empfindlichkeit γ -spektrometrisch untersucht. In den Proben konnte kein einziges künstliches γ -Strahlen emittierendes Radionuklid nachgewiesen werden.

Im Rheinniederungskanal wurden ergänzend zur kontinuierlichen Überwachung 100 m unterhalb der Abwassereinleitungsstelle Sedimentproben aus dem Linkenheimer Altrhein entnommen. Die Meßergebnisse werden in Kapitel 5.4.3 ausführlich dargestellt.

Zur Bewertung der hier berichteten Tritiummeßergebnisse wird auf die Ausführungen im letzten Absatz von Kap. 5.3.3 verwiesen.

5.3.2 In-situ-Gammaspektrometrie

B. Reiber, A. Wicke, M. Vilgis

Die In-Situ-Gammaspektrometrie ist als Schnellmethode zur nuklidspezifischen Messung von Radioaktivität im Boden und der bodennahen Luft eingeführt. Im Rahmen einer Studienarbeit wurden die Schwankungsbreite der Aktivitätswerte durch wiederholte Messungen an denselben Meßpunkten unter verschiedenen Wetterbedingungen ermittelt und daraus die Nachweisgrenzen dieses Meßverfahrens für ausgewählte Radionuklide bestimmt.

Für die Messungen wurden zwei Meßorte des "Besonderen Katastropheneinsatzplans für das Forschungszentrum Karlsruhe" (siehe Abb. 5/11) in den beiden Hauptausbreitungsrichtungen - Z3 in Richtung Nordost und Z9b in Richtung Südwest - ausgewählt. Zum Vergleich wurde der Meßort Z12b (in Richtung Nordwest) mit geringer Windrichtungshäufigkeit herangezogen. Insgesamt wurden in wöchentlichem Abstand an vier Tagen 21 Messungen (sieben Messungen pro Meßort) durchgeführt.

Bei der Auswertung wurden die Meßergebnisse für die Radionuklide Cs-137, K-40, Ac-228 (Thorium-Reihe) und Bi-214 (Uran-Radium-Reihe) näher betrachtet. Die beste Reproduzierbarkeit der Messungen ergab sich für K-40 (z. B. 320 ± 8 Bq/kg am Meßort Z9b). Bei den Radionukliden der natürlichen Zerfallsreihen war die Schwankungsbreite der Wiederholungsmessungen deutlich höher als die Meßunsicherheit der Einzelmessungen. Dies liegt vermutlich an der Störung des radioaktiven Gleichgewichts von Mutter-/Tochternukliden in Verbindung mit meteorologischen Einflußgrößen. Korrelationen

zwischen Meßergebnissen und Wetterbedingungen waren im Rahmen dieses Meßprogramms nicht erkennbar.

Aus den Meßreihen wurden auf der Grundlage der DIN 25 482 die Nachweisgrenzen für den Fall einer Oberflächenkontamination für einige im Rahmen des Störfallmeßprogramms wichtige Radionuklide bestimmt: Na-22, Co-60, Ru-103, Ru-106, I-131, Cs-134, Cs-137 und Ce-141. Demnach liegen die Nachweisgrenzen für alle genannten Radionuklide zwischen 50 und 560 Bq/m². Sie stimmen für alle drei Meßorte gut überein.

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

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

Im Jahre 1995 wurden die Tritiumkonzentrationen in verschiedenen landwirtschaftlichen Produkten aus den beiden Hauptausbreitungssektoren und aus dem Bereich des Vorfluters bestimmt. Dazu wurde die Tritiumkonzentration sowohl im Gewebewasser (HTO), das durch Gefriertrocknung extrahiert wurde, als auch das organisch gebundene Tritium (OBT) der organischen Trockensubstanz, 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 Gewichtsverhältnisses von Oxidationswasser zu Trockensubstanz von 0,56 berechnet. Die Ergebnisse zeigt Tab. 5/14.

Herkunft der Proben	Probenart	Probenahmedatum	Wassergehalt in %	Tritiumaktivität		
				in Bq/l		in Bq/kg FS*
				HTO	OBT	
Referenzstelle Augustenberg in Karlsruhe-Durlach	Bewuchs	09.05.95	76	2,0 ± 1,0	4,2 ± 1,3	2,1 ± 0,9
	Bewuchs	11.10.95	85	1,7 ± 1,1	4,6 ± 1,3	1,8 ± 1,1
Umgebung des Vorfluters (Rheinniederungs- kanal)	Bewuchs	09.05.95	80	2,7 ± 1,1	5,3 ± 1,3	2,7 ± 1,0
	Bewuchs	11.10.95	78	2,6 ± 1,1	4,6 ± 1,3	2,6 ± 1,0
	Fisch	04.05.95	72	500 ± 20	1400 ± 40	580 ± 20
	Fisch	06.12.95	72	130 ± 6,0	690 ± 20	210 ± 10
	Kartoffeln	04.09.95	76	2,3 ± 1,1	4,7 ± 1,3	2,4 ± 1,0
	Mangold	04.09.95	89	0,9 ± 1,1	1,7 ± 0,9	0,9 ± 1,0
1. Hauptausbreitungs- sektor (Raum Friedrichstal)	Weizen	27.07.95	5,2	2,3 ± 1,1	2,6 ± 1,1	1,5 ± 0,4
	Kopfsalat	28.09.95	89	2,8 ± 1,2	4,6 ± 1,3	2,8 ± 1,1
	Spargel	23.05.95	90	2,7 ± 1,1	4,5 ± 1,3	2,7 ± 1,0
2. Hauptausbreitungs- sektor (Raum Eggenstein- Leopoldshafen)	Spargel	10.05.95	82	2,6 ± 1,1	3,9 ± 1,2	2,5 ± 0,9
	Roggen	22.08.95	4,3	5,4 ± 1,4	2,3 ± 1,1	1,5 ± 0,4
	Kartoffeln	24.05.95	95	2,2 ± 1,1	3,8 ± 1,2	2,2 ± 1,1
Betriebsgelände, ca. 150 m östlich von HVT-TL, Geb. 452	Laub	09.05.95	28	6,7 ± 1,4	7,5 ± 1,4	6,0 ± 1,1
	Laub	20.07.95	46	5,2 ± 1,3	25 ± 2,3	9,2 ± 1,4
	Laub	10.10.95	44	36 ± 2,8	35 ± 2,8	29 ± 1,8

*FS: Frischsubstanz

Tab. 5/14 Tritiumkonzentration in landwirtschaftlichen Produkten aus den beiden Hauptausbreitungssektoren, aus dem Bereich des Vorfluters und in Laub vom Betriebsgelände des Forschungszentrums Karlsruhe

Unter der Annahme, daß die gesamte Tritiumzufuhr eines Menschen über das Trinkwasser erfolgt, läßt sich aus dem in § 45 der Strahlenschutzverordnung festgelegten Dosisgrenzwert für die effektive Dosis von 0,3 mSv pro Jahr, dem Dosisfaktor für Tritium und dem ebenfalls in der StrlSchV für Dosisberechnungen festgelegten Jahresverbrauch von Trinkwasser für Erwachsene eine zulässige Tritiumkonzentration für Trinkwasser von rund 23 kBq/l berechnen. Im Vergleich dazu sind die 1995 gemessenen Tritiumkonzentrationen in landwirtschaftlichen Produkten sehr niedrig und somit unter dem Aspekt des Strahlenschutzes ohne Bedeutung.

5.4 Chemische Analytik

M. Pimpl

Die Gruppe "Chemische Analytik" führt die nuklidspezifischen Bestimmungen für die Emissions- und Immissionsüberwachung des Forschungszentrums aus, bei denen radiochemische Analysenverfahren zur Probenpräparation notwendig sind.

Seit März 1995 werden darüber hinaus radiochemische Analysen für das Freimeßlabor durchgeführt. Dieses Freimeßlabor wurde Anfang 1995 bei der Abteilung Umweltschutz in Kooperation mit der Hauptabteilung Dekontaminationsbetriebe eingerichtet mit der Aufgabe, alle Aktivitätsmessungen und nuklidspezifischen Analysen durchzuführen, die im Rahmen der Freigabe radioaktiver Reststoffe aller Art erforderlich sind und vor Ort nicht durchgeführt werden können. Für das Freimeßlabor waren zuerst umfangreiche Entwicklungs- und Optimierungsarbeiten durchzuführen, um geeignete Analysenverfahren für die zu untersuchenden Probenmaterialien zu erhalten, ehe reale Proben bearbeitet werden konnten. Routinemäßig werden die Radionuklide U-238, U-235, U-234, Pu-238, Pu-(239+240), Pu-241, Sr-89, Sr-90, C-14, H-3, Fe-55 und Ni-63 mit niedrigen Nachweisgrenzen in allen für Freigabemessungen relevanten Probenmaterialien durchgeführt, bei Bedarf können auch Th-228, Th-230, Th-232, Am-241, Cm-242 und Cm-244 radiochemisch bestimmt werden.

Für die Abluft-, Abwasser- und Umgebungsüberwachung des Forschungszentrums und der WAK werden verschiedene Radionuklide im Low-level-Bereich mittels radiochemischer Analysenverfahren aus verschiedenen Probenmaterialien wie Aerosolfiltern, Pflanzen, Boden, Sedimenten, Fischen, Lebensmitteln und Wasser abgetrennt und nuklidspezifisch gemessen. Routinemäßig werden dabei 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.

Neben begleitenden Arbeiten zur Qualitätssicherung werden Entwicklungsarbeiten zur Verbesserung bestehender Verfahren und zur Einführung neuer Methoden geleistet. Zur Überprüfung von Geräten und Methoden wurde an Ringversuchen und Vergleichsmessungen teilgenommen, wobei durchweg sehr gute Ergebnisse erzielt werden konnten. Zusätzlich werden, soweit es die Personalkapazitäten zulassen, nuklidspezifische Bestimmungen gegen Berechnung auch für externe Auftraggeber durchgeführt.

5.4.1 Radiochemische Arbeiten

M. Pimpl, U. Hoepfener-Kramar, K. Bender, P. Perchio, B. Rolli, S. Vater, F. Willmann

Im Berichtszeitraum wurde wöchentlich die Fortluft der Verbrennungsanlagen der HDB, der LAW-Eindampfanlage und der MAW-Eindampfanlage auf C-14 überwacht, seit der zehnten Kalenderwoche auch die Anlagen zur Gerätedekontamination und Verschrottung der HDB.

Aus den Verbrennungsanlagen wurden im gesamten Jahr 1995 nur 7,3 % der nach Abluftplan zulässigen C-14-Ableitungen emittiert, aus den LAW- und MAW-Eindampfanlagen nur 0,2 % und aus den Anlagen zur Gerätedekontamination und Verschrottung nur 1,4 %. Im Auftrag von KBG wurde die Fortluft des MZFR auf C-14 überwacht. Nur 23,3 % der nach Abluftplan zulässigen C-14-Ableitungen wurden abgegeben.

Zur Bilanzierung der 1995 mit dem Abwasser abgeleiteten radioaktiven Stoffe wurden Pu- und Sr-Isotope in Monatsmischproben aus den Endbecken radiochemisch bestimmt (s. Kap. 5.4.2). In den gleichen Proben wurden außerdem C-14 und S-35 bestimmt, wobei für S-35 nur Werte unterhalb der Erkennungsgrenze ermittelt werden konnten. Die C-14-Konzentration lag in neun Monatsmischproben unter der Erkennungsgrenze von 0,9 Bq/l. Lediglich in den ersten drei Monaten wurden C-14-Konzentrationen zwischen 1,6 und 3,4 Bq/l gemessen.

Die Überwachung der Plutoniumkonzentrationen der bodennahen Luft brachte ein mit 1994 vergleichbares Resultat. Die Ergebnisse der Plutoniumbestimmungen der an den Aerosolsammelstellen "Forsthaus", Meßhütte "Nordost" und Meßhütte "Südwest" je Quartal gesammelten Proben lagen mit einer Ausnahme unter den Erkennungsgrenzen, die zwischen 0,05 und 0,1 $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$ lagen. Nur an der Aerosolsammelstelle "Forsthaus" wurden im dritten Quartal 1995 Plutoniumwerte gemessen, die etwa um den Faktor 3 über der Erkennungsgrenze liegen, und zwar 0,17 $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$ für Pu-238 und 0,13 $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$ für Pu-(239+240).

Zusätzlich wurden Auftragsarbeiten für kerntechnische Anlagen durchgeführt, die nach einer aufwandsbezogenen Kostentabelle in Rechnung gestellt wurden. Im Jahr 1995 entfielen auf Auftragsarbeiten folgende Analysen: wöchentliche C-14-Messung in der Fortluft des MZFR, monatliche Sr-89/90-Analysen sowie Alphabruttomessungen von Abwasserproben der Kernkraftwerke Obrigheim, Neckarwestheim Block I und II und Plutonium- und Americiumanalysen von Primärwasserproben des Kernkraftwerks Obrigheim.

Abb. 5/12 vermittelt einen Überblick über den zeitlichen Aufwand für die 1995 angefallenen radiochemischen Arbeiten. Die im Laufe des Jahres 1995 insgesamt in der Gruppe „Chemische Analytik“ durchgeführten Laborarbeiten sind in Tab. 5/15 aufgelistet. Mit in die Tabelle aufgenommen wurden Vergleichsanalysen und Entwicklungsarbeiten, an denen zwei Gastwissenschaftler zusammen insgesamt acht Monate mitgearbeitet haben, sowie die im Rahmen einer dreimonatigen Diplomarbeit durchgeführten Analysen.

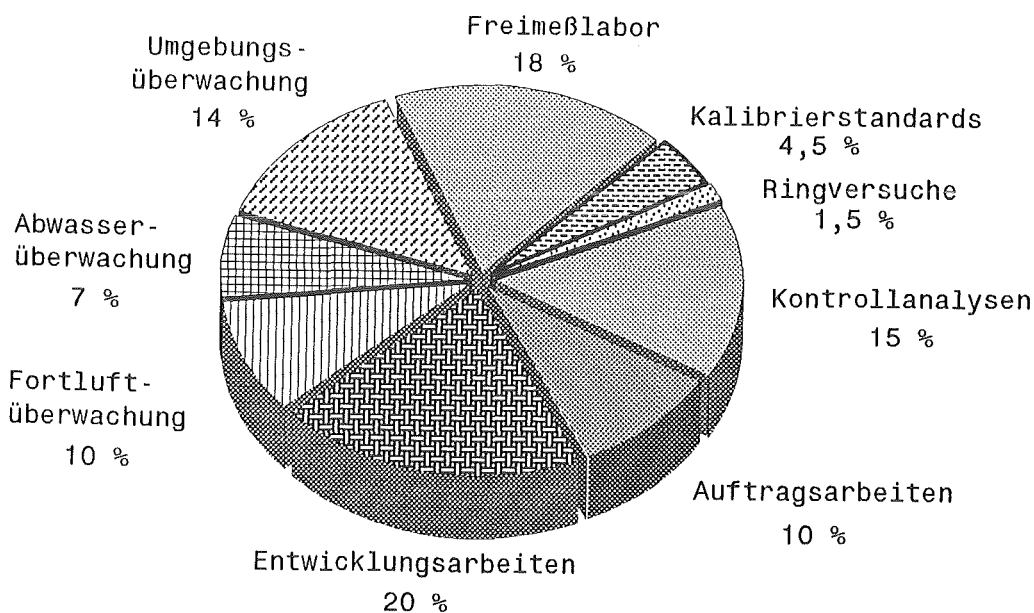


Abb. 5/12: Aufteilung der radiochemischen Arbeiten nach Zeitaufwand im Jahr 1995

Tätigkeitsgebiet	Art der Analysen	Anzahl der Bestimmungen
Umgebungsüberwachung	Pu-238, Pu-(239+240) Sr-89, Sr-90 K-40 U Am-241, Cm-242, Cm-244	45 19 220 15 11
Abwasserüberwachung	Pu-238, Pu-(239+240) Pu-241 Sr-89, Sr-90 C-14 S-35 α -Bruttomessungen	12 12 60 16 12 12
Fortluftüberwachung	C-14	285
Freimeßlabor	U-238, U-235, U-234 Pu-238, Pu-(239+240) Pu-241 Sr-89, Sr-90 Fe-55, Ni-63 C-14 H-3	8 18 5 19 43 14 48
Kalibrierstandards	K-40, Th-229, U-232, Sr-90, Am-241, I-131, Ra-226 LSC (Fe-55, Ni-63, H-3) AAS (Fe, Ni, Sr)	28 305 422
Kontroll- und Vergleichsanalysen	Sr Pu (α -Strahler) Pu-241 Am U, Th Ra-226 C-14 S-35 H-3 Fe-55, Ni-63 Blindelektrolysen AAS	11 19 5 6 18 6 9 2 20 27 166 37
Ringversuche	U Pu Sr	2 4 6
Entwicklungsarbeiten	Pu U, Th C-14 Fe-55, Ni-63 AAS (Fe, Ni, Sr)	4 19 4 48 2 108

Tab. 5/15: Arbeiten der Gruppe "Chemische Analytik" im Jahr 1995

5.4.2 Plutonium- und Strontiumableitungen mit dem Abwasser des Forschungszentrums Karlsruhe 1995

K. Bender, M. Pimpl

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

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

Die 1995 erfolgten monatlichen Aktivitätsabgaben mit dem Abwasser des Forschungszentrums in den Vorfluter sind Tab. 5/16 zu entnehmen. Abb. 5/13 gibt einen Überblick über die Entwicklung der Plutonium- und Strontiumableitungen in den Vorfluter seit Beginn der nuklidspezifischen Überwachung im zweiten Halbjahr 1973.

