

**Forschungszentrum Karlsruhe**  
**Technik und Umwelt**  
**Wissenschaftliche Berichte**  
**FZKA 6130**

**Jahresbericht 1997**  
**der Hauptabteilung Sicherheit**

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

**Forschungszentrum Karlsruhe GmbH, Karlsruhe**  
**1998**



## 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 Forschungszentrums 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.

Der vorliegende Bericht informiert über die einzelnen Aufgabengebiete der Hauptabteilung und berichtet über die im Jahr 1997 erarbeiteten Ergebnisse.

## **Central Safety Department, Annual Report 1997**

### 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 different fields.

This report gives details of the different duties and reports the results of 1997 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: Aufgaben und Organisation .....	1
1	Central Safety Department: Duties and Organisation .....	6
2	Arbeitsschutz und Sicherheit .....	11
2.1	Strahlenschutz .....	12
2.1.1	Aufgaben der Gruppe „Strahlenschutz“ .....	12
2.1.2	Betriebsüberwachung .....	13
2.1.3	Von HS-AS zentral erfaßte zu überwachende Personen nach Röntgen- und Strahlenschutzverordnung .....	13
2.1.4	Ergebnisse der Personendosisüberwachung .....	14
2.1.5	Personal in fremden Strahlenschutzbereichen .....	15
2.1.5.1	Fremdfirmen in Strahlenschutzbereichen des Forschungszentrums .....	15
2.1.5.2	Mitarbeiter des Forschungszentrums Karlsruhe in Strahlenschutzbereichen fremder Anlagen .....	16
2.1.6	Regelmäßige Inkorporationsüberwachung im Forschungszentrum .....	16
2.1.6.1	Inkorporationsüberwachung des Eigenpersonals .....	17
2.1.6.2	Inkorporationsüberwachung des Fremdfirmenpersonals .....	17
2.2	Arbeitsschutz .....	18
2.2.1	Organisation und Aufgaben der Gruppe konventionelle Arbeitssicherheit .....	18
2.2.2	Unfallgeschehen .....	18
2.2.3	Arbeitsplatzüberwachungen .....	19
2.2.4	Aus- und Fortbildung .....	20
2.2.5	Arbeitsschutzausschuß .....	20
2.3	Bilanzierung radioaktiver Stoffe .....	21
2.3.1	Zentrale Buchhaltung zur Erfassung und Meldung von Kernmaterial .....	21
2.3.2	Aufsicht durch Euratom .....	22
2.3.3	Zentrale Buchhaltung zur Erfassung und Meldung sonstiger radioaktiver Stoffe und Meldung von radioaktivem Abfall .....	23
2.3.4	Kontrolle der genehmigten Umgangsmengen radioaktiver Stoffe .....	24
2.3.5	Erfassung von Kernmaterialtransporten und Hilfestellung bei Planung und Abwicklung .....	25
2.4	Einsatzleitung und Einsatzplanung .....	25
2.4.1	Aufgaben .....	25
2.4.2	Statistik und Analyse der EvD-Einsätze .....	26
2.4.3	Übungen der Einsatzdienste .....	27
2.4.4	Meldepflichtige Ereignisse nach Strahlenschutzverordnung .....	28
2.5	Betriebsbeauftragte im Umweltschutz .....	28
2.5.1	Wiederkehrende Prüfungen .....	28
2.5.2	Umsetzung der Gefahrstoffverordnung .....	30
2.5.3	Gefahrguttransporte und Gefahrgutumschlag .....	32
2.5.4	Abfallwirtschaft .....	33
2.5.5	Immissionsschutz .....	37
2.5.6	Gewässerschutz .....	38
2.6	Kontrollstelle WAK .....	40
2.6.1	Zielsetzung der Kontrollstelle .....	40
2.6.2	Aufgaben der Kontrollstelle .....	40
2.6.3	Planung, Vorbereitung und Durchführung der Kontrollen .....	40
2.6.4	Durchgeführte Kontrollen .....	41

3	Meßstelle .....	43
3.1	Amtliche Personendosimetrie.....	43
3.1.1	Photolumineszenzdosimetrie.....	44
3.1.2	Thermolumineszenzdosimetrie.....	45
3.1.3	Vergleichsbestrahlungen .....	45
3.2	Sonstige Personen- und Ortsdosimeter.....	47
3.3	Entwicklung und Bauartzulassung eines Flachglashalters .....	47
4	Strahlenschutz.....	49
4.1	Arbeitsplatzüberwachung .....	49
4.2	Ergebnisse der Arbeitsplatzüberwachung .....	51
4.2.1	Oberflächenkontaminationen .....	51
4.2.2	Raumluftaktivitäten .....	53
4.3	Interne Dosimetrie .....	54
4.3.1	Personenüberwachung .....	55
4.3.1.1	Routine- und Sondermessungen .....	55
4.3.1.2	Amtliche Inkorporationsmeßstelle .....	58
4.3.1.3	Kalibrierung des Ganzkörperzählers .....	60
4.3.1.4	Organspezifische Korrekturfaktoren für den Ganzkörperzähler .....	61
4.3.1.5	Cs-137-Referenzmessungen .....	62
4.3.1.6	Untersuchungsvorhaben „Verbesserung der Meßverfahren bei Ganz- und Teilkörperzählern“ .....	65
4.3.1.7	Strahlenpaßstelle.....	65
4.3.2	Betriebliche Überwachung .....	66
4.3.2.1	Filter- und Wischtestmessungen.....	66
4.3.2.2	Raumluftaktivitätsüberwachung.....	67
4.3.2.3	Dichtheitsprüfungen .....	68
4.3.2.4	Programmpflege und -neuentwicklung .....	68
4.3.3	Interne Dosimetrie von Kalium-40.....	69
4.3.4	Das biokinetische Modell der ICRP für Aktinide: Mögliche Korrekturen .....	73
4.4	Strahlenschutzmeßtechnik.....	76
4.4.1	Aufgaben .....	76
4.4.2	Messungen gemäß des Arbeitsschutzgesetzes.....	77
4.4.3	Wartung und Reparatur .....	77
4.4.4	Routinekalibrierung.....	77
4.4.5	Amtliche Eichabfertigungsstelle .....	78
4.5	Strahlenexposition bei der Konditionierung radioaktiver Stoffe.....	78
4.5.1	Betriebe zur Verarbeitung bzw. Konditionierung radioaktiver Reststoffe.....	78
4.5.1.1	Gerätedekontamination.....	78
4.5.1.2	LAW-Verschrottung.....	79
4.5.1.3	Verbrennungsanlage.....	80
4.5.1.4	Aktivitätsbestimmung an Proben aus Reaktoreinbauten der KNK .....	81
5	Umweltschutz .....	83
5.1	Fortluftüberwachung .....	84
5.1.1	Ableitung radioaktiver Stoffe mit der Fortluft 1997 .....	87
5.1.2	Ableitung nichtradioaktiver Stoffe mit der Fortluft 1997 .....	96
5.1.2.1	Verbrennungsanlagen der Hauptabteilung Dekontaminationsbetriebe .....	97
5.1.2.2	Versuchsanlage TAMARA .....	97
5.1.2.3	Fernheizwerk und Blockheizkraftwerk .....	98

5.1.3	Strahlenexposition in der Umgebung des Forschungszentrums Karlsruhe durch die mit der Fortluft abgeleiteten radioaktiven Stoffe 1997 .....	98
5.1.3.1	Berechnungsgrundlagen .....	98
5.1.3.2	Meteorologische Daten .....	99
5.1.3.3	Ausbreitung und Ablagerung .....	100
5.1.3.4	Rechenprogramme .....	100
5.1.3.5	Einteilung der radioaktiven Emissionen in Nuklidgruppen und Einzelnuklide ..	100
5.1.3.6	Ergebnisse der Dosisberechnung .....	102
5.2	Abwasserüberwachung und Spektrometrie .....	106
5.2.1	Abwasserüberwachung .....	106
5.2.2	System zur zentralen Erfassung und Dokumentation der Meßdaten zur Abwasserüberwachung mit Ankopplung an das HDB-Datensystem .....	111
5.2.3	Ableitung radioaktiver Stoffe mit dem Abwasser 1997 .....	112
5.2.4	Ableitung nichtradioaktiver Stoffe mit dem Abwasser 1997 .....	114
5.2.5	Strahlenexposition in der Umgebung des Forschungszentrums Karlsruhe durch die mit dem Abwasser abgeleiteten radioaktiven Stoffe 1997 .....	115
5.2.6	Spektrometrische Messungen .....	116
5.2.7	Das Mehrplatz-Spektrometriesystem auf Genie-PC-Basis .....	117
5.2.8	Ein für die Messung von niederenergetischen Gammastrahlern in Wasserproben optimierter Marinelli-Becher .....	118
5.2.9	Kalibrierung von Aktivitätsmeßplätzen zur Qualitätskontrolle von P-32-implantierten Gefäßstützen gemäß den Bestimmungen des Medizinproduktegesetzes .....	119
5.3	Umgebungsüberwachung .....	120
5.3.1	Ergebnisse der Routineüberwachung 1997 .....	121
5.3.1.1	Direktmessung der Strahlung .....	121
5.3.1.2	Radioaktivitätsmessungen .....	122
5.3.1.3	Meßfahrten .....	128
5.3.1.4	Ergänzende Überwachungsmaßnahmen .....	128
5.3.2	Bestimmung des Radioaktivitätsgehaltes von Boden, Bodenfeuchte und Wasser aus einer Bohrung zwischen Rheinniederungskanal und Streitköpfelee .....	128
5.3.3	Vergleich von In-situ-Meßergebnissen aus Hubschrauber- und Bodenmessungen .....	129
5.4	Chemische Analytik .....	130
5.4.1	Radiochemische Arbeiten .....	131
5.4.2	Plutonium- und Strontiumableitungen mit dem Abwasser des Forschungszentrums Karlsruhe 1997 .....	133
5.5	Das Freimeßlabor .....	135
5.5.1	Physikalische Direktmeßverfahren .....	136
5.5.2	Chemische Arbeiten und Bestimmungen .....	136
6	Werkschutz .....	137
6.1	Anmeldung und Zugang .....	137
6.1.1	Betriebsausweise .....	137
6.1.2	Besucher .....	138
6.1.3	Zentrale Güterkontrolle .....	138
6.1.4	Sicherheitsüberprüfungen .....	138
6.1.5	Fundsachen .....	138
6.2	Werkschutzbereiche .....	138
6.2.1	Werkschutzschichten .....	138
6.2.2	Alarmzentrale .....	139

6.2.3	Kerntechnische Objektsicherung.....	139
6.3	Werkfeuerwehr .....	139
6.3.1	Werkfeuerwehrsichten .....	139
6.3.2	Einsätze und dienstbegleitende Aufgaben.....	140
6.3.3	Ausbildung .....	140
6.4	Verkehrsdienst.....	141
6.4.1	Verkehrsüberwachung.....	141
6.4.2	Verkehrsunfälle .....	141
6.5	Schadensaufnahme .....	142
6.5.1	Arbeitsunfälle .....	142
6.5.2	Diebstahlmeldungen .....	142
6.5.3	Sachbeschädigungen.....	142
6.6	Schlüsselverwaltung .....	143
6.7	Technische Sicherungssysteme .....	143
7	Veröffentlichungen.....	145
7.1	Veröffentlichungen, die gedruckt vorliegen.....	145
7.2	Veröffentlichungen, die nicht in gedruckter Form vorliegen.....	146

## 1 Hauptabteilung Sicherheit: Aufgaben und Organisation

Die Aufgabenstellung der Hauptabteilung Sicherheit umfaßt die Kontrolle und teilweise auch die Durchführung von Arbeitssicherheits-, Strahlenschutz- 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 wurden 1997 Forschungs- und Entwicklungsarbeiten für das Projekt Kernfusion des Zentrums zum Verhalten von Tritium im System Luft/Boden-Pflanze und zur Tritiumbilanzierung für Fusionsbrennstoffkreisläufe sowie in einem extern geförderten Forschungsvorhaben Untersuchungen und Bewertungen von radonexponierten Arbeitsplätzen durchgeführt. Am 31. Dezember 1997 waren in der Hauptabteilung Sicherheit 260 wissenschaftliche, technische und administrative Mitarbeiter und fünf Studierende zur Ausbildung als Strahlenschutzingenieur beschäftigt. Der Organisationsplan der Hauptabteilung ist auf der Seite 5 wiedergegeben.

### 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.

Im Arbeitsschwerpunkt „Strahlenschutz“ werden für den Strahlenschutzverantwortlichen die Bestellungen der Strahlenschutzbeauftragten durchgeführt und deren Tätigkeit sowie der praktische Strahlenschutz durch Information, Beratung und Behördenkontakte unterstützt. Es werden die Einhaltung der Vorschriften der Strahlenschutz- und der Röntgenverordnung sowie behördlicher Auflagen durch die Strahlenschutzbeauftragten überprüft. Weitere Aufgaben sind die Pflege der Datenbanken mit den persönlichen Meßdaten der beruflich strahlenexponierten Personen und die Terminverfolgung für Strahlenschutzbelehrungen und arbeitsmedizinische Untersuchungen. Er schafft die Voraussetzungen für den Einsatz von Fremdfirmenpersonal in Kontrollbereichen des Forschungszentrums und stellt die Strahlenpässe für die Mitarbeiter des Forschungszentrums aus, die in fremden Anlagen tätig werden.

Die Arbeitsgruppe „Konventionelle Sicherheit“ dient als Kontaktstelle zu den Behörden in Fragen der konventionellen Arbeitssicherheit. Sie wertet deren Auflagen aus und überwacht die innerbetriebliche Umsetzung. Sie führt die Bestellung der nach den Unfallverhütungsvorschriften geforderten Beauftragten durch und sorgt für deren Aus- und Weiterbildung. Zur Information der Mitarbeiter werden von der Arbeitsgruppe diverse Informationsmedien zur Verfügung gestellt. Zur Beurteilung des Unfallgeschehens im Forschungszentrum werden die Unfälle analysiert und mit einem Unfallbearbeitungsprogramm ausgewertet. Meldepflichtige Unfälle werden, nach Kenntnisnahme des Betriebsrates, an den Unfallversicherungsträger und das Gewerbeaufsichtsamt weitergeleitet.

Im Arbeitsschwerpunkt „Überwachung radioaktiver Stoffe“ werden die zentrale Buchhaltung zur Überwachung von Kernmaterial und sonstigen radioaktiven Stoffen im Forschungszentrum durchgeführt, Materialbilanzberichte erarbeitet und an die zuständigen Behörden weitergeleitet und Inspektionen und Inventuren durch Euratom vorbereitet und begleitet.

Im Arbeitsschwerpunkt „Beauftragte im Umweltschutz“ sind die Abfall-, Gefahrgut-, Immissionsschutz- und Gewässerschutzbeauftragten zusammengefaßt, denen die Aufgaben entsprechend gesetzlicher Regelungen übertragen sind. Es sind dies insbesondere Beratungs-, Informations- und Überwachungsaufgaben in den für die Umwelt relevanten Bereichen.

Im Arbeitsschwerpunkt „Stoffströme, wiederkehrende Prüfungen“ werden wichtige umwelt- und sicherheitsrelevante Informationen für die Verantwortlichen in Form von Datenbanken zentrumsweit zur Verfügung gestellt. Hierzu gehören u. a. Sicherheitsdatenblätter und Gefahrstoffinformationen.

Im Arbeitsschwerpunkt „Einsatzdienste“ sind die rund um die Uhr tätigen zur Sicherheitsorganisation des Forschungszentrums gehörenden Einsatzleiter vom Dienst zusammengefaßt. Es werden Einsatzunterlagen erarbeitet, aktualisiert und Alarmübungen der Sicherheitsdienste organisiert

Im Arbeitsschwerpunkt „Zentrale sicherheitsrelevante Datenbanken“ wird die technische Infrastruktur für die elektronische Dokumentation von sicherheitsrelevanten Daten zur Verfügung gestellt, die Hard- und Software gewartet und deren Nutzer geschult und beraten. Dazu wird ein Inhouse-Netzwerk mit mehreren Servern, auf denen die zentralen Datenbanken installiert sind, betrieben. Die Bereitstellung umfangreicher On-Line-Dokumentationen von Gesetzen, Verordnungen und anderen internen und externen Regelwerken gehört ebenfalls zum Aufgabenspektrum dieses Arbeitsschwerpunktes.

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.

#### Amtliche Meßstelle für Festkörperdosimeter

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

#### 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.

Von den Bereichen „Arbeitsplatzüberwachung“ werden die Auswertung der Stabdosisimeter vorgenommen, monatlich die amtlichen Dosimeter sowie nach Bedarf Teilkörper- oder Neutronendosisimeter ausgegeben, nach Plan 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. Neben den strahlenschutz-

relevanten Messungen vor Ort werden auch Meßaufgaben aus dem Bereich des konventionellen Arbeitsschutzes durchgeführt.

Im Bereich „Interne Dosimetrie“ werden mittels Ganz- und Teilkörperzählern 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.

#### 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 Abteilung Umweltschutz betreibt in Kooperation mit der Hauptabteilung Dekontaminationsbetriebe das Freimeßlabor, in dem die nuklidspezifischen Analysen durchgeführt werden, die erforderlich sind, um die beim Rückbau und Abriß kerntechnischer Anlagen anfallenden radioaktiven Reststoffe uneingeschränkt verwerten oder wie gewöhnlichen Abfall beseitigen zu können.

Die Gruppe „Abluft- und Umgebungsüberwachung“ kontrolliert, koordiniert und bilanziert die Aktivitätsableitungen der Anlagen auf dem Gelände des Forschungszentrums in die Atmosphäre. 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 darüberhinaus die Durchführung aller spektrometrischen Nuklidbestimmungen.

In der Gruppe „Chemische Analytik“ werden die radiochemischen Untersuchungen von Umweltproben, von Proben im Rahmen der Emissionsüberwachung und von Proben für das Freimeßlabor durchgeführt.

Für das Projekt Kernfusion wurden 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 und das Modell anhand der Ergebnisse von Expositionsexperimenten im Freiland getestet. Daraus resultierten Verbesserungen in der Vorhersage der Aufnahme von HTO in das Gewebewasser und des Tritiumeinbaus in die organische Substanz. Diese Aufgaben wurden zur Jahresmitte 1997 in des Institut für Toxikologie übertragen.

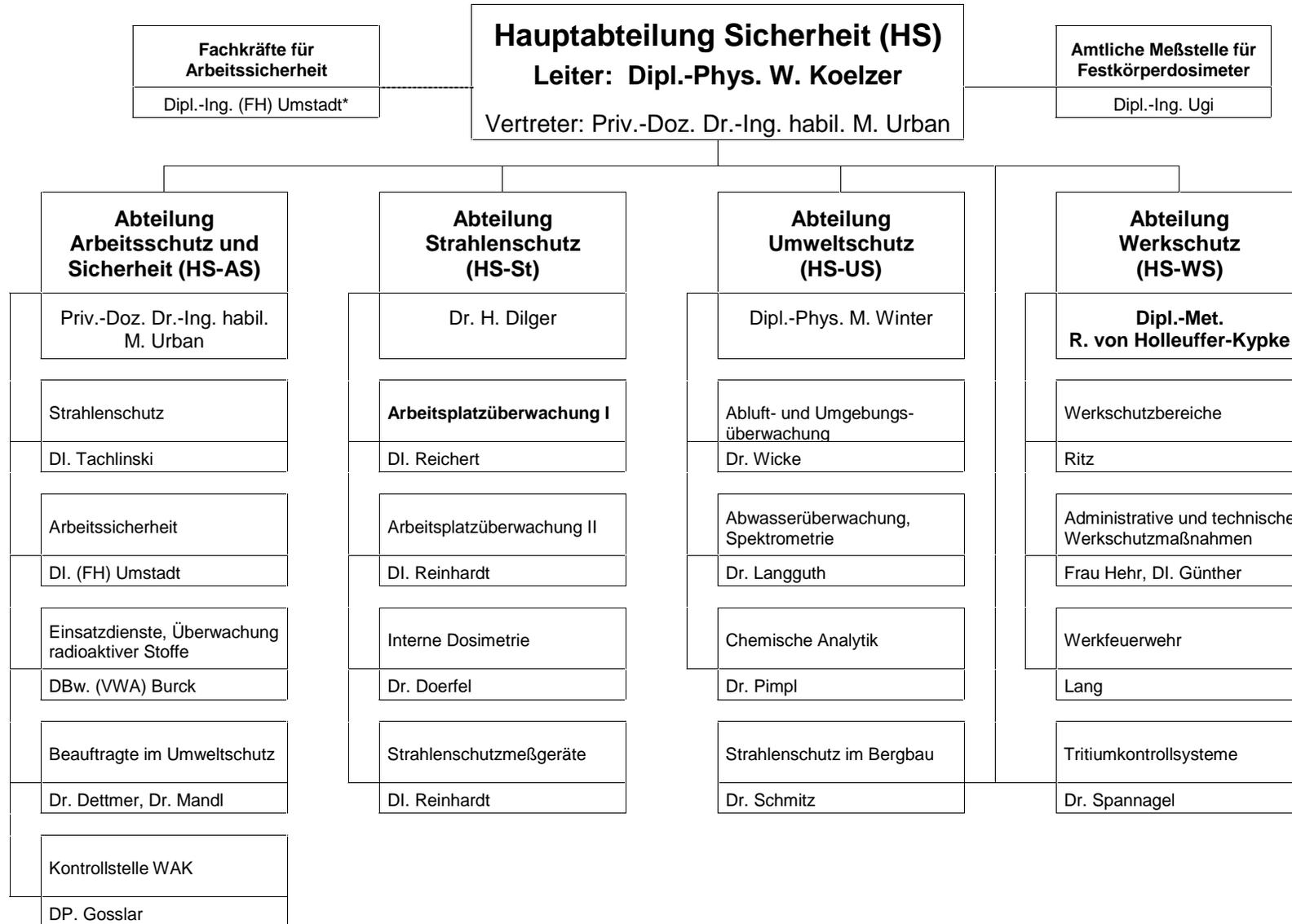
## Abteilung Werkschutz

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

Zu den Aufgaben der Gruppe „Werkschutzbereiche“ gehört 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 noch notwendigen Objektsicherungsmaßnahmen 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.



\*Als leitende Fachkraft für Arbeitssicherheit unmittelbar dem Vorstand unterstellt.

Stand: 31.12.1997

## 1 Central Safety Department: Duties and Organisation

The Central Safety Department is responsible for supervising, monitoring and, to some extent, 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 Centre (Forschungszentrum Karlsruhe GmbH), and for monitoring liquid effluents and the environment of all facilities and nuclear installations on the premises of the Research Centre. In addition, research and development work was carried out in the fields of behaviour of tritium in the air/soil/plant system, tritium balances for nuclear fusion fuel cycles, and assessments of workplaces exposed to higher radon concentrations.

As per December 31, 1997, the Central Safety Department - organisational chart see page 9 - employed 260 scientific, technical, and administrative staff members and five students for radiation protection engineers.

### 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 Centre. These activities also include the centralised 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 computerised 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 organisation of the Centre.

The "Accounting of Radioactive Substances Group" is responsible for central bookkeeping and accountancy as well as surveillance of nuclear materials and radioactive substances at the Centre. 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.

The "Task Forces Group" provides the Task Force Leader on Duty for the safety organisation of the Centre "around the clock", elaborates and updates assignment documents, conducts drills of the task forces, and writes reports about assignments.

The "Database Group" compiles and makes available important safety related information throughout the Centre in various databases. The group provides the technical infrastructure and hardware and software systems for extensive online documentation of laws, ordinances and other external and internal regulations in safety related fields.

To perform the duties of the Radiation Protection Officer of the Karlsruhe Research Centre 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.

#### Official Measuring Agency Centre 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 fulfils duties for other states and in the field of non-official dosimetry.

#### 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 ionising radiation. In exercising these functions many staff members work in a decentralised way, being assigned to the institutes of the Centre. 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 evaluation of pen dosimeters and for recording the personnel doses received. In accordance with a pre-set plan, routine contamination and dose rate checks are performed, and activity concentrations in the air of work rooms are monitored. The radiation protection staff organise 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 Centre and out of the premises of the Centre. When applicable, they issue clearances for the reuse or disposal of materials. In addition to radiation measurements the tasks of the group are extended to measurements in the field of industrial health, such as noise, hazardous materials, non-ionizing radiation etc.

In the "Internal Dosimetry Group", human body counters and special partial body counters are used to determine nuclide depositions in the body. Procedures are developed 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.

#### 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 Research Centre, and for monitoring environmental impacts in the vicinity, to demonstrate, on the basis of measurements and supporting calculations, that the limits set forth by the nuclear supervisory authorities, have been observed. The Environmental Protection Unit runs the laboratory for clearance measurements in cooperation with the Central Decontamination Department to perform nuclide specific analyses required for clearance of materials originating

from decommissioning of nuclear facilities which can be reused without restrictions or disposed of as ordinary waste only if reference values of remaining radioactivity specified by public authorities are underrated.

The "Gaseous Effluent and Environmental Monitoring Group" controls, coordinates and balances the activity discharges into the atmosphere from all facilities on the premises of the Research Centre 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. Beyond that the Group is 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 liquid and gaseous effluent monitoring and of samples for the clearance measurement laboratory

As part of the R&D program of the Research Centre, studies were conducted on the uptake of tritium in nutrition-related plants. 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. As of July 1997 this task was transferred to the Institute for Toxicology.