Monat	Emissionsraten in MBq/Monat			
	Pu-238	Pu-(239+240)	Pu-241	Sr-90
Januar	<0,031	0,032	4,1	1,06
Februar	0,070	0,028	7,0	0,39
März	0,050	0,050	<4,5	0,57
April	<0,029	0,044	4,4	0,23
Mai	<0,029	<0,029	1,3	0,49
Juni	<0,036	0,048	<3,0	0,68
Juli	<0,044	<0,044	<4,4	<0,22
August	<0,039	<0,039	3,1	<0,39
September	<0,039	<0,039	5,0	<0,48
Oktober	<0,021	0,014	2,0	<0,56
November	<0,068	<0,068	4,0	<0,45
Dezember	<0,017	0,017	2,0	<0,17

Tab. 5/16: Emissionsraten mit dem Abwasser des Forschungszentrums 1995

Strontium- und Plutonium- ableitungen in %

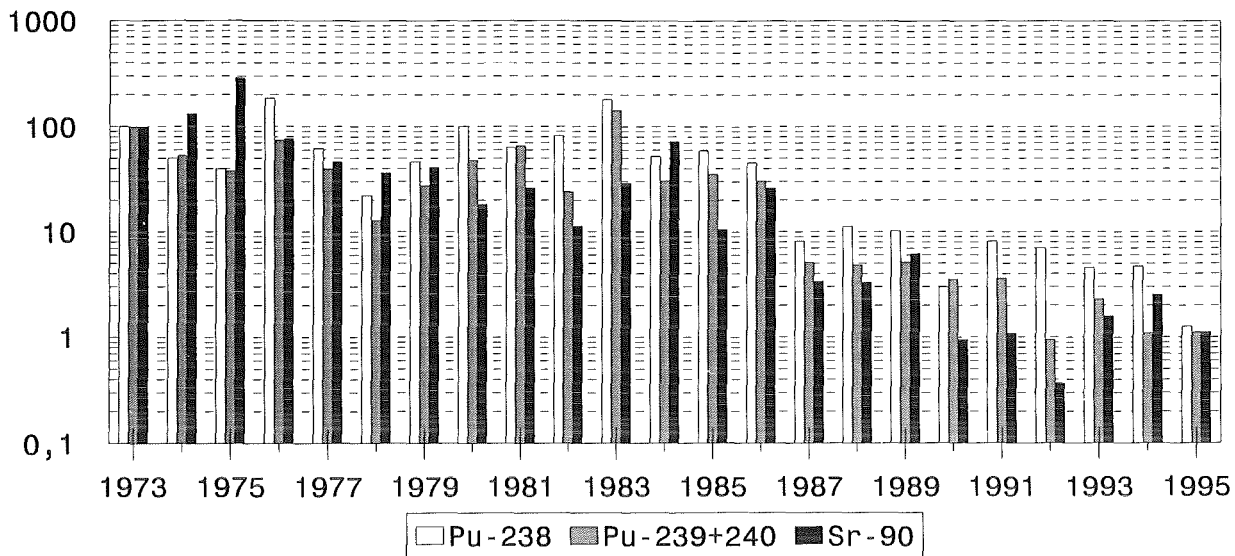


Abb. 5/13: Entwicklung der mit dem Abwasser aus dem Forschungszentrum abgeleiteten Aktivitäten an Pu-238, Pu-(239+240) und Sr-90 von 1973 bis 1995 (für Pu und Sr sind die Ableitungen von 1973 gleich 100 % gesetzt.)

5.4.3 Messung der Alphastrahler Uran, Plutonium, Americium und Curium in Sedimentproben aus dem Rheinniederungskanal

M. Pimpl, R. Higgy

Um die aktuellen Plutoniumgehalte im Sediment des Rheinniederungskanals, insbesondere im Bereich des Linkenheimer Altrheins, zu erfassen und mit den Werten aus einer 1978/79 durchgeführten Untersuchung vergleichen zu können, wurden am 21. August 1995 elf Proben entnommen und analysiert. In den gleichen Proben wurde zusätzlich der Gehalt an Americium und Curium sowie an Uran-Isotopen bestimmt, um den Beitrag von Plutonium zur Gesamt-Alphastrahlung des Sediments beurteilen zu können.

In dem Teil des Altrheins, der 1978/79 die höchsten Plutoniumwerte im Sediment aufwies, also etwa 1 100 bis 2 000 m unterhalb der Abwassereinleitungsstelle des Forschungszentrums Karlsruhe, wurden in Abständen von etwa 100 m mit einem Schöpfer Sedimentproben von jeweils ca. zwei Liter aus der oberen Sedimentschicht (0 - 30 cm) möglichst in der Mitte des Kanalbettes entnommen. Zusätzlich wurde eine Probe etwa 100 m unterhalb der Einleitungsstelle entnommen und, um die Schwankungsbreite quer zur Fließrichtung aufzuzeigen, eine zusätzliche Probe bei etwa 1 400 m unterhalb der Einleitungsstelle. Abb. 5/14 zeigt den Lageplan der Entnahmestellen.

Die Proben wurden bei 110 °C bis zur Gewichtskonstanz getrocknet, pulverisiert und homogenisiert. Von jeder Probe wurden etwa 100 g entnommen und bei 550 °C trocken verascht. Nach Anteigen des Rückstandes mit konzentrierter Salpetersäure und Abrauchen auf dem Sandbad wurde erneut bei 550 °C trocken verascht. Das veraschte Material wurde gemahlen und homogenisiert. Zur Bestimmung von Plutonium, Americium und Curium wurden 50 g Asche zur Analyse eingesetzt. Nach Zusatz bekannter Mengen Pu-236 und Am-243 als Tracer wurden die Plutonium-, Americium- und Curium-Isotope in einem ersten Schritt mit einer Salpetersäure/Flußsäure-Mischung und anschließend mit einer Salpetersäure/Aluminiumnitrat-Mischung aus der Asche herausgelöst.

Die Pu-Isotope wurden durch Extraktion aus stark saurer Lösung mit Trioctylphosphinoxid in Cyclohexan und Rückextraktion mit Ascorbinsäure in salzsaurer Lösung von den Matrixelementen abgetrennt. Die Plutonium-Isotope wurden mittels Mitfällung an Lanthanfluorid und Anionenaustausch gereinigt und dann elektrolytisch auf ein Edelstahlplättchen abgeschieden. Die Alphaaktivität wurde durch Alpha-Spektrometrie mittels Oberflächensperrschichtdetektoren gemessen, wobei für die Isotope Pu-239 und Pu-240 die Summenaktivität bestimmt wurde, da sie alpha-spektrometrisch nicht getrennt werden können.

Aus der nach der Abtrennung von Plutonium verbliebenen stark sauren wäßrigen Lösung wurden, nach Einstellung des pH auf 1,5 mit Ammoniak, Americium und Curium mit Trioctylphosphinoxid in Cyclohexan extrahiert. Nach Rückextraktion mit Salpetersäure wurde die Am/Cm-Fraktion durch Ionenaustausch gereinigt und anschließend elektrolytisch auf ein Edelstahlplättchen abgeschieden. Die Alphaaktivität wurde durch Alpha-Spektrometrie mittels Oberflächensperrschichtdetektoren gemessen.

Die Alpha-Strahler U-238, U-235 und U-234 wurden ebenfalls nach dem Prinzip der Isotopenverdünnungsanalyse bestimmt. Da Uran in fast allen Böden und Gesteinen enthalten ist, muß bei der quantitativen Bestimmung des Urans in allen silikathaltigen Probenmaterialien ein Flußsäureaufschluß durchgeführt werden, um nicht nur an der Oberfläche adsorbiertes Uran, sondern auch Uran geogenen Ursprungs zu erfassen. Nach Zugabe einer bekannten Menge U-232-Aktivität als Tracer wurden 5 g des veraschten Probenmaterials mit Flußsäure aufgeschlossen.

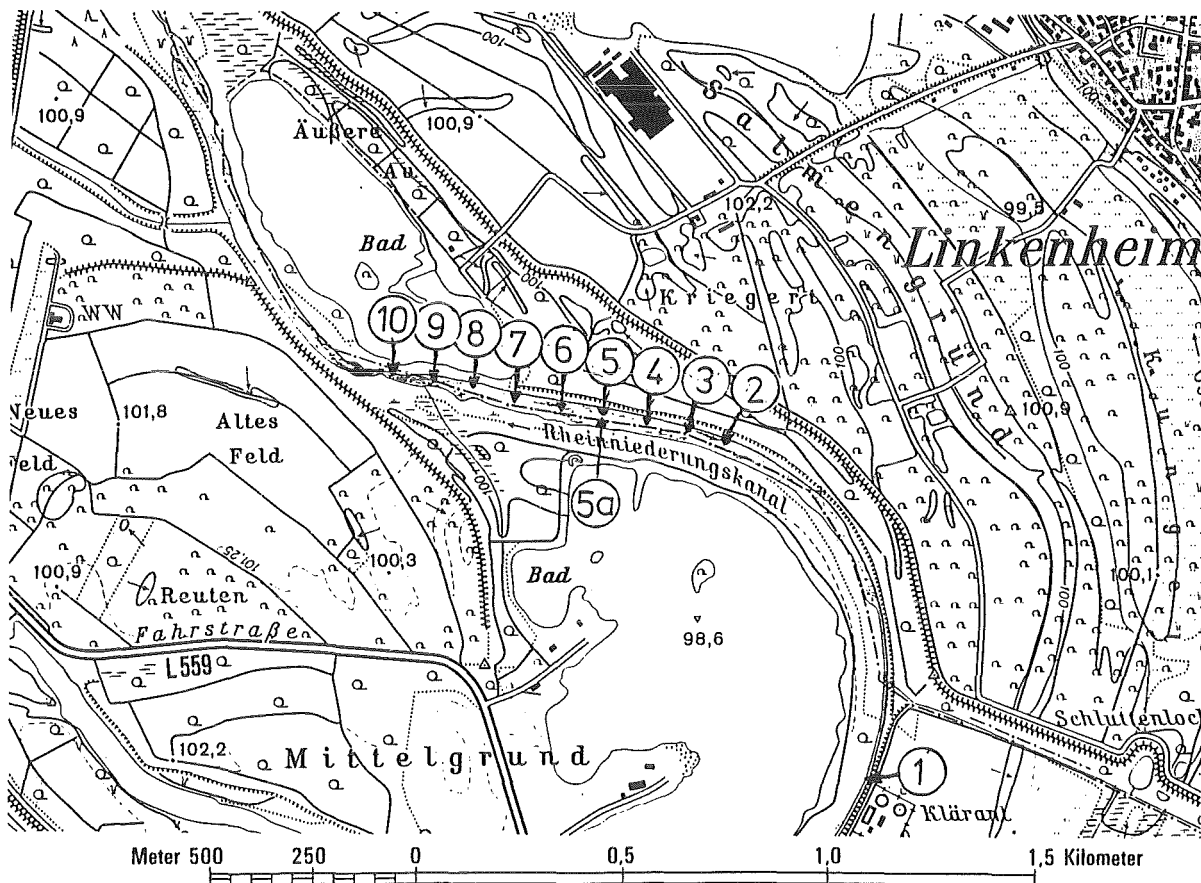


Abb. 5/14: Entnahmestellen der Sedimentproben im Rheinniederungskanal

Die Uran-Isotope wurden mit hochkonzentrierter Säure herausgelöst und zunächst durch Extraktion mit Trioctylphosphinoxid in Cyclohexan und Rückextraktion mit Ammoniumfluoridlösung vom Großteil der Matrixelemente abgetrennt, anschließend durch Mitfällung an Lanthanfluorid und Ionenaustausch insbesondere von Thorium- und Plutonium-Isotopen

und deren Zerfallsprodukten gereinigt. Die gereinigte, trägerfreie Uranfraktion wurde elektrochemisch auf Edelstahlplättchen abgeschieden und die Alphaaktivität mittels Alpha-Spektrometrie gemessen, wobei Oberflächensperrschichtdetektoren verwendet wurden.

Die Ergebnisse der Analysen sind in Tab. 5/17 und Tab. 5/18 zusammengestellt. Zum Vergleich sind in Tab. 5/17 die 1978/79 gemessenen Plutoniumwerte aufgeführt, wobei die Mittelwerte der Proben, die senkrecht zur Fließrichtung an mehreren Stellen entnommen wurden, angegeben sind und in Klammern die jeweils niedrigsten und höchsten Werten für die Einzelproben. Die spezifischen Plutoniumaktivitäten der 1995 entnommenen Sedimentproben liegen in der gleichen Größenordnung wie die 1978/79 an den entsprechenden Entnahmestellen gemessenen Werte, wobei insgesamt eine leichte Abnahme der spezifischen Plutoniumaktivitäten zu beobachten ist. Dies ist vermutlich darauf zurückzuführen, daß die Plutoniumableitungen mit dem Abwasser aus dem Forschungszentrum seit 1987 sehr stark abgenommen haben, die jährliche Ablagerung von Sedimenten jedoch mindestens gleich geblieben ist. Daraus kann eine "Verdünnung" des Plutoniums in der obersten Sedimentschicht abgeleitet werden, was natürlich zu niedrigeren spezifischen Aktivitäten führen muß, wie es auch aus Abb. 5/15 in sehr anschaulicher Weise erkennbar wird.

Abstand von der Einleitungsstelle in m	Probe-Nummer (siehe Abb. 5/14)	Probenahme 1995 21. August 1995			Probenahme 1978/79 Mittelwerte (): Minimum und Maximum		
		Pu-238	Pu-(239+240)	Pu-238/ Pu-(239+240)	Pu-238	Pu-(239+240)	Pu-238/ Pu-(239+240)
20					0,67 (0,59 - 0,70)	1,48 (1,2 - 1,6)	0,45
100	1	0,32	0,70	0,46			
300					4,3 (2,5 - 6,2)	4,8 (3,2 - 6,3)	0,88
450					3,3 (2,7 - 4,0)	4,5 (3,6 - 5,3)	0,73
630					2,6 (0,22 - 4,0)	3,4 (0,41 - 4,8)	0,72
860					2,5 (1,5 - 3,3)	4,1 (2,5 - 5,2)	0,61
1 100	2	0,79	1,4	0,58	1,4 (0,59 - 2,5)	2,8 (1,5 - 4,1)	0,52
1 200	3	0,79	1,5	0,54			
1 300	4	1,3	2,3	0,54			
1 350					4,6 (3,8 - 5,9)	6,3 (5,0 - 8,5)	0,72
1 400	5 5a	2,1 1,7	4,6 2,9	0,46 0,59			
1 500	6	2,1	4,2	0,51			
1 600	7	1,5	2,6	0,57			
1 630					4,4 (2,2 - 5,4)	6,4 (3,3 - 8,0)	0,69
1 700	8	2,6	4,2	0,61			
1 800	9	3,0	4,4	0,68			
1 900	10	2,2	3,5	0,64	2,4 (1,9 - 3,6)	4,2 (3,4 - 5,8)	0,58
2 000					1,2 (0,96 - 1,3)	2,0 (1,5 - 2,7)	0,59

Tab. 5/17: Spezifische Plutoniumaktivität des Sediments im Rheinniederungskanal in Bq/kg Trockensubstanz

Abstand von der Einleitungsstelle in m	Probe-Nummer (siehe Abb. 5/14)	spezifische Aktivität in Bq/kg Trockensubstanz					
		U-238	U-235	U-234	Am-241	Cm-242	Cm-244
100	1	21 ± 2	<2,8	22 ± 2	0,8±0,1	<0,08	<0,1
1 100	2	47 ± 2	1,8±0,5	50 ± 2	2,3±0,4	<0,1	0,18±0,05
1 200	3	43 ± 2	4,3±0,7	48 ± 2	3,0±0,5	<0,1	<0,2
1 300	4	40 ± 2	<3,6	45 ± 2	4,3±0,3	<0,03	0,04±0,01
1 400	5 5a	44 ± 3	<4,6	47 ± 3	3,2±0,7	<0,3	0,4 ±0,1
		39 ± 2	<4,3	45 ± 2	1,7±0,2	<0,09	<0,1
1 500	6	45 ± 3	<3,2	47 ± 3	2,8±0,4	<0,09	<0,1
1 600	7	50 ± 3	<5,0	55 ± 3	3,9±0,7	<0,2	<0,2
1 700	8	41 ± 4	<5,0	41 ± 4	6,0±0,6	<0,05	0,55±0,08
1 800	9	48 ± 4	<4,5	54 ± 4	6,1±0,7	<0,09	0,12±0,04
1 900	10	34 ± 3	<5,9	34 ± 4	5,2±0,5	<0,06	0,07±0,02

Tab. 5/18: Spezifische Aktivität an Uran, Americium und Curium des Sediments im Rheinniederungskanal (Probenahme: 21. August 1995)

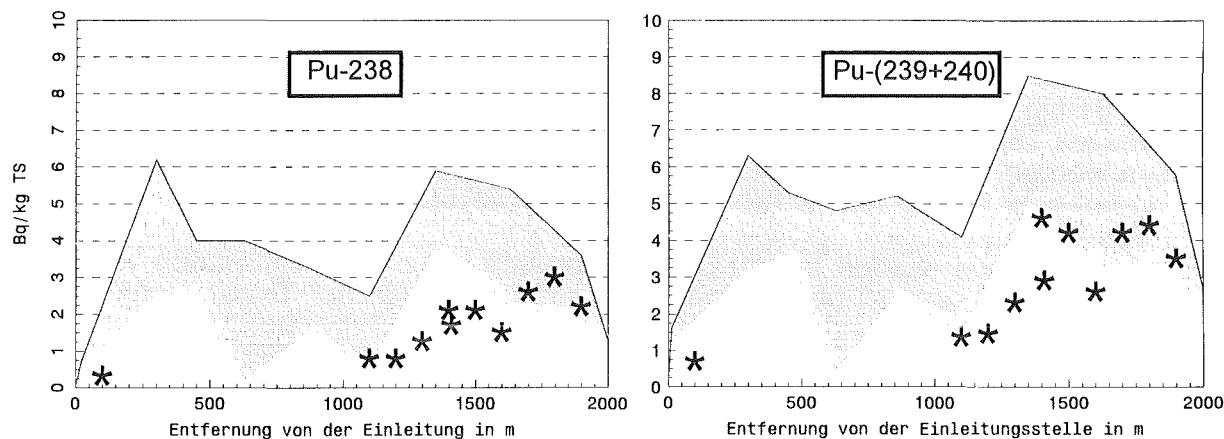


Abb. 5/15: Spezifische Plutoniumaktivität im Sediment des Rheinniederungskanals (unterlegte Fläche: Aktivitätsbereich der 1978/79 durchgeführten Untersuchung; Sterne: Aktivitätswerte von 1995)

Auch das Isotopenverhältnis Pu-238/Pu-(239+240) hat sich an den einzelnen Entnahmestellen gegenüber 1979/80 nicht signifikant verändert, so daß man davon ausgehen kann, daß die 1978/79 gefundenen Ergebnisse hinsichtlich der Plutoniumkontamination und der insgesamt abgelagerten Menge an Plutonium in den unteren Sedimentschichten nach wie vor Gültigkeit haben.

Im Rahmen der 1978/79 durchgeführten Untersuchung wurde abgeschätzt, daß in den Sedimenten des Rheinniederungskanales unter der Wasseroberfläche von der Abwasser-einleitungsstelle des Forschungszentrums bis zur Einmündung in den Rhein nach 23 km 52,5 MBq Pu-238 und 81,4 MBq Pu-(239+240) abgelagert waren, davon etwa 73 % im Bereich des Linkenheimer Altrheins. Dabei handelte es sich um Plutonium aus dem Kernwaffen-Fallout und Plutonium, das mit den Abwässern des Forschungszentrums Karlsruhe in den Altrhein abgegeben worden ist.

Vergleicht man die Menge an abgelagertem Plutonium mit dem bis zum Zeitpunkt der Untersuchung vom Forschungszentrum in den Altrhein abgeleiteten Plutoniummenge von 38,6 MBq Pu-238 und 62,4 MBq Pu-(239+240), so wird deutlich, daß das vom Zentrum abgeleitete Plutonium fast vollständig in den Sedimenten der ersten 3,5 km des Altrheins deponiert wurde und ein Austrag durch Resuspension nur in geringem Maße stattfindet.

Dies gilt auch für das von 1979 bis 1995 mit dem Abwasser in den Altrhein eingeleitete Plutonium (60,3 MBq Pu-238, 80,5 MBq Pu-(239+240)), so daß in den Sedimenten des Rheinniederungskanales 113 MBq Pu-238 und 162 MBq Pu-(239+240) unter der Wasseroberfläche abgelagert sein dürften. Umgerechnet auf Massen bedeutet dies, daß bei konservativer Betrachtung insgesamt etwa 0,2 mg Pu-238 und 70 mg Pu-(239+240) in den Sedimenten des Rheinniederungskanales unter der Wasseroberfläche enthalten sind, im Bereich des Linkenheimer Altrheins weniger als 52 mg.

Obwohl mit den Abwässern nur sehr geringe Mengen Americium und Curium in den Vorfluter abgegeben wurden, wurden in den Sedimenten Americium-Werte gemessen (siehe Tab. 5/18 und Abb. 5/16), die im Mittel etwas höher sind als die für Plutonium gemessenen und zwischen 0,8 und 6,1 Bq/kg Trockensubstanz liegen, wobei wie bei Plutonium die höchsten Aktivitäten im Bereich der geringsten Fließgeschwindigkeit gefunden wurden.

Das Aktivitätsverhältnis Am-241/Pu-239 liegt in den meisten Proben um den Faktor 2 bis 3 höher als das aus dem Fallout zu erwartende Aktivitätsverhältnis von 0,42. Grund hierfür sind die Ableitungen von Pu-241 mit dem Abwasser des Forschungszentrums von 1973 bis 1995 und der Aufbau von Am-241 aus dem relativ kurzlebigen Pu-241 (Halbwertszeit: 14,4 Jahre), wobei das Aktivitätsverhältnis Pu-241/Pu-239 im Abwasser im Mittel bei 61 lag, also um etwa den Faktor 3 höher als der Fallout-Wert von 22. Cm-242 (Halbwertszeit 162,8 Tage) konnte in den Sedimentproben erwartungsgemäß nicht nachgewiesen werden, ebenso lagen die spezifischen Aktivitäten von Cm-244 (Halbwertszeit 18,11 Jahre) sehr niedrig (siehe Tab. 5/18 und Abb. 5/16).

Für die Uran-Isotope wurden in den Sedimentproben spezifische Aktivitäten von 21 bis 50 Bq/kg für U-238 und 22 bis 55 Bq/kg für U-234, bezogen auf Trockensubstanz, gemessen (siehe Tab. 5/18 und Abb. 5/16). Die spezifischen Aktivitäten von U-235 lagen sehr viel niedriger. Aufgrund der Isotopenverhältnisse kann geschlossen werden, daß in den Sedimenten des Rheinniederungskanales nur Natururan vorliegt. Die Größenordnung der gemessenen spezifischen Aktivitäten liegt in einem Bereich, der durch den Gehalt von Natururan in allen üblichen Gesteinen und Böden gegeben ist und für U-238 zwischen 30 und 60 Bq/kg beträgt. Nimmt man an, daß Uran mit den Tochternukliden im Gleichgewicht vorliegt, so ist in den Sedimenten eine dadurch verursachte Alpha-Aktivität ohne Berücksichtigung des gasförmigen Rn-222 von 150 bis 300 Bq/kg zu erwarten.

Etwa der gleiche Beitrag zur Gesamt-Alpha-Aktivität des Sediments ist durch natürlich vorkommendes Thorium und dessen Folgeprodukte zu erwarten, so daß insgesamt mit 300 bis 600 Bq/kg Alpha-Aktivität zu rechnen ist, was durch Messung bestätigt werden konnte. Der Beitrag von Plutonium-Isotopen und Americium zur Gesamt-Alpha-Aktivität des Sediments, die im wesentlichen auf Thorium, Uran und deren Folgeprodukte zurückzuführen ist, liegt nach den hier vorgestellten Meßergebnissen im Prozentbereich, kann also gegenüber der Schwankungsbreite des Gehaltes an Thorium und Uran natürlichen Ursprungs vernachlässigt werden.

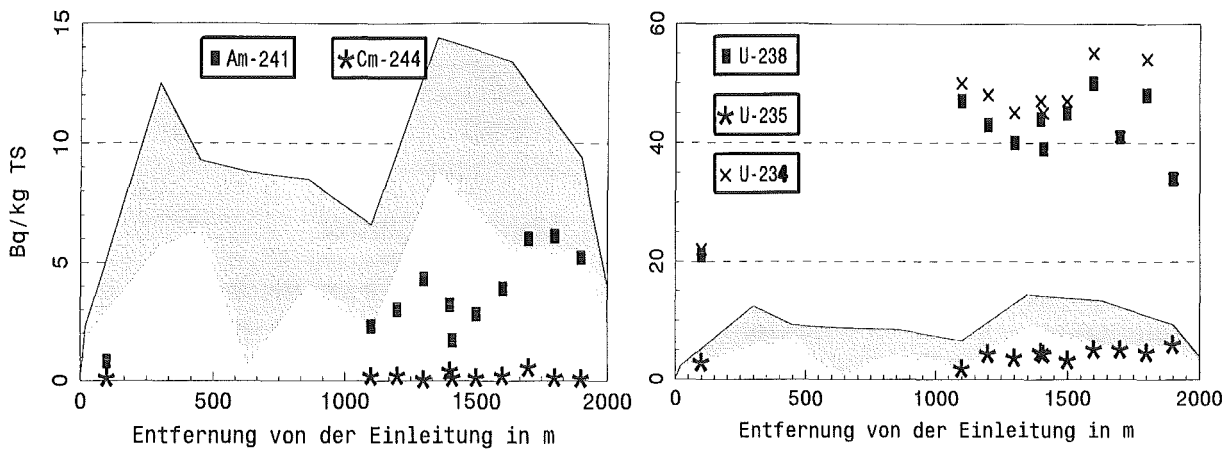


Abb. 5/16: Spezifische Aktivität an Am-241, Cm-244 und Uran-Isotopen im Sediment des Rheinniederungskanaals (unterlegte Fläche: Aktivitätsbereich für die Summe der Pu-Isotope der 1978/79 durchgeführten Untersuchung)

5.5 Das Freimeßlabor

U. Hoepfener-Kramar, Chr. Wilhelm

Beim Abbau kerntechnischer Anlagen fallen radioaktive Reststoffe an. Diese sind nach dem Atomgesetz vom Betreiber schadlos zu verwerten oder als radioaktive Abfälle geordnet zu entsorgen. Voraussetzung für eine Wiederverwertung ist die sogenannte Freigabe der entsprechenden Reststoffe. Freigabe bedeutet in diesem Zusammenhang die Entlassung der Reststoffe aus dem Geltungsbereich des Atomgesetzes. Dies geschieht durch die Bestimmung der Oberflächenaktivität und der massenspezifischen Aktivität des Probengutes mit anschließendem Vergleich mit behördlich vorgegebenen Grenz- oder Richtwerten. Für diesen Vorgang hat sich der Begriff der "Freimessung" eingebürgert. Abhängig vom Material, der Oberflächenbeschaffenheit und dem physikalischen Zustand der Probe müssen für die Aktivitätsbestimmung unterschiedliche Meßverfahren angewendet werden. Je nach Herkunft und Vorgeschichte des freizugebenden Materials kann eine einfache vor-Ort-Aktivitätsmessung genügen. In den meisten Fällen ist jedoch eine nuklidspezifische Aktivitätsbestimmung mittels γ -Spektrometrie erforderlich. In manchen Fällen kann zusätzlich eine nuklidspezifische Analyse nach Aufschluß von repräsentativen Proben und radiochemischer Abtrennung und Reinigung der interessierenden Radionuklide notwendig sein.

Das in Zusammenarbeit mit der HDB seit Januar 1995 betriebene Freimeßlabor der HS-US übernimmt in diesem Anforderungskatalog alle Aktivitätsbestimmungen, die nicht über Vor-Ort-Messungen erfolgen können. Die physikalischen Direktverfahren werden in der Gruppe „Abwasserüberwachung und Spektrometrie“ der HS-US, chemische Arbeiten und Bestimmungen in der Gruppe "Chemische Analytik" der HS-US durchgeführt.

Die besondere Herausforderung für das Freimeßlabor liegt in der Vielfalt der beim Rückbau kerntechnischer Anlagen anfallenden Materialien begründet. Alle erdenklichen Baustoffe müssen im Routinebetrieb nuklidspezifisch analysiert werden. Das Spektrum reicht von voluminösem Styropor über Dachpappe, Beton, Stähle und Bauschutt bis zu inhomogenen Farbestproben und Staub. Den dadurch bedingten vielfältigen Anforderungen an die gammaspektrometrischen Messungen wird nur ein Meßlabor genügen können, das über umfangreiche Erfahrungen mit der Kalibrierung für Proben unterschiedlicher Materialdichten und Meßgeometrien verfügt.

Der radiochemischen Analyse muß wegen der Vielfalt der Materialien und der geforderten niedrigen Nachweisgrenze eine meist aufwendige material- und nuklidspezifische Probenvorbereitung vorgeschaltet werden.

5.5.1 Physikalische Direktmeßverfahren

Chr. Wilhelm, S. Rinn, Ch. Stickel, R. Maier, H. Genzer

Unter den physikalischen Direktmeßverfahren sind solche radiometrische Meßverfahren zu verstehen, die keiner chemischen Probenvorbereitung bedürfen. Sie werden in der Gruppe "Abwasserüberwachung und Spektrometrie" durchgeführt (s. Kap. 5.2). Die im Freimeßlabor angewandten Verfahren sind im einzelnen: Gammaskpektrometrie (50 - 2 000 keV), niederenergetische Gammaskpektrometrie (10 - 150 keV), Flüssigszintillationsspektrometrie bei Tritium in wäßrigen Lösungen sowie bei Tritium oder C-14 auf Wischtestproben und Alpha-Beta-Gesamtaktivitätsmessungen.

Für die gammaskpektrometrischen Analysen wurde 1995 ein Probenwechsler im Spektrometriesystem (siehe Kap. 5.2.7) in Betrieb genommen. Außer der Durchführung der üblichen Kalibrierungen für verschiedene Meßgeometrien wurden speziell für die niederenergetische Gammaskpektrometrie, also für Nuklide wie z. B. Am-241 und Pb-210, Faktoren für die Selbstabsorptionskorrektur in einer Studienarbeit abgeschätzt. Insgesamt wurden 1 008 Schnellanalysen (100 min Meßzeit) und 864 Low-Level-Analysen (1 000 min Meßzeit) durchgeführt.

Zur Bestimmung von Tritium und C-14 im Flüssigszintillationszähler wurden für die Wischtestproben die Wirkungsgrade in Abhängigkeit vom Quenchgrad bestimmt. Zusätzlich wurden für die Wischtestproben Versuchsreihen zur Überprüfung der Stabilität und des Lösungsverhaltens der Styroporwischtestproben im Lösungsmittel des Szintillationscocktails durchgeführt. Für die flüssigen Proben konnte auf bestehende Kalibrierungen, wie sie für die Abwasserüberwachung notwendig sind, zurückgegriffen werden. Insgesamt wurden zehn Tritiumanalysen an Flüssigkeiten und 682 Analysen an Wischtests durchgeführt.

Für die Bestimmung der Gesamtalpha- und Gesamtbeta-Aktivität werden Großflächenproportionaldurchflußzählrohre eingesetzt. Eine Kalibrierung für Feststoffe und Flüssigkeiten war im Bereich Abwasserüberwachung bereits vorhanden. Mit diesem Verfahren wurden 31 Proben untersucht.

5.5.2 Chemische Arbeiten und Bestimmungen

U. Hoepfener-Kramar, B. Rolli, F. Willmann, M. Pimpl

1995 wurde das radiochemische Labor des Freimeßlabors eingerichtet und in Betrieb genommen. Während im ersten Halbjahr hauptsächlich Entwicklungsarbeiten durchgeführt wurden, konnte im zweiten Halbjahr zum Routinebetrieb übergegangen werden. Insgesamt wurden 18 Proben auf Plutonium und acht Proben auf Uran analysiert. In 19 Proben wurde der Sr-89/90-Gehalt ermittelt. Außerdem wurden 27 Fe-55/Ni-63-Gesamtbestimmungen und acht Eisen/Nickel-Trennungen durchgeführt sowie 14 Feststoffproben auf C-14 und 48 auf H-3 als HTO untersucht. Die durchgeführten Analysen und Messungen zur Qualitätskontrolle sind in Tabelle 5/15 in Kapitel 5.4.1 enthalten.

Bei den freizumessenden Proben handelt es sich überwiegend um Betonstaub, Bau-schutt, Klärschlamm, Erde sowie unterschiedliche Stähle. Diese Materialien weisen zum Teil eine andere Zusammensetzung auf als die Proben für die Umweltüberwachung, die bisher im radiochemischen Labor der HS-US untersucht werden. Die unterschiedlichen

Matrices bedingten eine Anpassung der vorhandenen radiochemischen Verfahren für die Uran-, Plutonium- und Strontium-Aktivitätsbestimmung an die Freimeßproben. Ebenso wurden die bestehenden Verfahren zur C-14- und H-3-Bestimmung so variiert, daß sie auf Freimeßproben angewendet werden konnten. Eisen und Nickel wurden bisher in der HS-US nicht radiochemisch untersucht. Deshalb mußten hierfür neue Verfahren für die Fe-55- und Ni-63-Bestimmung eingeführt werden.

Die Probenvorbereitung für die radiochemische Analyse ist abhängig von dem zu analysierenden Nuklid und vom Probenmaterial. Bei Plutonium kann davon ausgegangen werden, daß es bei Freimeßproben nur an die Oberflächen des Materials gebunden auftritt. Dieses oberflächengebundene Plutonium wird nach der Veraschung durch Auslaugung der Probe mit Säuren in Lösung gebracht. Dagegen muß bei der Uran-Analyse ein Vollaufschluß durchgeführt werden, um auch geogenes Uran mitzuerfassen. Auch bei der Fe-55- und Ni-63-Bestimmung muß das Material vollständig aufgeschlossen werden, da sich die durch Aktivierung gebildeten Nuklide auch im Inneren des Materials befinden.

Während sich bei Materialien wie Beton und Bauschutt die Probenvorbehandlung weitgehend nach dem zu analysierenden Nuklid richtet, muß bei Stahlproben für die Analyse aller Nuklide ein Vollaufschluß durchgeführt werden, da sich bei der Veraschung Einschlüsse bilden können, die nicht in Säuren löslich sind. Hierfür konnte eine Methode gefunden werden, die alle Arten von Stählen in Lösung bringt und die gleichzeitig, nach entsprechenden Zwischenschritten, mit allen radiochemischen Analysengängen verträglich ist. Die meisten für die Freimessung zu analysierenden Lösungen zeigen wegen der andersartigen Matrices und Aufschlußmedien andere Salzkonzentrationen als Umweltproben.

Wegen der hohen Salzbelastung der Probenlösungen mußten bei der Uran- und Plutonium-Analyse entweder Reinigungsschritte vor der eigentlichen radiochemischen Analyse durchgeführt werden oder aber einzelne Analysenschritte variiert werden. Bei der Strontiumbestimmung hat sich gezeigt, daß eine hohe Salzfracht zwar den Aufwand für die Probenvorbehandlung erhöht, eine radiochemische Analyse aber sowohl nach dem Verfahren mit rauchender Salpetersäure als auch mit Kronenäther möglich ist. Die Methode entspricht der Strontium-Bestimmung in Böden bei der Umweltüberwachung.

Für die C-14-Bestimmung in Freimeßproben wurde ein Verfahren in Anlehnung an die C-14-Bestimmung in Abwässern angewendet. Die Analytik hierfür mußte für die Bestimmung des Nuklides in Feststoffproben modifiziert werden. Um den gesamten C-14-Nuklidgehalt zu erfassen, wäre auch bei Kohlenstoff ein Vollaufschluß sinnvoll. Da Kohlenstoff aber als CO₂ gasförmig entweicht, müßte der Aufschluß in einer geschlossenen Apparatur durchgeführt werden, was relativ aufwendig ist. Deshalb wurde die C-14-Bestimmung auf die am häufigsten auftretenden Kohlenstoffspezies des jeweiligen Materials beschränkt, d. h. Erde und Klärschlämme werden auf Karbonate und organische Verbindungen hin untersucht, Bauschutt und Betonstaub auf Karbonate, und Stähle auf Carbide.

Tritium wird bisher in den festen Freimeßproben nur als HTO durch Austauschreaktion mit Wasser bestimmt. Eine Apparatur zum Ausheizen von Tritium aus Feststoffen ist im Aufbau.

Für das Freimeßlabor mußte der Methoden katalog um ein Verfahren zur Analyse der Nuklide Fe-55 und Ni-63 erweitert werden. Hierfür wurde, ausgehend von in der Literatur beschriebenen Trennungsgängen, eine Methode zur radiochemischen Abtrennung von Eisen und Nickel aus Freimeßproben entwickelt (Kap. 5.5.3). Diese Methode wird immer dann angewendet, wenn eine gleichzeitige Messung der beiden Nuklide mittels Flüssigszintillations-Messung direkt in der Aufschlußlösung wegen der Überlagerung der Meßsignale nicht möglich ist, oder wenn die Salzfracht der Lösung einen zu hohen chemischen Quench bei der Messung hervorruft.

1995 wurde ein Graphitrohr-Atomabsorptionsspektrometer angeschafft und in Betrieb genommen. Es wird eingesetzt, um bei Trennungsgängen, bei denen die chemische Ausbeute nicht über Zusatz aktiver Tracer, sondern über Elementkonzentrationsbestimmung ermittelt wird, die Ausgangskonzentration der Elemente in der Probe zu bestimmen. Das gilt insbesondere für Strontium und Eisen/Nickel.

Bei der Strontium-Analyse wird die chemische Ausbeute gravimetrisch bestimmt. In Freimeßproben kann nicht generell davon ausgegangen werden, daß die ursprüngliche Strontium-Konzentration in der Probe gegenüber der Menge an zugesetztem inaktiven Träger-Strontium vernachlässigt werden kann. Deshalb muß die Ausgangsmenge an Strontium, die sich aus dem Probenstrontium und dem zugesetzten inaktiven Trägermaterial zusammensetzt, mittels Atomabsorptionsspektrometrie bestimmt werden.