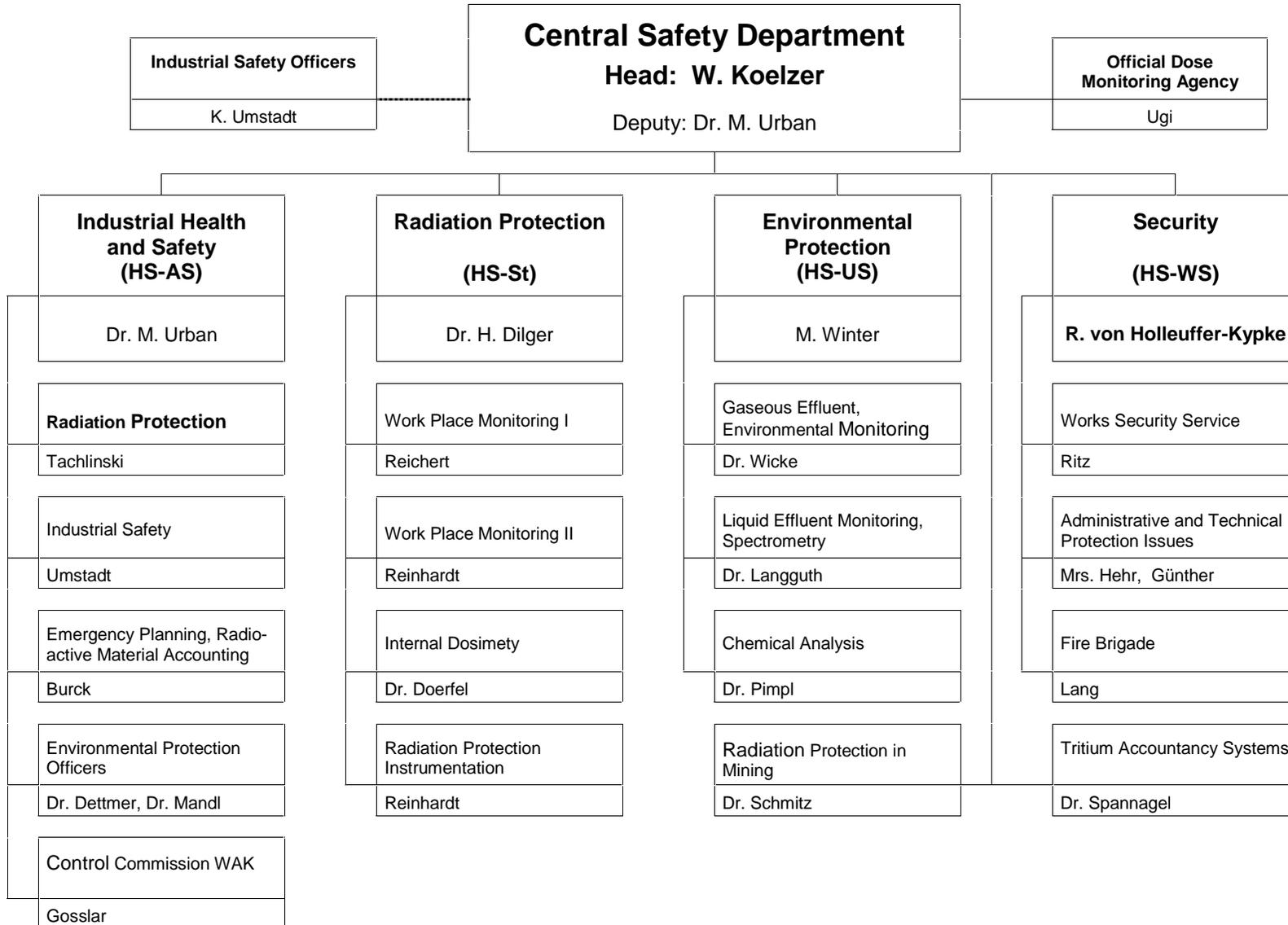
#### Works Security Service

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 Centre; 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 Centre, monitors locks, and is responsible for overseeing road traffic on the premises of the Centre. 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 Centre. 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 Centre.



Status as of Dec. 31, 1997



## 2 Arbeitsschutz und Sicherheit

M. Urban

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, des Gewässerschutzes, des Immissionsschutzes 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 und die Erarbeitung und Pflege von zentrumsübergreifendem Regelwerk. Die Abteilung ist in verschiedene Arbeitsschwerpunkte gegliedert.

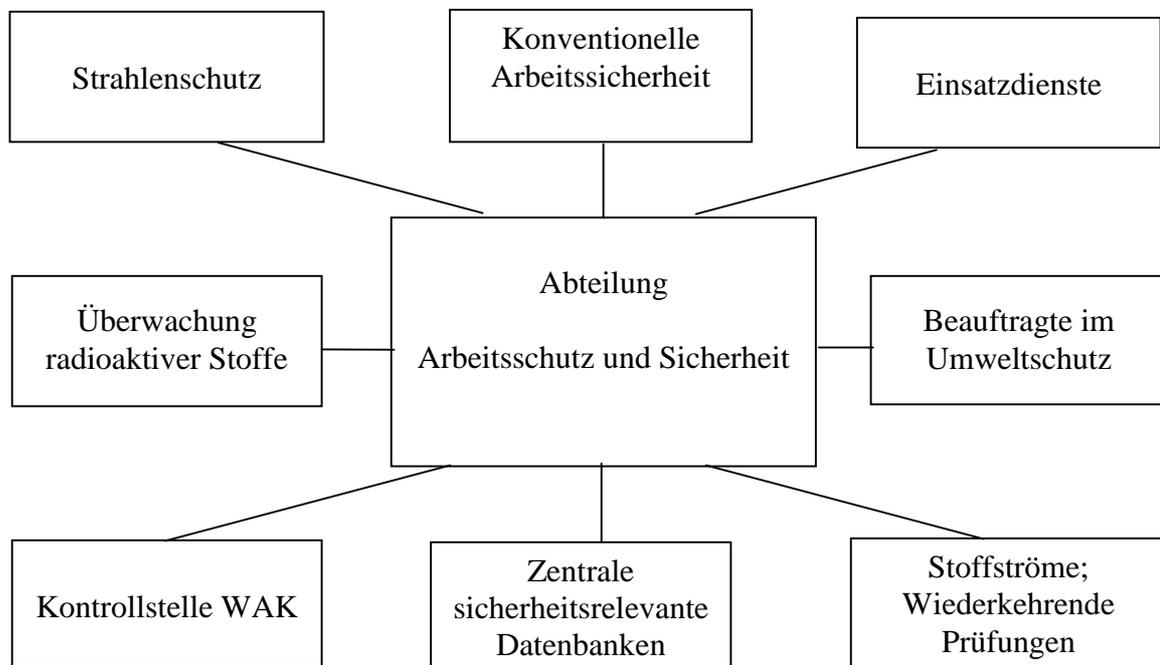


Abb. 2-1: Struktur der Abteilung HS-AS nach Arbeitsschwerpunkten

Im Arbeitsschwerpunkt "Strahlenschutz" werden für den Strahlenschutzverantwortlichen die Bestellungen der Strahlenschutzbeauftragten durchgeführt und deren Tätigkeit sowie der praktische Strahlenschutz durch Information, Beratung und Behördenkontakte unterstützt. Es werden die Einhaltung der Vorschriften der Strahlenschutz- und der Röntgenverordnung sowie behördlicher Auflagen durch die Strahlenschutzbeauftragten überprüft. Weitere Aufgaben sind die Pflege der Datenbanken mit den persönlichen Meßdaten der beruflich strahlenexponierten Personen und die Terminverfolgung für Strahlenschutzbelehrungen und arbeitsmedizinische Untersuchungen.

Die Arbeitsgruppe "Konventionelle Sicherheit" dient als Kontaktstelle zu den Behörden (Badischer Gemeindeunfallversicherungsverband, Gewerbeaufsichtsamt) in Fragen der konventionellen Arbeitssicherheit. Sie wertet deren Auflagen aus und überwacht die innerbetriebliche

Umsetzung. Sie führt die Bestellung der nach den Unfallverhütungsvorschriften geforderten Beauftragten durch und sorgt für deren Aus- und Weiterbildung. Zur Information der Mitarbeiter werden von der Arbeitsgruppe diverse Informationsmedien zur Verfügung gestellt. Zur Beurteilung des Unfallgeschehens im Forschungszentrum werden die gemeldeten Unfälle analysiert und mit einem Unfallbearbeitungsprogramm ausgewertet. Meldepflichtige Unfälle werden, nach Kenntnisnahme des Betriebsrates, an den Unfallversicherungsträger und das Gewerbeaufsichtsamt weitergeleitet.

Im Arbeitsschwerpunkt "Überwachung radioaktiver Stoffe" werden die zentrale Buchhaltung zur Überwachung von Kernmaterial und sonstigen radioaktiven Stoffen im Forschungszentrum durchgeführt, Materialbilanzberichte erarbeitet und an die zuständigen Behörden weitergeleitet und Inspektionen und Inventuren durch Euratom vorbereitet und begleitet.

Im Arbeitsschwerpunkt "Beauftragte im Umweltschutz" sind die Abfall-, Gefahrgut-, Immissionsschutz- und Gewässerschutzbeauftragten zusammengefaßt, denen die Aufgaben entsprechend den gesetzlichen Regelungen übertragen sind. Es sind dies insbesondere Beratungs-, Informations- und Überwachungsaufgaben in den einzelnen für die Umwelt relevanten Bereichen.

Im Arbeitsschwerpunkt "Stoffströme, wiederkehrende Prüfungen" werden wichtige umwelt- und sicherheitsrelevante Informationen für die Verantwortlichen in Form von Datenbanken zentrumsweit zur Verfügung gestellt. Hierzu gehören u. a. Sicherheitsdatenblätter und Gefahrstoffinformationen.

Im Arbeitsschwerpunkt "Einsatzdienste" sind die rund um die Uhr tätigen zur Sicherheitsorganisation des Forschungszentrums gehörenden Einsatzleiter vom Dienst zusammengefaßt. Es werden Einsatzunterlagen erarbeitet, aktualisiert und Alarmübungen der Sicherheitsdienste organisiert

Im Arbeitsschwerpunkt "Zentrale sicherheitsrelevante Datenbanken" wird die technische Infrastruktur für die elektronische Dokumentation von sicherheitsrelevanten Daten zur Verfügung gestellt, die erforderliche Hard- und Software gewartet und deren Nutzer geschult und beraten. Dazu wird ein Inhouse-Netzwerk mit mehreren Servern, auf denen die zentralen Datenbanken installiert sind, betrieben. Die Bereitstellung umfangreicher On-Line-Dokumentationen von Gesetzen, Verordnungen und anderen internen und externen Regelwerken gehört ebenfalls zum Aufgabenspektrum dieses Arbeitsschwerpunktes.

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.

## 2.1 Strahlenschutz

### 2.1.1 Aufgaben der Gruppe „Strahlenschutz“

W. Tachlinski

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

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 Auf-

gaben 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 165 Personen zu Strahlenschutzbeauftragten nach StrlSchV und RöV bestellt, die in 238 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 Strahlenschutzingenieure. 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 1997 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, D. Bosch

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. 1997 gab es für 2 211 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 2 636 Intervallen entfallen 1 289 auf Fremdfirmenangehörige. Diese große Zahl ergibt sich durch die hohe Fluktuation bei zum Teil sehr kleinen Intervallen. Für Personen, die nicht beruflich strahlenexponierte Personen entsprechend der Definition der Strahlenschutzverordnung 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. 1997 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 Photonen- und - soweit gemessen - Neutronendosis.

Im Jahresmittel waren 1 023 Mitarbeiter als beruflich strahlenexponierte Personen eingestuft. Die durchschnittliche Strahlenexposition für beruflich strahlenexponierte Personen betrug 1997 0,10 mSv (Vorjahr 0,14 mSv). Die Personendosis aller beruflich strahlenexponierten Mitarbeiter des Forschungszentrums betrug 1997 insgesamt 105,8 mSv (Vorjahr 151 mSv).

Der für eine Einzelperson festgestellte höchste Jahreswert der Personendosis betrug 7,0 mSv. Dieser Wert wurde bei einer Kategorie-A-Person festgestellt. Somit blieb der Jahreswert deutlich unter dem Jahresgrenzwert von 50 mSv.

Dosisintervall in mSv				Personendosis	
				Häufigkeitsverteilungen der Jahresdosiswerte 1997 in %	
		H =	0,0	91,2	
		H =	0,2	2,7	
		H =	0,4	1,1	
0,5	<	H ≤	1,0	1,8	
1,0	<	H ≤	2,0	2,0	
2,0	<	H ≤	5,0	0,9	
5,0	<	H ≤	10,0	0,3	
		H >	10,0	0,0	
Anzahl erfaßter Monatsdosiswerte				12 275	
höchste Jahresdosis in mSv				7,0	

Tab. 2-1: Ergebnisse der Personendosisüberwachung 1997 der Mitarbeiter des Zentrums

## 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 für das Forschungszentrum von HS-AS abgeschlossen und verwaltet.

### 2.1.5.1 Fremdfirmen in Strahlenschutzbereichen des Forschungszentrums

Zum Jahresende 1997 bestanden mit 283 Fremdfirmen Abgrenzungsverträge, von denen 201 tatsächlich tätig wurden und dabei 900 unterschiedliche Personen einsetzten. Die §-20-Genehmigungen dieser Fremdfirmen liegen uns vor.

In angemessenen Abständen werden allen Strahlenschutzbeauftragten sowie einigen Zentralstellen im Forschungszentrum 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 online 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 Forschungszentrums in die Strahlenpässe eingetragen. Zusätzlich dazu erhalten die Fremdfirmen durch HS-AS eine jährliche Übersicht über die Tätigkeiten ihrer Mitarbeiter im Forschungszentrum 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.

Wurden 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 Fremdinstitutionen übermittelten Daten im Dosisregister. Zum Jahresende bestanden 33 solcher Abgrenzungsverträge. Von den derzeit zur Strahlenschutzüberwachung angemeldeten Personen besaßen zum Jahresende 88 Personen einen gültigen Strahlenpaß, wobei im Jahr 1997 elf 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 Raumlufaktivitätskonzentration 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 Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit 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. 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 67 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 39 Personen auf Tritium überwacht. Die Meßergebnisse lagen überwiegend unterhalb der Nachweisgrenze von 200 Bq/l, der höchste Wert betrug  $1,4 \cdot 10^4$  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 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 die 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 Inkorporations-

überwachung mit zwei Fremdfirmen, wobei eine regelmäßige Inkorporationsüberwachung im Jahr 1997 bei zehn Fremdfirmenmitarbeitern durchgeführt wurde.

## 2.2 Arbeitsschutz

### K. Umstadt

#### 2.2.1 Organisation und Aufgaben der Gruppe konventionelle Arbeitssicherheit

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 und arbeitsbedingten Gesundheitsgefahren, zur Verhütung von Arbeits- und Wegeunfällen sowie von Berufskrankheiten.

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 gehören organisatorisch der Stabsstelle Fachkräfte für Arbeitssicherheit" innerhalb der Hauptabteilung Sicherheit an und haben die Aufgabe, die einzelnen Organisationseinheiten beim Arbeitsschutz, bei der Unfallverhütung und in allen Fragen zur Arbeitssicherheit einschließlich Maßnahmen der menschengerechten Gestaltung der Arbeit zu unterstützen.

#### 2.2.2 Unfallgeschehen

Nach § 193 des Sozialgesetzbuches VII (SGB VII) hat der Unternehmer Unfälle von Versicherten in seinem Unternehmen dem Unfallversicherungsträger anzuzeigen, wenn Versicherte getötet oder so verletzt sind, daß sie mehr als drei Tage arbeitsunfähig werden. Die Anzeige ist binnen drei Tagen zu erstatten, nachdem der Unternehmer von dem Unfall Kenntnis erlangt hat. Die Anzeige ist vom Betriebsrat mit zu unterzeichnen. Der Unternehmer hat den Sicherheitsbeauftragten, die Sicherheitsfachkraft und den Betriebsarzt über jede Unfallanzeige in Kenntnis zu setzen. 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 1997 insgesamt 72 Arbeitsunfälle an den Unfallversicherer gemeldet. Davon waren 43 Unfälle anzeigepflichtig (Betriebsunfälle: 31, Wegeunfälle: 11; Sportunfälle: 1). Einen Überblick über Art der Verletzungen und verletzte Körperteile gibt Tab. 2-2.

1997 betrug die absolute Zahl der meldepflichtigen Arbeitsunfälle (ohne Wegeunfälle) 32 und lag damit deutlich unter der Vorjahreszahl.

Zur Beurteilung des durchschnittlichen Unfallrisikos eines Versicherten müssen die absoluten Unfallzahlen zu geeigneten Bezugsgrößen ins Verhältnis gesetzt und damit Unfallquoten gebildet werden.

Bei der Darstellung der Häufigkeit der Arbeitsunfälle je 1 000 Mitarbeiter werden die Unfallzahlen verschiedener Unternehmen vergleichbar. Für das Forschungszentrum mit 3 800 Mitarbeitern ergeben sich die in Tab. 2-3 dargestellten Zahlen. Wie die Statistik zeigt, sind die anzeigepflichtigen Betriebsunfälle gegenüber dem Vorjahr weiter zurückgegangen. Die Zahl der Wegeunfälle hat sich im Vergleich zum letzten Jahr deutlich verringert.

Verletzte Körperteile	Jahr		Art der Verletzung	Jahr	
	1996	1997		1996	1997
Kopf	4	9	Prellungen, Quetschungen	15	11
Augen	1	1	Verstauchungen	1	1
Rumpf	1	2	Zerrungen, Verrenkungen	2	7
Beine, Knie	6	2	Wunde, Riß	12	11
Füße, Zehen	4	2	Knochenbruch	6	8
Arme	4	2	Verbrennungen, Verätzungen	2	1
Hände, Finger	16	14	Infektion, Vergiftung	1	1
Halswirbel	6	2	Sonstige		3

Tab. 2-2: Art der Verletzungen und der verletzten Körperteile bei den anzeigepflichtigen Betriebsunfällen

Die Wegeunfälle unterscheiden sich in vieler Hinsicht von den Arbeitsunfällen im Betrieb. Da sie auf dem Weg zwischen Wohnung und Arbeitsplatz, also außerhalb des Betriebes geschehen, sind sie den Unfallverhütungsmaßnahmen der Betriebe und der Berufsgenossenschaften auch schwer zugänglich. Hier unterstützen die gewerblichen Berufsgenossenschaften die Arbeit des Deutschen Verkehrssicherheitsrates in fachlicher und finanzieller Hinsicht.

Art der Unfälle	Zahl der anzeigepflichtigen Unfälle je 1000 Beschäftigte	
	Forschungszentrum 1997	gewerbliche Wirtschaft 1996*
meldepflichtige Betriebs- u. Sportunfälle	8,4	40,5
meldepflichtige Wegeunfälle	2,9	5,7

Tab. 2-3: Unfälle im Forschungszentrum Karlsruhe 1997 im Vergleich zur gesamten gewerblichen Wirtschaft

\* Daten von 1997 liegen noch nicht vor.

### 2.2.3 Arbeitsplatzüberwachungen

Nach § 5 Arbeitsschutzgesetz hat der Arbeitgeber durch eine Beurteilung der für die Beschäftigten mit ihrer Arbeit verbundenen Gefährdung zu ermitteln, welche Maßnahmen des Arbeitsschutzes erforderlich sind.

Der Arbeitgeber hat die Beurteilung je nach Art der Tätigkeiten vorzunehmen. Bei gleichartigen Arbeitsbedingungen ist die Beurteilung eines Arbeitsplatzes oder einer Tätigkeit ausreichend. Eine Gefährdung kann sich insbesondere ergeben durch

- die Gestaltung und die Einrichtung der Arbeitsstätte und des Arbeitsplatzes,
- physikalische, chemische und biologische Einwirkungen,
- die Gestaltung, die Auswahl und der Einsatz von Arbeitsmitteln, insbesondere von Arbeitsstoffen, Maschinen, Geräten und Anlagen sowie den Umgang damit.

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

Zur Durchführung der gebräuchlichsten Messungen (Lärm, Klima, Beleuchtung) wurden Mitarbeiter der Abteilung Strahlenschutz meßtechnisch ausgebildet und mit den entsprechenden Meßgeräten ausgerüstet. Sie führen auf Anforderung der Organisationseinheiten oder der zuständigen Fachkraft für Arbeitssicherheit die entsprechenden Messungen durch. Das Meßergebnis wird von der zuständigen Fachkraft beurteilt. Daraus resultierende Empfehlungen werden dem Institutsleiter mitgeteilt.

Die Notwendigkeit der Durchführung von Arbeitsplatzüberwachungen ist entweder bei Betriebsbegehungen festgestellt oder aufgrund von Anfragen der Mitarbeiter oder der Betriebsärzte festgelegt.

#### 2.2.4 Aus- und Fortbildung

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. Weiterhin wurden Kurse mit den Themen "Umgang mit Gasen" und "Fremdfirmenmitarbeiter im Betrieb" durchgeführt.

In den einzelnen Kursen wurden Mitarbeitern mit Sicherheitsfunktionen und Führungskräften die im Arbeitsschutzrecht, der Unfallverhütung und im Umweltschutz notwendigen 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.

Zur Aus- und Weiterbildung der Mitarbeiter sowie zur Durchführung der gesetzlich geforderten Belehrungen hat HS-AS ca. 100 Arbeitsschutzfilme aus verschiedenen Themenbereichen beschafft. Diese Filme können von den einzelnen Organisationseinheiten tageweise ausgeliehen werden. Eine Auflistung der Filme sowie der Inhalte kann über das Intranet unter KISS abgerufen werden.

#### 2.2.5 Arbeitsschutzausschuß

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 1997 wurden neben zahlreichen Einzelfragen aktuelle Themen behandelt. Schwerpunkte hierbei waren:

- Die Umsetzung des § 6 (Dokumentation) des Arbeitsschutzgesetzes

Die Verpflichtung trat am 21. August 1997 in Kraft. Hierzu erarbeitete die Stabsstelle Fachkräfte für Arbeitssicherheit ein Konzept, das im ASA diskutiert wurde. Das Konzept sieht vor, mit Hilfe eines Erkennungsleitfadens (Checkliste) für Gefährdungen/Belastungen die Institute und Abteilungen in die Lage zu versetzen, selbständig Gefährdungen/Belastungen in ihrem Verantwortungsbereich zu erkennen und entsprechend zu dokumentieren. In einem zweiten Schritt folgt dann die Auswertung der Beurteilungsbogen durch die zuständigen Fachkräfte für Arbeitssicherheit. Ergeben sich hierbei Unfall- bzw. Gefahrenschwerpunkte, werden zusätzliche Begehungen durch die Fachkräfte durchgeführt.

Diesem Konzept hat der ASA zugestimmt.

- Unfallgefahr für Radfahrer beim Befahren von Gleisanlagen

Hier laufen derzeit noch Versuche, in wieweit durch den Einbau von Sicherheitsprofilen in die Schienen die Sturzgefahr von Radfahrern verringert bzw. verhindert wird.

- Allgemein verfügbare Informationen

Das von HS/AS aufgebaute und gepflegte Informationssystem (KISS) wurde vorgestellt und die Inhalte angesprochen. Mit diesem System besteht die Möglichkeit Informationen zum Thema Umweltschutz, Strahlenschutz und Arbeitsschutz abzurufen. Darüber hinaus werden diverse Formulare (Anmeldung zur Arbeitsmedizinischen Vorsorgeuntersuchung, Meßanforderungen usw.) angeboten.

- Arbeitsbedingte Erkrankungen

Mit der Verabschiedung des Sozialgesetzbuches VII (SGB VII) wurden die Aufgaben der Berufsgenossenschaften bezüglich der Prävention erweitert. So ist eine der Aufgaben, mit allen geeigneten Mitteln, arbeitsbedingte Gesundheitsgefahren zu verhüten.

Hierzu berichtete der leitende Betriebsarzt Herr Dr. List.

## 2.3 Bilanzierung radioaktiver Stoffe

W. Burck

### 2.3.1 Zentrale Buchhaltung zur Erfassung und Meldung von Kernmaterial

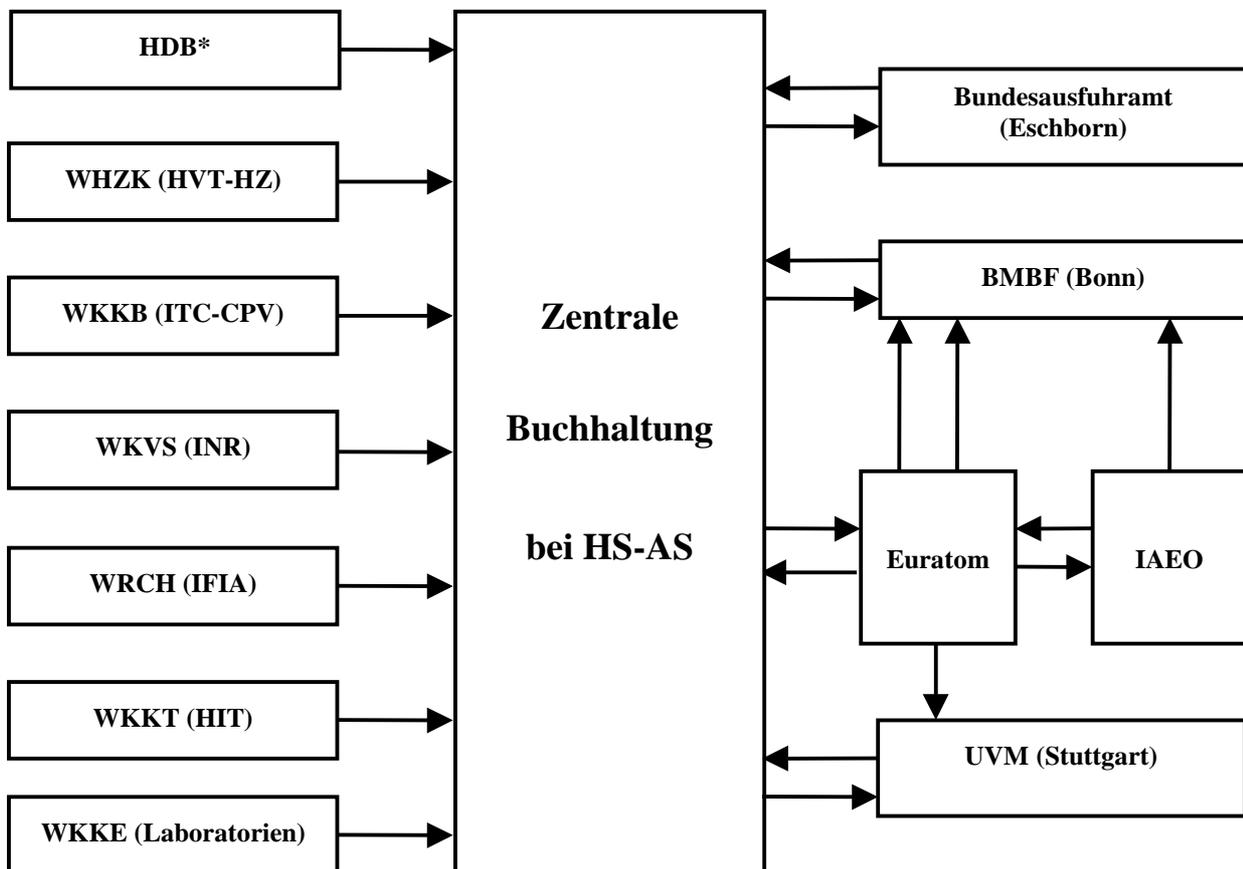
Die Rechtsgrundlagen zur Erfassung, Überwachung und Meldung des Kernmaterials ergeben sich aus nationalen und internationalen Abkommen, Gesetzen, Verordnungen und Vorschriften. Von grundlegender praktischer Bedeutung sind im internationalen Bereich die „Besonderen Kontrollbestimmungen“ der Kommission der Europäischen Gemeinschaften für die einzelnen Materialbilanzzonen. Aufgrund dieser Bestimmungen ist der Besitz von Kernmaterial von der Beschaffung bis zur Abgabe lückenlos zu erfassen. Bestandsänderungen sind je nach Einzelfall zu melden an: Euratom; Ministerium für Umwelt und Verkehr Baden-Württemberg; Bundesausfuhramt; Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft, Forschung und Technologie; Gewerbeaufsichtsamt.