Ganz besonders relevant ist die atomabsorptionsspektrometrische Analyse für die Fe-55- und Ni-63-Bestimmung. Eisen und Nickel können in Freimeßproben in sehr hohen Konzentrationen vorliegen (z. B. in Stahl). Da die Stoffaufnahmekapazität der für die Trennung eingesetzten Medien begrenzt ist, muß vor Beginn der Trennung der Eisen- und Nickel-Gehalt der zu analysierenden Lösungen bestimmt werden. Gleichzeitig wird die atomabsorptionsspektrometrische Analyse, analog zum Vorgehen bei der Strontium-Bestimmung, für die Ermittlung der chemischen Ausbeute herangezogen. Bei dem angewendeten Verfahren der Eisen/Nickel-Trennung ist es nicht möglich, die gesamte für den Trennungsgang eingesetzte Probe in die Meßprobe zur Aktivitätsbestimmung zu überführen. Vermessen werden jeweils Aliquote, deren Gehalt an Eisen und Nickel für die Berechnung der nuklidspezifischen Aktivität in der Probe mittels Atomabsorptionsspektrometrie ermittelt werden muß.

5.5.3 Entwicklung und Optimierung eines Bestimmungsverfahrens für Eisen-55 und Nickel-63 in Reststoffen aus kerntechnischen Anlagen

F. Willmann, U. Hoepfener-Kramar, M. Pimpl

Für die beiden Aktivierungsprodukte Fe-55 und Ni-63 gab es in der HS-US für die im Freimeßlabor anfallenden Proben keine für Routinemessungen geeignete Bestimmungsverfahren. Deshalb wurde speziell für die hier auftretenden Problemstellungen ein nuklid-spezifisches Analyseverfahren entwickelt und optimiert. Die Arbeit war hauptsächlich durch folgende Punkte geprägt:

- Die aus der geringen Primärenergie resultierende kurze Reichweite der Betastrahlung erschwert die Aktivitätsbestimmung der Nuklide Fe-55 und Ni-63. Die Flüssigszintillationsmessung ist das einzige Meßverfahren, mit dem ein ausreichend großer Wirkungsgrad erreicht werden kann. Die Meßsignale überlagern sich in einem weiten Bereich. Fe-55 und Ni-63 können deshalb nur selten nebeneinander quantitativ nachgewiesen werden. Aus diesem Grund müssen die beiden Elemente Eisen und Nickel vor der Aktivitätsmessung auf chemischem Wege voneinander getrennt werden.
- Die Stoffaufnahmekapazität des Szintillators ist nicht besonders groß. Die Beschaffenheit der meisten Proben erfordert allerdings ein aufwendiges Aufschlußverfahren. Dadurch wird die aus der komplexen Probenmatrix resultierende hohe Salzfracht stark vergrößert, so daß nur kleine Mengen des zu messenden Stoffes vom Szintillator aufgenommen werden können. Die erreichbare Nachweisgrenze liegt dann über dem geforderten Wert von 0,5 Bq/g Probensubstanz. Eisen und Nickel müssen daher zur Reduzierung der Salzfracht weitgehend von ihrer Matrix abgetrennt werden, um einen höheren Anteil von Eisen und Nickel in den Szintillator einbringen zu können.

Bei einem großen Teil der im Freimeßlabor anfallenden Proben handelt es sich um Baustoffe. Die Erarbeitung des Trennungsganges erfolgte daher primär für Stahl- und Betonproben. Eine definierte Menge homogenes Probenmaterial wird zuerst durch einen sauren Aufschluß in Lösung gebracht. Durch Kochen mit H_2O_2 werden die in der Lösung vorkommenden Kationen auf ihre jeweils höchste Wertigkeitsstufe oxidiert. Anschließend werden durch Zugabe von 9M HCl die Kationen in die Chloridform überführt. Eisen wird mit den zugehörigen Gruppenelementen und den dreiwertigen Kationen durch Ionenaustausch an dem Anionenaustauscher DOWEX 1x8, 20-50 mesh, von Nickel und den Matrixelementen abgetrennt. Die darauffolgende Abtrennung und Reinigung wird sowohl bei der Eisen- als auch der Nickelbestimmung über einen Extraktions- und einen Fällungsschritt erreicht.

Eisen wird mit dem sehr eisenselektiven Diisopropylether extrahiert. Die Wiederfindung des Eisens liegt bei diesem Extraktionsmittel bei 98 %. Die darauffolgende Eisenhydroxidfällung und anschließende Auflösung des Niederschlags in HF dient neben der Reinigung auch der Überführung des Eisens in die Fluoridform. Diese Fluoridkomplexe sind farblos und erzeugen daher bei der LSC-Messung einen geringeren Quench. Mit dem Szintillator Rotiszint eco plus erhält man bei der LSC-Messung einen Zählwirkungsgrad von 32 %.

Bei Nickel wird die Abtrennung über die nickelspezifische Dimethylglyoximfällung erreicht. Der scharlachrote Niederschlag wird direkt in $CHCl_3$ aufgenommen. Für die LSC-Messung wird das Nickel mit 2 ml 3M HCl extrahiert. Mit dem Szintillator Ultima Gold XR erhält man einen Zählwirkungsgrad von 52 %.

Um die Wiederfindung nach einem Trennungsgang berechnen zu können, werden die jeweiligen Stoffkonzentrationen durch atomabsorptionsspektrometrische Messung vor und nach dem Trennungsgang bestimmt. Die zweite Messung wird außerdem noch dazu herangezogen, den genauen Stoffgehalt in der für die LSC-Messung eingesetzten Probemenge zu bestimmen.

Die komplette Bearbeitungszeit für die Durchführung einer Analyse auf Fe-55 und Ni-63 bis zum meßfertigen Präparat beträgt ca. 21 Stunden. Abbildung 5/17 zeigt eine schematische Darstellung des Analysenverfahrens.

Als besonderes Merkmal dieses Trennungsganges muß die sehr saubere Abtrennung des Eisens von der Matrix hervorgehoben werden. Die Abtrennung erfolgt sogar aus einer Stahlaufschlußlösung mit hoher Phosphationenkonzentration. Schon nach diesem ersten Schritt liegen Eisen und Nickel getrennt in verschiedenen Fraktionen vor.

Man benötigt für diese Ionenaustauschreaktion nur eine Säule von ca. 1 cm Durchmesser und 35 cm Füllhöhe. Die Austauschkapazität ist so groß, daß trotz dieser kleinen Säule so viel Anfangsmaterial eingesetzt werden kann, daß bei der späteren LSC-Messung die Stoffaufnahmekapazität des Szintillators ausgeschöpft wird.

Der Zeitaufwand für den Anionenaustausch beträgt ca. 4 h. Ergänzende Versuche haben gezeigt, daß diese Analysenmethode auch bei Probenmaterialien mit anderer Matrixzusammensetzung mit guten Ergebnissen eingesetzt werden kann. Damit steht ein Verfahren zur Verfügung, mit dem nahezu alle Proben, die im Freimeßlabor anfallen, bearbeitet werden können.

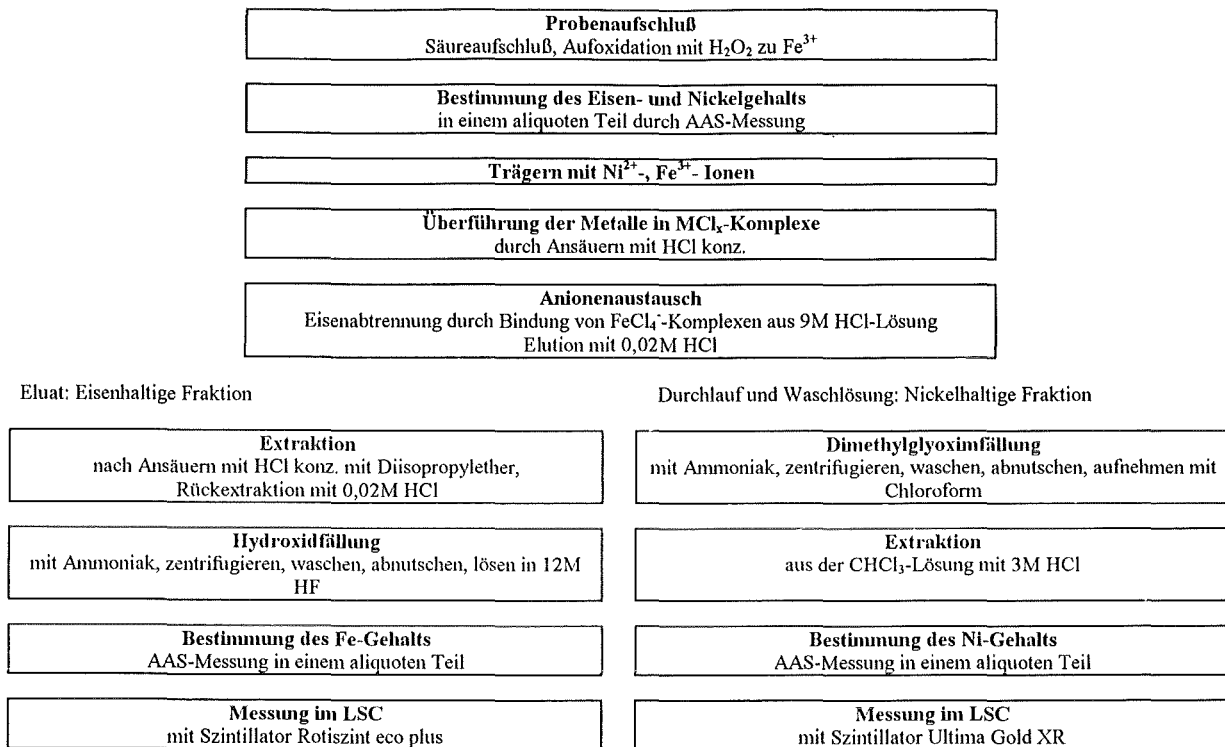


Abb. 5/17: Schematische Darstellung des Analysenverfahrens zur Bestimmung von Fe-55 und Ni-63 in Baustoffen.

5.6 Verhalten von Tritium im System Luft-Pflanze-Boden

S. Strack, S. Diabaté

Die Aufnahme von Tritium in ernährungsrelevante Pflanzen wird im Rahmen der Sicherheitsbetrachtungen für die Fusionstechnologie untersucht. Als Modellpflanze dient dafür Weizen (*Triticum aestivum* L.). Ziel der Arbeiten ist eine mathematische Beschreibung der Tritiumaufnahme ins Gewebewasser (TWT = Tissue Water Tritium), des Einbaus in die organische Substanz (OBT = Organically Bound Tritium) und der Kinetik der Tritiumkonzentrationen bis zur Ernte, um die resultierende Ingestionsdosis mit hinreichender Genauigkeit voraussagen zu können. In Labor- und Freilandexperimenten werden Weizenpflanzen für kurze Zeit mit tritiiertem Wasserdampf in der Atmosphäre exponiert. Dazu werden verschiedene Zeitpunkte zwischen Blüte und Beginn der Seneszenz gewählt.

Für die Exposition können in einer Klimakammer Tages- und Nachtbedingungen simuliert werden. Die Tritiumkonzentrationen im Gewebewasser und in der organischen Substanz werden bis zur Ernte in verschiedenen Pflanzenteilen gemessen. Zur Abschätzung der OBT-Konzentrationen in den Körnern zur Ernte nach einer hypothetischen Tritiumfreisetzung in die Atmosphäre wurde in Zusammenarbeit mit dem Institut für Neutronenphysik und Reaktortechnik ein mathematisches Modell entwickelt: "Plant-OBT". Als Eingabeparameter werden lediglich allgemein verfügbare Daten benötigt wie Temperatur, relative Luftfeuchtigkeit und Lichtstärke.

5.6.1 Modellentwicklung

Das Modell "Plant-OBT" wurde mit den experimentellen Ergebnissen der Vegetationsperioden 1993 und 1994 weiterhin getestet. Die OBT-Konzentrationen im Korn zur Erntezeit lassen sich mit ausreichender Genauigkeit vorhergesagen. Es zeigte sich jedoch, daß bei genauerer Betrachtung der Meßwerte in den ersten Stunden nach der Exposition die OBT-Werte in der Regel nicht den erwarteten Anstieg zeigen, wie ihn das Modell beschreibt. Statt dessen zeigen sie einen Abfall, der mit dem Abfall der Tritiumkonzentration im Gewebewasser einhergeht.

Eine genauere Analyse der Meßwerte ergab, daß die zu hohen Meßwerte der frühen OBT-Konzentrationen nur durch einen Rest von austauschbar gebundenem Tritium, das bei der Probenbehandlung nicht vollständig entfernt wurde, zu erklären ist. Da das austauschbar gebundene Tritium eng mit den zu diesen Zeitpunkten sehr hohen Tritiumkonzentrationen im Gewebewasser korreliert ist, können bereits geringe Mengen nicht entfernten Tritiums zu einem überhöhten OBT-Meßwert führen.

Es wurde durch zusätzliche Analysen ermittelt, daß die OBT-Meßwerte der ersten Stunden um einen Betrag, der ca. 0,5 bis 1 % der HTO-Konzentration im Gewebewasser entspricht, zu hoch waren. Nach einer entsprechenden Korrektur der OBT-Werte zeigt die Modellberechnung eine akzeptable Übereinstimmung, wie in Abb. 5/18 am Beispiel eines Nachtversuches zu erkennen ist.

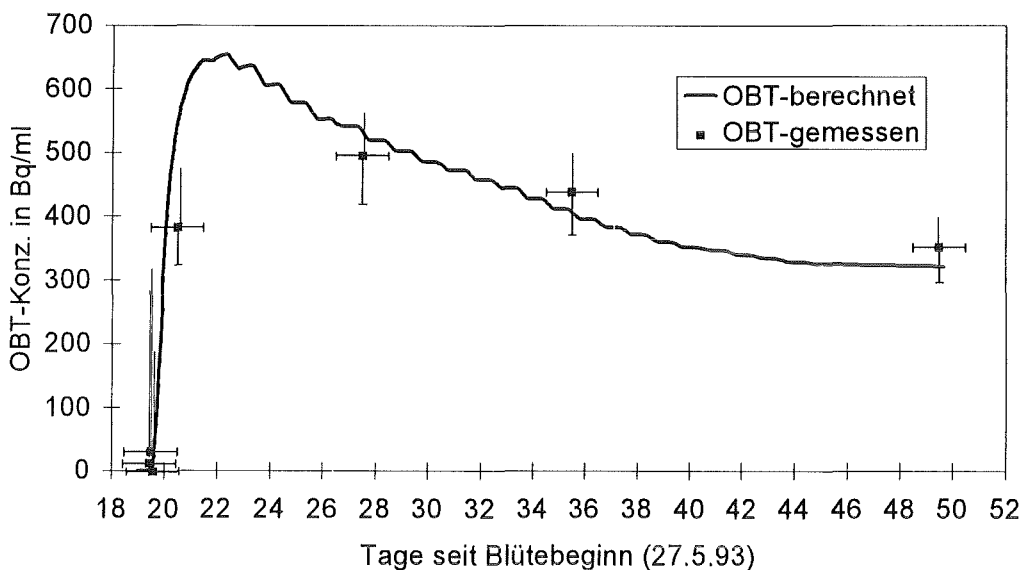


Abb. 5/18: Vergleich der gemessenen OBT-Konzentrationen in der Ähre mit den berechneten Werten nach einer Exposition unter Nachtbedingungen. Die Meßwerte innerhalb der ersten 24 Stunden wurden korrigiert (siehe Text).

Die der internationalen BIOMOVs II-Arbeitsgruppe (BIOspheric MOdel Validation Study) als Modellierungs-Szenario zur Verfügung gestellten Daten von zwei Laborexperimenten wurden in acht Modellberechnungen aus fünf Ländern angewendet. Bei der Tag-Exposition kamen die vorhergesagten OBT-Konzentrationen in den Weizenkörnern den gemessenen überwiegend sehr nahe (Abweichungsfaktor 1,1 bis 1,4). Einzelne Berechnungen zeigten Abweichungen um den Faktor 3 bis 5. Bei der Nacht-Exposition kam es durchweg zu Unterschätzungen um Faktoren größer als 2. Eine Ausnahme bildete die Berechnung mit dem "Plant-OBT"-Modell, bei der die TWT- und OBT-Konzentrationen mit Abweichungen von nur 10 bzw. 20 % vorhergesagt wurden.

5.6.2 Experimente

Um die Übertragbarkeit der Ergebnisse aus den Laborexperimenten auf Freilandbedingungen zu überprüfen, wurden 1995 einige Feldversuche durchgeführt. Auf einem Versuchsfeld wurde Winterweizen, der sich in der Kornfüllungsperiode befand, in einer Box eine Stunde lang mit HTO exponiert. Nach Entfernung der Box, d. h. bei nahezu tritiumfreier Atmosphäre in der Umgebung, wurden Pflanzenproben in definierten Zeitabständen bis zur Ernte entnommen. Für die Expositionen wurden verschiedene Tageszeiten und verschiedene meteorologische Bedingungen gewählt. Der Beginn der Experimente war bei Sonnenaufgang, vormittags, nachmittags, bei Sonnenuntergang und nachts. Bei einem Versuch wurde nach der Exposition für 30 Minuten Regen simuliert.

Hinsichtlich der Aufnahme von HTO ins Gewebewasser konnten die Ergebnisse aus den Laborversuchen bestätigt werden. Nach Exposition in der Nacht wurde wie im Labor ein verzögerter Abfall der Tritium-Konzentrationen in Gewebewasser (TWT) beobachtet, obwohl sich die Pflanzen nach der Exposition in tritiumfreier Luft befanden. Beim Sonnenaufgang waren die TWT-Konzentrationen in allen Pflanzenteilen noch so hoch, daß die Photosynthesereaktionen einen wesentlichen Beitrag zur Bildung von organisch gebundenem Tritium (OBT) leisten konnten. Die ersten Analysen zum OBT bestätigten die aus den Laborexperimenten gewonnenen Erkenntnisse, jedoch können die beobachteten geringen Unterschiede zwischen niedriger und hoher Lichteinstrahlung noch nicht ausreichend erklärt werden.