Um Bewegungen innerhalb des Zentrums erfassen zu können, hat Euratom die Einrichtungen des Forschungszentrums in sieben Materialbilanzzonen und in den Bereich Hauptabteilung Dekon-

taminationsbetriebe 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. 1997 waren 421 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. 2-2 dargestellt.

### 2.3.2 Aufsicht durch Euratom

Im Jahre 1997 haben die Direktion Sicherheitsüberwachung von Euratom, Luxemburg, im Forschungszentrum Karlsruhe insgesamt zehn 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.



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

Abb. 2-2: 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 in Verbindung mit der „Richtlinie über Dichtheitsprüfungen an umschlossenen radioaktiven Stoffen vom 12.06.1996“ jährlich mindestens eine Dichtheitsprüfung durchzuführen. Die Wiederholungsprüfungen können entfallen oder in größeren Zeitabständen durchgeführt werden, sofern dies nach der o. g. Richtlinie 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.

erfaßte Strahler/Präparate	861
prüfpflichtig	89
Verzicht auf Wiederholungsprüfungen:	
gemäß Ziffer 4.2.1 - Bei Strahlern mit einer Aktivität bis zum 100-fachen der Freigrenze, wenn sie nicht am Patienten eingesetzt werden,	733
gemäß Ziffer 4.2.2 - bei Strahlern, die nur gasförmige radioaktive Stoffe oder radioaktive Stoffe mit Halbwertszeiten bis zu 100 Tagen enthalten,	34
gemäß Ziffer 4.2.3 - bei Strahlern, die fest in Vorrichtungen eingebaut sind und - die Aktivität des Strahlers das 10 000-fache der Freigrenze nicht überschreitet, - der den Strahler enthaltene Teil der Vorrichtung diesen gegen Stoß, Druck, Abrieb, Schmutz und chemische Einwirkungen schützt und nach 12-monatiger betriebsmäßiger Verwendung des Strahlers die Prüfstelle keine Einwirkungen feststellt, die auf ein mögliches Undichtwerden des Strahlers hinweisen,	0
gemäß Ziffer 4.2.4 - bei Strahlern, die in einer Vorrichtung verwendet werden, wenn eine schriftliche Stellungnahme der PTB bescheinigt wird, daß außer der Anahmeprüfung keine weiteren Dichtheitsprüfungen erforderlich sind; ausgenommen Strahler, die Patienten appliziert werden.	5

Tab. 2-4: Anzahl der anzeigepflichtigen, umschlossenen radioaktiven Stoffe im Forschungszentrum Karlsruhe (Stand 31.12.1997)

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.

Im Berichtsjahr wurden die Bearbeitung, Prüfung und zum Teil rechnergestützte Erfassung von 2 170 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.

#### 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 gegenüberzustellen und HS-AS mitzuteilen. 1997 wurden insgesamt 484 Meldungen mit den bei HS-AS gespeicherten Daten einer Plausibilitätsprüfung unterzogen. Es konnten keine Überschreitungen festgestellt werden.

Art der Berichte	Anzahl der Berichte und Berichtsempfänger			
	Euratom	Umweltministerium	Gewerbeaufsichtsamt	gesamt
Monatsberichte				
- Erwerb, Erzeugung und Abgabe radioaktiver Stoffe		4	12	16
- 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 und 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	2
- Eingänge, Abgänge und Bestände von radioaktiven Abfallprodukten		1	1	2
gesamt	28	23	19	70

Tab. 2-5: Umfang der Berichtserstattung 1997

### 2.3.5 Erfassung von Kernmaterialtransporten und Hilfestellung bei Planung und Abwicklung

Zu den Aufgaben der Gruppe „Überwachung radioaktiver Stoffe“ 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 1997 erfaßten Kernmaterialbewegungen zeigt Tab. 2-6.

Materialkategorie	intern	extern
Natururan	14	-
abgereichertes Uran	105	17
Thorium	5	22
angereichertes Uran	1	-
Plutonium	69	-
gesamt	194	39

Tab. 2-6: Anzahl der Kernmaterialbewegungen 1997

Grundlage dieser Erfassung sind die Liefer- und Versandscheine. Die Anzahl der Kernmaterialbewegungen ist jedoch weder mit der Anzahl von Kernmaterialtransporten noch mit der Zahl der ausgewerteten Liefer- oder 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.

## 2.4 Einsatzleitung und Einsatzplanung

W. Burck

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

### 2.4.1 Aufgaben

Die Arbeitsgruppe „Einsatzleitung und Einsatzplanung“ hat im einzelnen folgende Aufgaben:

- Umsetzen, Aktualisieren und Kontrollieren der einsatzspezifischen Unterlagen (Alarmplan, allgemeine Sicherheitsregelung und Melderegung des Forschungszentrums; Alarmpläne der Fremdinstitutionen),
- Betreuen und Ausbilden der Einsatztrupps des Forschungszentrums,



Jahr	1992	1993	1994	1995	1996	1997
Anzahl der Einsätze	235	210	183	223	190	223
Geamteinsatzzeit in Stunden *	172	151	146	167	145	136
mittlere Einsatzdauer in Stunden	0,7	0,7	0,5	0,5	0,45	0,36
Anzahl der Einsätze während der Regelarbeitszeit	100	75	66	71	70	77
Anzahl der Einsätze außerhalb der normalen Arbeitszeit	135	135	117	152	120	146
Alarmübungen	10	8	8	8	9	7

\* 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, 1992 bis 1997

### 2.4.3 Übungen der Einsatzdienste

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

- Strahlenmeßtrupp                      10 Personen
- Absperrtrupp                            15 Personen
- Feuerwehrtrupp                        44 Personen
- Sanitätstrupp                            12 Personen
- Dekontaminationstrupp                5 Personen.

1997 wurden zwei Alarmübungen durchgeführt. Daneben wirkten Einsatzleiter und Einsatzdienste des Zentrums an fünf Alarmübungen mit, die von der Kernkraftwerk-Betriebsgesellschaft, dem Institut für Transurane, dem Kerntechnischen Hilfsdienst und der Wiederaufarbeitungsanlage Karlsruhe durchgeführt wurden. Übungszwecke waren: Alarmierung, Kommunikation, Zusammenwirken der Einsatzkräfte, Menschenrettung unter schwierigen Bedingungen, Versorgung der Verletzten, Umgang mit Gefahrstoffen, Strahlenschutz- und Meßaufgaben. Neben den ständigen Sicherheitsdiensten wurden auch die Einsatztrupps und das Betriebspersonal der betroffenen Institute in die Übungen mit einbezogen.

#### 2.4.4 Meldepflichtige Ereignisse nach Strahlenschutzverordnung

Nach § 36 der Strahlenschutzverordnung ist der Eintritt eines Unfalles, eines Störfalles oder eines sonstigen sicherheitstechnisch bedeutsamen Ereignisses unverzüglich der atomrechtlichen Aufsichtsbehörde anzuzeigen. Die Vorgehensweise zur Unterrichtung der atomrechtlichen Genehmigungs- und Aufsichtsbehörden über Vorkommnisse im Forschungszentrum Karlsruhe sind in einer Melderegelung festgelegt. Im Jahre 1997 wurde den Aufsichtsbehörden ein sicherheitstechnisch bedeutsames Ereignis der Meldestufe II gemeldet. Zwölf Vorkommnisse, die von besonderem Interesse für das Ministerium für Umwelt und Verkehr Baden-Württemberg als atomrechtliche Aufsichtsbehörde sein können, wurden als sogenannte Info-Meldungen übermittelt.

#### 2.5 Betriebsbeauftragte im Umweltschutz

K. Dettmer, B. Mandl

Die Gruppe „Beauftragte im Umweltschutz“ setzt sich zusammen aus dem Gefahrgut- und Abfallbeauftragten und dem Gewässerschutz- und Immissionsschutzbeauftragten. Die Gruppe ist in die Abteilung Arbeitsschutz und Sicherheit eingebunden. Dadurch existieren optimale Voraussetzungen, daß die Betriebsbeauftragten die an sie gestellten Anforderungen erfüllen können.

Die Aufgaben der Beauftragten lassen sich unterteilen in Kontrolle und Überwachung, Beratung, Information und Dokumentation. Durch das Ineinandergreifen der Rechtsgebiete, die sich aus den einzelnen Umweltbereichen ergeben, hat sich die Konzentration aller Betriebsbeauftragtenfunktionen auf eine Arbeitsgruppe mit kurzen Informationswegen bewährt. Zusätzlich zu den umweltrechtlich relevanten Aufgaben werden in der Gruppe Tätigkeiten zur Umsetzung der Gefahrstoffverordnung ausgeführt sowie die wiederkehrenden Prüfungen innerhalb des Zentrums überwacht.

##### 2.5.1 Wiederkehrende Prüfungen

K. Dettmer, H.-J. Henkenhaf

Um die technische Betriebssicherheit zu gewährleisten, müssen bestimmte Gegenstände, Anlagen und Anlagenteile in vorgegebenen Zeitintervallen Prüfungen unterzogen werden. 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. 2-3 dargestellt. Wiederkehrende Prüfungen sind in allen Organisationseinheiten des Zentrums durchzuführen. Durch ein einheitliches System der Terminüberwachung wird die Einhaltung der vorgeschriebenen Prüfintervalle gesichert und die Nachweisführung gegenüber den Behörden erleichtert. Zur Terminierung und Dokumentation der Prüfungen werden Prüfprotokolle erstellt und an die verantwortlichen Organisationseinheiten oder die prüfenden Fachabteilungen gesendet. Diese erhalten außerdem jährlich Prüfkalender. Bei Bedarf werden monatlich Mahnlisten verschickt.

Wesentlicher Bestandteil der Koordinations- und Dokumentationsarbeit ist die Eingabe von Terminen durchgeführter Prüfungen in eine Datenbank und der Abgleich der vorhandenen Daten von Prüfobjekten. Letzterer findet beispielsweise mit Hilfe der Prüflisten statt, die durch Betriebsbeauftragte der Organisationseinheiten nach den aktuellen Gegebenheiten modifiziert werden. Eine Voraussetzung für das Mahnwesen ist, daß die tatsächlich vorhandenen Prüfobjekte genau in der Datenbank widerspiegelt werden und die Dokumentation mit den Organi-

sationseinheiten vollständig abgestimmt ist. Dies erfordert eine fortlaufende Datenpflege und stellt einen weiteren wichtigen Teil der Tätigkeiten innerhalb der Abteilung dar.

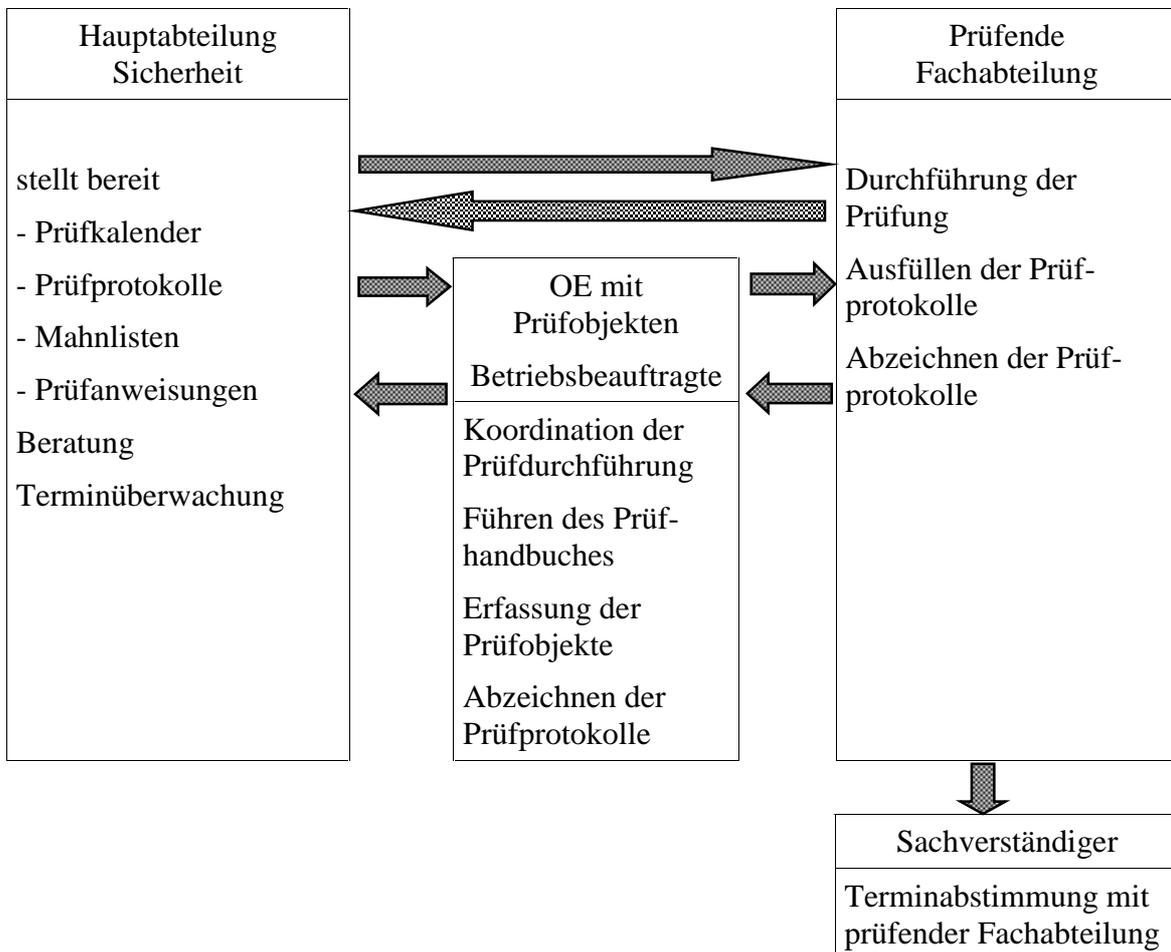


Abb. 2-3: Wiederkehrende Prüfungen – Aufgabenverteilung und Informationsfluß

Um die Gefahr von Fehlern und Datenverlusten zu reduzieren, besteht ein System, das einen Teil der Betriebsbeauftragten des Zentrums in die Lage versetzt, über Netzwerk auf die ihrer Organisationseinheit zugehörigen Daten zuzugreifen, diese selbständig zu pflegen und die Terminerfassung durchzuführen. Alle relevanten Informationen können von diesen Betriebsbeauftragten vor Ort eingesehen und ausgewertet werden.

Durch die Entwicklung einer Paßworthierarchie wird gewährleistet, daß Betriebsbeauftragte ausschließlich und eindeutig auf die ihnen zugeordneten Datensätze zugreifen können. Es besteht außerdem die Möglichkeit, daß die Abteilung Instandhaltung im Bereich Technische Infrastruktur als prüfende Fachabteilung auf alle ihr in der Datenbank der Abteilung Arbeitsschutz und Sicherheit zugeordneten Objekte zugreifen und diese mit dem Wartungsplansystem abstimmen kann.

Auch im Berichtszeitraum hat sich die Kombination von zentraler Datenpflege für den überwiegenden Teil der Organisationseinheiten und dezentraler Datenpflege durch einen Teil der Betriebsbeauftragten gut bewährt und zu einer verbesserten Terminverfolgung bei den wiederkehrenden Prüfungen geführt.

## 2.5.2 Umsetzung der Gefahrstoffverordnung

K. Dettmer, P. Kraft

Die Gefahrstoffverordnung fordert die Führung eines Gefahrstoffkatasters sowie die Information der Mitarbeiter. In diesem Zusammenhang müssen Sicherheitsdatenblätter bereitgehalten und Betriebsanweisungen zu den Gefahrstoffen im Forschungszentrum erstellt werden.

In den letzten Jahren wurde durch eine Arbeitsgruppe, die sich aus Mitarbeitern verschiedener Organisationseinheiten zusammensetzt, ein Konzept für die zentrumsweite Erfassung und Buchführung von Gefahrstoffen entwickelt. Das Konzept unterstützt die Umsetzung der Gefahrstoffverordnung. Es beinhaltet unter anderem die zentrale Aufnahme und Verteilung von Sicherheitsdatenblättern der Gefahrstoffe im Zentrum und die Führung des Gefahrstoffkatasters.

Als wesentlicher Bestandteil des Konzepts wurde das Datenbank-Programm BestChemie erstellt, das es ermöglichen soll, Gefahrstoffe und Chemikalien beginnend mit der Bestellung bis hin zum Verbrauch und zur Entsorgung elektronisch zu registrieren und die Stoffströme zu verfolgen. Alle Gefahrstoffe sollen vom System im Rahmen der Bestellung erfaßt und die entsprechenden Beschaffungsanforderungen und Materialentnahmescheine für Lagerentnahmen elektronisch erzeugt werden.

Die Abb. 2-4 zeigt den auf DOS basierenden Aufbau der Netzwerkversion des Programms BestChemie. Die Bestelldaten von Stoffen werden im Rahmen der Beschaffungsanforderung auf den zentralen Server übertragen. Bei zentrumsweiter Nutzung ließe sich eine Bilanzierung der Stoffe unter sicherheitstechnischen Aspekten zentral für alle Gefahrstoffe in den Organisationseinheiten durchführen.

Das bisherige Datenbankprogramm beinhaltet ein komplexes File-Server-Konzept auf der Basis einer Datenbank unter dem Betriebssystem DOS. In der Erprobungsphase zeigte sich, daß aufgrund des Vernetzungskonzepts des Programmprototyps kein stabiles Systemverhalten zu erreichen ist. Außerdem wurde deutlich, daß voraussichtlich für die Pflege der technisch bedingt aufwendigen Softwareausführung erhebliche Ressourcen freigesetzt werden müssten. Aus diesem Grund wurde die ursprünglich für den Berichtszeitraum geplante zentrumsweite Umsetzung des Konzepts an ein Redesign des Programms geknüpft. Dies war für das Jahr 1998 geplant. Das Redesign sollte auf einer modernen, plattformunabhängigen Client-Server-Technologie aufsetzen. Die Zuständigkeit für das Projekt wurde inzwischen ITAS übertragen. Das ausschreibungsfähige Pflichtenheft, Projektabschluß bei HS/AS, wurde ITAS zur Realisierung übergeben.

Unabhängig vom Redesign des BestChemie-Programms wurde im Berichtszeitraum die Überarbeitung der Sicherheitsdatenblätter der im Zentrum vorhandenen Stoffe in einer zentralen Datenbank durchgeführt. Die Datenbank, deren Inhalt sich aus zahlreichen Erkenntnisquellen speist, wurde neben den kommerziell erhältlichen Datenbanken an zentraler Stelle zur Verfügung gestellt und kann zur allgemeinen Information über Gefahrstoffe und zur Erstellung von gefahrstoff- und arbeitsplatzbezogenen Betriebsanweisungen herangezogen werden.

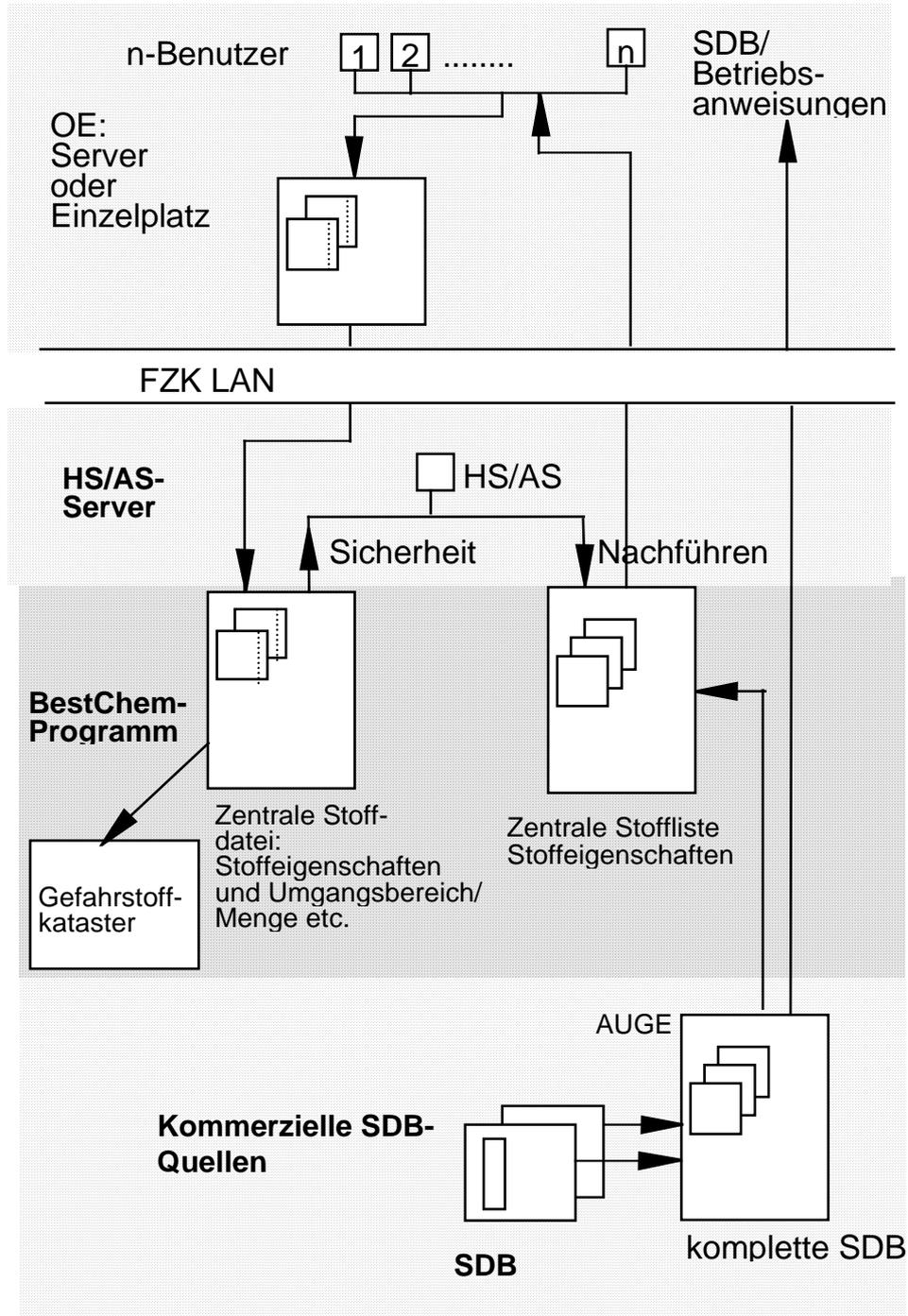


Abb. 2-4: Austausch von Gefahrstoffinformationen im Zusammenhang mit dem Datenbankprogramm BestChemie (SDB = EG-Sicherheitsdatenblatt)

### 2.5.3 Gefahrguttransporte und Gefahrgutumschlag

#### B. Mandl

Die Änderungen zum Gefahrguttransport auf Straße und Schiene (ADR und RID) und die angepaßten Rahmenverordnungen GGVS und GGVE sind zum Jahresbeginn 1997 in Kraft getreten und mußten bis zum Ablauf der Übergangsfristen zum 30.06.1997 umgesetzt werden. Hinzu kam eine umfassende Änderung der Gefahrgutausnahmereverordnung, die insbesondere Einfluß auf den Transport konventioneller Abfälle als Gefahrgüter und die Nutzung von Containern als Verpackungen für den Transport radioaktiver Stoffe Auswirkungen hatte.

Von besonderer Bedeutung waren die Änderungen bei den Verladepflichten. Vor dem Be- und Entladen ist nun eine Kontrolle der Dokumente und eine Sichtprüfung des Fahrzeugs und seiner Ausrüstung erforderlich. Diese Kontrollvorschriften der Randnummer 10400 des ADR ist so allgemein gehalten, daß für jeden einzelnen Umschlagsbereich die Abläufe und Kontrolllisten spezifisch angepaßt werden mußten. Dabei stand im Vordergrund, die Verhältnismäßigkeit zwischen Aufwand und Nutzen im Hinblick auf die Sicherheit zu wahren.

Mit der Änderung der Gefahrgutvorschriften zum 01.01.1997 wurden die nationalen Anforderungen den internationalen Anforderungen zum Gefahrguttransport angeglichen. Die Rahmenverordnungen GGVS/GGVE regeln nur noch einige wenige nationale Eigenheiten wie z. B. Listenguttransporte (Transport besonders gefährlicher Gefahrgüter über bestimmte Fahrtrouten). Die Anpassung der Gefahrgutabwicklung beim Forschungszentrum betrafen insbesondere zusätzliche Angaben im Beförderungspapier, die Klassifizierung von Gefahrgütern, die Kennzeichnung und Bezettelung von Verpackungen, Großpackmitteln, Containern und Fahrzeugen.

Im Berichtszeitraum kam es weder zu Unfällen noch zu Zwischenfällen, bei denen Personen oder Güter beim Gefahrgutumschlag zu Schaden kamen. Einige besondere Ereignisse wurden bei der Anlieferung radioaktiver Stoffe festgehalten. Die sicherheitsrelevanten Mängel wurden mit den zuständigen Versendern und Beförderern soweit erörtert, daß entsprechende Maßnahmen zur Mängelbeseitigung ergriffen werden konnten.

Der Gefahrgutumschlag des Forschungszentrums läßt sich in zwei Bereiche unterteilen. Dies ist zum Einen der Umschlag radioaktiver Gefahrgüter der Klasse 7 und zum Anderen der Umschlag sonstiger konventioneller Gefahrgüter. Die Gefahrgutvorschriften geben zwar für beide Bereiche im wesentlichen die gleiche Struktur vor, inhaltlich weichen sie jedoch voneinander ab. Der Gefahrgutumschlag für beide Bereiche wurde in den vergangenen Jahren bei einigen wenigen Organisationseinheiten bzw. Abteilungen konzentriert. Dies ist auf Grund der hohen Anforderungen und Fachkenntnisse zum Gefahrguttransport sowie dem damit verbundenen Informations- und Schulungserfordernissen sinnvoll.

Im Bereich des Transports radioaktiver Gefahrgüter der Klasse 7 ist die Abwicklung ausgehender Transporte beschränkt auf

- die Transport- und Isotopenleitstelle der Hauptabteilung Dekontaminationsbetriebe,
- die Hauptabteilung Zyklotron für den Transport ausgehender Präparate für die nuklearmedizinische Diagnostik und aktivierter Maschinenteile

Alle anderen Organisationseinheiten, die radioaktive Gefahrgüter versenden wollen, müssen dies über die Transport- und Isotopenleitstelle der Hauptabteilung Dekontaminationsbetriebe durchführen.

Für die externen Transporte werden Transportunternehmen mit entsprechender Genehmigung beauftragt. Insgesamt wurden von HDB 280 An- und Abtransporte über die Verkehrsträger Straße und Schiene abgewickelt. Von der Hauptabteilung Zyklotron wurden mehr als

1 300 Transporte von Isotopen oder radioaktiven Maschinenteilen durchgeführt. Die Transporte wurden überwiegend auf der Straße mit Pkw oder Kleintransportern aber auch über Lufttransporte ausgeführt. In einigen Fällen wird im Anschluß an den Straßentransport (Zufahrt zu den Flughäfen) per Luftfracht ins Ausland weitertransportiert (Kombiverkehr). Für den Transport radioaktiver Stoffe innerhalb des Zentrums ist die Transportordnung des Forschungszentrums (ITO) für den internen Transport radioaktiver Stoffe anzuwenden.

Im Bereich des Transports konventioneller Gefahrgüter findet der Hauptumschlag von Gefahrgütern über die Hauptabteilung Einkauf- und Materialwirtschaft und die Abfallwirtschaftszentrale des Forschungszentrums statt. Dabei gehen über EKM/MW im wesentlichen die Gefahrgüter ein und verlassen das Zentrum entweder als Abwasser oder als Abfall.

Gefahrgüter werden über den Wareneingang beim Chemikalien- und Gaslager empfangen. Von hier aus werden die Güter ausschließlich in Originalverpackungen und zugelassenen Druckgasflaschen unterschiedlicher Größe innerbetrieblich weitertransportiert und verteilt. Eingehende Tanktransporte fahren direkt die Entladestation bei den Organisationseinheiten an. Die Ausgabe von Feinchemikalien beim Chemikalienlager erfolgt nur, wenn der Abholer einen speziell für den innerbetrieblichen Transport einzelner Chemikalienflaschen vorgesehenen Behälter verwendet. Dieser kann über das Hauptlager bezogen werden.

Nach Nutzung oder Verbrauch fallen in der Regel alle eingebrachten Güter als Abfall oder als Abwasser an. Lediglich ein geringer Teil wird zur direkten Weiterverwendung über das Geräte- lager weiter veräußert oder kostenfrei abgegeben. Im geringen Umfang werden über EKM/MW Gefahrgüter an externe Einrichtungen versandt.

Im Berichtsjahr wurden 270 Antransporte von Gasen in Druckbehältern oder Tankfahrzeugen und anschließendem Abtransport von leeren ungereinigten Gefäßen oder Tankfahrzeugen (ebenefalls Gefahrguttransporte) abgewickelt. Hinzu kamen mehr als 170 Anlieferungen von Feinchemikalien, technischen Chemikalien und Heizöl. Über die Abfallwirtschaftszentrale wurden 65 Abtransporte von Abfällen als Gefahrgüter durchgeführt. Die Änderungen im Gefahrgutrecht äußern sich bei konventionellen und radioaktiven Transporten gleichermaßen deutlich.

Damit die neuen Vorschriften zeitnah umgesetzt werden konnten, war eine intensive und ins Detail gehende Information und Beratung der beauftragten Personen und der mit der Abwicklung beteiligten sonstigen verantwortlichen Personen erforderlich. Im Vordergrund standen hierbei die Überarbeitung der Beförderungspapiere, der Verladeprotokolle, Checklisten und der operativen Tätigkeiten zur Kontrolle beim Verladen. Der Schwerpunkt bei der Überwachung und Kontrolle wurde ebenfalls auf diese Abläufe und Tätigkeiten gelegt. Die andauernden Änderungen der Regelung zum Gefahrguttransport erfordern auch weiterhin eine intensive Informationstätigkeit um bei allen am Gefahrgutumschlag beteiligten Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern ein hohes Maß an Fachkunde zu gewährleisten. Dies ist im Interesse der Sicherheit beim Gefahrguttransport.

#### 2.5.4 Abfallwirtschaft

##### B. Mandl

Die zum 07.10.1996 in Kraft getretenen Verordnungen zum Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz, die umfangreiche Änderungen und Neuregelungen erfordern, mußten 1997 entsprechend umgesetzt bzw. angewandt werden. Die Neuregelungen betreffen insbesondere

- die Abfallbestimmung nach dem europäischen Abfallkatalog (neue Zuordnung zu Abfallbezeichnungen und Abfallschlüssel-Nr.),

- die Ermittlung der neuen Überwachungsanforderungen in Abhängigkeit von der Entsorgungsart Verwertung oder Beseitigung,
- die Durchführung der neuen Nachweisführung entsprechend der Nachweisverordnung für besonders überwachungsbedürftige und überwachungsbedürftige Abfälle,
- die Ausführung der Pflichten, die durch das neue Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz in Verbindung mit den Verordnungen erforderlich sind,
- die Anpassung der Dokumentation zum Verbleib der Abfälle mit dem rechtlich geforderten Nachweisbuch.

In der Praxis bereiteten neben der Auslegung vieler unbestimmter Rechtsbegriffe und sonstiger Auslegungsspielräume vor allem die Anwendung der Abfallbestimmungsverordnungen, des europäischen Abfallkatalogs und der Nachweisverordnung Probleme. Im Vordergrund standen hierbei die Übergangsvorschriften, die eindeutig besagen, daß die alten LAGA-Schlüssel bis zum 31.12.1998 anzuwenden sind und mit Wirkung zum 01.01.1999 auf die neuen EAKV-Schlüssel umzustellen sind. Entsprechend ist beispielsweise bei der Bestätigung von Entsorgungsnachweisen oder vereinfachten Entsorgungsnachweisen zu verfahren. Diese beinhalten die Bestätigung, daß ein Entsorgungsweg zulässig ist.

Im abgelaufenen Geschäftsjahr wurde die Landesabfallabgabe auf besonders überwachungsbedürftige Abfälle zur Beseitigung aufgehoben. Die Landesabfallabgabe hat als Lenkungsinstrument, nämlich die Verwertung vor der Beseitigung zu präferieren, ihr Ziel erreicht. Dies wird auch an den Abfallströmen des Forschungszentrums deutlich. Die genutzten Vermeidungs- und Minderungspotentiale, insbesondere bei den Abfällen zur Beseitigung, ergaben sich in den vergangenen Jahren auf Grund des gestiegenen Angebots an Verwertungsmöglichkeiten und der intensiven Suche seitens des Forschungszentrums nach geeigneten stofflichen oder thermischen Verwertungsanlagen. Für das Forschungszentrum hat das neue Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz diesbezüglich keine Änderungen oder wesentlichen Impulse im Bezug auf den Vorrang der Verwertung vor der Beseitigung gebracht. Die sich ständig ändernden Abfallarten, die im Forschungszentrum anfallen, werden auch zukünftig eine intensive Suche nach Verwertungsmöglichkeiten erfordern.

Bei der Umsetzung aller rechtlicher Anforderungen unter Berücksichtigung der ökonomischen Erfordernisse, erlaubt die Organisation der Abfallwirtschaft des Forschungszentrums eine rationelle und zeitnahe Umsetzung. Die Abfallwirtschaftszentrale ist dabei zentraler innerbetrieblicher Entsorgungsdienstleister und verantwortlich für die ordnungsgemäße externe Abwicklung aller externen Entsorgungsvorgänge. Das fachkundige Personal der Abfallwirtschaftszentrale bewältigte die gestellten Aufgaben insbesondere auch auf Grund der intensiven Zusammenarbeit mit HS/AS ohne größere Schwierigkeiten mit Externen (Entsorgungsbetriebe, Behörden).

Im Berichtszeitraum wurde der Entsorgungsrahmenvertrag für die Ausführung von Entsorgungsdienstleistungen durch einen externen Entsorgungsfachbetrieb neu ausgeschrieben und vergeben. Das Dienstleistungsangebot der Abfallwirtschaftszentrale für die Mitarbeiter konnte hierdurch weiter verbessert und die Kosten für den Gesamtaufwand der Abfallentsorgung für das Forschungszentrum weiter reduziert werden.

Allgemein ist festzustellen, daß durch die zentrale Abwicklung aller Entsorgungsmaßnahmen durch die Abfallwirtschaftszentrale die innerbetrieblichen Abläufe vereinfacht und die Mitarbeiter entlastet werden. Dies gewährleistet darüber hinaus die Überwachung und Kontrolle des Weges der Abfälle von ihrer Entstehung bis zu ihrer externen Entsorgung.

Im Berichtszeitraum kam es zu keinen Unfällen oder besonderen Ereignissen. Wiederkehrend auftretende Probleme bei der Entsorgungsabwicklung und Beanstandungen traten bei Baumaßnahmen auf. Verstärkte Informationstätigkeiten führten nicht immer zur Behebung der Mängel

(z. B. Nichteinhaltung der Sortiervorgaben und der organisatorischen Regelung zur Abwicklung von Entsorgungsmaßnahmen).

Insgesamt ist festzuhalten, daß sich die Organisation der Abfallwirtschaft des Forschungszentrums in hohem Maße bewährt hat. Wesentliche Punkte sind hierbei die zentrale Abwicklung aller Entsorgungsmaßnahmen durch die Abfallwirtschaftszentrale und die Trennung der operativen Tätigkeiten (Abfallwirtschaftszentrale, BTI/V) von der Kontroll- und Überwachungsfunktion (Abfallbeauftragter, HS/AS). Die intensive Zusammenarbeit beider Bereiche, bei gleichzeitiger klarer Aufgabentrennung gewährleistet ein hohes Maß an rationeller, ökonomischer und rechtskonformer Entsorgung.

<b>Abfallbezeichnung</b>	<b>Abfallschlüssel-Nr.</b>	<b>Menge [Mg]</b>
Altlacke, Altfarben nicht ausgehärtet	555 12	0,7
Anorganische Säuren, Säuregemische und Beizen	521 02	21,6
Asbestabfälle	314 36	66,4
Baustellenabfälle	912 06	196,0
Entwickler	527 23	1,4
Feste fett- und ölverschmutzte Betriebsmittel	542 09	5,8
Feuerlöschpulverreste	399 05	5,0
Filterstäube	313 09	3,3
Fixierbäder	527 07	1,1
Hausmüllähnliche Gewerbeabfälle	912 00	293,2
Laborchemikalienreste, anorganisch	593 03	0,1
Lösemittelgemische, halogenhaltig	552 20	1,2
Mineralfaserabfälle	314 16	63,2
Mit Chemikalien verunreinigte Betriebsmittel	593 04	4,1
Sonstige PCB-haltige Abfälle	541 11	0,7
PCB-haltige Erzeugnisse und Betriebsmittel	541 10	1,0
Ölbinder	314 28	1,9
Sandfangrückstände	547 01	9,1
Sonstige Konzentrate und Halbkonzentrate	527 25	12,5
Sonstige NE-metallhaltige Abfälle (Natrium)	353 15	0,7
Trockenbatterien	353 25	2,7
Wachsabfälle	542 07	12,6
<b>Summe</b>		<b>704,3</b>

Tab. 2-8: Abfälle zur Beseitigung 1997

Abfallbezeichnung	Abfallschlüssel-Nr.	Menge
Altfenster/Fensterglas	17 02 02	12,2 Mg
Altglas/Laborglas	314 08/20 01 02	20,6 Mg
Altpapier/Kartonage	20 01 01	309,6 Mg
Altreifen	16 01 03	19 Stück
Aluminium	12 01 03	3,2 Mg
Bauschutt	17 01 01	3.426,9 Mg
Bauschutt, Erdaushub mit schädli. Verunreinigungen	314 41/17 01 99D1	33,4 Mg
Bildschirme	16 02 02	654 Stück
Bitumenabfälle, Asphaltabfälle	549 12/17 03 02	0,6 Mg
Blei	12 01 03	82,9 Mg
Bleiakkumulatoren	353 22/16 06 01	10,9 Mg
Bohr- und Schleifölemulsionen, Emulsionen	544 02/13 01 05	23,4 Mg
Datenschutzpapier	20 01 01	73,1 Mg
Eisenbehältnisse mit schädlichen Restanhaftungen	351 06/15 01 99D1	3,5 Mg
Eisenschrott	17 04 05	1.254,6 Mg
Elektro- und Elektronikschrott	16 02 02	66,9 Mg
Erdaushub (Eigenverwertung)	17 05 01	200 m <sup>3</sup>
Ethylenglykohle	553 03/16 05 03	2,7 Mg
Filmabfälle	09 01 07	0,5 Mg
Gemischte Bau- und Abbruchabfälle	17 07 01	43,0 Mg
Gras- und Sträucherabfälle	20 02 01	6,2 Mg
Gras- und Sträucherabfälle (Eigenverwertung)	20 02 01	150 m <sup>3</sup>
Holz	17 02 01	121,7 Mg
Inhalt von Fettabscheidern	125 01/02 02 04	39,2 Mg
Kabelabfälle	17 04 08	50,1 Mg
Kesselschlacke	313 07/19 01 01	38,5 Mg
Küchen- und Kantinenabfälle	912 02/02 02 99	40,4 Mg
Kühlschränke	16 02 03	38 Stück
Kunststoffabfälle	17 02 03	42,6 Mg
Kunststoffbehälter mit schädlichen Restanhaftungen	571 27/15 01 99D1	2,5 Mg
Lösemittelgemische, halogenfrei	553 70/07 07 04	1,4 Mg
Lösemittelhaltige Schlämme, halogenfrei	554 02/08 01 08	1,8 Mg
Magnetbänder	20 01 03	7,5 Mg
Motoren- und Getriebeöle	541 12/13 02 02	18,7 Mg
Nickel-Cadmium-Akkumulatoren	353 23/16 06 02	0,7 Mg
Ölfilter	351 07/15 02 99 D1	0,7 Mg
Öl- und Benzinabscheiderinhalte	547 02/19 08 03	22,6 Mg
PCB-haltige Trafoöle	541 07/13 03 01	19,7 Mg
Quecksilber, quecksilberhaltige Rückstände, Leuchtstoffröhren	353 26/20 01 21	1,8 Mg
Sägespäne	03 01 03	2,5 Mg
Sonstige NE-metallhaltige Abfälle	353 15/20 01 04	2,6 Mg
Styropor	15 01 02	1047 m <sup>3</sup>
Trafo-, Wärmeträger-, Hydrauliköle, PCB-frei	541 06/13 03 03	4,2 Mg
Wertstoffe aus Gewerbeabfällen	20 03 01	19,6 Mg
Tonerkartuschen	08 03 09	1381 Stück
Summe (ohne Stück- und m <sup>3</sup> -Mengen)		5.813,0 Mg

Tab. 2-9: Abfälle zur Verwertung 1997

## 2.5.5 Immissionsschutz

K. Dettmer

Die Rechte und Pflichten des Immissionsschutzbeauftragten lassen sich aus dem Bundesimmissionsschutzgesetz ableiten und wie folgt zusammenfassen:

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

Das Forschungszentrum Karlsruhe betreibt immissionsschutzrechtlich genehmigungsbedürftige und nicht genehmigungsbedürftige Anlagen. Aus der Sicht des Immissionsschutzes haben die genehmigungsbedürftigen Anlagen des Zentrums die höchste Priorität. Im Berichtszeitraum wurden drei entsprechende Anlagen betrieben. Es handelt sich dabei um die Verbrennungsanlage der Hauptabteilung Dekontaminationsbetriebe, die Verbrennungsanlage TAMARA des Instituts für Technische Chemie und das Fernheizwerk. Bei zwei weiteren Anlagen, die bisher unter die Genehmigungspflicht fielen, änderten sich die Verhältnisse wie folgt: Das Abfallzwischenlager fällt aufgrund einer Änderung der 4. BImSchV (Verordnung über genehmigungsbedürftige Anlagen) aus der Genehmigungspflicht heraus. Das Dampfkesselhaus wurde zu Beginn des Berichtszeitraums stillgelegt. Für die beiden Verbrennungsanlagen fordert der Gesetzgeber die Bestellung eines Immissionsschutzbeauftragten. Die Tab. 2-10 zeigt den im Berichtszeitraum vorliegenden Genehmigungsstatus der Anlagen.

Anlage	Immissionsschutzbeauftragter zu bestellen gemäß Anhang zur 12. BImSchV	Genehmigung
Abfallzwischenlager	Entfällt	Entfällt aus der Genehmigungspflicht
Verbrennungsanlage der HDB	Ziffer 38	Genehmigung nach §§ 4 ff. BImSchG
Verbrennungsanlage TAMARA	Ziffer 38	Genehmigung nach §§ 4 ff. BImSchG
Fernheizwerk	-	Änderungsgenehmigung nach § 15 BImSchG
Blockheizkraftwerk	-	Änderungsgenehmigung nach § 15 BImSchG
Dampfkesselhaus	-	Außerbetriebnahme und Rückbau

Tab. 2-10: Immissionsschutzrechtlich genehmigungspflichtige Anlagen des Forschungszentrums

Nach dem Abschluß des Umbaus im Berichtsjahr besteht die Verbrennungsanlage der Hauptabteilung Dekontaminationsbetriebe nur noch aus einem System, der Schachtofenanlage zur Verbrennung von festen und flüssigen Reststoffen. Der Anlage ist ein ebenfalls immissionschutzrechtlich genehmigtes Propangaslager zugeordnet.

Die Anlage wurde entsprechend dem Stand der Technik nachgerüstet und in Betrieb genommen. Für die vollständige Erfüllung der Forderungen der 17. BImSchV (Verordnung über Verbrennungsanlagen) räumte die Behörde eine Übergangsfrist bis zum Ende des Berichtszeitraums ein. Die Anlage war bereits zu Beginn des Probetriebs in der Lage, emissionsseitig die Forderungen der 17. BImSchV weitestgehend zu erfüllen.

Wesentliche Elemente der Umbaumaßnahmen waren die Erneuerung der Auskleidung des Schachtofens, der Einbau einer neuen Nachbrennkammer, die Installation eines Mehrstoffbrenners und der Einbau eines Mehrwegsorptionsfilters mit Aktivkoks zur Rückhaltung von Dioxinen/Furanen und anderen organischen Bestandteilen im Rauchgasstrom. Außerdem wurde eine Eindüsung von Harnstoff zur Reduktion der NO<sub>x</sub>-Emissionen sowie ein Wirbelschichttrockner zur Eindampfung von Flüssigkeiten aus der Rauchgaswäsche installiert.

Die Versuchsanlage TAMARA des Instituts für Technische Chemie wurde mit einem Aktivkohlefilter zur Rückhaltung organischer Spurenstoffe im Abgas nachgerüstet und hält somit die Vorgaben der 17. BImSchV ebenfalls ein.

In der Entwicklung und Planung befand sich im Berichtszeitraum die Versuchsanlage zur Verbrennung von Sonderabfällen, THERESA.

Die Umrüstung auf vollautomatischen 72-Stunden-Betrieb der Anlagen des Fernheizwerks wurde im Berichtszeitraum vollständig abgeschlossen und die entsprechenden Abnahmen vorgenommen.

Zur Erfüllung der gesetzlich vorgeschriebenen Kontrollpflichten wurden regelmäßige Begehungen der genehmigungsbedürftigen Anlagen durchgeführt. Es wurden Informationen über durchgeführte Änderungen an den Anlagen ausgetauscht und aktuelle Erfahrungen bei deren Betrieb erörtert. Als Grundlage für die Kontrollen wurden die Genehmigungen, die Auflagen und die vorhandenen gutachterlichen Überwachungsprotokolle verwendet. Die gesetzlichen Regelungen, behördlichen Auflagen und Überwachungseinrichtungen machen eine unkontrollierte Überschreitung von Grenzwerten, die Manipulation von Meßwerterfassungseinrichtungen nahezu unmöglich, so daß hier die betreiber- und behördenseitige Überwachung ebenfalls 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 des Betriebsbeauftragten 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 der Betriebsangehörigen über die im Betrieb verursachten Gewässerbelastungen und möglicher Gewässergefährdungen sowie über die Einrichtungen und Maßnahmen zu ihrer Verhinderung unter Berücksichtigung der wasserrechtlichen Vorschriften.

Die skizzierten Tätigkeiten lassen sich formal auf die Teilbereiche Abwasser und Umgang mit wassergefährdenden Stoffen abbilden. Die konkrete Umsetzung der gesetzlichen Vorgaben und die Anwendung auf die vorhandene Infrastruktur im Berichtszeitraum kann wie folgt zusammengefasst werden.

#### Abwasser

Überwachung von Prüfungen und Wartungs- und Reinigungsarbeiten an den Abwassernetzen: Im Berichtszeitraum wurde das Freispülen und die optische Kontrolle und Dokumentation des Regenwassernetzes abgeschlossen sowie die jährlich vorgeschriebene Reinigung des Schmutzwassernetzes durchgeführt.

Überprüfung von Bau- und Entwässerungsgesuchen: Es fanden Überprüfungen von Bau- und Entwässerungsgesuchen und Beteiligungen an der Planung von Umbaumaßnahmen an den Wassernetzen, den Hebestationen und an den Kläranlagen statt.

Kontrolle, Überwachung und Beratung: Es fanden regelmäßige Kontrollgänge sowie die Kontrolle des Betriebs der Kläranlage und monatliche Gegenzeichnung des Betriebstagebuchs gemäß Eigenkontrollverordnung statt. Außerdem wurden Analysen, Abwasserfreigaben und Wartungsarbeiten kontrolliert.

Beteiligung an Bauvorhaben und Investitionsentscheidungen: Der Antrag für die Wiedererlangung der wasserrechtlichen Erlaubnis wurde im Berichtszeitraum öffentlich erörtert. Gemeinsam mit den Betriebsabteilungen wurden Behördengespräche über die Inhalte des Antrags durchgeführt.

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 bestimmungsgemäß. Alle Ableitungsgrenzwerte wurden eingehalten.

#### Wassergefährdende Stoffe

Im Berichtszeitraum fanden sowohl Überwachungen als auch Planungen von Anlagen zur Lagerung, zum Abfüllen, zum Umschlagen wassergefährdender Stoffe sowie zu deren Verwendung statt. Es wurden regelmäßige Begehungen von Anlagen durchgeführt und Baugesuche und Baugenehmigungen im Hinblick auf den Umgang mit wassergefährdenden Stoffen überprüft.

Die Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen im Zentrum wurden in einer Datenbank erfaßt, mit deren Hilfe ihre Gesetzeskonformität überwacht werden kann. Die Datenbank wird außerdem eingesetzt, um der gesetzlichen Forderung nach einem Anlagenkataster für Anlagen ab einer bestimmten Gefährdungsstufe nachzukommen. Weiterhin wurden im Berichtszeitraum Schutzmaßnahmen für Altanlagen geplant und durchgeführt sowie Bau- und Stilllegungsmaßnahmen überwacht und die Betriebsbeauftragten innerhalb der einzelnen Organisationseinheiten über gesetzliche Vorgaben informiert.

#### Information und Dokumentation

Die Dokumentation erfolgt unter anderem durch Begehungsprotokolle, Monats- und Jahresberichte. Im Berichtszeitraum wurden die Inhalte des Abwasserordners, einer Zusammenstellung von Informationen über die betrieblichen wasserrechtlichen Belange, neu gefaßt und über das Intranet des Forschungszentrums allen Beschäftigten zugänglich gemacht.

## 2.6 Kontrollstelle WAK

K.-D. Gosslar

### 2.6.1 Zielsetzung der Kontrollstelle

Um seiner Verantwortung bei der Stilllegung der Wiederaufarbeitungsanlage Karlsruhe gerecht zu werden, hat das Forschungszentrum Karlsruhe als Eigentümer und Genehmigungsmitinhaber eine Kontrollstelle eingerichtet, die eine überwachende Funktion für spezifische Strahlenschutz- und Sicherheitsaufgaben für den Bereich der Wiederaufarbeitungsanlage Karlsruhe ausübt. Schwerpunktmäßige Prüfungen haben zum Ziel, Mängel aufzuzeigen und Maßnahmen zur Erhaltung und Verbesserung der Anlagensicherheit vorzuschlagen.

### 2.6.2 Aufgaben der Kontrollstelle

Die Aufgabe der Kontrollstelle besteht 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 in Anpassung an den Anlagenbetrieb die Überprüfung

- der Einhaltung der im Betriebshandbuch beschriebenen Vorgaben bezüglich der Beachtung von Sicherheitsaspekten und Auflagen und der Durchführung von Belehrungen von Eigen- und Fremdpersonal;
- der physikalischen Strahlenschutzüberwachung sowie der Durchführung ärztlicher Untersuchungen gemäß Strahlenschutzverordnung;
- der Emissionsüberwachung;
- der Durchführung wiederkehrender Prüfungen an wichtigen Systemen;
- der Buchführung und Bestandsprüfung von Kernbrennstoffen und sonstigen radioaktiven Stoffen;
- der Deklaration von radioaktiven Reststoffen und Abfällen sowie die Einhaltung der Annahmebedingungen der Hauptabteilung Dekontaminationsbetriebe unter Berücksichtigung einschlägiger Regelwerke.

### 2.6.3 Planung, Vorbereitung und Durchführung der Kontrollen

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

- Strahlenschutzzeichnungen,
- Dosisregister, Aufzeichnungen der Ergebnisse von Inkorporationsmessungen und der strahlenschutzärztlichen Befunde,
- Auszüge aus der Buchhaltung von Kernbrennstoffen und sonstigen radioaktiven Stoffen,
- Protokolle betriebsinterner Aufzeichnungen,
- meldepflichtige Ereignisse.