In einem einzelnen Laborversuch sollte geklärt werden, in welchem Ausmaß das OBT, das nach Expositionen bei Dunkelheit in den Körnern gefunden wird, durch Reaktionen des sogenannten Grundumsatzes, d. h. ohne Beteiligung der Photosynthese, gebildet wird. Unter der Bezeichnung Grundumsatz sind alle Stoffwechselprozesse zusammengefaßt, die sowohl im Licht als auch bei Dunkelheit stattfinden und zur Bildung von OBT, jedoch nicht zu einer Gewichtszunahme wie bei der Photosynthese führen. Das sind Reaktionen, die zur Versorgung der Zellen mit Energie, für Transportprozesse und für das Wachstum notwendig sind. Bei den bisherigen Laborversuchen mit normalem Tag-Nacht-Rhythmus war die Tritium-Konzentration in der Atmosphäre und im Gewebewasser bei Einsetzen der Lichtperiode noch so hoch, daß die Beteiligung von Photosynthesereaktionen nicht ausgeschlossen werden konnte.

Im Experiment wurden die Weizenpflanzen nach drei Stunden HTO-Exposition im Dunkeln noch weitere 88 Stunden in vollständiger Dunkelheit belassen und erst dann wieder ins Freie gestellt. Die TWT-Konzentrationen sanken in der langen Dunkelperiode relativ langsam, besonders in der Ähre. Nach Einsetzen der Lichtperiode kam es jedoch wie erwartet zu einer raschen Abnahme der TWT-Konzentrationen infolge des gesteigerten Luftaustauschs durch die geöffneten Stomata.

Abb. 5/19 zeigt die Verläufe der OBT-Konzentrationen nach der HTO-Exposition. Die OBT-Konzentrationen stiegen in der Ähre während der langen Dunkelperiode auf das Dreifache an. Eine getrennte Analyse von Korn und Spelzen ergab, daß das OBT im Korn konzentriert ist. Dies deutet auf einen regen Stoffwechsel im Korn, der jedoch nicht zu einer Neusynthese von organischem Material führt. Die nach der langen Dunkelperiode erzielte OBT-Konzentration im Korn sank bis zur Ernte nur geringfügig, d.h. dieses OBT wurde fast ausschließlich durch lichtunabhängige Reaktionen gebildet. Für HTO-Expositionen in der Nacht und bei normalem Tag-Nacht-Rhythmus läßt sich daraus schließen, daß das OBT, das bei der Ernte in den Körnern gefunden wird, sowohl durch Prozesse des Grundumsatzes als auch der Photosynthese gebildet wird.

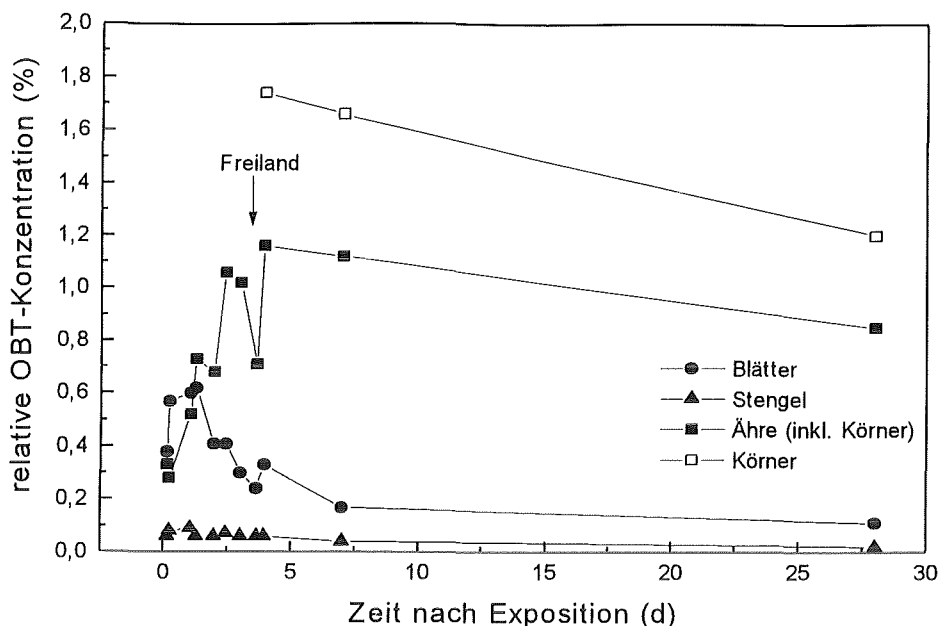


Abb. 5/19: Verlauf der relativen OBT-Konzentrationen (prozentualer Anteil der OBT-Konzentration in Bq/ml bezogen auf die TWT-Konzentration der Blätter bei Expositionsende) in Sommerweizen nach HTO-Exposition unter Nachtbedingungen und Beibehaltung der Bedingungen für weitere 88 Stunden

5.7 Radonbestimmungen in baden-württembergischen Wasserwerken

J. Schmitz, R. M. Nickels

Neben Arbeitsplätzen Untertage und in der balneotherapeutischen Radonanwendung sind auch Arbeitsplätze in der Trinkwassergewinnung durch eine natürliche Radonexposition über den Luftpfad möglicherweise stark beeinflusst. In den neuen Bundesländern wurden seit Anfang der siebziger Jahre Wassergewinnungsbetriebe in den uranhöflichen Bereichen des Erzgebirges untersucht und aus bayerischen Granitgebieten sind einige zum Teil spektrikulär hohe Radonkonzentrationen in Arbeitsbereichen der Wassergewinnung bekannt geworden.

Die Hauptabteilung Sicherheit untersucht deshalb seit Ende 1994 auf Anregung und mit finanzieller Förderung durch das Umweltministerium Baden-Württemberg systematisch diejenigen etwa 80 Betriebsbereiche von Wasserwerken des Landes, die bei einem Jahresdurchsatz von mehr als 1 Mio. m³ in der Regel einen festen Mitarbeiterstab für die Wassergewinnung beschäftigen. Bis Ende 1995 wurden mehr als 35 Wasserwerke mit über 450 Betriebspunkten untersucht und die Radon- und Radonfolgeproduktkonzentration in der Luft unter Betriebsbedingungen bestimmt.

Für die Messungen werden wie bei den Erhebungsmessungen untertage und in den Thermalbädern zwei Instant-Working-Level-Meter (MDA 811 und MEAP III) eingesetzt, die auf eine Erfassungsgrenze von 0,02 Working Level (WL) optimiert wurden (ca. 70 Bq Radon-Folgeprodukte pro m³). Neben passiven Radondosimetern wird für die γ -Dosis ein Vierkanal-Szintillometer eingesetzt, Feuchte und Temperatur werden mit Handgeräten bestimmt. Für die bei höher exponierten Arbeitsbereichen vorgesehenen Detailmessungen stehen die in den Erhebungen an Untertagearbeitsplätzen eingesetzten kontinuierlichen Monitoren Atmos und Alpha-Guard (Radon) und die Scintrex Folgeproduktmonitoren WLM30/RG30 zur Verfügung.

Bisher wurden folgende vorläufige Ergebnisse erzielt:

Entgegen der ursprünglichen Annahme, daß aus dem Wasser austretendes Radon sehr jung, d. h. ohne Folgeprodukte sein sollte, ergab sich ein Gleichgewichtsfaktor von bisher 0,6 gegenüber 0,45 in Untertagebereichen, die Wasserwerke sind also schlecht belüftet. Dies ist meist sogar beabsichtigt, um konventionelle Verschmutzungen fernzuhalten. Die statistische Behandlung der gemessenen Betriebsbereiche zeigt (Abb. 5/20), noch nicht aufgeteilt in Wasserbehälter und technische Einrichtungen, daß bei etwa 35 % der Betriebspunkte Folgeproduktkonzentration von weniger als 0,1 WL vorliegen (370 Bq Radon-Folgeprodukte pro m³, Obergrenze des Normalbereiches bei 2 000 Arbeitsstunden pro Jahr).

Zwischen 0,1 WL und 1 WL sind 47 % aller Betriebspunkte zu finden. Dies ist der interessante Ermessensbereich, in dem vornehmlich durch Arbeitszeitanalyse festgestellt werden muß, ob eine zu beachtende Exposition zu erwarten ist. Der Bereich zwischen 1 WL und 7 WL (max. 17 WL) enthält noch ca. 15 % der Betriebspunkte. Hier wird man, ähnlich wie bei den Untertagebetrieben, durch Detailmessungen die tatsächlichen Expositionen genauer untersuchen und gegebenenfalls technisch Abhilfe schaffen müssen.

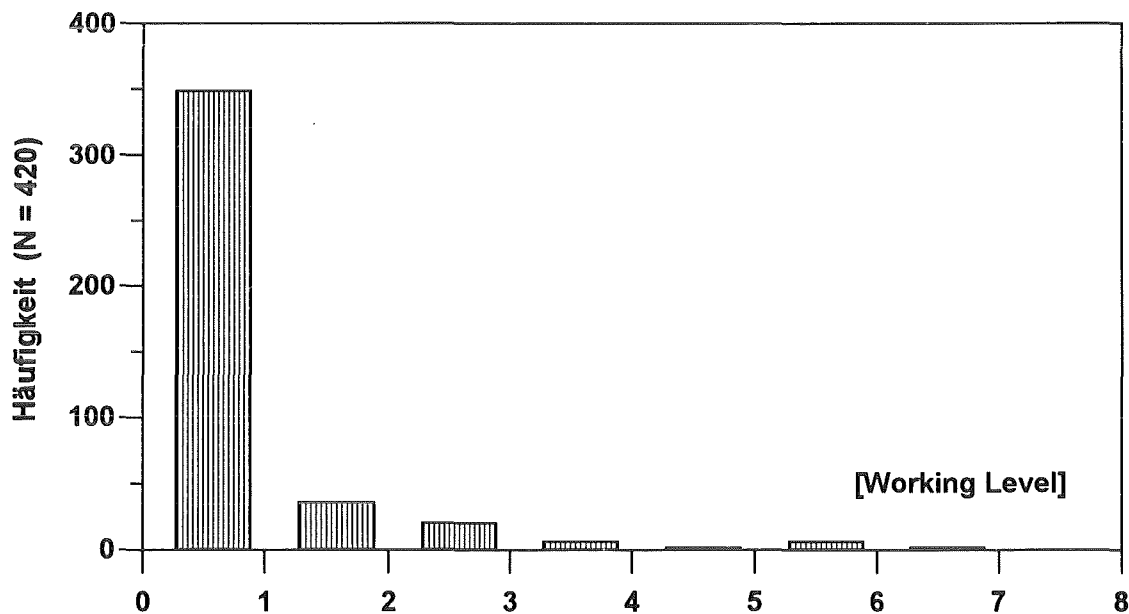


Abb. 5/20: Häufigkeit der Radonfolgeproduktkonzentration in baden-württembergischen Wasserwerken

Das Ergebnis einer solchen Detailmessung ist in der kontinuierlichen Aufzeichnung von Radon und Radon-Folgeprodukten unter unterschiedlichen Betriebsbedingungen dargestellt. Dabei konnte gezeigt werden, daß zum Zeitpunkt der längsten möglichen Exposition - während der Behälterreinigung - durch das Ablassen des Wassers soviel Frischluft nachgesaugt wird, daß bei voneinander getrennten Reinwasserbehältern keine Zusatzbelüftung notwendig wird (Abb. 5/21).

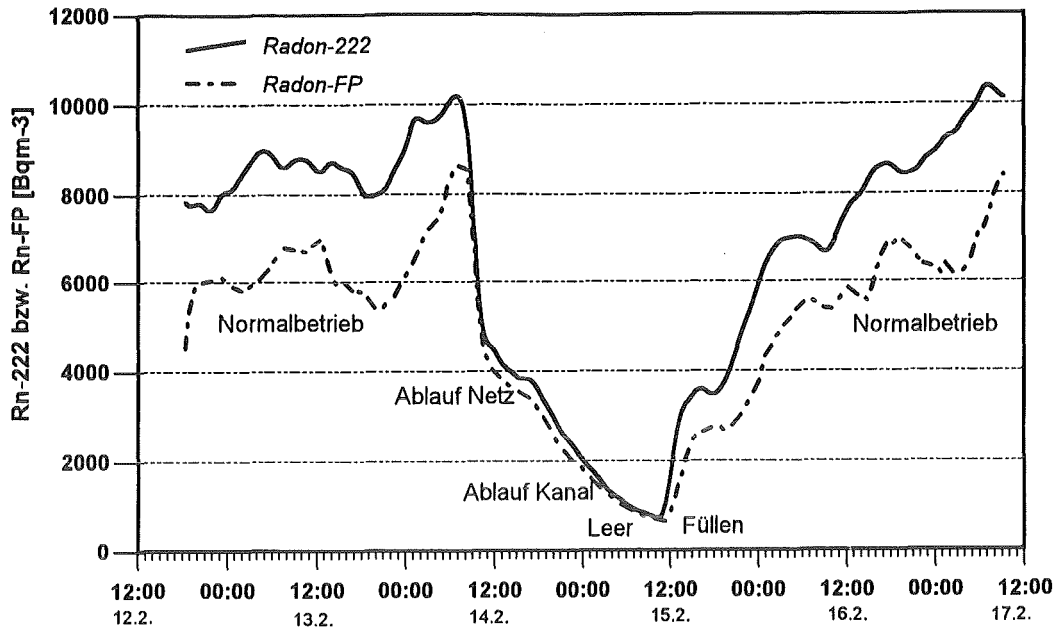


Abb. 5/21: Zeitlicher Verlauf der Radon-Folgeproduktkonzentration bei unterschiedlichen Betriebszustände in einem Trinkwasserhochbehälter

Aus den bisherigen Erhebungsmessungen kann zusammenfassend festgestellt werden:

Die Praxis, die Reinwasserbehälter nicht direkt mit der Außenluft in Berührung zu bringen, kann zu höheren Anreicherungen von Radon in der Behälterluft führen, was besonderes bei konstant gehaltenem Wasserspiegel vorkommt. Es ist noch nicht vorherzusagen, unter welchen gewinnungs- und gebäudetechnischen Gegebenheiten hohe Werte zu erwarten sind. Oberflächenwässer (Talsperren, Bodensee) bringen wenig Radon mit, weil die Kontaktfläche zum Wasser verhältnismäßig klein ist. Bei Wassergewinnung aus Grundwasserleitern zeichnet sich ein starker Einfluß seiner geologischen (uranhaltigen?) Matrix ab. Wie beim Problem "Radon in Häusern" bringt auch hier erst das Zusammenspiel Quellterm-Eintrittspfad-Gebäudeparameter die mehr oder weniger relevante Konzentrationserhöhung in der Luft. Die Messungen werden 1996 fortgesetzt.

5.8 Bestandsaufnahme von Rückstandshalden aus Bergbau und Erzaufbereitung

J. Schmitz, R. Fritsche

In Baden-Württemberg entstanden durch Abbau, Förderung, Aufbereitung und Verhütung von Erzen seit der Römerzeit überalterte Rückstandshalden mit zum Teil erhöhten Schwermetall- und Arsengehalten. Im Auftrag des Umweltministeriums Baden-Württemberg und in Zusammenarbeit mit der Landesanstalt für Umweltschutz Karlsruhe wurde von 1993 bis 1995 eine komplette Bestandsaufnahme von mineralischen Rückstandshalden durchgeführt. Neben der Aufnahme, Kartierung und Dokumentation sollte anhand von Geländebefunden und chemischen Analysen der Einfluß der Halden auf die Umwelt abschätzbar werden. Neben den Halden der wenigen heute noch in Betrieb stehenden Gruben lag der Schwerpunkt der Untersuchungen auf der Inventur der Halden des aufgelassenen und historischen Bergbaus.

Nach Auswertung einer sehr umfangreichen Literaturrecherche und nach eigenen Kenntnissen aus der Anfang der achtziger Jahre durchgeführten Studie zur "Freisetzung natürlicher Radionuklide aus alten Halden" wurden die Halden mit einem vermuteten Volumen von mehr als 500 m³ im Gelände aufgesucht und kartiert. Folgende Parameter wurden aus der Literatur übernommen oder vor Ort aufgenommen und gemessen: Name der zugehörigen Grube, Beschreibung ihrer Lage, Rechts-Hoch-Wert, Abbauezeitraum, ehemaliger Betreiber, Erzparagenese, Gangart, Nebengestein, Größe, Volumen (Abb. 5/22), Hangneigung, Zusammensetzung und Körngröße, Art der Oberflächenabdeckung und des Bewuchses, Nutzung der Halde und der angrenzenden Grundstücke, Sekundärnutzung von Haldenmaterial, Sickerwasser, Radioaktivität.

Die meisten mittelalterlichen Halden haben Inhalte bis maximal 1 000 m³ (60 % der untersuchten Halden). In den Mengenbereich von 1 000 bis 5 000 m³ fallen 20 % der Halden, wobei es sich hier um die bedeutenderen Gruben handelt. Ca. 10 % der Halden liegen zwischen 5 000 und 50 000 m³, sie stammen meist aus dem Fe- und Pb/Zn-Bergbau oder aus der Kohle- und Salzgewinnung. Zwischen 50 000 m³ und 100 000 m³ liegen die Halden der Kalisalzgewinnung und des Eisenerzbergbaus. Größere Haldenvolumina treten nur bei Aufbereitungsanlagen neuerer Zeit auf wie z. B. bei Rückstandshalden aus Flotationsaufbereitung und der Eisenverhüttung.