#### 2.6.4 Durchgeführte Kontrollen

Die Kontrollmaßnahmen und stichprobenartigen Prüfungen wurden im Berichtszeitraum fortgesetzt. Gegenstand der Auditierung bildeten folgende Themen:

- Maßnahmen zur Strahlenschutzüberwachung bei Stilllegung,
- Stilllegung und Abbau der WAK  
Stand der Genehmigungsschritte 1.-6. SG (Status Feb. 1997),
- Emissionsüberwachung,
- Beschäftigung von beruflich strahlenexponierten Fremdfirmenmitarbeitern in Strahlenschutzbereichen der WAK,
- Instandhaltungsmaßnahmen und Änderungsarbeiten bei Restanlagenbetrieb.

Bei den durchgeführten Kontrollmaßnahmen wurden keine Regelverstöße festgestellt. Auf einzelne nicht ausreichend umgesetzte Sachverhalte wurde hingewiesen.



### 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 für Ganzkörperüberwachung ist für diese Meßstelle 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 hohe 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/cm<sup>2</sup>. Meßgröße ist die Photonen-Äquivalentdosis. Als drittes amtliches Dosimeter wird ein von 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 Kernspurätzdetektoren sowohl anstelle der Thermolumineszenzdetektoren als auch zum getrennten Nachweis schneller Neutronen eingesetzt werden. Neben den amtlichen Dosimetern wird von der Meßstelle eine größere Anzahl an nichtamtlichen Dosimeterauswertungen und Meßverfahrenangeboten Tab. 3-1:.. Nichtamtliche Überwachung basiert in der Regel auf freiwilligen Zusatzmaßnahmen der Kunden, aber auch auf auflagebedingten Auswertungen. Zur Umgebungsüberwachung werden sowohl Phosphatglas- als auch Thermolumineszenzdosimeter eingesetzt. Zur Überwachung der Radonkonzentration in der Luft werden passive im Forschungszentrum Karlsruhe entwickelte Radondiffusionskammern (Radondosimeter) mit Kernspurätzdetektoren angeboten. Zusätzlich erfolgt die Bereitstellung von Kernspurdetektoren für Kunden, die die Auswertung der Dosimeter selbst durchführen.

### 3.1.1 Photolumineszenzdosimetrie

A. Hager, B. Vobl,

Die Anzahl der mit Photolumineszenz-Glasdosimetern überwachten Betriebe erhöhte sich im Berichtszeitraum um 75 %, wobei die Auswertezahlen gegenüber dem Vorjahr um rund 10 % zunahmen Tab. 3-1. Hier spiegelt sich die erfolgreiche Ausweitung unserer Aktivitäten in den medizinischen Bereich wieder. Der Rückgang der Auswertezahlen des Vorjahres im Bereich Kerntechnik konnte damit kompensiert werden. Die Entwicklung der Auswertezahlen in den letzten dreizehn Jahren ist in Abb. 3-1 dargestellt.

amtliche Auswertung	Auswertezahl	Kundenzahl
Phosphatglas-Ganzkörperdosimeter	87 865	164
Thermolumineszenz-Teilkörperdosimeter	24 618	247
Albedo-Neutronen-Ganzkörperdosimeter	11 943	52
nichtamtliche Auswertung		
Phosphatglasdosimeter	3 526	20
Thermolumineszenzdosimeter	1 560	10
Radondosimeter	3 507	24

Tab. 3-1: Serviceleistungen der amtlichen Meßstelle 1997

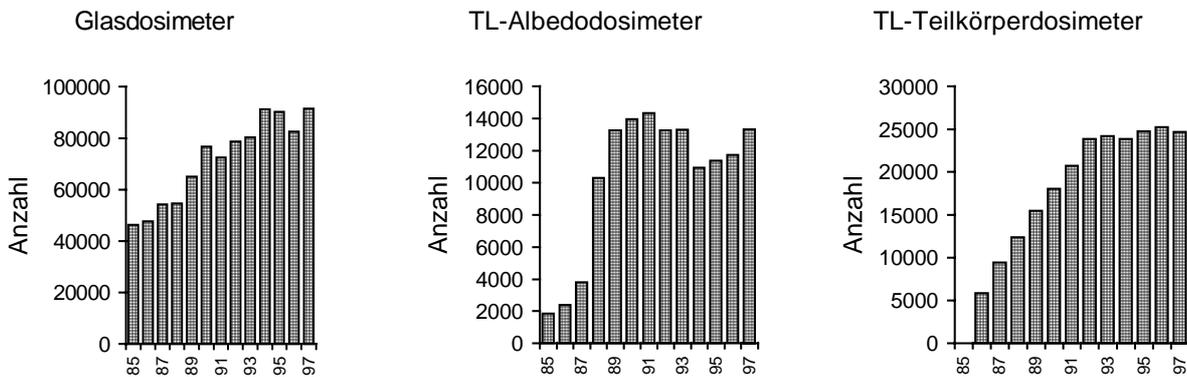


Abb. 3-1: Entwicklung der Auswertezahlen pro Jahr seit 1985

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.

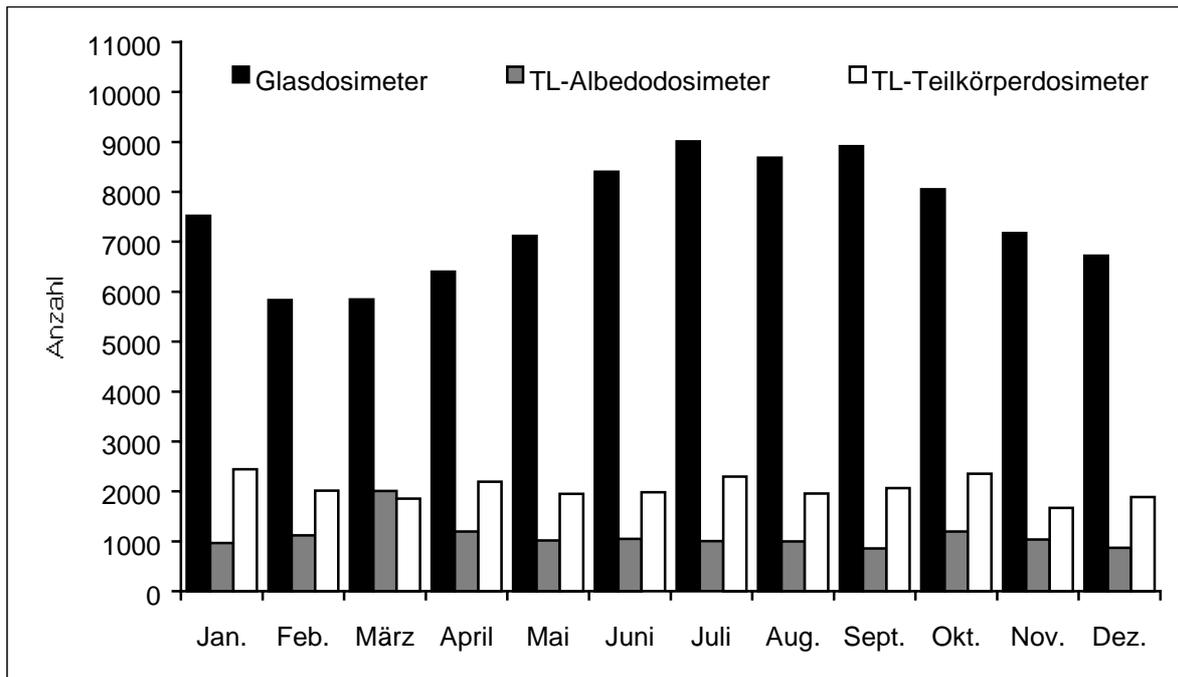


Abb. 3-2: Verlauf der Auswertezahlen pro Monat im Jahr 1997

### 3.1.2 Thermolumineszenzdosimetrie

N. Dollt, 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. Die Ausrüstung der Polizeikräfte beim Castortransport brachte im Frühjahr eine kurzfristige Erhöhung.

### 3.1.3 Vergleichsbestrahlungen

B. Burgkhardt, N. Dollt, A. Hager, B. Vobl, S. Volk

Nach den Bestimmungen der Eichordnung und der Richtlinie über Anforderungen an Personendosismessstellen nach StrlSchV und RöV ist für amtliche Dosimeter eine Teilnahme an entsprechenden Vergleichsmessungen der PTB erforderlich. Die Ergebnisse unserer Auswertungen, die für die Photonendosimeter im Beisein eines Eichbediensteten durchgeführt wurden, sind in Tab. 3-2 und in Abb. 3-3 wiedergegeben.

Dosimeter	H / Hr
Phosphatglas-Ganzkörperdosimeter	1,05 ± 7 %
Thermolumineszenz-Teilkörperdosimeter	1,19 ± 11 %
Albedo-Neutronen-Ganzkörperdosimeter (Photonen)	1,05 ± 12 %
Albedo-Neutronen-Ganzkörperdosimeter (Neutronen)	1,22 ± 24 %

Tab. 3-2: Ergebnisse der FZK-Meßstelle bei den PTB-Vergleichsbestrahlungen 1997

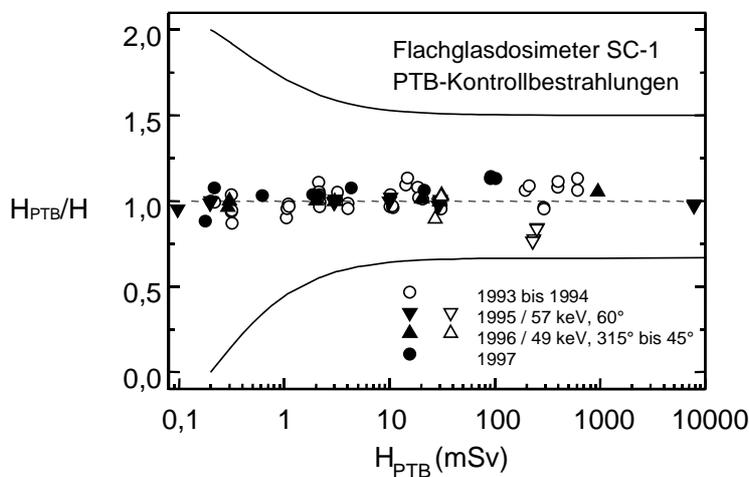


Abb. 3-3: Ergebnisse der PTB-Kontrollbestrahlung von Flachglasdosimetern

Seit 1982 wird im Rahmen des Strahlenschutzforschungsprogrammes der Europäischen Kommission in regelmäßigen Abständen eine internationale Vergleichsmessung für Radon und Radonzerfallsprodukte mit passiven Detektoren durchgeführt. 1997 nahmen an diesem durch die NRPB in Großbritannien organisierten Vergleich 48 Laboratorien teil. Die Ergebnisse unserer Auswertungen sind in Tab. 3-3 wiedergegeben.

Radon Exposition (kBq m <sup>-3</sup> h)	312	227	294
H / Hr Set 1	1,02 ± 5 %	1,05 ± 6 %	0,99 ± 11 %
H / Hr Set 2	1,02 ± 6 %	1,06 ± 4 %	1,05 ± 6 %

Tab. 3-3: Ergebnisse der FZK-Meßstelle bei den EC-Radon-Vergleichsbestrahlungen 1997

### 3.2 Sonstige Personen- und Ortsdosimeter

N. Dollt, A. Hager, E. Kammerichs, A. Schwandner, B. Vobl

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  $30 \text{ mg/cm}^2$  und  $450 \text{ mg/cm}^2$  verwendet und in einem automatischen Auswertesystem ausgewertet.
- Thermolumineszenzdosimeter zur Umgebungsüberwachung bestehend aus TLD-700-Detektoren in einer Polyäthylenkapsel entsprechend einer Abdeckung von  $500 \text{ mg/cm}^2$ .
- Phosphatglasdosimeter zur Umgebungsüberwachung in der Flachglaskapselung zum praktisch energieunabhängigen Nachweis der Photonenstrahlung im Energiebereich von 25 keV bis 8 MeV.
- Passive Radondosimeter in zwei Ausführungen, bestehend aus Kernspurätzdetektor und Diffusionsfilter.
- Passive Neutronen-Äquivalentdosismesser, bestehend aus einer Polyäthylenkugel von 30 cm Durchmesser mit einem thermischen Neutronendetektor im Zentrum. Als Detektoren können Thermolumineszenzdetektoren oder Kernspurdetektoren im Kontakt mit einem (n, $\alpha$ )-Konverter verwendet werden. Mit letzteren läßt sich 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 Entwicklung und Bauartzulassung eines Flachglashalters

B. Burgkhardt, S. Ugi

In der Kerntechnik wird das Flachglasdosimeter Type SC-1 in einer transparenten Plastikhülle mit Schlaufe und Klipp getragen. Im medizinischen Bereich hingegen wird ein fester Halter bevorzugt. Daher wurde der FZK-Flachglashalter (kurz: Halter) entwickelt, wobei Erfahrungen im Rahmen des Pilotprojektes zur Einführung des Flachglases im Katharinenhospital in Stuttgart mit einfließen. Der Halter setzt sich aus zwei Spritzgußteilen zusammen, einem Boden und einem Deckel, die durch einen Schnappverschluß verbunden sind. Beide Teile bestehen aus transparentem Makrolon mit der Dichte  $1,25 \text{ g/cm}^3$  und wiegen zusammen etwa 12 g. Der Halter wird mit einem einfachen Werkzeug geöffnet. Das Flachglasdosimeter wird mit dem Barcode

zum Boden eingelegt und dort mit einem Federteil angedrückt. Die Sondennummer bleibt auch im Halter sichtbar. Klipps und Nadeln zur Befestigung sind so an der Halterung angebracht, daß sie die Flachglasdosimeter möglichst wenig abdecken. Außerdem ist auf einer Fläche von 25 mm · 37 mm an der Vorderseite und Rückseite des Halters die Wandstärke auf 0,8 mm verdünnt. Im Halter ist genug Raum, um das Flachglasdosimeter für Extremeinsätze zusätzlich in eine Plastikhülle einschweißen zu können. An der Vorderseite wird ein Namensschild aus dünnem Karton eingelegt, das durch den Deckel sichtbar bleibt. Anstelle dessen kann auch ein Namensschild aufgeklebt werden.

Die PTB hat auf Antrag den Einfluß der Halterung auf den Meßwert des Flachglasdosimeters geprüft und am 19.1.98 in einem Nachtrag zur Bauartzulassung bestätigt, daß sich die im Zulassungsschein vom 10.6.92 angegebenen Nenngebrauchsbereiche und technischen Daten durch den Halter nicht ändern. Die flächenbezogene Masse der benutzten Namensschilder darf den Wert von 20 mg/cm<sup>2</sup> nicht überschreiten.

Der Halter wird in vier Ausführungen (Typen) angeboten, die sich in der Art der Befestigungsmöglichkeiten an der Person unterscheiden:

- Standardtyp mit Federbügel,
- Nadeltyp mit einer Anstecknadel,
- Schlaufentyp mit Schlaufe und Klipp durch Langloch am Boden des Halters,
- Klipptyp mit einem Plastik-Klipp, der mit dem Boden des Halters verklebt ist.

Einen modifizierten FZK-Halter wird auch die Hamburger Meßstelle einsetzen.

## 4 Strahlenschutz

H. Dilger

Die Aufgaben der Abteilung umfassen die Bereitstellung von Strahlenschutzpersonal einschließlich der Meßgeräte zur Durchführung der Arbeitsplatzüberwachung und die Durchführung von Messungen zur Überwachung der inneren Exposition.

Die Gruppen Arbeitsplatzüberwachung I und II unterstützen die Strahlenschutzbeauftragten in der Wahrnehmung ihrer Pflichten gemäß Strahlenschutz- und/oder Röntgenverordnung. Der Umfang der Zusammenarbeit ist in Abgrenzungsregelungen zwischen der Hauptabteilung Sicherheit und den entsprechenden Institutionen festgelegt. In einer Erweiterung zu den Strahlenschutzmessungen werden konventionelle Messungen des Lärms, der Beleuchtung und des Klimas an Arbeitsplätzen vorgenommen. 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-/Gamma-strahler-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. Sie wurde im Frühjahr vom Ministerium für Umwelt und Verkehr Baden-Württemberg zur Meßstelle zur Direktmessung inkorporierter Radionuklide nach § 63 Abs. 6 Strahlenschutzverordnung bestimmt. 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. Außerdem ist die zentrale Strahlenpaßstelle des Forschungszentrums dieser Gruppe zugeordnet.

### 4.1 Arbeitsplatzüberwachung

A. Reichert, B. Reinhardt

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 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 1997), ist in Spalte 4 der Tab. 4-1 aufgeführt. Diese Anzahl hat sich gegenüber dem Vorjahr um ca. 60 auf 1490 verringert. Dies ist vor allem auf eine Reduktion im Bereich FR2, den Heißen Zellen und bei ITC/CPV zurückzuführen.

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.

Gruppe	<u>Bereich</u> Überwachte Institutionen	Anzahl der Mitarbeiter der Abteilung Strahlenschutz	Anzahl der überwachten Personen	Fläche des überwachten Bereichs in m <sup>2</sup>
1	2	3	4	5
Arbeitsplatz- überwachung  I	Gruppenleiter	1 (1)		
	1. <u>ITC</u> : INE, ITC-CPV	4 (4)	255 (276)	9 500 (9 500)
	2. <u>HZ</u> : BTI, HIT, HVT-HZ, IRS, IMF	4+5 <sup>+</sup> (4,5+6 <sup>#</sup> )	233 (277)	8 700 (8 700)
	3. <u>HDB I</u> : HDB (Bau 518, 519, 526, 543, 545, 547, 553, 555)	8 (8)	226 (215)	3 800 (3 800)
	4. <u>HDB II</u> : HDB (Bau 531-536, 548, 561, 563, 570, 571)	11 (10+3 <sup>+</sup> )	218 (235)	39 300 (39 300)
Arbeitsplatz- überwachung  II	Gruppenleiter	1 (1)		
	5. <u>Inst/TL</u> : FTU, BTI-B, HS, HVT-TL, IGEN, IK, INFP, INR, IFIA, ITOX, HZY	6 (6,5)	556 (546)	6 400 (6 500)

<sup>#</sup>Dreischichtdienst, <sup>+</sup>Zweischichtdienst

Tab. 4-1: Personalstand der Arbeitsplatzüberwachung (Soll), überwachte Personen und Bereichsgröße, jeweils Stand Dezember 1997 (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 betragen 0,05 Bq/cm<sup>2</sup> für  $\alpha$ -Aktivität und auf 0,5 Bq/cm<sup>2</sup> für  $\beta$ -Aktivität. Sie sind auf die von der Behörde geforderte Alarmverfehlungswahrscheinlichkeit von 5 % 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. 1 900 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 1997 wurden insgesamt 331 (Vorjahr 333) formalisierte Vorgänge von der Abteilungsleitung bearbeitet. Die weiterhin hohe Anzahl ist darauf zurückzuführen, daß auch 1997 ein starker Materialabfluß aus dem KNK und MZFR stattfand.

Die Abteilung Strahlenschutz unterhält von Montag bis Freitag einen Zweischichtdienst, der auch außerhalb der Regelarbeitszeit u. a. die Überprüfung von Meldungen vornimmt, in Zwischenfallsituationen Strahlenschutzmaßnahmen ergreift, Transportkontrollen durchführt, Proben aus den Abwassersammelstationen ausmißt und gegebenenfalls zum Abpumpen in das Klärwerk freigibt. Außerhalb der Regelarbeitszeit stehen zwei Rufbereitschaften zur Verstärkung des Schichtdienstes oder zur alleinigen Klärung und Bewältigung von Zwischenfallssituationen zur Verfügung. Während der Regelarbeitszeit bilden Angehörige der Rufbereitschaft sowie zwei Personen eines Einsatzfahrzeuges 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 30 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.

Angewachsen ist auch die Zahl der Kontrollmessungen beim MZFR und KNK. Die Messungen werden von Fremdfirmenpersonal vor Ort nach unseren Meßanweisungen mit von uns bereitgestellten Meßgeräten durchgeführt. Aus der Strahlenschutzüberwachung konnten nach Durchführung umfangreicher Kontrollmessungen entlassen werden: Die restlichen Räume in Geb. 404 nach Entfernen des Motorprüfstandes von HZY/RTM und einige Nebengebäude vom MZFR.

## 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 Oberflächenkontaminationen

In Tab. 4-2 sind 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.

Gruppe	Beschleuniger (HZY, INR, INFP-VDG)	Institutionen mit höherem Aktivitätsinventar (HVT-HZ, INE, ITC-CPV)	Dekontamination und Abfallbehandlung (HDB)	Sonstige Institutionen, Tritiumlabor	gesamt
Oberflächenkontamination in Vielfachen der internen Interventionswerte	Anzahl der Fälle				
$10^0 < K_\alpha \leq 10^1$	0 (0)	4 (12)	203 (226)	6 (0)	213 (238)
$10^1 < K_\alpha \leq 10^2$	0 (0)	4 (4)	110 (119)	3 (2)	117 (125)
$10^2 < K_\alpha \leq 10^3$	0 (0)	0 (0)	17 (23)	0 (0)	17 (23)
$10^3 < K_\alpha$	0 (0)	0 (0)	10 (2)	0 (0)	10 (2)
$10^0 < K_\beta \leq 10^1$	0 (0)	7 (10)	81 (93)	6 (9)	94 (112)
$10^1 < K_\beta \leq 10^2$	6 (3)	0 (7)	29 (33)	4 (33)	39 (76)
$10^2 < K_\beta \leq 10^3$	3 (0)	0 (0)	5 (3)	0 (5)	8 (8)
$10^3 < K_\beta$	2 (0)	2 (0)	0 (0)	0 (0)	4 (0)
$10^0 < K_{H-3} \leq 10^1$	2 (0)	0 (0)	0 (0)	1 (25)	3 (25)
$10^1 < K_{H-3} \leq 10^2$	3 (0)	0 (0)	0 (0)	17 (18)	20 (18)
$10^2 < K_{H-3} \leq 10^3$	1 (0)	0 (0)	0 (0)	4 (5)	5 (5)
$10^3 < K_{H-3}$	0 (0)	0 (0)	0 (0)	1 (3)	1 (3)
Raumluftaktivitätskonzentrationen in Vielfachen von abgeleiteten Grenzwerten	Anzahl der Fälle				
$0,03 < R_\alpha \leq 1$	1 (0)	91 (564)	2 134 (2 767)	14 (38)	2240 (3369)
$1 < R_\alpha \leq 20$	0 (0)	63 (215)	259 (534)	0 (1)	322 (750)
$20 < R_\alpha$	0 (0)	2 (123)	40 (87)	0 (0)	42 (210)
$0,016 < R_\beta \leq 1$	8 (4)	13 (3)	59 (170)	0 (0)	80 (177)
$1 < R_\beta \leq 20$	0 (0)	0 (0)	4 (10)	0 (0)	4 (10)
$20 < R_\beta$	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
$0,025 < R_{H-3}$	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)

Tab. 4-2: Strahlenschutzmeßergebnisse 1997 im Forschungszentrum Karlsruhe (Vorjahreswerte in Klammer); bezüglich der Interventionswerte und der abgeleiteten Grenzwerte siehe Kap. 4.2.1 und 4.2.2

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  $\alpha$ -Oberflächenkontaminationen ist bedingt durch Umbauarbeiten in der Anlage Dekontamination Flüssig angestiegen, die Anzahl der Kontaminationen in den Institutionen mit

höherem Aktivitätsinventar ist auf niedrigem Niveau verblieben. Im Tritiumlabor traten wieder wie im Vorjahr einige Kontaminationen auf. Die  $\alpha$ -Kontaminationen rühren von den Uran-Gettern her.

#### 4.2.2 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 m<sup>3</sup>/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  $\alpha$ -,  $\beta$ - und H-3-Aktivitäten aufgeschlüsselt aufgeführt. Die Anzahl der Raumlufaktivitäten ist um ca. 1/3 zurückgegangen. Dies ist auf reduzierte Freisetzungen in der HDB und den abgeschlossenen Abbau der Anlage PUTE bei ITC/CPV zurückzuführen.

Aus den Grenzwerten der Jahresaktivitätszufuhr gemäß Strahlenschutzverordnung für beruflich strahlenexponierte Personen der Kategorie A und dem Jahresinhalationsvolumen von 2 400 m<sup>3</sup> werden Interventionswerte abgeleitet. So werden in den Anlagen des Forschungszentrums Karlsruhe im allgemeinen für  $\alpha$ -Aktivitätsgemische 0,04 Bq/m<sup>3</sup> (Leitnuklid Pu-239, löslich), für  $\beta$ -Aktivitätsgemische 40 Bq/m<sup>3</sup> (Leitnuklid Sr-90, löslich/ unlöslich) festgelegt. In Institutionen, in denen mit speziellen Nukliden umgegangen wird, werden die Interventionswerte haus- und nuklidspezifisch festgelegt. Für I-123 ergibt sich 0,4 kBq/m<sup>3</sup> und für HTO 1 MBq/m<sup>3</sup>.

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  $\alpha$ -Aktivität 1,25 mBq/m<sup>3</sup> und bei der  $\beta$ -Aktivität 0,65 Bq/m<sup>3</sup> gewählt. Damit ist bei einem nach der Strahlenschutzverordnung angenommenen Jahresinhalationsvolumen von 2400 m<sup>3</sup>, das aber in der Praxis wegen kürzerer Aufenthaltszeiten weit unterschritten wird, eine  $\alpha$ -Aktivität von 3,0 % entsprechend der Interpretationsschwelle gemäß der Richtlinie für die physikalische Strahlenschutzkontrolle zur Ermittlung der Körperdosen und eine  $\beta$ -Aktivität von 1,6 % des Grenzwerts der Jahresaktivitätszufuhr für Personen der Kategorie A - bezogen auf Pu-239, löslich, und Sr-90, löslich/unlöslich - nachweisbar.

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

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  $\alpha$ -Aktivitätsgemische oder von 400 Bq für  $\beta$ -Aktivitätsgemische überschreiten, werden bei den betroffenen Mitarbeitern Inkorporationsmessungen aus besonderem Anlaß durchgeführt und eine spezielle Abschätzung der Aktivitätszufuhr vorgenommen.