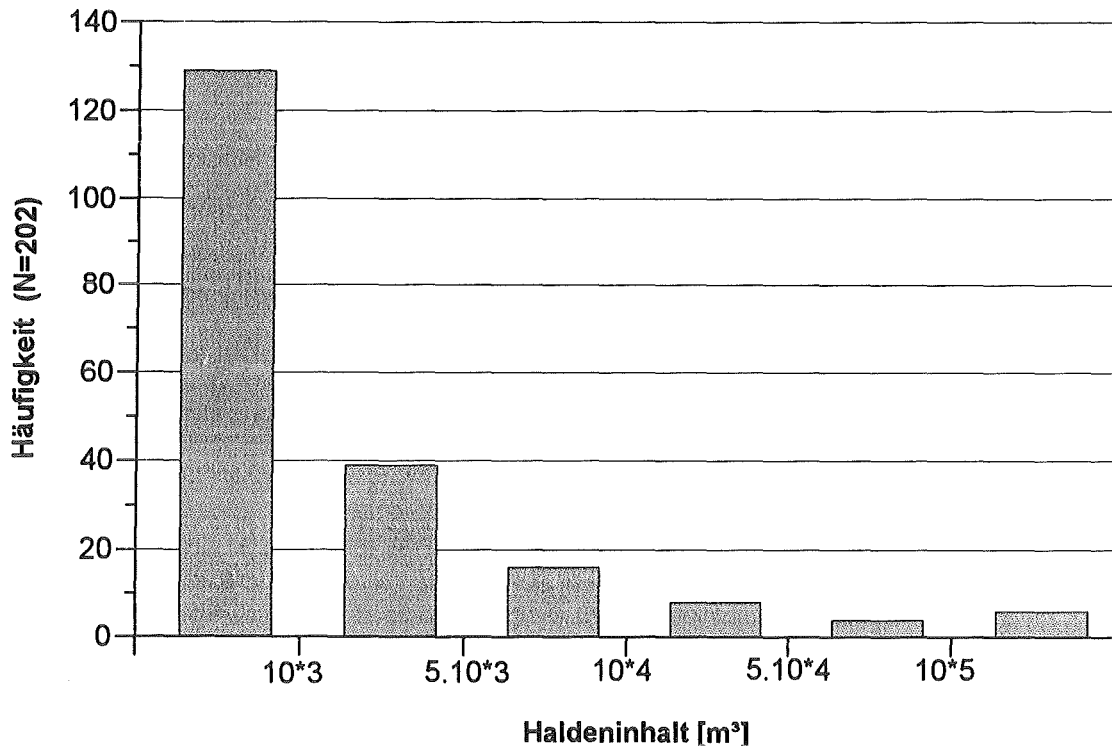


Abb. 5/22: Größenverteilung der untersuchten Halden (x-Achse nicht maßstäblich)

Halden, die aufgrund ihrer Größe, ihres vermuteten Elementinhalts und/oder ihrer Lage einen Einfluß auf die Umwelt haben könnten, wurden beprobt, die Zusammensetzung des Haldenmaterials beschrieben und die Bodenparameter bestimmt. Bei der Beprobung wurde besonderer Wert auf den Bereich des Übergangsbereiches in die Umwelt gelegt, d. h. die Mischprobe wurde mit einer Körngröße <2 mm am Haldenfluß entnommen. Weiterhin wurden von eventuellem Stollenwasser bzw. Haldensickerwasser der pH-Wert gemessen und Wasserproben gezogen. Es wurden 222 Halden oder Aufbereitungsstandorte mit rund 400 Einzelhalden aufgesucht. Neben einer photographischen Dokumentation ist die Lage aller Halden ist auf TK 25 (1:25000) und auf DGK 5 (1:5000) bzw. Katasterkarten festgehalten. Der Schwerpunkt der Analytik lag auf der Bestimmung der toxischen Metalle. Die Analyse der Feststoffproben wurde mit Röntgenfluoreszenzanalyse an Pulverproben durchgeführt, die Wasserproben wurden mit Atomabsorption bestimmt. Zwölf Elemente entsprechend der Trinkwasserverordnung und der Klokelliste

bzw. der Verwaltungsvorschrift "Anorganische Schadstoffe" wurden in etwa 60 Wässern und rund 140 Sediment- und Haldenproben analysiert.

Eine Reihe von Haldenproben mit erhöhten Schadstoffgehalten wurden mit Königswasser aufgeschlossen oder mit Ammoniumnitratlösung extrahiert, um schwerlösliche und mobile Metallgehalte zu unterscheiden. Da etwa zehn Halden eine erhöhte Gammadosis zeigten oder zu bekannten Uranmineralisationen gehörten, wurden U_{nat} , Ra-226, Pb-210 und Th-232 in einer Reihe von Proben vor und nach der NH_4NO_3 -Extraktion bestimmt.

Bei den entnommenen Wasserproben wurden in der Regel keine Überschreitungen der Werte der Trinkwasserverordnung festgestellt. Höhere Gehalte an natürlichen Radionukliden wurden in einigen ungenutzten Stollenwässern gefunden; die zugehörigen Vorfluter sind jedoch in der Lage, die Fracht ausreichend zu verdünnen. Ebenso wurden nur in wenigen Bachsedimentproben höhere Metallkonzentrationen gefunden.

Die Analysen der Haldenproben zeigen teilweise hohe Gesamtgehalte (löslich und nicht löslich) an toxischen Metallen, die bis in den Prozentbereich gehen können. Insbesondere gilt dies für Blei und Zink, teilweise auch für Cadmium. Fast immer finden sich in den Halden der ehemaligen Silber-, Blei-, Zink-Gewinnung erhöhte Arsenkonzentrationen und in vielen Fällen auch erhöhte Quecksilber- und Thalliumgehalte. Die mobilen Anteile liegen z. B. für Blei zwischen $<0,1$ und 2 %. Dieser vergleichsweise geringe Prozentsatz führt jedoch bei hohem Gesamtinhalt einer Halde zu einem nicht zu vernachlässigenden Übergang in die Umgebung, z. B. über Haldensickerwässer. Bei Zn-Gesamtkonzentrationen der untersuchten Haldenproben von 10 bis 9 000 mg/kg erreichte der mobile Zn-Anteil bis zu 215 mg/kg. Teilweise liegen auch Cadmium und Thallium in den Proben in leicht löslicher Form vor, während die mobilen Arsengehalte bis auf wenige Ausnahmen niedrig sind.

Auf der Grundlage der Verwaltungsvorschrift "Anorganische Schadstoffe" wurde eine Klassifizierung der untersuchten Halden vorgenommen, wobei u. a. Haldengröße, Nutzung, Zustand, Inhalt toxischer Metalle und deren Löslichkeit als Parameter eingingen. Die Einteilung erfolgte in Stufen von Umweltrelevanz "gering" bis "sehr hoch mit weiterem Handlungsbedarf".

Daraus ergaben sich 31 Halden mit deutlich hoher Umweltrelevanz. Von diesen 31 Halden sind 15 Standorte bereits genauer untersucht und den Behörden bekannt. Elf Standorte sind nach derzeitigen Kenntnissen in bezug auf ihren Umwelteinfluß noch nicht genauer aufgenommen. Da Detailuntersuchungen einzelner Halden nicht Gegenstand dieser Bestandsaufnahme waren, sind für eine Reihe von Aufhaldungen weitere Arbeiten zur Spezifizierung ihrer Umweltrelevanz notwendig.

Die Ergebnisse des Vorhabens sind in einem wissenschaftlichen Bericht des Forschungszentrums mit über tausend Seiten Umfang dokumentiert.

6 Werkschutz

R. von Holleuffer-Kypke

Die am 01.12.1994 begonnene Umstrukturierung der Abteilung Sicherung in die Abteilung Werkschutz konnte Mitte 1995 nach Eingliederung der Gruppe Werkfeuerwehr in die Abteilung abgeschlossen werden. Die Abteilung Werkschutz umfaßt damit die zur betrieblichen Sicherheit zählenden Bereiche des Werkschutzes und der Werkfeuerwehr. Der aufgrund der Forderungen des Atomgesetzes behördlich angeordnete Objektsicherungsdienst für die kerntechnischen Einrichtungen HDB, TU und WAK wird zum Teil durch die Abteilung gewährleistet. Die Aufgaben des Objektsicherungsdienstes sind dabei überwiegend mit einem Werkvertrag an ein Bewachungsunternehmen vergeben.

Die allgemeine Veränderung und Umwandlung des Aufgabenspektrums im Forschungszentrum gab Anlaß, die Sicherung des gesamten Geländes und der einzelnen Anlagen neu zu bewerten. Angestrebt wurde die Sicherung bedarfsgerechter und forschungsorientierter zu gestalten. Das Ergebnis dieser neuen Bewertung wurde zusammengefaßt und in Form eines Änderungsantrags für die Sicherung des Forschungszentrums bei den zuständigen Genehmigungs- und Aufsichtsbehörden gestellt.

6.1 Anmeldung und Zugang

B. Hehr

6.1.1 Betriebsausweise

1995 wurden 3 996 neue Ausweise ausgestellt und 4 209 Ausweise eingezogen. Instituts-, Abteilungs- und Namenswechsel sowie Änderungen von Personen- und Firmennamen machten in 590 Fällen einen Ausweisumtausch erforderlich. Die Gesamtzahl der in Umlauf befindlichen Ausweise belief sich 1995 auf 10 337, dabei setzt sich die Gesamtzahl wie folgt zusammen:

FZK-Mitarbeiter	3 766	WAK-Mitarbeiter	320
FZK-Rentner	1 451	WAK-Rentner	86
FIZ-Mitarbeiter	309	TU-Mitarbeiter	241
FIZ-Rentner	26	TU-Rentner	63
BFE-Mitarbeiter	163	KBG-Mitarbeiter	122
BFE-Rentner	20	KBG-Rentner	97
Universität	440		
Gäste	104		
Fremdfirmen	3 124.		

Im Berichtszeitraum lief das Ausweismahnverfahren an. Es wurden 228 Fremdfirmen mit insgesamt 532 ausstehenden Betriebsausweisen und 228 Einzelpersonen angeschrieben und um die Rückgabe ihrer abgelaufenen Betriebsausweise gebeten.

Da nur Mitarbeiter des Forschungszentrums und die ihnen gleichgestellten Mitarbeiter der anderen wissenschaftlichen Einrichtungen auf dem Gelände rund um die Uhr Zutritt haben, wurden von den Organisationseinheiten 1 530 Anträge für Zutritte außerhalb der Regelarbeitszeit für Fremdfirmenangehörige mit gültigem Betriebsausweis bearbeitet.

6.1.2 Besucher

Im Berichtszeitraum kamen insgesamt 32 260 Besucher zur Anmeldung (1994: 36 840). Das Fortbildungszentrum für Technik und Umwelt meldete zusätzlich 4 438 Kursteilnehmer per Listen an, die überwiegend Geländerundfahrten unter Begleitung von FZK-Besucherführern unternahmen. Durch die Stabstelle Öffentlichkeitsarbeit wurden 4 097 Anträge für Besuchergruppen sowie 70 Anträge für Sonderzutrittsgenehmigungen gestellt.

Für kurzfristig im Forschungszentrum eingesetzte Fremdfirmenangehörige wurden 1 822 befristete Passierscheine ausgestellt.

6.1.3 Zentrale Güterkontrolle

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.

Die im Forschungszentrum tätigen Fremdfirmen hielten sich weitgehend an die Ordnungs- und Kontrollbestimmungen. Im Jahre 1995 wurden lediglich zwei Verstöße gegen die geltenden Ordnungs- und Kontrollbestimmungen registriert und bearbeitet. Die Zahl liegt damit weit unter dem Vorjahresniveau. Es kam zu zwei Sicherstellungen von Materialien, da die Ausführenden zum Zeitpunkt der Ausfuhr nicht die erforderlichen Ausfuhrpapiere vorweisen konnten. Nach Prüfung der Eigentumsverhältnisse wurde das sichergestellte Gut an die Eigentümer zurückgegeben.

6.1.4 Sicherheitsüberprüfungen

Gemäß den atomrechtlichen Auflagen wurden die Anträge zu Personensicherheitsüberprüfungen (Zutritte zu äußeren und inneren Sicherheitsbereichen in kerntechnischen Anlagen) bei der Aufsichtsbehörde eingereicht. Die zuständige Behörde hat bis auf wenige Einzelfälle dem Zutrittsersuchen stattgegeben.

6.1.5 Fundsachen

Bei der Anmeldung wurden im Berichtsjahr 28 Fundgegenstände abgegeben. Davon konnten sieben Gegenstände nach Veröffentlichung durch einen befristeten Aushang den rechtmäßigen Besitzern ausgehändigt werden. Die nicht abgeholten Fundsachen wurden der zuständigen Gemeindeverwaltung übergeben.

6.2 Werkschutzbereiche

B. Ritz, G. Urban

6.2.1 Werkschutzschichten

Zur Gewährleistung der Ordnung und Sicherheit für den Betrieb und die Belegschaft unterhält die Forschungszentrum Karlsruhe GmbH einen Werkschutz. Der Werkschutz wird von einem Wachleiter geführt und hat eine Personalstärke je Schicht von 23 Mitarbeitern, bei vier Schichten. Der Werkschutz führt die Kontrollen am Haupttor durch und bestreift die Gebäude und die nicht zu kerntechnischen Einrichtungen gehörenden Lagerbereiche, das Freigelände und den Bereich der Kerntechnischen Hilfsdienst GmbH. In

der Streifentätigkeit überwacht der Werkschutz die Einhaltung der Bestimmungen des Arbeitsschutzes, des vorbeugenden Brandschutzes und des Umweltschutzes. Zusätzlich kontrolliert der Werkschutz in regelmäßigen Abständen angemeldete wissenschaftlich-technische Experimente, wobei gemäß Vorgabe die zuständigen Versuchsleiter im Falle von Störungen oder bei Ausfall der Anlagen benachrichtigt werden.

6.2.2 Alarmzentrale

Im Berichtsjahr sind in der Alarmzentrale 3 498 Alarm- und Störmeldungen mit folgenden Auslösungsursachen eingegangen und bearbeitet worden:

allgemeine Meldungen	1 707
technische Überwachungen	1 506
Brandmelder	119
Objektsicherung	65
Wasserüberwachungen	63
Strahlenschutz	22
Alarm-Übungen	16

Dabei kam es zu insgesamt 2 230 Einsätzen, die durch die Alarmzentrale zu dokumentieren waren. Im einzelnen wurden folgende Einsatzdienste gerufen:

Wartungsdienste	807
Rufbereitschaften	578
Einsatzleiter vom Dienst	223
Feuerwehr	221
Sankra-Deko	116
Strahlenschutz	102
Betriebsverantwortliche	94
Versuchsleiter	61
Klärwerkpersonal	28

Alle in der Alarmzentrale eingesetzten Mitarbeiter wurden praxisbezogen weitergebildet, so daß in diesem Bereich ein fachkundiger Umgang mit den hochentwickelten technischen Systemen gewährleistet ist. Das Ausbildungsprogramm bezog auch die Vertreter der Alarmtelefonisten mit ein, um sie ebenfalls auf dem aktuellen technischen und administrativen Stand zu halten.

Die in der Alarmzentrale installierten, rechnergestützten Systeme wurden hard- und softwaremäßig der technischen Entwicklung angepaßt, um die Einsatzfähigkeit und Kompatibilität mit Erweiterungen sicherzustellen. Um auch bei technischem Ausfall eine zügige und kompetente Abwicklung in Alarm- und Störfällen zu garantieren, wird als Redundanz zu den vorhandenen software-gestützten Informationen eine Handdatei geführt.

6.2.3 Kerntechnische Objektsicherung

Der Objektsicherungsdienst kontrolliert den Zugang zum Forschungszentrum und zur HDB und führt Streifen am Außenzaun und im Freigelände im Bereich der kerntechnischen Anlagen (HDB, TUI, WAK) durch. Mit dem aus dem Objektsicherungsdienst gebildeten Alarmverstärkungstrupp werden regelmäßig Sicherungsalarmübungen in Zusammenarbeit mit den Objektsicherungsdiensten von WAK und TUI abgehalten.

6.3 Werkfeuerwehr

W. Lang

6.3.1 Werkfeuerwehrschichten

Zum vorbeugenden und abwehrenden Brandschutz sowie zur Behebung akuter Not-situationen unterhält das Forschungszentrum eine Werkfeuerwehr, deren Stärke 23 Mit-arbeiter beträgt. Die Werkfeuerwehr ist in einem zwei Schichten-Betrieb rund um die Uhr auf dem Gelände des Forschungszentrums anwesend. Während der Regelarbeitszeit ist der Leiter der Werkfeuerwehr für den Dienstbetrieb verantwortlich; außerhalb der Regel-arbeitszeit obliegt diese Aufgabe dem diensthabenden Schichtführer. Sollte die anwe-sende Mannschaftsstärke der Werkfeuerwehr nicht ausreichen, wird die Rufbereitschaft der Werkfeuerwehr und der Feuerwehrtrupp zur Unterstützung alarmiert.

6.3.2 Einsätze und dienstbegleitende Aufgaben

Im Berichtszeitraum kam es zu 252 feuerwehrtechnischen Einsätzen. Der Anteil der Ein-sätze an einem Brand war dabei nur 5,6 %. Im einzelnen waren es folgende Einsätze:

Technische Hilfeleistung (davon 23 Personen-befreiungen aus Fahrstühlen) und Wassereinsätze	141
Brandmeldealarme	77
Brandeinsätze	14
Einsätze zur Tierrettung	13
Hilfeleistungen bei Verkehrsunfällen	7

Zur Vorbereitung der wiederkehrenden Prüfungen und im Zusammenhang der regelmä-Bigen Wartungs- und Instandsetzungsarbeiten im Rahmen des baulich-technischen und vorbeugenden Brandschutzes wurden gewartet und geprüft:

Handfeuerlöscher	4 720
Überflurhydranten	350
Wandhydranten	240

In der Atemschutzzentrale der Werkfeuerwehr wurden die Atemschutz-Geräte, -Masken und -Vollschutzanzüge aus den Instituten und Abteilungen des Forschungszentrums so-wie KBG und TUI gewartet, geprüft und bedarfsweise desinfiziert. Im einzelnen wurden folgende Stückzahlen erreicht:

Atemschutzmasken gereinigt, desinfiziert, gewartet und geprüft	16 436
Druckluftflaschen (Volumen <50 l) gefüllt	1 350
Druckluftflaschen zur wiederkehrenden Prüfung vorgeführt und gefüllt	380
Lungenautomaten gewartet und geprüft	344
PreBluftatmer gewartet und geprüft	130

Zu diesen Aufgaben kamen noch Überwachungen und Kontrollen von 197 Erlaubnis-scheinen für Schweiß-, Schneid-, Löt- und Auftauarbeiten in feuergefährdeten Bereichen des Geländes.

Für Wartungs- und Instandsetzungsarbeiten an den ca. 1 000 Dienstfahrrädern des For-schungszentrums wurden von der Werkfeuerwehr 1 014 Stunden aufgebracht.

6.3.3 Ausbildung

Die Ausbildung setzt sich zusammen aus der Aus- und Weiterbildung der eigenen Mitarbeiter der Werkfeuerwehr und aus der Vermittlung von feuerwehrspezifischem Grundwissen für internes und externes Personal im Rahmen der Brandschutzvorsorge. Dabei wurden folgende Übungen und Kurse durchgeführt:

Feuerwehrübungen mit dem Feuerwehrtrupp	37
Atemschutzkurse, ca. 300 Teilnehmern	31
Ausbildung am Handfeuerlöscher, ca. 200 Teilnehmern	16
Alarmübungen	8

Zur Aus- und Weiterbildung der Mitarbeiter der Werkfeuerwehr wurden weiterführende Kurse zur weiteren Qualifizierung des Einsatzpersonals zum Beispiel an der Landesfeuerwehrschule in Bruchsal erfolgreich besucht. Nachfolgende Qualifikationen konnten im Berichtszeitraum erworben werden:

Brandinspektor	1
Brandmeister für Werkfeuerwehren	3
Führen von Einheiten über Zugstärke	1
Zugführer	1
Leitstellen-Bedienpersonal	1
Funklehrgang	1
Maschinist für Drehleiter	1
Hilfeleistung	2
Umweltschutz 2	2
Umweltschutz 1	3
Ausbilder für Führungskräfte	1
Ausbilder für Atemschutz	2
Ausbilder für Maschinisten	1
Gerätewart für Meßgeräte	3
Gerätewart für Vollschutzausrüstung	4
Atemschutzgerätewart/Gerätewart (Grundlehrgang)	1

6.4 Schadensaufnahme

E. Duran, W. Huber

6.4.1 Arbeitsunfälle

In Zusammenarbeit mit den zuständigen Fachabteilungen wurden im Berichtsjahr 173 Betriebsunfälle und sonstige Unfälle innerhalb des Zentrums aufgenommen und untersucht.