Zone	Grenzwert für Oberflächenkontamination in Bq/cm <sup>2</sup>	Umgangsaktivität <sup>3)</sup> mit offenen radioaktiven Stoffen	Mindestkennzeichnung nach § 35 StrlSchV	Kleidung (ständig Beschäftigte)
Zone I (Betrieblicher Überwachungsbereich)	$\alpha \leq 0,05$ $\beta \leq 0,5$ <sup>1)</sup> $n_i \leq 5$ <sup>2)</sup>	$\leq$ Freigrenze	keine	Arbeitskleidung ohne gelbe oder grüne Kennzeichnung oder Privatkleidung
Zone II Kontaminationsbereich im betrieblichen Überwachungsbereich	$\alpha \leq 0,5$ $\beta \leq 5,0$ <sup>1)</sup> $n_i \leq 50$ <sup>2)</sup>	$\leq 10^2$ fache Freigrenze	Radioaktiv Kontamination	Arbeitsmantel mit gelber oder grüner Kennzeichnung Arbeitsschuhe oder Privatschuhe mit Überschuhen
Zone III Kontrollbereich	$\alpha \leq 5,0$ $\beta \leq 50$ <sup>1)</sup> $n_i \leq 500$ <sup>2)</sup>	$\leq$ Genehmigungsumfang	Radioaktiv Kontamination	Gelbe Kleidung, jedoch Arbeitsmantel nur in Verbindung mit Arbeitskleidung Gelbe Arbeitsschuhe
Zone IV Kontaminationsbereich im Kontrollbereich	$\alpha > 5,0$ $\beta > 50$ <sup>1)</sup> $n_i > 500$ <sup>2)</sup>	$\leq$ Genehmigungsumfang	Radioaktiv Kontamination	Gelbe Kombinationsschutzkleidung Gelbe Arbeitsschuhe und Überschuhe oder Sonderschutzkleidung

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

2)  $n_i$  = niederenergetische Strahler gemäß Anlage IX StrlSchV

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

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

#### 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 Gelände 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. 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 keV und 2000 keV nachgewiesen werden. Die verschiedenen Teilkörperzähler umfassen unter anderem drei 8"-Phoswich-Detektoren und vier HPGe-Sandwich-Detektoren mit Anti-Compton-Diskriminierung zum Nachweis niederenergetischer Photonenstrahler wie I-125, Pb-210 und Am-241. 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. Für räumlich eng begrenzte Nukliddepositionen steht außerdem auch ein kleiner 1"-Phoswich-Detektor sowie ein kleiner NaI(Tl)-Detektor zur Verfügung. Diese Detektoren werden hauptsächlich zur Untersuchung von Schilddrüsen- oder Wunddepositionen eingesetzt.

Die Tab. 4-4 und Tab. 4-5 vermitteln einen Überblick über die im Jahr 1997 mit den Ganz- bzw. Teilkörperzählern durchgeführten Personenmessungen und ihre Verteilung auf die verschiedenen Institutionen.

Mit dem Ganzkörperzähler wurden insgesamt 1 710 Personen untersucht. Ein gewisser Teil dieser Personen wurde mehrmals untersucht, so daß sich die Gesamtanzahl der Ganzkörpermessungen auf 2 437 beläuft. Hierbei handelte es sich zum weitaus überwiegenden Teil um Messungen im Rahmen der routinemäßigen Inkorporationsüberwachung. Etwa die Hälfte der Ganzkörpermessungen wurde für das Forschungszentrum selbst durchgeführt, wobei es sich zum größten Teil um Eingangs- bzw. Ausgangsmessungen von Fremdfirmenmitarbeitern handelte. Die übrigen Ganzkörpermessungen erfolgten im Auftrag der auf dem Gelände des Forschungszentrums angesiedelten Institutionen einschließlich Europäisches Institut für Transurane (9,1 %), Kernkraftwerk-Betriebsgesellschaft mbH (16,6 %) und Wiederaufarbeitungsanlage Karlsruhe (15,8 %) sowie im Fremdauftrag (14,6%).

Bei etwa 18 % aller untersuchten Personen wurden Cs-137-Inkorporationen nachgewiesen. Bei 122 Personen lag die Cs-137-Körperaktivität über der Erkennungsgrenze für beruflich bedingte Cs-137-Körperaktivitäten (Kap. 4.3.1.2), allerdings wurde in vielen dieser Fälle (Höchstwert 1 800 Bq) nach Auskunft der Probanden Wildbret oder Pilze verzehrt, so daß auch hier zumeist von keiner beruflich bedingten Inkorporation auszugehen war. Bei 72 Personen wurden Inkorporationen von Co-60 (72 Fälle), Ag-110m (6 Fälle), Co-58 (1 Fall) und Mn-54 (1 Fall) nachgewiesen. In der überwiegenden Mehrzahl der Fälle handelt es sich um länger

zurückliegende Aktivitätszufuhren, die bereits bei früheren Messungen festgestellt wurden. In insgesamt sechs Fällen sind neue Aktivitätszufuhren innerhalb des Überwachungszeitraums nicht auszuschließen.

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

Institution	Anzahl der überwachten Personen	Anzahl der routinemäßigen Inkorporationsmessungen	Anzahl der Inkorporationsmessungen aus besonderem Anlaß
BTI	19	23	
HDB	423	821	18
HS-St	15	27	1
HVT-HZ	11	18	
HZY	4	4	
IGT	1	1	
INE	18	28	2
INFP	1		1
ITC-CPV	66	119	
PBS-FR2	1	1	
PBS-HDR	25	26	
KBG-KNK	98	115	
KBG-MZFR	153	296	1
TU	176	214	12
WAK	371	389	2
Fremdauftrag	328	355	6
Summe	1 710	2 437	43

Tab. 4-4: Anzahl der Personenmessungen mit dem Ganzkörperzähler

Mit dem Teilkörperzähler wurden insgesamt 363 Personen untersucht. Ein großer Teil dieser Personen wurde mehrmals untersucht, so daß sich die Gesamtanzahl der Messungen auf 465 beläuft. Die Messungen wurden für die Hauptabteilung Dekontaminationsbetriebe des Forschungszentrums (4 %), das Europäische Institut für Transurane (17 %) so wie im Fremdauftrag für Euratom Luxemburg (43 %) und die Fa. Robert Bosch GmbH und Bosch

Telecom (24 %) durchgeführt. Bei etwa 34 % der Teilkörpermessungen handelte es sich um Untersuchungen aus besonderem Anlaß. Im Vordergrund standen hierbei Untersuchungen von Personen, die in den siebziger Jahren Wartungs- und Reparaturarbeiten an Am-241-haltigen Ionisationsrauchmeldern durchgeführt haben.

Neben den genannten Überwachungsmessungen wurden zahlreiche Messungen zur Ermittlung der Cs-137-Körperaktivität der Karlsruher Referenzgruppe vorgenommen (vgl. Kap. 4.3.1.5). Zur Qualitätssicherung wurden zahlreiche Kalibriermessungen, Teilkörperreferenzmessungen sowie Nulleffektmessungen durchgeführt. Mit Ausnahme der täglich erfolgenden Energiekalibrierungen sind alle Messungen in Tab. 4-6 aufgelistet. Die Gesamtanzahl aller im Jahr 1997 durchgeführten Messungen beläuft sich auf 3 721.

Institution	Anzahl der überwachten Personen	Anzahl der routinemäßigen Inkorporationsmessungen	Anzahl der Inkorporationsmessungen aus besonderem Anlaß
HDB	17		17
HS-St	1		1
INE	2		2
INFP	1		1
KBG-MZFR	1		1
TU	68	67	11
WAK	3		10
Fremdauftrag	270	239	116
Summe	363	306	159

Tab. 4-5: Anzahl der Personenmessungen mit den Teilkörperzählern 1997

Messung	Ganzkörperzähler	Teilkörperzähler			
		8"-Phoswich	1"-Phoswich	HPGe-Sandwich	Lowax-HPGe
Routine	2 082	67	1	1	
besond. Anlaß	43	39		4	
Fremdauftrag	361	287		68	
Referenz	233	13		3	
Nulleffekt	142	81	1	8	6
Kalibrierung	110	36	1	35	32
sonstige	18	21		20	8
Summe	2 989	544	3	139	46

Tab. 4-6: Anzahl aller Messungen mit Ganz- und Teilkörperzählern 1997 (ohne Energiekalibriermessungen)

#### 4.3.1.2 Amtliche Inkorporationsmeßstelle

H. Doerfel, I. Hofmann, A. Zieger

Der Ganz- und Teilkörperzähler von HS/St wurde am 07.03.1997 vom Ministerium für Umwelt und Verkehr Baden-Württemberg als Amtliche Meßstelle für Messungen der Körperaktivität entsprechend der Richtlinie über Anforderungen an Inkorporationsmeßstellen nach § 63 Abs. 6 StrlSchV bestimmt. Eine entsprechende Bestimmung durch das Hessische Ministerium für Umwelt, Energie, Jugend, Familie und Gesundheit erfolgte bereits am 12.11.1996.

Die Bestimmung bezieht sich auf die folgenden Meßaufgaben:

##### Standard-Ganzkörpermessung

Messung mit dem Ganzkörperzähler bei einer Meßzeit von 5 min zum Nachweis von inkorporierten Radionukliden, deren Photonenenergie größer als 65 keV ist und deren Photonenemissionswahrscheinlichkeit und/oder deren Zufuhrgrenzwert relativ groß ist (Tab. 4-8).

##### Spezial-Ganzkörpermessung

Messung mit dem Ganzkörperzähler bei einer verlängerten Meßzeit von 40 Minuten zum Nachweis von Radionukliden, deren Photonenenergie größer als 65 keV ist und deren Photonenemissionswahrscheinlichkeit und/oder deren Zufuhrgrenzwert relativ gering ist (Tab. 4-7).

Nuklid	Nachzuweisende Aktivität <sup>a)</sup> in Bq	Nachweisgrenze des Meßverfahrens <sup>b)</sup> in Bq
Ru-106	150	110
Rh-105	25	92
Sb-122	40	35
Te-132	30	24
I-133	25	16
La-140	25	28
Ce-144	250	150
Pr-144	2000	1800
Np-239	200	190

a) nach Anhang 3 der Richtlinie über Anforderungen an Inkorporationsmeßstellen

b) Werte gerundet auf zwei signifikante Stellen

Tab. 4-7: Zusammenstellung der durch die Spezial-Ganzkörpermessung nachweisbaren Nuklide

##### Schilddrüsenmessung

Messung mit dem 0,8“-Phoswich-Teilkörperzähler an der Schilddrüse bei einer Meßzeit von 20 Minuten zum Nachweis von I-125 (nachzuweisende Aktivität 750 Bq, Nachweisgrenze 2Bq) und I-129 (nachzuweisende Aktivität 2,5 Bq, Nachweisgrenze 2,5 Bq).

##### Lungenmessung

Messung mit dem 8“-Phoswich-Teilkörperzähler über dem Thorax bei einer Meßzeit von 50 Minuten zum Nachweis von Am-241 (nachzuweisende Aktivität 5 Bq, Nachweisgrenze 4,9 Bq).

##### Sonstige Teilkörpermessung

Messungen mit dem 8“-Phoswich-Teilkörperzähler an Kopf, Knie, Lunge, Leber und/oder anderen Regionen zum Nachweis von Radionukliden, die sich längerfristig im Skelett, in der Leber und/oder in anderen Organen ablagern, deren Photonenenergie kleiner als 65 keV ist und deren Photonenemissionswahrscheinlichkeit relativ groß ist (z.B. Pb-210, Th-234, Am-241).

### Wundmessung

Messung mit dem 0,8“-Phoswich-Teilkörperzähler an Wunden zum Nachweis von Radionukliden, deren Photonenenergie kleiner als 65 keV ist und deren Radiotoxizität relativ groß ist (z.B. Pu-239, Am-241).

Nuklid	Nachzuweisende Aktivität <sup>a)</sup> in Bq	Nachweisgrenze des Meßverfahrens <sup>b)</sup> in Bq
Be-7	10000	440
Na-22	200	53
Na-24	2500	72
Mg-28	2000	44
K-42	2000	450
Sc-46	1500	50
Cr-51	50000	460
Fe-59	5000	97
Mn-54	5000	48
Co-57	10000	35
Co-58	2000	48
Co-60	500	55
Cu-64	25000	130
Zn-65	15000	110
Ga-67	3000	180
Se-75	15000	44
Sr-85	5000	50
Zr-95	500	90
Nb-95	500	47
Mo-99	70	37
Tc-99m	5000	38
Ru-103	1500	52
Ag-110m	750	51
In-111	1500	36
In-113m	5000	70
Sn-113	3000	70
Sb-124	800	50
Sb-125	2000	140
Te-123m	10000	44
I-123	1000	27
I-131	75	33
Cs-134	10000	53
Cs-137	15000	59
Ba-133	2500	72
Ba-140	800	48
Ce-141	1500	76
Eu-152	500	120
Eu-155	3000	140
Yb-169	150	110
Hf-181	750	54
Ta-182	750	130
Ir-192	1000	40
Hg-197	2000	150
Hg-203	5000	55
Tl-201	20000	350
Tl-204	8000	4600

a) nach Anhang 3 der Richtlinie über Anforderungen an Inkorporationsmeßstellen  
b) Werte gerundet auf zwei signifikante Stellen

Tab. 4-8: Durch Standard-Ganzkörpermessung nachweisbaren Nuklide

Die Meßstelle führt die genannten Messungen für alle externen Auftraggeber durch. Bei der zur Zeit herrschenden Auslastung belaufen sich die Preise pro Messung auf DM 250,- (Standard- und Spezial-Ganzkörpermessung), DM 360,- (Lungen- und Schilddrüsenmessung) bzw. DM 850,- (sonstige Teilkörpermessung). Bei einer größeren Anzahl von Messungen für den gleichen Auftraggeber sind auf Anfrage gestaffelte Sonderpreise möglich.

Außer den genannten Messungen führt die Meßstelle auch andere Dienstleistungen wie z. B. Kalibrierungen von anderen Ganz- und Teilkörperzählern oder gutachterliche Dosisabschätzungen für externe Auftraggeber durch.

#### 4.3.1.3 Kalibrierung des Ganzkörperzählers

H. Doerfel, I. Hofmann, A. Zieger

Im Rahmen der Qualitätssicherung wurden die Kalibrierfaktoren des Ganzkörperzählers mit einem Standardphantom (Schmiersches Flaschenphantom) überprüft. Die Messungen wurden für die Photonenenergien 123 keV (Co-57), 662 keV (Cs-137), 1173/1332 keV (Co-60) und 1460 keV (K-40) durchgeführt, wobei das Phantomgewicht im Bereich von 20 kg und 90 kg variiert wurde.

Photonenenergie in keV	Wirkungsgrad in % für homogene Nukliddepositionen bei einem Phantomgewicht von							
	20 kg	30 kg	40 kg	50 kg	60 kg	70 kg	80 kg	90 kg
123	2,04	1,66	1,49	1,40	1,35	1,29	1,25	1,19
662	1,12	1,04	1,02	0,96	0,94	0,95	0,87	0,84
1275	1,01	0,98	0,92	0,86	0,83	0,80	0,79	0,76
1460	1,00	0,94	0,89	0,84	0,83	0,79	0,79	0,76

Tab. 4-9: Wirkungsgrad des Ganzkörperzählers für homogene Nukliddepositionen im Standardphantom bei verschiedenen Photonenenergien und Phantomgewichten

Die Tab. 4-9 zeigt die bei den Kalibriermessungen ermittelten Wirkungsgradwerte. Der Wirkungsgrad gibt hierbei die Anzahl der pro Zeiteinheit in den Photopeaks der Spektren aller vier Detektoren registrierten Impulse bezogen auf die Anzahl der pro Zeiteinheit im Phantom erzeugten Photonen an. Bei dem Referenzgewicht von 70 kg nimmt der Wirkungsgrad von 1,29 % bei 123 keV stetig bis auf 0,79 % bei 1460 keV ab. Die gewichtsbedingten Unterschiede des Wirkungsgrades sind bei Erwachsenen Personen mit einem Körpergewicht zwischen 60 kg und 90 kg von untergeordneter Bedeutung, so daß hier mit den Referenzkalibrierfaktoren für 70 kg gearbeitet werden kann. Bei Personen, deren Körpergewicht kleiner als 60 kg oder größer als 90 kg sind, sollten allerdings korrigierte Kalibrierfaktoren verwendet werden.

Die Meßstelle hat im Juli 1997 an einem internationalen Kalibriervergleich teilgenommen. Bei diesem Vergleich wurde ein Phantom, das einer weiblichen Person mit durchschnittlichen Körperproportionen entspricht, in etwa 50 Institutionen ausgemessen. Das Ergebnis der Meßstelle von HS/St stimmt gut mit den tatsächlichen Werten überein. So wurde die Cs-137-Aktivität lediglich um 2,5 % überbewertet, während die Co-60-Aktivität um 4,7 % unterbewertet wurde. Damit erfüllt die Meßstelle von HS/St sehr gut die von der Anforderungsrichtlinie für die Qualitätssicherung definierten Kriterien.

#### 4.3.1.4 Organspezifische Korrekturfaktoren für den Ganzkörperzähler

V. Kiefer, A. Zieger

Um einen optimalen Gesamtwirkungsgrad zu erzielen, sind die vier NaI(Tl)-Detektoren des Ganzkörperzählers paarweise ober- und unterhalb der zu messenden Person angeordnet. Detektor 1 registriert überwiegend Strahlung aus Lunge und Schilddrüse, während Detektor 2 Impulse aus dem Bereich des unteren Verdauungstrakts und der Hüfte zählt. Detektor 3 und 4 befinden sich unter dem Verdauungstrakt bzw. unter der Lunge.

Der Wirkungsgrad der Meßeinrichtung ist sowohl von der Körpergröße als auch von der räumlichen Verteilung der im Körper befindlichen Radionuklide abhängig. Für die Berechnung der Körperaktivität wird jedoch bei allen Personen der Standardwirkungsgrad für homogene Ganzkörperdepositionen zugrundegelegt. (siehe Kap. 4.3.1.3). Bei Verteilung der Radioaktivität auf einzelne Organe wird die Gesamtaktivität je nach Lage und Anzahl der betroffenen Organe über- oder unterschätzt. Bei der Berechnung der Organaktivität muß deshalb ein Korrekturfaktor berücksichtigt werden.

Die Korrekturfaktoren wurden mit Hilfe eines anthropomorphen Rumpffantoms ermittelt. Der Phantomkörper besteht aus gewebeäquivalentem Material; die verschiedenen Organe haben eine Lochmatrix, in die radioaktiv markierte Pins eingesetzt werden können. Zur Bestimmung der organspezifischen Korrekturfaktoren wurden die Organe Leber, Lunge, Nieren, Magen, Milz und Pankreas nacheinander mit Co-60 versehen und jeweils 30 Minuten lang gemessen. Die mit Hilfe der Standardauswertung ermittelte Aktivität wurde mit der tatsächlichen Aktivität ins Verhältnis gesetzt. Die auf diese Weise erhaltenen Korrekturfaktoren sind in Tab. 4-10 aufgeführt.

Organ	Korrekturfaktor für Co-60-Depositionen (Ganzkörperwirkungsgrad/Organwirkungsgrad)
Leber	0,90
Lunge	0,61
Nieren	0,76
Magen	1,20
Milz	0,99
Pankreas	1,49

Tab. 4-10: Organspezifische Korrekturfaktoren für den Ganzkörperzähler

Ist der Korrekturfaktor kleiner als 1, so wird die Organaktivität überschätzt, d.h. die ermittelte Aktivität liegt über der wirklichen Aktivität. Umgekehrt wird die Organaktivität bei Werten über 1 unterschätzt. Die Ergebnisse der Meßreihe zeigen, daß die reale Aktivität bei Leber-, Lunge-, Nieren- oder Milzdeposition unter, bei Magen- und Bauchspeicheldrüsendeposition über der mit der Standardauswertung berechneten Körperaktivität liegt.

Bevor der Korrekturfaktor angewendet wird, muß festgestellt werden, welches Organ betroffen ist. Dies geschieht durch einen Vergleich der mit den verschiedenen Detektoren ermittelten Impulsraten. So wird beispielsweise bei Leber- und Lungendepositionen die höchste Impulsrate in Detektor 1 gemessen. Bei einer Leberdeposition sind dabei die Impulsraten von Detektor 3

und 4 etwa gleich hoch, während bei einer Lungendeposition die Impulsrate von Detektor 4 im Vergleich zu Detektor 3 mehr als doppelt so groß ist (Abb. 4-1).

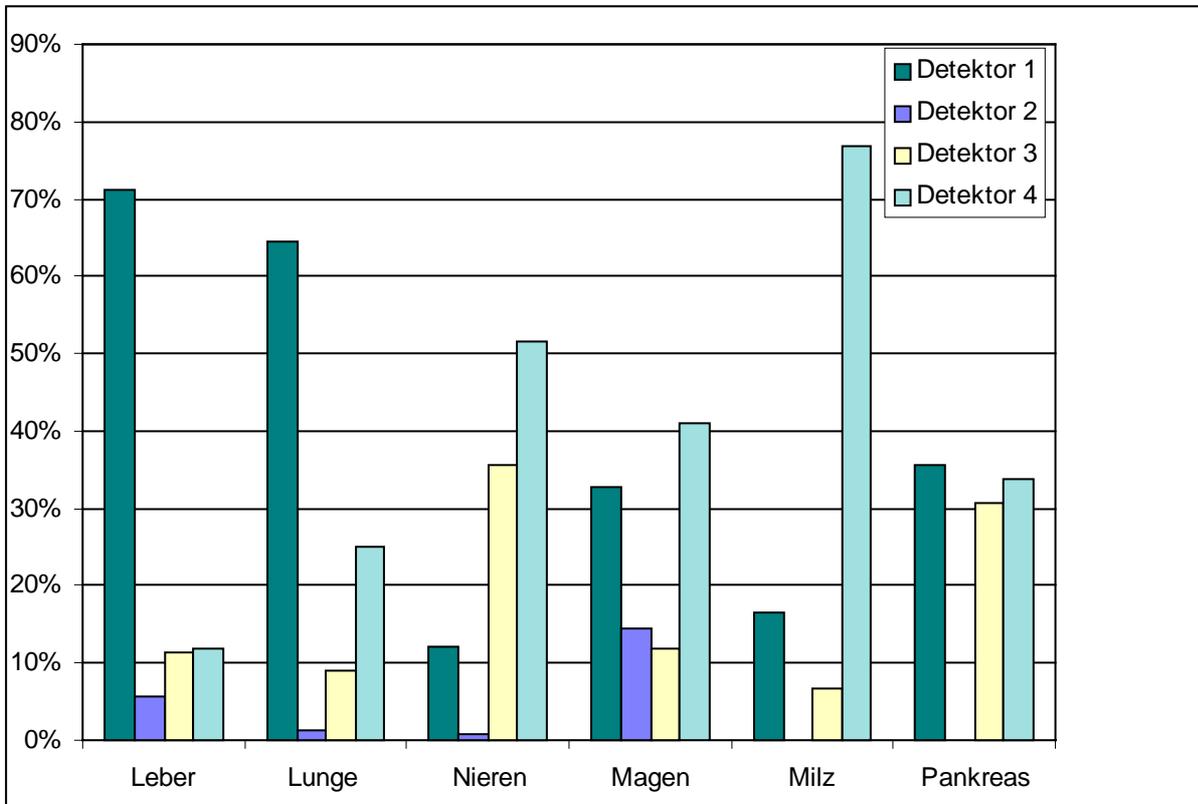


Abb. 4-1: Relative Impulsraten der vier Detektoren des Ganzkörperzählers für verschiedene Co-60 Organdepositionen

#### 4.3.1.5 Cs-137-Referenzmessungen

H. Doerfel, I. Hofmann, A. Zieger

Seit Inbetriebnahme des ersten Ganzkörperzählers im Jahr 1961 werden regelmäßige Messungen zur Bestimmung der Cs-137-Körperaktivität an einer Referenzgruppe von zur Zeit etwa 20 nicht beruflich strahlenexponierten Personen aus dem Karlsruher Raum durchgeführt. Die Abb. 4-2 stellt die seit 1961 gemessenen Quartalsmittelwerte der spezifischen Cs-137-Körperaktivität dar. Deutlich erkennbar sind die Auswirkungen des Fallouts der oberirdischen Kernwaffentests in den 60er Jahren sowie des Reaktorunfalls in Tschernobyl im April 1986. Die Tab. 4-11 zeigt die Monatsmittelwerte der spezifischen Cs-137-Körperaktivität für 1997. Der aus diesen Werten resultierende Jahresmittelwert von 0,21 Bq/kg ist geringfügig niedriger als im Vorjahr.

Monat	Spezifische Cs-137-Körperaktivität in Bq pro kg Körpergewicht
Januar	0,17
Februar	0,20
März	0,22
April	0,19
Mai	0,24
Juni	0,17
Juli	0,15
August	0,21
September	0,23
Oktober	0,26
November	0,26
Dezember	0,27
Mittelwert 1997	0,21±0,04

Tab. 4-11: Monatsmittelwerte der spezifischen Cs-137-Körperaktivität der Karlsruher Referenzgruppe im Jahr 1997

Die Geschlechtsabhängigkeit der Cs-137-Körperaktivität wird durch Abb. 4-3 verdeutlicht. Bei Frauen ist die effektive Halbwertszeit von Cs-137 kürzer als bei Männern. Aus diesem Grund haben Frauen im Mittel eine geringere spezifische Cs-137-Körperaktivität als Männer. Im Einzelfall läßt sich diese Aussage jedoch nicht pauschalisieren, da auch noch andere Faktoren den Cs-137-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 genannten Einflußfaktoren zu einer recht großen Streuung der Einzelwerte. Eine genauere Analyse der Ergebnisse zeigt, daß die 1997 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 16 Bq bei den Männern bzw. 13 Bq bei den Frauen. Die mittleren geometrischen Standardabweichungen sind mit 2,3 (Männer) und 1,9 (Frauen) bei beiden Geschlechtern ungefähr gleich. Folglich liegt die zivilisatorisch bedingte Cs-137-Körperaktivität bei den Männern in 95 % der Fälle unter 60 Bq, während sie bei den Frauen in 95 % der Fälle unter 40 Bq liegt. Demnach können in Anlehnung an DIN 25482 die Werte von 60 Bq (Männer) bzw. 40 Bq (Frauen) als Erkennungsgrenzen einer berufsbedingten Cs-137-Körperaktivität angesehen werden.

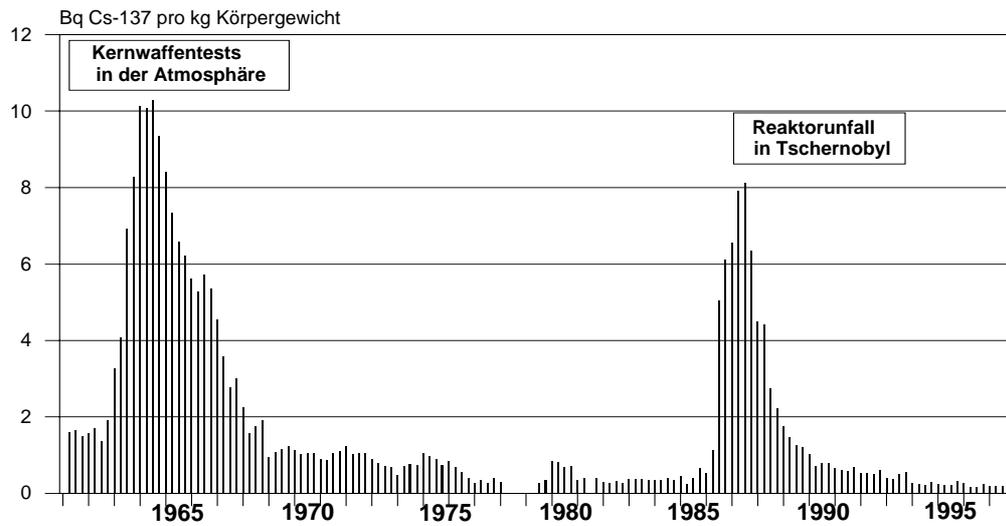


Abb. 4-2: Quartalsmittelwerte der spezifischen Cs-137-Körperaktivität der Karlsruher Referenzgruppe seit 1961

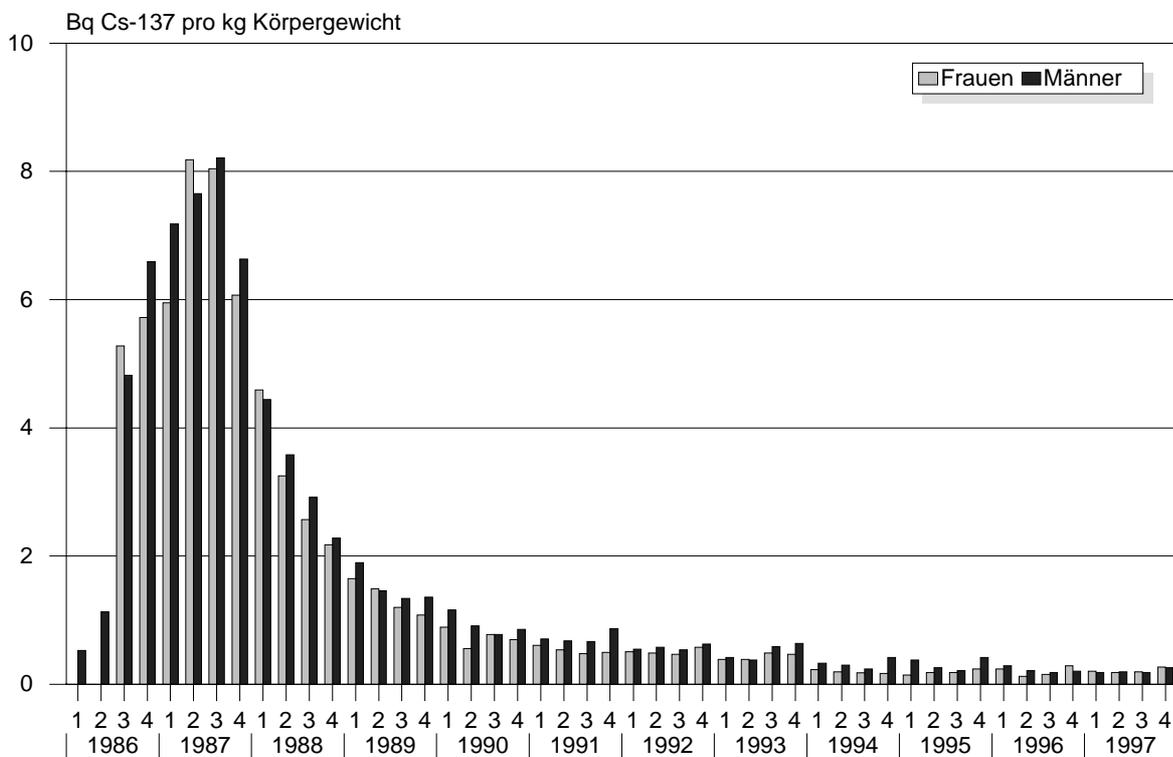


Abb. 4-3: Quartalsmittelwerte der spezifischen Cs-137-Körperaktivität der Karlsruher Referenzgruppe seit 1986

#### 4.3.1.6 Untersuchungsvorhaben „Verbesserung der Meßverfahren bei Ganz- und Teilkörperzählern“

J. Steeg, H. Doerfel

Im Rahmen eines vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit geförderten Untersuchungsvorhabens sollen die Meßverfahren bei Ganz- und Teilkörperzählern verbessert werden. Im Vordergrund steht dabei die Kalibrierung dieser Meßeinrichtungen mit Hilfe von mathematischen Verfahren. Aufgrund der im Vorjahr durchgeführten Voruntersuchungen zeichnet sich ein Lösungsansatz ab, der im wesentlichen auf der Simulation des Strahlentransports in einem realistischen mathematischen Phantom basiert. Hierfür soll der im Institut für Biomedizinische Technik der Universität Karlsruhe entwickelte **MEET**-Datensatz (**M**odels for **S**imulation of **E**lectromagnetic, **E**lastomechanic and **T**hermic Behavior of **M**an) verwendet werden. Dieser Datensatz basiert auf den Visible Man Daten, die im Rahmen des Visible Human Projektes der National Library of Medicine (NLM), Bethesda, Maryland (USA) aus scheibenweisen fotografischen Aufnahmen eines Menschen gewonnen wurden. Der MEET-Datensatz unterscheidet 28 Gewebearten und gibt die Strukturen des Körpers mit einer räumlichen Auflösung von etwa 1 mm wieder. Durch spezielle Morphing-Techniken, die ebenfalls im Institut für Biomedizinische Technik entwickelt wurden, ist es möglich, die durch den MEET-Datensatz gegebenen Strukturen auf andere Körper- bzw. Organproportionen abzubilden. Auf diese Weise kann insbesondere auch ein mathematisches Phantom des Referenzmenschen nach ICRP 23 erzeugt werden. Dies soll im Rahmen eines Unterauftrages an das Institut für Biomedizinische Technik durchgeführt werden.

Im weiteren Verlauf des Untersuchungsvorhabens soll eine mathematische Simulation der Meßeinrichtungen entwickelt werden. Hierbei sollen die wichtigsten Parameter der Detektoren (Material, Größe, Abschirmung, Strahleneintrittsfenster) sowie die räumliche Anordnung der Detektoren in Bezug auf den Probanden frei vorgebar sein, so daß prinzipiell jeder Ganz- oder Teilkörperzähler simuliert werden kann. Nach diesen Vorarbeiten soll dann ein Verfahren zur rechnerischen Kalibrierung von Ganz- und Teilkörperzählern in den folgenden Schritten bereitgestellt werden:

- Mathematische Simulation des Strahlentransports aus vorgegebenen Körperregionen bzw. Organen des Referenzmenschen zu den einzelnen Detektoren des Ganz- bzw. Teilkörperzählers
- Mathematische Simulation des Strahlentransports von Punktquellen an repräsentativen Raumpunkten zu den einzelnen Detektoren
- Messung der Kalibrierfaktoren der einzelnen Detektoren für Punktquellen an den jeweiligen Raumpunkten
- Berechnung der Kalibrierfaktoren der einzelnen Detektoren für die vorgegebenen Körperregionen bzw. Organe durch Verhältnisbildung

#### 4.3.1.7 Strahlenpaßstelle

F. Pfeffer

Im Jahr 1997 hatten 96 (Vorjahr 143) von 283 (270) Fremdfirmen mit gültigem Abgrenzungsvertrag Mitarbeiter in Kontrollbereichen des Forschungszentrums Karlsruhe angemeldet. Insgesamt wurden 834 (660) Anmeldungen durchgeführt, wovon 332 (192) Ummeldungen oder Mehrfach-Anmeldungen waren, d.h. Mitarbeiter von Fremdfirmen, die sich mehrmals im Jahr an- und abgemeldet haben. 117 Anmeldungen wurden mit Bestätigungen im Sinne des § 20 AtG getätigt. Des weiteren wurden 1997 insgesamt 606 Abmeldungen durch-

geführt, davon 117 Zwangsabmeldungen aufgrund versäumter ärztlicher Untersuchungen, versäumter anlagenbezogener Belehrungen oder wegen abgelaufener Abgrenzungsverträge.

Im Berichtszeitraum wurden 1 329 (1 628) Strahlenpässe zur Aktualisierung kurzfristig an Fremdfirmen ausgegeben. In Strahlenpässe wurden 10 008 (8 140) Eintragungen vorgenommen. Mit Stand Dezember 1997 sind insgesamt 2 110 (1 960) Fremdfirmenmitarbeiter in der Datei erfaßt.

#### 4.3.2 Betriebliche Überwachung

K. Burkhard, G. Nagel

##### 4.3.2.1 Filter- und Wischtestmessungen

Im Jahr 1997 wurden im Strahlenschutzmeßlabor 35 700 Raumlufffilter (Vorjahr 36 900) mit Pseudokoinzidenzanlagen auf künstliche  $\alpha$ - und  $\beta$ -Aktivität ausgemessen.

Die Luftstaubaktivitäten sind in Tab. 4-12 aufgegliedert. Die Werte 1,25 mBq/m<sup>3</sup> für  $\alpha$ -Strahler bzw. 0,65 Bq/m<sup>3</sup> für  $\beta$ -Strahler sind die unteren Meßschwellen. Die Werte 0,04 Bq/m<sup>3</sup> für  $\alpha$ -Strahler bzw. 40 Bq/m<sup>3</sup> für  $\beta$ -Strahler werden von den Grenzwerten der Jahresaktivitätszufuhr über Luft für Personen der Kategorie A abgeleitet. Ein weiterer Grenzwert ist für  $\alpha$ -Strahler 0,8 Bq/m<sup>3</sup> bzw. für  $\beta$ -Strahler 800 Bq/m<sup>3</sup> (20faches der abgeleiteten Werte), oberhalb dessen Atemschutzisoliergeräte getragen werden müssen. In Abb. 4-4 wird der Verlauf der Häufigkeitsverteilung der Aerosolaktivitätskonzentration oberhalb der Meßschwelle in der Raumluff relativ zu der im Jahr gemessenen Filteranzahl über die letzten fünf Jahre gezeigt.

Aktivität	Aktivitätsgrenzen in Bq/m <sup>3</sup>	Anzahl der Filter	Anteil an der Gesamtzahl in %
$\alpha$ -Aktivität	A > 0,8	42 (210)	0,1 (0,6)
	0,8 $\geq$ A > 0,04	322 (750)	0,9 (2,0)
	0,04 $\geq$ A $\geq$ 0,00125	2 240 (3 369)	6,3 (9,1)
	A < 0,00125	33 096 (32 571)	92,7 (88,3)
$\beta$ -Aktivität	A > 800	0 (0)	0,0 (0,0)
	800 $\geq$ A > 40	4 (10)	0,0 (0,0)
	40 $\geq$ A $\geq$ 0,65	74 (173)	0,2 (0,5)
	A < 0,65	35 622 (36 717)	99,8 (99,5)

Tab. 4-12: Häufigkeitsverteilung der Aerosolaktivitätskonzentration in der Raumluff

Mittels  $\alpha$ -Spektroskopie wurden im Strahlenschutzmeßlabor 12 Wischtestproben und mittels  $\gamma$ -Spektroskopie 861 Proben quantitativ und qualitativ untersucht. Davon entfielen auf Kohlefilter aus der Raumluffüberwachung 631, auf Glasfaserfilter 25, auf Wischtests 22, auf Sonstiges 86 und auf Dichtheitsprüfungen 97. Mittels Flüssigszintillationsmeßtechnik wurden 434 Styropor-Wischtest-Proben auf H-3 untersucht.

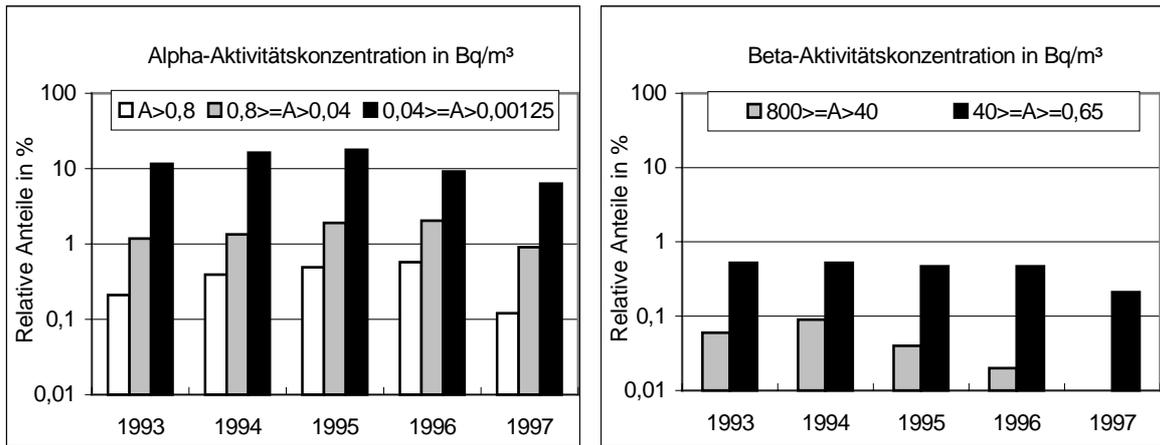


Abb. 4-4: Verlauf der Häufigkeitsverteilung der Aerosolaktivitätskonzentrationen in der Raumluft oberhalb der Meßschwelle

#### 4.3.2.2 Raumluftaktivitätsüberwachung

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 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

Aus den Meßdaten der Aktivitätskonzentration in der Raumluft zwischen der Meßschwelle und dem Interventionswert (vgl. Kap. 4.3.2.1) werden arbeitsgruppenspezifisch unter Verwendung des jeweils maximalen Aktivitätskonzentrationswertes einer Raumgruppe oder eines Gebäudes die täglichen Aktivitätszufuhren berechnet, zu Monatswerten addiert und zu individuellen effektiven Dosen umgerechnet. Dabei wird sowohl zur Berechnung der Aktivitätskonzentrationen als auch zur Berechnung der Aktivitätszufuhren von einem achtstündigen Arbeitstag ausgegangen. Die Aktivität des  $\beta$ -Strahlers Pu-241 wird aufgrund von langjährigen Messungen des Nuklidvektors als das 20fache der gesamten  $\alpha$ -Aktivität angenommen.

In Tab. 4-13 sind die auf diese Weise für die verschiedenen Arbeitsgruppen bestimmten effektiven Dosen aufgeführt. Die in den einzelnen Anlagen der Hauptabteilung Dekontaminationsbetriebe und der Anlage PUTE sich ergebende Effektivdosis liegt aufgrund von Inkorporationen zwischen 0,0 und 2,4 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.

Arbeitsgruppe		Effektivdosis in mSv	
HDB	MAW-Verschrottung, Lager	0,2	(0,0)
HDB	Verbrennung	2,4	(1,8)
HDB	Deko fest	0,6	(0,8)
HDB	Deko flüssig	0,6	(0,4)
HS-St	HDB Deko flüssig	0,6	(0,4)
HS-St	HDB Deko fest	0,6	(0,8)
ITC-CPV	Bau 724 (PUTE)	0,0	(3,4)

Tab. 4-13: Aus Messungen der Raumluftaktivität berechneter oberer Wert der Effektivdosen für Angehörige einer Arbeitsgruppe im Jahr 1997 (Vorjahreswerte in Klammer)

#### 4.3.2.3 Dichtheitsprüfungen

K. Burkhard

Auch 1997 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 Prüf Fristen 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  $\gamma$ -Spektroskopie oder durch Flüssigszintillationsmeßtechnik ausgewertet. Die Anzahl der geprüften Strahler ist in Tab. 4-14 nach Nuklid und Institution sortiert aufgeführt. Im Berichtsjahr wurde kein undichter Strahler gefunden.

#### 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.

	Cs-137	Am-241	Sr-90	Cf-252	Ni-63	Co-60	Np-237	Pu-239	Pb-210	Ra-226	Fe-55	Cd-109	Ba-133	Sm-151	Σ
HS-St	10	3	6	2		1	1	3	1						27
FTU	4	4	3	4		1			1						17
HDB	9	4				1							1		15
INR		1		2			3			1					7
BTI					7										7
IK I		4	1								1				6
IK III		5													5
HS-M			3												3
ITOX						2									2
HZY			1							1					2
EKM												1			1
HVT-HZ	1														1
IMK		1													1
INFP														1	1
HZY		1													1
HS-US	1														1
Summe	25	23	14	8	7	5	4	3	2	2	1	1	1	1	97

Tab. 4-14: Anzahl der im Jahr 1997 durchgeführten Dichtheitsprüfungen an umschlossenen Strahlern

#### 4.3.3 Interne Dosimetrie von Kalium-40

E. Polig, H. Schieferdecker

In letzter Zeit wurde in den Medien die Verwendung von Mineraltabletten bei einem krankheitsbedingtem Mineralstoffmangel kontrovers diskutiert. Während einerseits die zusätzliche Gabe von wichtigen Mineralstoffen wie Kalium und Magnesium im Falle einer Mangelsituation aus medizinischer Sicht grundsätzlich empfohlen wird, wurde andererseits auf das erhöhte Strahlenrisiko durch die Aufnahme von  $^{40}\text{K}$  hingewiesen. Dies soll sogar bei größeren aufgenommenen Mengen zu einer Überschreitung der Dosisgrenzwerte für Personen der Bevölkerung (-nicht beruflich exponiert-) führen können.

In dem folgenden Beitrag werden deshalb die Strahlendosen durch  $^{40}\text{K}$  in allen wichtigen Organen neu berechnet. Das bisher von der ICRP angewandte biokinetische und dosimetrische Modell wird verbessert und insbesondere der Tatsache Rechnung getragen, daß der Kaliumgehalt des menschlichen Körpers einem Regelungsmechanismus unterliegt. Die Grundzüge des Kalium Metabolismus sind als biokinetisches Modell in Abb. 4-5 dargestellt.

Die mittlere Zufuhr von 3,3 g K/Tag entspricht der ICRP Annahme. Für Deutschland wurde ein Wert von 2,3 g K/Tag festgestellt (Ernährungsbericht 1996, Dt. Ges. f. Ernährung). Die Resorption von Kalium im Dünndarm ist vollständig ( $f_1 = 1$ ). Die in Abb. 4-5 gezeigten Transferraten für den Magen-Darm-Trakt entsprechen dem ICRP-Modell. Sie gelten allgemein und sind nicht spezifisch für Kalium. Die gängigen dosimetrischen Modelle für Kalium berücksichtigen nicht den Transport durch den Dickdarm und die erhöhte Konzentration im Muskelgewebe. 60 % des Kaliums befinden sich in der Muskulatur mit einer Konzentration von

3 mg/g. Die Konzentration im Restkörper ist 1,3 mg/g. Die Konzentration im Muskel ist damit das 1,5-fache der mittleren Konzentration (2 mg/g), im Restkörper das 0,65-fache.

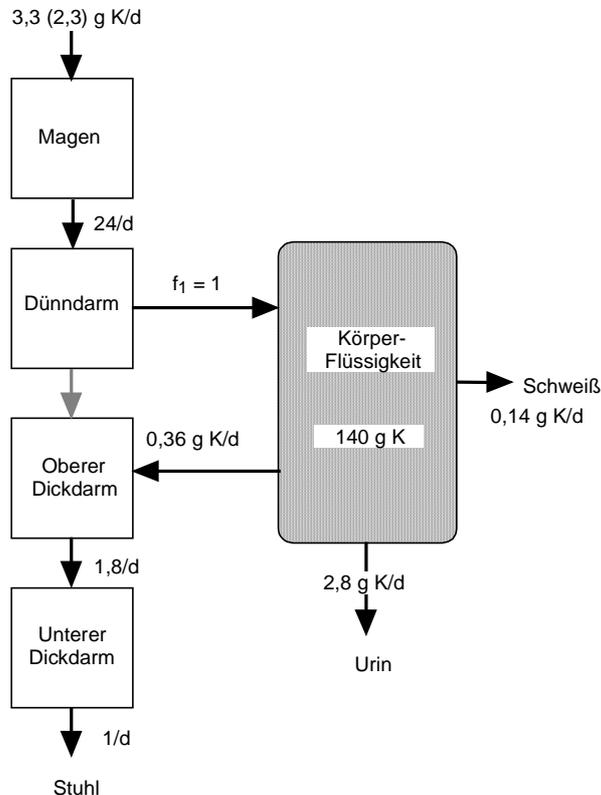


Abb. 4-5: Biokinetisches Modell des Kalium Metabolismus

Aus den angegebenen Übergangsraten und der Gesamtmenge von 140 g können die für Kalium spezifischen Transferraten berechnet werden. Demnach hat das Element mit den Daten der Abb. 4-5 in den Körperflüssigkeiten eine Halbwertszeit von 29,4 (42,2) Tagen.

Kalium enthält 0,011 7%  $^{40}\text{K}$  mit einer Halbwertszeit von  $1,28 \cdot 10^9$  Jahren (11 %  $\gamma$ ,  $E = 1,46 \text{ MeV}$ ; 89 %  $\beta^-$ ,  $E_{\text{max}} = 1,312 \text{ MeV}$   $\bar{E} = 0,509 \text{ MeV}$ ). Die spezifische Aktivität ist 30,9 Bq/g K und die Gesamtaktivität im Körper 4,33 kBq.

Die spezifischen effektiven Energien wurden für alle wichtigen Kombinationen von Strahlenquelle und bestrahltem Organ (Gewebe) unter Verwendung der spezifischen absorbierten Fraktionen für Photonenquellen von Cristy und Eckerman (ORNL/TM-8381/V7) berechnet. Nach Empfehlung der ICRP wurde die  $\beta$ -Dosisleistung auf die Wände des Magens, Dünndarms und Dickdarms als  $0,5 \times$  mittlere Dosisleistung im entsprechenden Inhalt angenommen. Der  $\beta$ -Anteil der spezifischen effektiven Energie (Organ  $\leftarrow$  Gesamter Körper) wurde entsprechend der obigen Konzentrationsverhältnisse bei (Muskel  $\leftarrow$  Gesamter Körper) mit dem Faktor 1,5 gewichtet, bei allen anderen Organen mit dem Faktor 0,65. Alle biokinetischen und dosimetrischen Berechnungen wurden mit dem bereits vorgestellten Matrizenverfahren durchgeführt (E. Polig, Jahresbericht HS 1996).

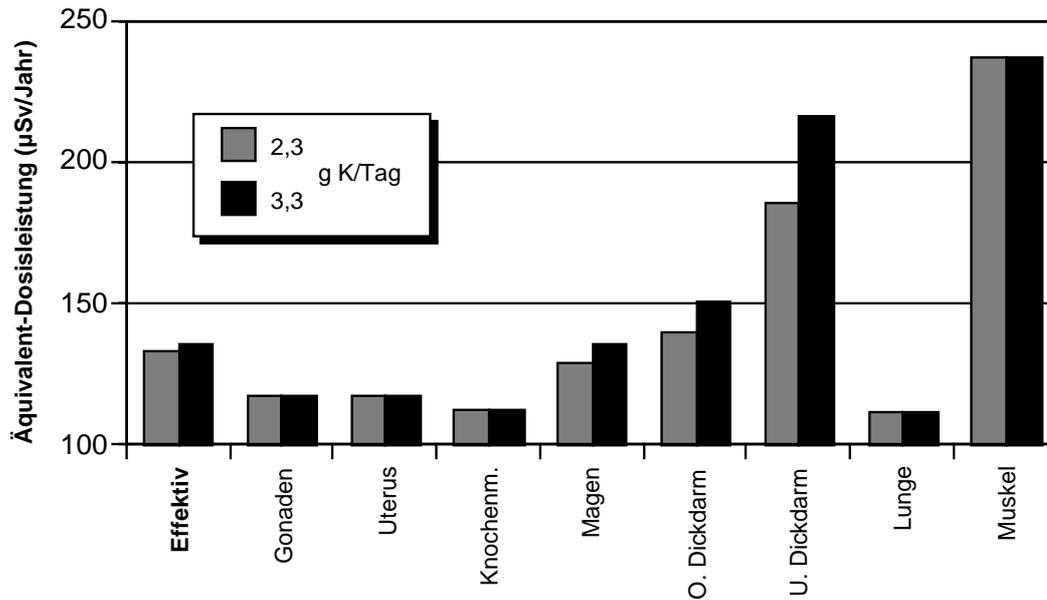


Abb. 4-6: Äquivalent-Dosisleistung effektiv und in verschiedenen Organen bei der Aufnahme von 2,3 g oder 3,3 g Kalium/Tag

Die Äquivalent-Dosisleistung in verschiedenen Organen und Geweben ist in Abb. 4-6 dargestellt. Erwartungsgemäß treten die höchsten Strahlendosen im Muskelgewebe auf. Durch die Regulierung des Kaliumhaushalts sind die Dosiswerte praktisch unabhängig von der täglichen Zufuhr. Lediglich im Magen-Darm-Trakt führt eine erhöhte Zufuhr auch zu einer Erhöhung der Strahlendosen. Da die Kaliumkonzentration im Inhalt der entsprechenden Segmente des Magen-Darm-Traktes direkt proportional der Zufuhrrate ist, variiert damit auch die  $\beta$ -Komponente der Strahlendosis entsprechend. Die geringe Erhöhung der effektiven Dosis beruht überwiegend auf dem Beitrag des Magen-Darm-Traktes. Die praktische Unabhängigkeit der Dosisleistungen in den meisten Organen von der Zufuhrrate bedeutet andererseits, daß die Dosisfaktoren (Sv/Bq) nicht konstant sind. So ist z.B. bei 2,3 g/Tag (26,0 kBq/Jahr) der Dosisfaktor für die Effektivdosis  $5,14 \cdot 10^{-9}$  Sv/Bq und bei der ICRP-Annahme von 3,3 g/Tag (37,2 kBq/Jahr) nur  $3,66 \cdot 10^{-9}$  Sv/Bq. In Deutschland gilt zur Zeit ein Wert von  $5,0 \cdot 10^{-9}$  Sv/Bq (Bundesanzeiger 185a, vom 5.9.89). Durch die genauere Berechnung mit dem hier betrachteten Modell ergeben sich gegenüber den gesetzlichen Werten für den oberen Dickdarm ein leicht ( $5,4 \cdot 10^{-9}$  Sv/Bq) erhöhter Wert. Für den unteren Dickdarm ( $7,2 \cdot 10^{-9}$  Sv/Bq) und das Muskelgewebe ( $9,2 \cdot 10^{-9}$  Sv/Bq) sind die Werte erheblich größer.