6.4.2 Sachbeschädigungen

Die Zahl der bekannt gewordenen und der Schadensaufnahme gemeldeten Sachbeschädigungen liegt mit 76 Fällen unter der des Vorjahres (siehe Tab. 6/1). Der entstandene Gesamtschaden beläuft sich auf ca. 776 000 DM. Allgemein stieg die Schadenssumme pro Einzelschaden. Die hohe Gesamtschadenssumme bei den Gebäude- und Sachschäden wird verursacht durch zwei Großschäden (18.01.1995 - Verpuffung in einem Labor im ITC und 20.02.1995 - Kranunfall im Bereich der HDB).

Beschädigte Gegenstände	Jahr	bekannt gewordene Fälle	aufgeklärte Fälle	geschätzter Schaden in TDM
Kabelschäden	1993	4	4	12
	1994	6	6	8
	1995	3	3	1
Lichtmasten	1993	0	0	0
	1994	3	2	13
	1995	1	0	2
Tore, Einzäunungen	1993	5	4	4
	1994	4	4	6
	1995	1	1	1
Gebäude-, Sachschäden	1993	13	13	32
	1994	12	12	272
	1995	26	25	648
Dienst-Kfz	1993	41	38	162
	1994	28	27	56
	1995	38	35	83
Verschiedenes (Fenster, Türen, Bedachungen, Transport-, Sturmschäden)	1993	42	42	107
	1994	33	25	27
	1995	7	7	11
Summe	1993	105	101	317
	1994	86	76	382
	1995	76	71	776

Tab. 6/1: Sachbeschädigungen: Einsatz der Schadensaufnahme

6.4.3 Diebstahlsmeldungen

Die Anzahl der gemeldeten Diebstähle betrug im Berichtszeitraum 17 Fälle, wobei sich der Verlust an Sachwerten auf ca. 18 500 DM beläuft. Es konnten lediglich zwei Delikte aufgeklärt werden, da die Anzeigen, wie bereits in den vorangegangenen Jahren, meist viel zu spät bei der Schadensaufnahme eingingen, so daß die Ermittlungen von Anfang an zum Scheitern verurteilt waren.

6.5 Verkehrsdienst

W. Huber

Mit 100 Verkehrsunfällen nahm die Zahl der vom Verkehrsdienst aufgenommenen und bearbeiteten Verkehrsunfälle gegenüber dem Vorjahr um 25 Fälle zu (siehe Tab. 6/2). Bei 30 Unfällen entstand nur leichter Sachschaden, während bei 70 Unfällen der geschätzte Schaden über DM 1 000 lag. Darüber hinaus waren vier Unfälle mit Verletzungen von Personen zu bearbeiten. Bei acht Verkehrsunfällen haben sich die Unfallverursacher durch unerlaubtes Entfernen von der Unfallstelle der Unfallaufnahme entzogen. 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 1995	Sachschaden >1 000 DM 1995	Personen- schäden 1995
	1993	1994	1995			
Januar	9	8	12	6	6	1
Februar	6	7	5	1	4	0
März	5	7	10	4	6	0
April	9	4	5	2	3	0
Mai	8	7	9	3	6	0
Juni	7	5	5	1	4	0
Juli	6	5	10	2	8	2
August	4	5	9	0	9	1
September	6	9	7	3	4	0
Oktober	8	6	9	2	7	0
November	10	4	13	5	8	0
Dezember	2	8	6	1	5	0
gesamt	80	75	100	30	70	4

Tab. 6/2: Verkehrsunfälle

6.6 Schlüsselerwaltung

E. Duran

Die Gebäude sind hinsichtlich der Schließebenen in General-, Haupt-, Obergruppen-, Gruppen- und Einzelschließungen unterteilt. Aus allen Schließsystemen ergibt sich ein Bestand von 26 848 Schließzylindern und 92 959 Einzelschlüsseln. Nach der Neukonzeption von Schließanlagen, die sich wegen der Errichtung von Neubauten oder durch Änderungen in Arbeitsabläufen ergaben, mußten 594 Schließzylinder und entsprechende Schlüssel neu beschafft werden. Eine große Anzahl von Schließzylindern und Schlüsseln war defekt oder abgenutzt und mußte erneuert oder ausgewechselt werden.

6.7 Technische Sicherungssysteme

R. Günther

Für verschiedene Gebäude im Forschungszentrum waren die bisher nach Atomgesetz erforderlichen, zum Teil sehr weitgehenden Objektsicherungsmaßnahmen wegen der Reduzierung des Genehmigungsumfangs in Grundsicherungsmaßnahmen gemäß § 74 Strahlenschutzverordnung umzusetzen. Hierzu wurden reduzierte Sicherungsmaßnahmen im Detail ausgearbeitet und als Antrag den Gutachtern und Genehmigungsbehörden vorgelegt.

Der Umbau von zentralen Einrichtungen in der Alarmzentrale auf den aktuellen technischen Stand wurde weiter vorangebracht. Eine wesentliche technische Ergänzung in der Alarmzentrale besteht aus dem Einbau eines interaktiven Informations- und Lageplansystems, basierend auf den im Forschungszentrum mit CAD erstellten und gepflegten Lageplänen. Das CAD-System verbindet graphische Informationen mit Alarmereignissen, die über eine asynchrone Schnittstelle von der Gefahrenmeldeanlage aktiviert werden. Durch den Einsatz des CAD-Systems in der Alarmzentrale können im Gefahrenfall unverzüglich auf die aktuellen Pläne des Forschungszentrums hinsichtlich Bauwerken, Topographie, Ver- und Entsorgungssysteme zugegriffen und die entsprechenden Maßnahmen zur Schadensminimierung gezielt eingeleitet werden.

Als Neuerung wurden bei der Videoanlage die Videorecorder durch ein MULTISCOPE ersetzt. Das MULTISCOPE ist ein digitales Festplattensystem zur Aufnahme von Videobildern. Es ist mit vier Videoeingängen ausgestattet und kann diese zeitgleich aufzeichnen. Zur Koordination aller Betriebsabläufe der Video-Überwachungsanlage dient ein Leitrechner. Er übernimmt die Steuerung und Überwachung sämtlicher angeschlossener Geräte wie Bedienteile, Drucker, Kreuzschienen und Koppelung mit der Gefahrenmeldeanlage. Die Software des Leitrechners mit Echtzeit-Betriebssystem ist fest im EPROM abgelegt.

7 Veröffentlichungen

7.1 Veröffentlichungen, die gedruckt vorliegen

- [1] AVENHAUS, R.; SPANNAGEL, G.; Tritium accountancy. Herschbach, K. [Hrsg.], Fusion Technology 1994: Proc. of the 18th Symp., Karlsruhe, August 22-26, 1994, Vol. 2, S. 1079-82, Amsterdam u. a.: Elsevier, 1995
- [2] AVENHAUS, R.; SPANNAGEL, G.; Tritium accountancy and hidden inventories. Proc. of the 5th Topical Meeting on Tritium Technology in Fission, Fusion and Isotopic Applications, Belgirate, I, May 28 - June 3, 1995; Fusion Technology, 28 (1995) S. 1003
- [3] BRETAG, H. U.; HESSELMANN, F.; JESKE, U.; LESSLE, E.; LINSS, E.; MEHRET, K.; MOELLER, R.; PFEIFFER, D.; SLAVIK, H.; WINDBÜHL, E.; WINKELMANN, W.; KfKChem. Ein integrierender Baustein beim arbeits- und umweltbezogenen Gefahrstoffmanagement der KfK GmbH. Hilty, L. M.; Jaeschke, A.; Page, B.; Schwabl, A. [Hrsg.], Informatik für den Umweltschutz: 8. Symp., Hamburg, 24.-26. August 1994; Marburg: Metropolis-Verl., 1994, Bd. II, S. 207-14 (Umwelt-Informatik aktuell, Bd. II)
- [4] DIABATE, S.; MÜLLER, J.; RASKOB, W.; STRACK, S.; Short-term exposure of crop plants to atmospheric tritium. Experimental results and model development. Herschbach, K. [Hrsg.], Fusion Technology 1994: Proc. of the 18th Symp., Karlsruhe, August 22-26, 1994, Vol. 2, S. 1425-28; Amsterdam u. a.: Elsevier, 1995
- [5] DIABATE, S.; STRACK, S.; Aufnahme von Tritium in Weizen: Experimente und Modellrechnungen. Strahlenschutz-Praxis 1 (1995) Nr. 3, S. 39-44
- [6] DIEFENBACHER, W.; DILGER, H.; Abriß des Lagerbeckengebäudes des FR2 im Forschungszentrum Karlsruhe. Brauns, J. [Hrsg.], Entsorgung: Wiederverwertung - Beseitigung: 27. Jahrestagung des Fachverbandes für Strahlenschutz, Wolfenbüttel, 25.-29. September 1995, Bd. II, S. 513-16, Köln: Verl. TÜV Rheinland, 1995, FS-95-77-T
- [7] DILGER, H.; Auflösung von Strahlenschutzbereichen und Freigabe von Materialien im Forschungszentrum Karlsruhe. Wissenschaftliche Berichte, FZKA-5606, Juni 1995
- [8] FRITSCHKE, R.; NOELTNER, TH.; SCHMITZ, J.; Inventory of ancient mining dumps in Baden-Württemberg, FRG. Van den Brink, W. J. [Hrsg.], Contaminated Soil '95: Proc. of the 5th Internat. FZK/TNO Conf., Maastricht, NL, Oct. 30 - Nov. 3, 1995; Dordrecht u. a.: Kluwer Acad. Publ., 1995, Vol. 1, S. 199-200 (Soil and Environment, 5, 1)
- [9] HUBER, E.; URBAN, M.; Helmholtzspulen zur Kalibrierung von Magnetfeldsensoren. Wissenschaftliche Berichte, FZKA-5643 (November 95)
- [10] IBRAHIEM, N. M.; PIMPL, M.; Uranium concentrations in sediments of the Suez canal. Aly, H. F. [Hrsg.] German-Egyptian Seminar on Environmental Research, Kairo, ET, March 21-23, 1994; Jülich: Forschungszentrum Jülich GmbH, Zentralbibliothek, 1994, S. 335-40 (Bilateral Seminars of the International Bureau/Forschungszentrum Jülich GmbH, 19); Applied Radiation Isotopes, 45 (1994) S. 919-21
- [11] KOELZER, W. [Hrsg.]; ALLE MITARBEITER DER HAUPTABTEILUNG SICHERHEIT [AUTOREN]; Jahresbericht 1994 der Hauptabteilung Sicherheit. Wissenschaftliche Berichte, FZKA-5530 (Mai 95)

- [12] KRUGLIKOV, I. L.; POLIG, E.; Alpha-particle hits to bone cells predicted from ICRP biokinetic models. Van Kaick, G. [Hrsg.], Health Effects of Internally Deposited Radionuclides: Emphasis on Radium and Thorium; Proc. of an Internat. Seminar, Heidelberg, April 18-21, 1994; Singapore [u. a.]: World Scientific, 1995; S. 105-108; zugl.: EUR-15877-EN
- [13] LUSZIK-BHADRA, M.; ALBERTS, W.G.; DIETZ, E.; PIESCH, E.; SIEBERT, B. R. L.; Cr-39 track neutron dosimeter/spectrometer: investigations in the thermal, epithermal and intermediate energy region. 17th Internat. Conf. on Nuclear Tracks in Solids, Dubna, RUS, August 24-28, 1994; Radiation Measurements, 25 (1995) S. 441-44
- [14] PIESCH, E.; Entwicklung und Stand der Meßtechnik in der Personendosimetrie. Sommerschule für Strahlenschutz, Berlin, 19.-24. Juni 1995; Borchardt, D. [Hrsg.], Strahlenschutz: Wissenschaftliche Grundlagen, rechtliche Regelungen, praktische Anwendungen; Kompendium d. Sommerschule Strahlenschutz - 4. Aufl. Berlin: Hoffman, 1995, S. 1-28
- [15] PIMPL, M.; ⁸⁹Sr/⁹⁰Sr-determination in soils and sediments using crown ethers for Ca/Sr-separation. Methods and Applications of Radioanalytical Chemistry III, Kailua-Kona, Hawaii, April 10-16, 1994; Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry, 194 (1995) S. 311-18
- [16] PIMPL, M.; HOEPPENER-KRAMAR, U.; RITTMAYER, C.; WILHELM, C.; Das Freimeßlabor im Forschungszentrum Karlsruhe. Brauns, J. [Hrsg.], Entsorgung: Wiederverwertung - Beseitigung: 27. Jahrestagung des Fachverbandes für Strahlenschutz, Wolfenbüttel, 25.-29. September 1995, Bd. II, S. 446-49, Köln: Verl. TÜV Rheinland, 1995, FS-95-77-T
- [17] POLIG, E.; Dynamic radionuclide labels at sites of bone formation in the skeleton. Radiation Protection Dosimetry, 59 (1995) S. 213-22
- [18] REICHERT, A.; HELLMANN, M.; Erstellung einer Standardkalibrierung der Freimeßanlage für Metallschrott unterschiedlicher Schüttdichte. Brauns, J. [Hrsg.], Entsorgung: Wiederverwertung - Beseitigung: 27. Jahrestagung des Fachverbandes für Strahlenschutz, Wolfenbüttel, 25.-29. September 1995, Bd. II, S. 544-48, Köln: Verl. TÜV Rheinland, 1995, FS-95-77-T
- [19] SCHMITZ, J.; Strahlenexposition durch Radon am Arbeitsplatz. Nachrichten - Forschungszentrum Karlsruhe, 27 (1995) S. 117-27
- [20] STRACK, S.; DIABATE, S.; MÜLLER, J. RASKOB, W.; Organically bound tritium formation and translocation in crop plants. Modelling and experimental results. Proc. of the 5th Topical Meeting on Tritium Technology in Fission, Fusion and Isotopic Applications, Belgirate, I, May 28 - June 3, 1995; Fusion Technology, 28 (1995) S. 951-56
- [21] TUREK, K.; BEDNAR, J.; PIESCH, E.; Determination of the neutron angular response using a single etched track detector. Radiation Protection Dosimetry, 59 (1995) S. 205-11
- [22] URBAN, M. [Hrsg.]; Strahlenschutzmeßtechnik: Aktuelle Entwicklungen in der Dosimetrie. Kolloquium der Hauptabteilung Sicherheit, Karlsruhe, 13. Juni 1995. Wissenschaftliche Berichte, FZKA-5656 (November 95)
- [23] VOLF, V.; LUZ, A.; POLIG, E.; BRUENGER, F.; Chronic toxicity of radium-226 in rats. Van Kaick, G. [Hrsg.], Health Effects of Internally Deposited Radionuclides: Emphasis on Radium and Thorium; Proc. of an Internat.

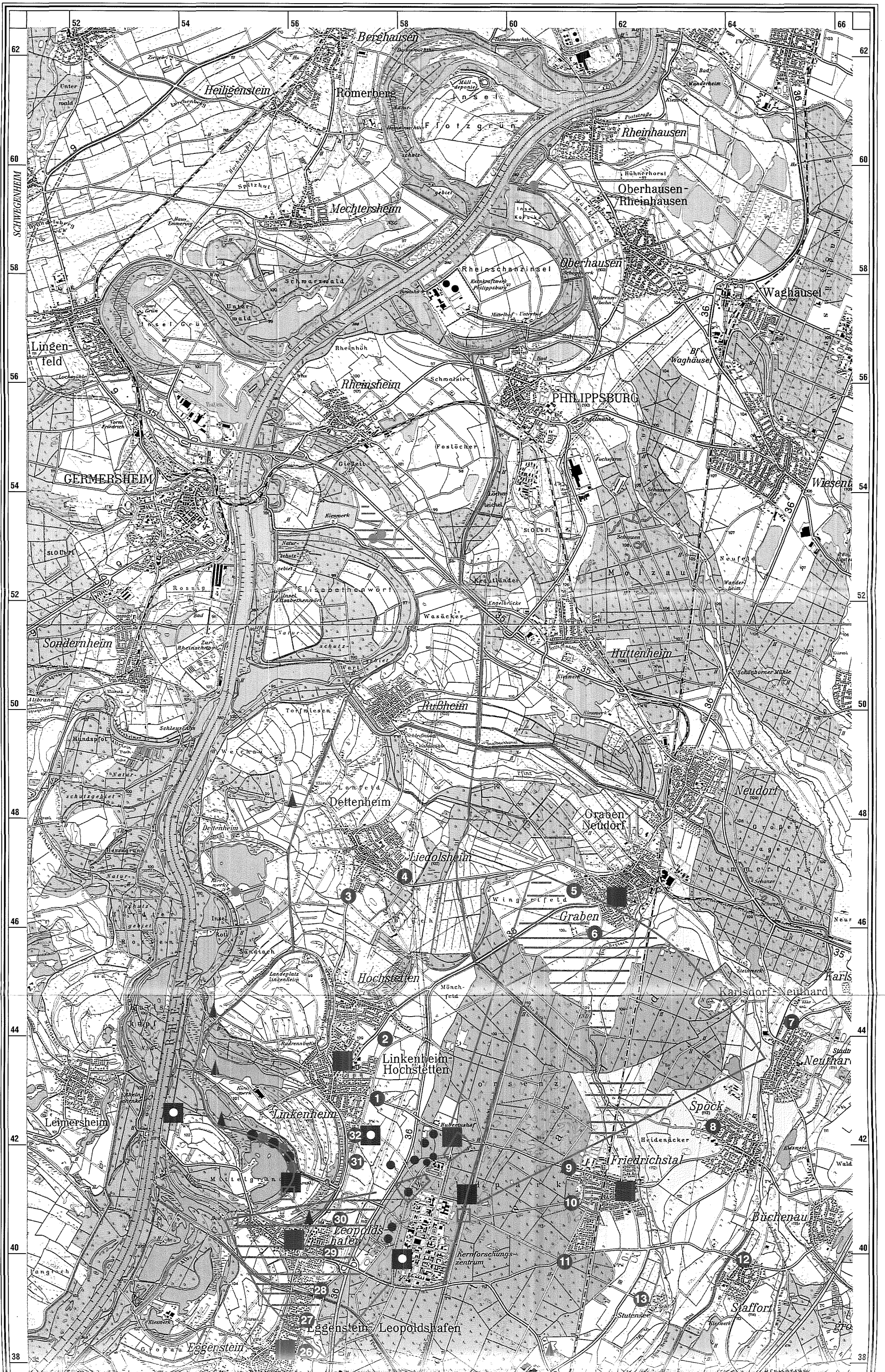
Seminar, Heidelberg, April 18-21, 1994; Singapore [u. a.]: World Scientific, 1995, S. 319-22, zugl.: EUR-15877-EN

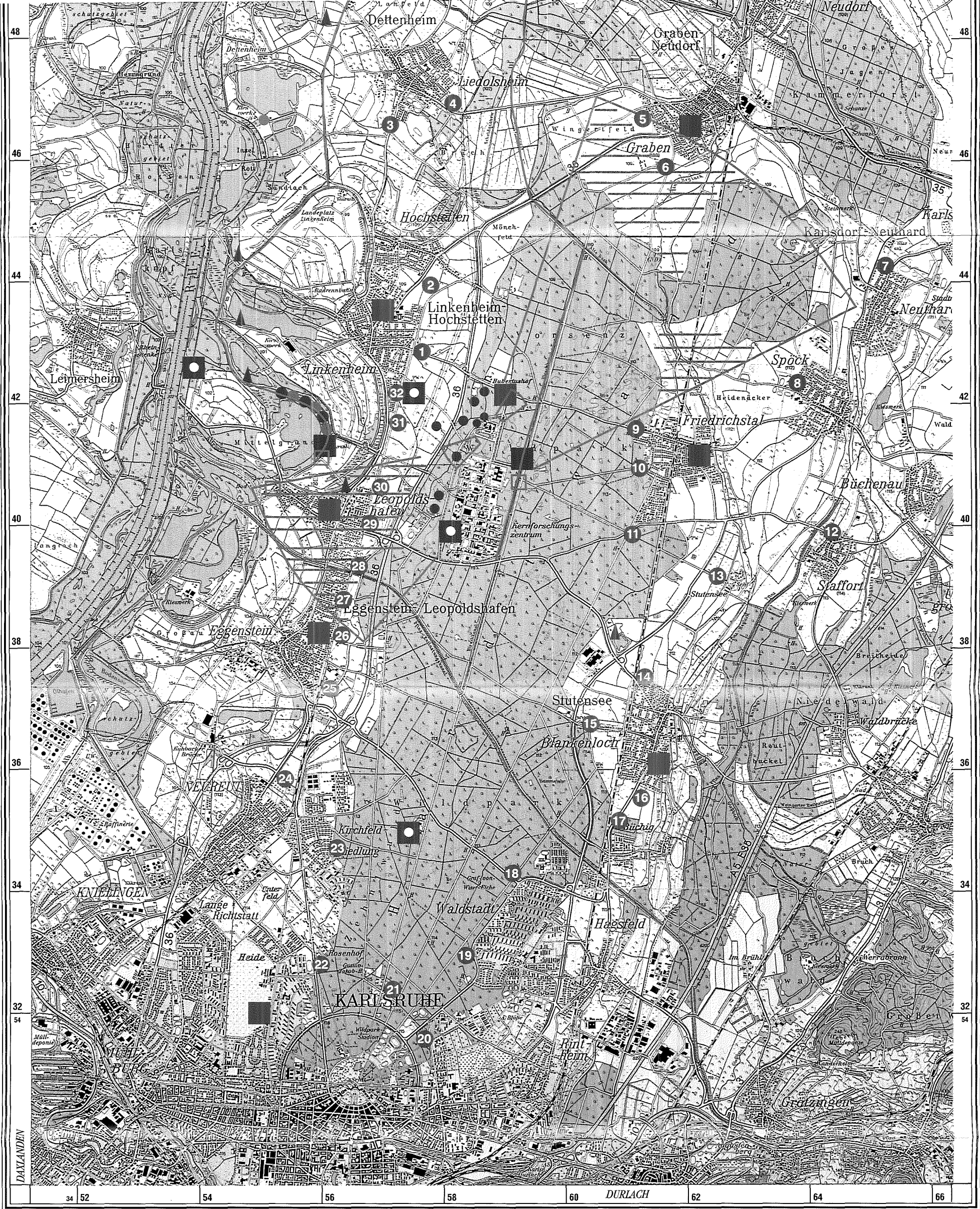
- [24] WINTER, M.; Die Umgebungsüberwachung kerntechnischer Anlagen. Borchardt, D. [Hrsg.], Strahlenschutz: Wissenschaftliche Grundlagen, rechtliche Regelungen, praktische Anwendungen; Kompendium d. Sommerschule Strahlenschutz - 4. Aufl., Berlin: Hoffman, 1995, Kap. G5

7.2 Vorträge, die nicht in gedruckter Form vorliegen

- [25] BILSKI, P.; OLKO, P.; BURGKHARDT, B.; PIESCH, E.; Ultra-thin LiF:Mg,Cu,P detectors for beta dosimetry. Solid State Dosimetry Conf., Budapest, H, July 10-14, 1995
- [26] BUDZANOWSKI, M.; BURGKHARDT, B.; OLKO, P.; PESSARA, W.; WALIGORSKI, M. P. R.; Long-term investigation on self-irradiation and sensitivity to cosmic rays of TL detector types TLD-200, TLD-700, MCP-N and new phosphate glass doseimeters. Solid State Dosimetry Conf., Budapest, H, July 10-14, 1995
- [27] BURGKHARDT, B.; FESTAG, J. G.; PIESCH, E.; UGI, S.; Environmental monitoring using flat phosphate glass doseimeters. Solid State Dosimetry Conf., Budapest, H, July 10-14, 1995
- [28] BURGKHARDT, B.; FIEG, G.; KLETT, A.; PLEWNIA, A.; SIEBERT, B. R. L.; The neutron fluence and H(10) response of the new LB6411 remcounter. 8th Symp. on Neutron Dosimetry, Paris, F, November 13-17, 1995; Book of Abstracts, p. 89
- [29] BURGKHARDT, B.; KUPSCHUS, A.; VILGIS, M.; PIESCH, E.; DÖRSCHEL, B.; Polycarbonate track etched detectors for qualitative alpha spectroscopy in radon environments. Solid State Dosimetry Conf., Budapest, H, July 10-14, 1995
- [30] BURGKHARDT, B.; UGI, S.; VILGIS, M.; PIESCH, E.; Experience with phosphate glass doseimeters in personal and area monitoring. Solid State Dosimetry Conf., Budapest, H, July 10-14, 1995
- [31] DOERFEL, H.; A new detector system for direct assessment of dose equivalent rate due to incorporation of γ -emitting radionuclides. Symp. on Radiation Protection in Neighbouring Countries in Central Europe, Portoroz, Slovenia, September 4-8, 1995
- [32] DÖRSCHEL, B.; PIESCH, E.; Messung von Radon-Folgeprodukten mit Kernspurdetektoren. 150 Jahre Deutsche Physikalische Gesellschaft: 59. Physikertagung gemeinsam mit der Frühjahrstagung DPG des Arbeitskreises Festkörperphysik, Berlin, 20.-24. März 1995; Verhandlungen der Deutschen Physikalischen Gesellschaft, R. 6, Bd. 30 (1995) ST 14
- [33] JOZEFOWICZ, K.; BURGKHARDT, B.; VILGIS, M.; PIESCH, E.; Makrofol track detectors with a flat energy response for the measurement of high energy neutrons at airflight altitudes. 8th Symp. on Neutron Dosimetry, Paris, F, November 13-17, 1995

- [34] KOELZER, W.; The German radiological protection ordinance. Workshop on Legal Requirements in the Nuclear Field, Moskva, RUS, May 15-17, 1995
- [35] KOELZER, W.; Act on provisions for radiological protection. Workshop on Legal Requirements in the Nuclear Field, Moskva, RUS, May 15-17, 1995
- [36] RANOGAJEC-KOMOR, M.; VEKIC, B.; PIESCH, E.; BURGKHARDT, B.; SZABO, P. P.; International intercomparison of solid state dosimeters within environmental monitoring programme. Solid State Dosimetry Conf., Budapest, H, July 10-14, 1995
- [37] YAKOVLEV, A.; POLIG, E.; A stochastic model of radiation carcinogenesis allowing for cell death. 4th Internat. Conf. on 'Mathematical Population Dynamics', Houston, Tex., May 23-27, 1995
- [38] YAKOVLEV, A.; POLIG, E.; TSODIKOV, A.; Radiation carcinogenesis and cell death: a new model and its applications. 20th Meeting of the European Study Group for Cell Proliferation, London, GB, May 30 - June 3, 1995





0 1 2 3 4 5 Kilometer

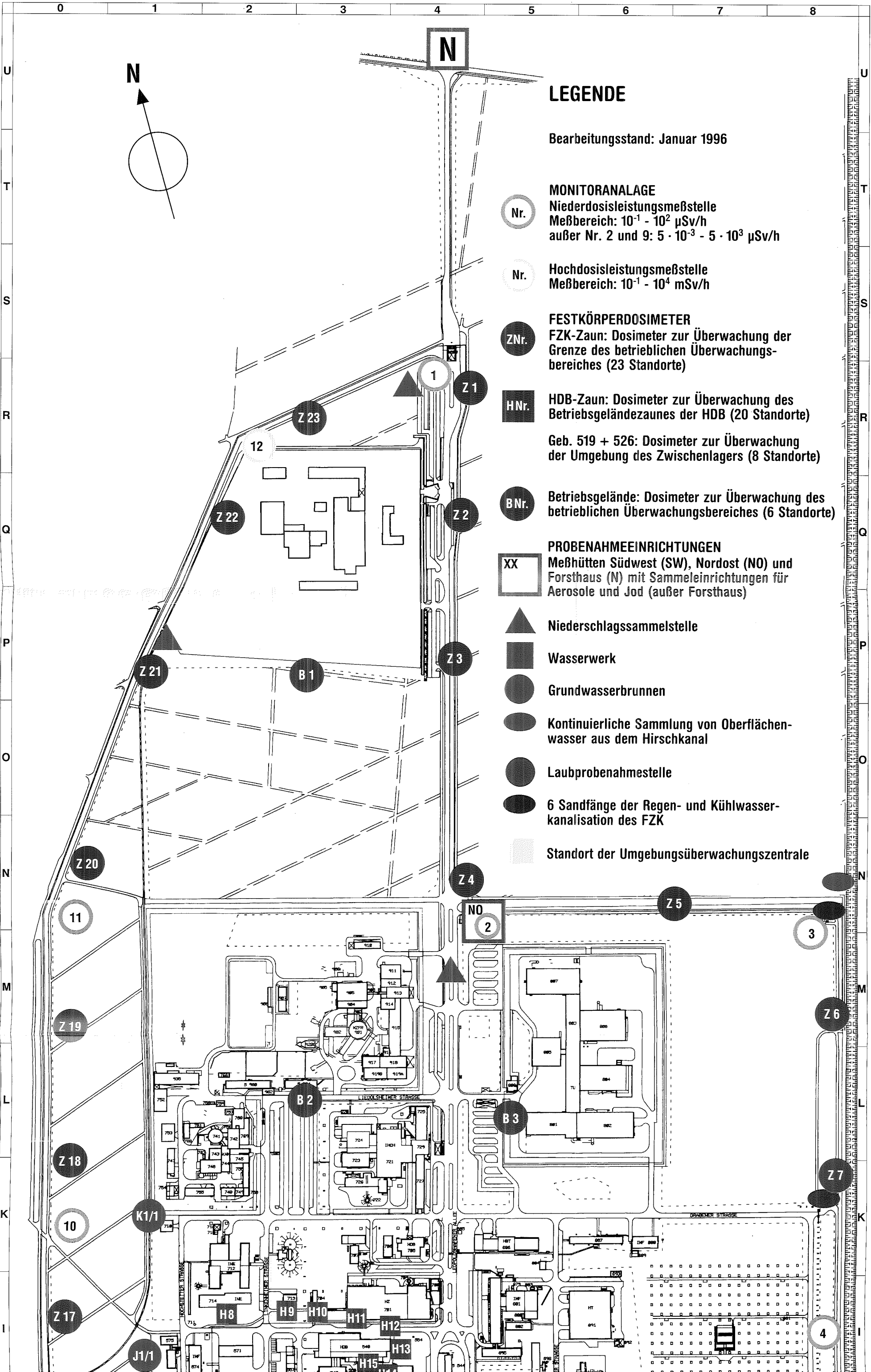
Darstellung auf der Grundlage der Topographischen Karte 1:50 000, Ausschnitt aus den Blättern L 67 16 und L 69 16 mit Erlaubnis des Landesvermessungsamtes Baden-Württemberg vom 10.1.1996, Az.: 5.13/1266.

Legende

Bearbeitungsstand: Januar 1996

- | | | | | |
|-------------------------------------|---------------------------|--|--|------------------------------|
| Außenstation | Trinkwasser (Wasserwerke) | Oberflächenwasser | Vorflutkanal der Abwässer des FZK zum Rheinniederungskanal | Boden |
| Festkörperdosimeter | Grundwasser (Brunnen) | Schlamm | Verlauf der als Vorfluter dienenden Oberflächengewässer | Landwirtschaftliche Produkte |
| Grundwasser (Eigenwasserversorgung) | Fisch | kontinuierliche Probenahme von Oberflächenwasser | | Hauptausbreitungs-sektoren |

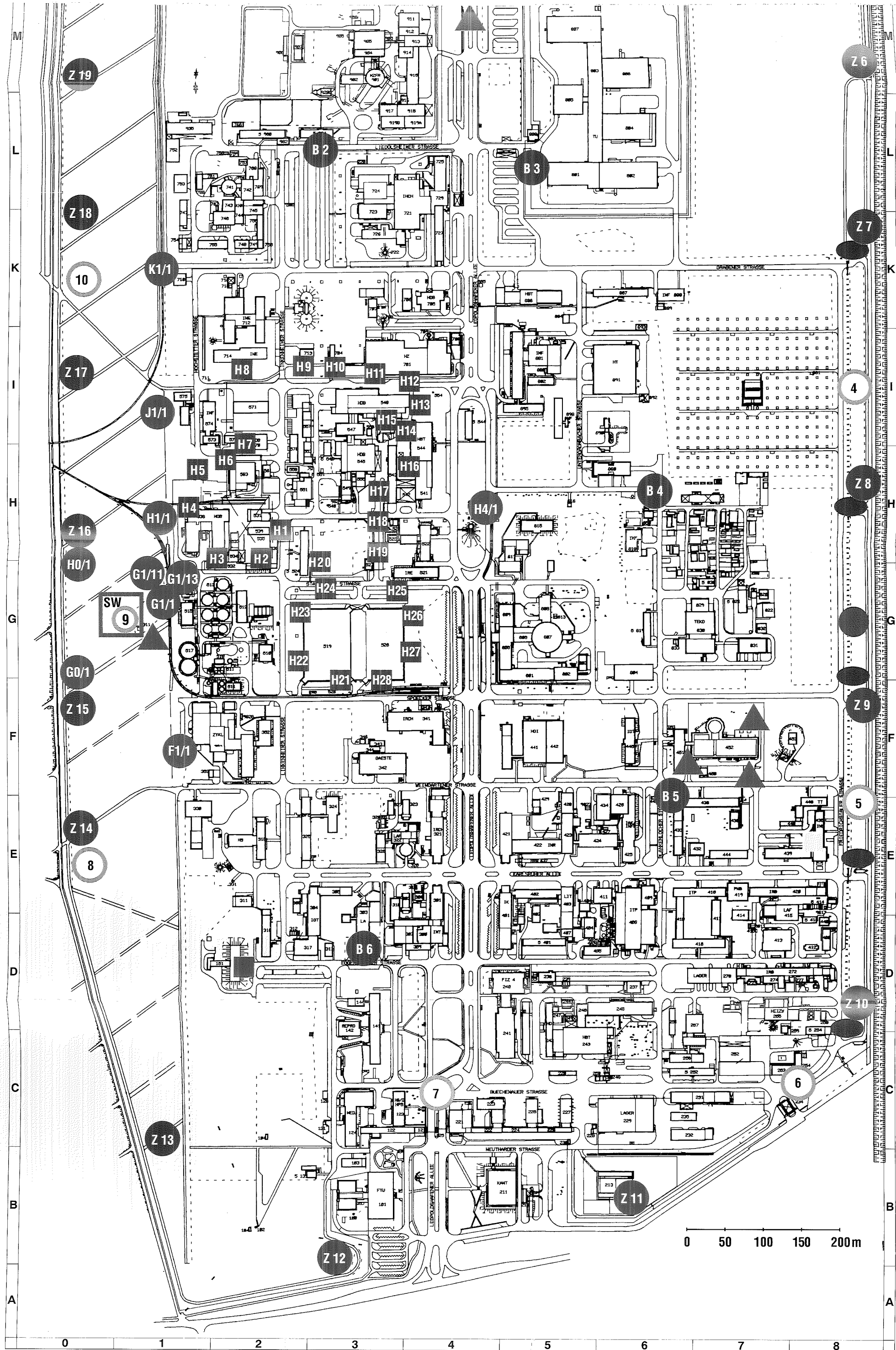
Lageplan Nr. 1: Meß- und Probenahmestellen zur Umgebungsüberwachung des Forschungszentrums Karlsruhe



LEGENDE

Bearbeitungsstand: Januar 1996

- MONITORANLAGE**
 Nr. Niederdosisleistungsmessstelle
 Meßbereich: $10^{-1} - 10^2 \mu\text{Sv/h}$
 außer Nr. 2 und 9: $5 \cdot 10^{-3} - 5 \cdot 10^3 \mu\text{Sv/h}$
- Nr. Hochdosisleistungsmessstelle
 Meßbereich: $10^{-1} - 10^4 \text{mSv/h}$
- FESTKÖRPERDOSIMETER**
 FZK-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**
 Meßhütten Südwest (SW), Nordost (NO) und Forsthaus (N) mit Sammeleinrichtungen für Aerosole und Jod (außer Forsthaus)
- Niederschlagsammelstelle
- Wasserwerk
- Grundwasserbrunnen
- Kontinuierliche Sammlung von Oberflächenwasser aus dem Hirschkanal
- Laubprobenahmestelle
- 6 Sandfänge der Regen- und Kühlwasserkanalisation des FZK
- Standort der Umgebungsüberwachungszentrale



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