Um die Konsequenzen einer zusätzlichen Gabe von Kalium bei Kaliummangel zu beurteilen, betrachten wir hier zwei einfache Fälle:

Wird der Kaliummangel durch eine zu geringe Zufuhr verursacht und bleiben gleichzeitig die Transferparameter der K-Ausscheidung unverändert, dann ist die Gesamtmenge im Körper proportional der Aufnahmerate. Die Dosisleistung in den einzelnen Organen ist verglichen mit dem Normalzustand geringer. Die zusätzliche Aufnahme von Kalium in Form von Mineraltabletten kann eine Normalisierung der Zufuhrrate auf den Wert von 2,3 (3,3) g/Tag bewirken. Bei konstanten Transferraten würde sich der Kaliumgehalt auf den Normalwert von 140 g einstellen, bei Anpassung der Transferraten an das erhöhte Kaliumangebot wäre der Kaliumgehalt weiterhin unter dem Normalwert. Es können also maximal die Dosisleistungen eines gesunden Menschen erreicht werden, eine Überschreitung erscheint nicht möglich.

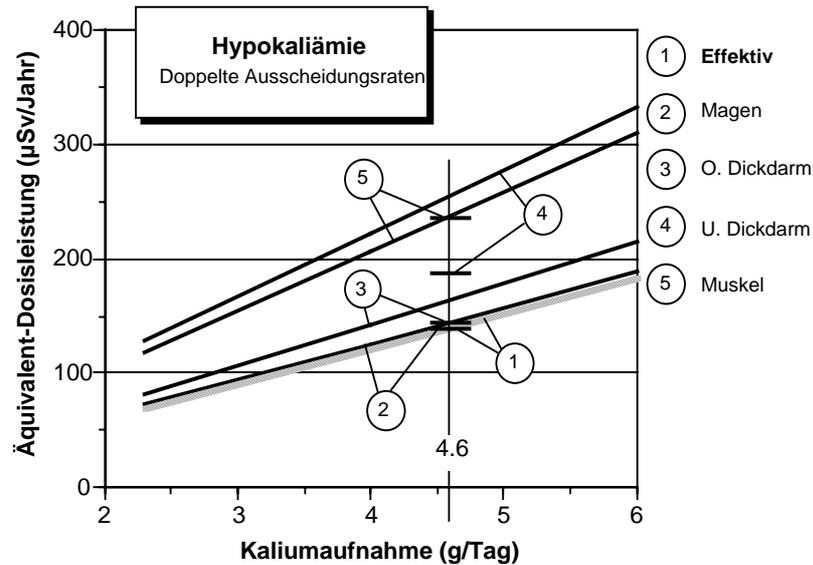


Abb. 4-7: Äquivalent-Dosisleistung bei der Therapie einer Hypokaliämie verursacht durch erhöhte Ausscheidungsraten von Kalium. Abhängigkeit von der Zufuhrrate

Interessanter ist der Fall, wenn ein Kaliummangel durch zu hohe Transferraten bei normaler Zufuhr verursacht wird. Bei dem Beispiel der Abb. 4-7 wurde eine Verdoppelung der Transferraten bei einer normalen Aufnahmerate von 2,3 g/Tag angenommen. Der Kaliumgehalt des Körpers sinkt auf ca. 70 g. In allen Organen und Geweben, mit Ausnahme des Magen-Darm-Traktes, betragen die Dosisleistungen ebenfalls nur die Hälfte des Normalwertes. Im Magen, oberen und unteren Dickdarm erreichen die Dosisleistungen 55, 58 bzw. 68 % des Normalwertes. Durch die zusätzliche Aufnahme von 2,3 g/Tag, d. h. einer Gesamtaufnahme von 4,6 g/Tag, würde sich bei unveränderten Transferraten der normale Kaliumgehalt einstellen. Im Magen, oberen und unteren Dickdarm wären die Dosisleistungen dann aber 111, 117 bzw. 137 % des Normalwertes. In Abb. 4-7 sind die Normalwerte als Markierungen auf der senkrechten Linie bei 4,6 aufgetragen. Die Dosisleistung im unteren Dickdarm übersteigt sogar diejenige im Muskel. Insgesamt würde eine geringfügige Erhöhung der Effektivdosis auf 140 µSv/Jahr (normal: 133 µSv/Jahr) resultieren.

Der Grund für die erhöhten Strahlendosen im Magen-Darm-Trakt ist die im Vergleich zum Normalzustand größere Kaliummenge, die transportiert werden muß und dabei durch die  $\beta$ -Strahlung des Inhalts eine größere Belastung verursacht. Insgesamt ist die zusätzliche Strahlendosis jedoch gering und innerhalb der natürlichen Schwankungsbreite. Sie wird außerdem nur bei Kaliumgaben erreicht (2,3 g/Tag), die weit über den therapeutischen Dosen (0,5-1g/Tag) liegen. Ein erhöhtes Strahlenrisiko durch Mineraltabletten kann deshalb ausgeschlossen werden.

Grundsätzlich ist zu beachten, daß die Anwendung von publizierten Dosisfaktoren bei radioaktiven Spurenelementen, die einer homöostatischen Regulierung unterliegen, zu völlig falschen Ergebnissen führen kann. Die Dosisfaktoren sind dann nicht konstant, sondern nehmen mit steigender Zufuhr ab (Inhalation oder Ingestion). In solchen Fällen sind Dosisfaktoren ohne gleichzeitige Angabe der entsprechenden Zufuhr praktisch nutzlos.

#### 4.3.4 Das biokinetische Modell der ICRP für Aktinide: Mögliche Korrekturen

E. Polig

Die ICRP-Modelle zur Bestimmung der Strahlenexposition durch interne Radionuklide beinhalten biokinetische Modelle der Verteilung in einzelnen Organen und Geweben, dosimetrische Modelle der Energiedeposition für die verschiedenen Kombinationen von Strahlenquellen und bestrahlten Organen (Geweben) und eine Reihe von Regeln und Annahmen, nach denen für eine gegebene Dosisverteilung im Körper ein Risikoindex abgeleitet wird (vgl. Abb. 4-8).

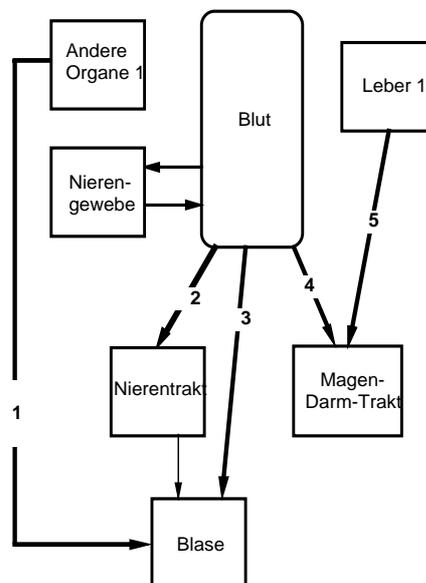


Abb. 4-8: Ausscheidungswege des Aktiniden-Modells (ICRP 67)

Für das ICRP-Modell der Aktinide (ICRP 67), besonders für Plutonium, wurde schon in einem früheren Beitrag die Umgestaltung des Skeletteils vorgeschlagen und begründet (Polig, Jahresbericht HS 1995, Health Phys. 72,19,1997). Im folgenden sollen weitere Unzulänglichkeiten des ICRP-Modells diskutiert und Verbesserungen vorgeschlagen werden.

Die relative Aufteilung des Einstroms vom Blut in das trabekuläre und kortikale Skelett wurde bereits in der oben zitierten Modellrevision auf 3:1 verändert. Das ICRP-Modell nimmt ein Verhältnis von 3:2 an. Gemessene Werte für den Menschen existieren nicht, deshalb muß dieser Modellparameter auf sehr indirekte Weise abgeleitet werden (Verteilung zwischen Leber und Skelett, Urinausscheidung). Neuere autoradiographische Studien an Beagle-Hunden haben jedoch ergeben, daß dieses Verhältnis 10:1 sein könnte (Polig et al., Health Phys., im Druck). In Ermangelung direkter Informationen ist es deshalb naheliegend, diesen Wert auch für den Menschen anzuwenden. Dies würde wahrscheinlich auch eine Veränderung der Ausscheidungskonstanten nach sich ziehen, da die Verschiebung von Aktivität zu dem Skelettbereich mit hoher Ausscheidungsrate eine entsprechende Erhöhung der Urinausscheidung bewirkt.

Die Definition der Ausscheidungswege im ICRP-Modell ist teilweise physiologisch nicht begründbar. Das Modell kennt insgesamt fünf Ausscheidungswege (Abb. 4-8). Drei davon tragen zur Urinausscheidung bei. Das Kompartiment "Nierengewebe" trägt nicht zur Aus-

scheidung bei und wird deshalb hier nicht betrachtet. In Abb. 4-9 sind die Beiträge der einzelnen Ausscheidungswege in Abhängigkeit von der Zeit dargestellt. Es wird dabei angenommen, daß zur Zeit  $t=0$  eine Aktivitätsmenge im Blut aufgenommen wurde. Die Kurven geben dann den Bruchteil dieser Einheit pro Jahr an, der über den entsprechenden Weg transportiert wurde. Die Ausscheidungsrate von "Weichgewebe 1" (ICRP: "Soft tissue 1") in die Blase übersteigt alle anderen Beiträge bei weitem. Dies ist deshalb bemerkenswert, weil es für diesen formal postulierten Ausscheidungsweg 1 keine physiologische Begründung gibt und in den entsprechenden Publikationen der ICRP eine solche Begründung auch nicht gegeben wurde. Eine direkte Ausscheidung aus den Weichgeweben in die Blase, unter Umgehung des Blutes und der Niere, ist natürlich nicht möglich. Das ICRP-Modell ist damit bezüglich der Urinausscheidung unphysiologisch und korrekturbedürftig.

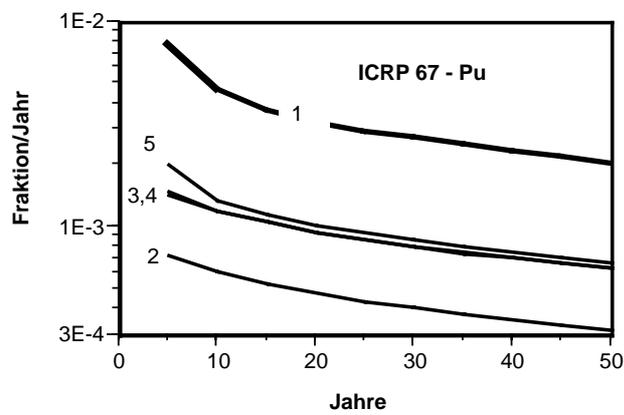


Abb. 4-9: Beitrag der Ausscheidungswege zur Gesamtausscheidung

Diese unphysiologische Wahl der Ausscheidungswege dürfte auch der Grund für die schlechte Übereinstimmung der gemessenen Urinausscheidung mit den Modellrechnungen sein. Die Unzulänglichkeiten des ICRP-Modells im Hinblick auf Urin- und Stuhlausscheidung wurden bereits in einem früheren Beitrag (Doerfel, Jahresbericht HS 1994) diskutiert. Der dortige Vergleich mit den Langham-Daten wurde durch Einbeziehung der empirischen Ausscheidungskurven von Durbin und Khokhryakov erweitert und zeigt lediglich in einem mittleren Zeitbereich von ca. 4-100 Tagen eine befriedigende Übereinstimmung mit den Messungen. Es erscheint deshalb geboten, den gesamten Ausscheidungsteil des ICRP-Modells einer gründlichen Revision zu unterziehen, bei der Weg 1 entfällt und die verbleibenden Ausscheidungskonstanten an die vorhandenen Meßdaten optimal angepaßt werden.

Ein wesentlicher Bestandteil des dosimetrischen Modells sind die absorbierten Energiefraktionen für die entsprechenden Kombinationen von Quellen- und Zielregionen. Eine Neuberechnung der absorbierten Fraktionen für das Knochenvolumen als Quellregion und die Knochenoberflächen als Zielregion ergab, daß im trabekulären Skelett die ICRP Annahme von 0,025 erheblich überschritten wird. Die neuen Werte liegen zwischen 0,036 bei 3 MeV  $\alpha$ -Teilchen und 0,066 bei 8 MeV. Die ICRP Werte sind also nicht konservativ und berücksichtigen außerdem nicht die relativ starke Energieabhängigkeit. Einige Kombinationen von Quellen- und Zielregion im Skelett werden von der ICRP nicht berücksichtigt. Das Knochenmark wird zwar als strahlenempfindliches Zielgewebe betrachtet, aber nicht als Quellorgan, das die Knochenoberfläche bestrahlen kann. Ebenso wurde die Selbstabsorption von  $\alpha$ -Energie im Knochenmark nicht berücksichtigt (Quellgewebe = Zielgewebe). Da solche Ergänzungen ohne Schwierigkeiten in ein zukünftiges Modell eingebaut werden können, sollte dies bei einer zukünftigen Revision berücksichtigt werden.

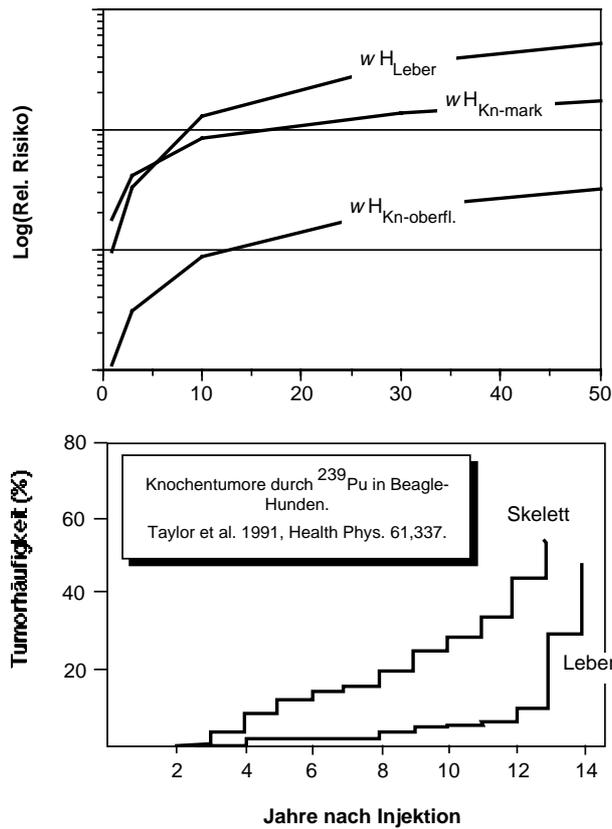


Abb. 4-10: Vergleich der Beiträge zur Effektivdosis von Skelett und Leber mit der beobachteten Tumorhäufigkeit in Hunden

Die effektive Dosis ( $E$ ) im gesamten Körper wird aus den Beiträgen der Äquivalentdosis in den einzelnen Organen oder Geweben ( $H_T$ ) mit Hilfe von Gewichtungsfaktoren ( $w_T$ ) berechnet.

$$E(t) = \sum_{T=1}^{T=12} w_T H_T(t) + w_{rem} H_{rem}(t)$$

Diese Gewichtungsfaktoren berücksichtigen die relative Größe und Strahlenempfindlichkeit eines Organs. Der Ausdruck  $w_{rem} H_{rem}(t)$  bezieht sich auf die Restorgane, für die keine eigenen Gewichtungsfaktoren definiert sind. Da die Effektivdosis einen Index für das Gesamtrisiko der internen Bestrahlung repräsentiert, stellen entsprechend die einzelnen Beiträge einen Risikoindex für das jeweilige Organ oder Gewebe dar. In Abb. 4-10 (oben) sind auf einer relativen Skala die Produkte  $w_T H_T$  für die drei Organe (Gewebe) Leber, Knochenmark und Knochenoberflächen nach einer Aufnahme von Pu-239 dargestellt. Die größten Werte ergeben sich für die Leber. Das Strahlenrisiko für das Endosteum (Knochenoberflächen) sollte demnach um mehr als eine Größenordnung geringer sein.

Es gibt keine empirischen Daten für den Menschen, die es gestatten würden, die Gewichtungsfaktoren für Leber und Knochenoberflächen nach einer internen Kontamination direkt abzuleiten. Es ist jedoch aufschlußreich, die Verhältnisse bei Beagle-Hunden zu betrachten, die physiologisch dem Menschen sehr ähnlich sind. Abb. 4-10 (unten) zeigt die kumulative Tumorzinzidenz in Skelett und Leber nach einer Injektion von Pu-239. Die Skelettumore sind

überwiegend Osteosarkome, für die die Knochenoberflächen das kritische Gewebe darstellen. Das Auftreten von Skelettumoren sollte also direkt mit dem Risikoindex für die Knochenoberflächen korrelieren. Wie man aus Abb. 4-10 ersehen kann, ist das Risiko für Knochentumore wesentlich größer als das für Lebertumore. Strahleneffekte im Knochenmark (Leukämie) wurden nicht beobachtet. Die experimentellen Befunde sind damit in krassem Gegensatz zu den berechneten Risikofaktoren des ICRP-Modells. Da die relativen Dosisbeiträge  $H_T$  beim Hund nicht wesentlich von denen des Menschen abweichen, muß der Grund für diese Diskrepanz in der Wahl der Gewichtungsfaktoren  $w_T$  liegen.

Nach diesen Darlegungen dürfte es klar sein, daß das Aktinidenmodell der ICRP noch nicht das letzte Wort zu diesem Themenkomplex sein kann. Zukünftige Revisionen des Modells sollten sich noch mehr als bisher auf systematische Studien mit Versuchstieren stützen, wenn entsprechende Daten für den Menschen nicht existieren. Auch die Übereinstimmung der Modellvoraussagen mit menschlichen Daten ist teilweise noch unbefriedigend. Nicht zuletzt sollte auch der Korrespondenz zwischen Modellstruktur und den bekannten physiologischen Mechanismen in der Zukunft mehr Bedeutung zugemessen werden.

#### 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,
- Bestrahlung von Dosisleistungsmeßgeräten und Dosimetern zur Eichfristverlängerung,
- 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 Messungen gemäß des Arbeitsschutzgesetzes

A. Janner, N. Liebe

Im Berichtsjahr wurden insgesamt 11 Arbeitsplatzmessungen durchgeführt. Schwerpunkte waren die Messungen der Beleuchtungsstärke und des Lärms (je viermal). Hierzu wurden Meßanleitungen erstellt. Je einmal wurde das Raumklima, die elektromagnetischen Felder und die Luftgeschwindigkeit gemessen.

#### 4.4.3 Wartung und Reparatur

J. Burkhardt, H. Michel, W. Richter

Zur Instandhaltung der von der Abteilung Strahlenschutz betreuten kontinuierlich messenden Raumluft- und Fortluftüberwachungsanlagen waren 488 Reparatursätze erforderlich. Für die Fortluftüberwachungsanlagen kamen softwareprogrammierte Steuerungen als Grenzwertgeber zum Einsatz, deren Programmierung und Inbetriebnahme zusätzlich zu den Routinearbeiten erfolgte. Des öfteren waren Reparaturen an Ortsdosisleistungs-Meßstellen notwendig.

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.

#### 4.4.4 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 Bundesanstalt für die Zulassung zur Eichung und den Prüfregelein 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 20 Gamma-Dosisleistungsmeßgeräte und 10 Neutronendosisleistungsmeßgeräte kalibriert. Hinzu kam noch die Bestrahlung von 27 Neutronendosimetern. An der Hochdosis-Bestrahlungsanlage fanden 52 Bestrahlungen, zum Teil als Auftragsarbeiten für Fremdfirmen, statt. Im Bestrahlungsbunker wurden 440 Bestrahlungen, hauptsächlich für die amtliche Meßstelle, durchgeführt. Alle Cs-137-Bestrahlungseinrichtungen wurden regelmäßig mit einem Sekundärstandard überprüft.

Zur Eichfristverlängerung erfolgte bei 415 Strahlenschutzmeßgeräten rechtzeitig die Überprüfung mit einer zugelassenen stationären Kontrolleinrichtung. Bei weiteren 84 Strahlenschutz-

meßgeräten wurde mit der stationären Kontrolleinrichtung eine Meßprüfung durchgeführt, bevor sie der Eichbehörde überstellt wurden.

424 Bestrahlungen mit der Röntgenanlage dienten zur Bestimmung der Energieabhängigkeit von Dosimetern. Bei 15 Kontaminationsmonitoren, die von Kernkraftwerken eingesandt wurden, erfolgte eine Funktionskontrolle. Wenn notwendig und möglich, wurden defekte Geräte repariert und kalibriert.

#### 4.4.5 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 5 619 Eichpunkten im Jahr 1997.

#### 4.5 Strahlenexposition bei der Konditionierung radioaktiver Stoffe

A. Reichert

Es wird die Entwicklung der äußeren Strahlenexposition des Personals bei der Verarbeitung radioaktiver Reststoffe für den Zeitraum 1991 – 1997 aufgezeigt. Die Untersuchungen wurden für drei Betriebsstätten der Hauptabteilung Dekontaminationsbetriebe des FZK, welche für die Verarbeitung bzw. Konditionierung von radioaktiven Reststoffen typisch sind, durchgeführt. Die Ermittlung der äußeren Strahlenexposition wurde auf Basis der nichtamtlichen Dosimetrie (gemessen mit Taschenionisationskammer) durchgeführt. Dies war insofern notwendig, da ein Großteil der einzelnen Betriebseinrichtungen mit Fremdpersonal betrieben wird und somit keine vollständigen Meßwerte aus der amtlichen Dosimetrie verfügbar sind.

##### 4.5.1 Betriebe zur Verarbeitung bzw. Konditionierung radioaktiver Reststoffe

In den Betriebsstätten der HDB werden in erster Linie die auf dem Gelände des FZK anfallenden radioaktiven Reststoffe verarbeitet bzw. konditioniert; bei entsprechenden freien Kapazitäten können auch Reststoffe für Dritte verarbeitet werden.

Die Betriebsstätten sind so ausgelegt, daß sowohl flüssige wie auch feste, brennbare und nicht brennbare radioaktive Reststoffe verarbeitet werden können.

Im einzelnen sind dies folgende Anlagen:

- Gerätedekontamination
- LAW-Verschrottung
- Verbrennungsanlagen

##### 4.5.1.1 Gerätedekontamination

Die Betriebseinrichtungen der Gerätedekontamination sind so ausgelegt, daß anfallende kontaminierte Anlagenteile zum Zwecke der Reparatur und Wiederverwendung bzw. anfallende

radioaktive Reststoffe zum Zwecke der uneingeschränkten Wiederverwertung dekontaminiert werden können. Weiter können in den Betriebseinrichtungen Tankfahrzeuge und Tankcontainer dekontaminiert bzw. gewartet und repariert, radioaktive Reststoffe sortiert, umgepackt und konditioniert werden. In der nachfolgenden Tab. 4-15 sind die Dosiswerte als Kollektiv- und Individualdosis (mittlere und maximale) in mSv/a für den Zeitraum von 1991 – 1997 aufgezeigt.

Jahr	Dosis		
	kollektiv	individual mittel <sup>1)</sup>	individual maximal
1991	99,6	1,4	7,0
1992	80,0	1,4	4,4
1993	65,6	1,4	4,8
1994	57,0	1,1	3,8
1995	48,2	1,0	3,4
1996	33,3	0,8	2,6
1997	41,8	0,9	11,4

<sup>1)</sup> nur Mitarbeiter mit einer Jahresdosis  $\geq 0,2$  mSv werden berücksichtigt

Tab. 4-15: Dosiswerte für die Gerätedekontamination

Wie aus Tab. 4-15 ersichtlich, sind die Dosisverläufe bei der Gerätedekontamination stark rückläufig. Bei der Kollektivdosis ist innerhalb des Betrachtungszeitraums ein Rückgang um mehr als den Faktor 2 zu verzeichnen. Eine ähnliche Situation stellt sich beim Verlauf der Dosiswerte der Individualdosen dar; eine Ausnahme bilden die in 1997 aufgelaufenen maximalen Individualdosen von 11 mSv. Hierbei muß angemerkt werden, daß es bei den betroffenen Mitarbeitern infolge der Behebung einer Betriebsstörung bei der Anlage FAVORIT zu einer einmaligen äußeren Strahlenexposition von 6 mSv kam.

#### 4.5.1.2 LAW-Verschrottung

Die Betriebseinrichtungen der LAW-Verschrottung sind so ausgelegt, daß anfallende radioaktive Reststoffe (fest, nicht brennbar) im Bedarfsfalle mit thermischen und mechanischen Verfahren zerlegt werden können und die zerlegten Teile mit Hilfe zweier Pressen (Vorpresse, Hochdruckpresse) zum Zwecke der Volumenreduzierung verpreßt werden können. Die dabei entstehenden Preßlinge werden fernbedient in 200-l-Fässer eingebracht.

In der nachfolgenden Tab. 4-16 sind die Dosiswerte als Kollektiv- und Individualdosis (mittlere und maximale) in mSv/a für den Zeitraum von 1991 – 1997 aufgezeigt.

Der Dosisverlauf für die Anlage ergibt für den Zeitraum 1991 – 1996 einen Rückgang um etwa den Faktor 2. Im Jahr 1997 ist ein Anstieg sowohl der Kollektiv- wie auch der Individualdosis zu verzeichnen, der jedoch im wesentlichen auf die Verarbeitung von Zwangsumwälzpumpen aus dem Kernkraftwerk Philippsburg 1 (punktuelle Dosisleistung ca. 100 mSv/h) zurückzuführen ist.

Jahr	Dosis		
	kollektiv	individual mittel <sup>1)</sup>	individual maximal
1991	40,8	2,6	4,0
1992	29,6	2,7	5,4
1993	17,6	1,8	3,0
1994	13,6	1,5	3,8
1995	19,8	1,1	3,2
1996	17,3	1,0	2,2
1997	53,6	2,6	6,8

<sup>1)</sup> nur Mitarbeiter mit einer Jahresdosis  $\geq 0,2$  mSv werden berücksichtigt

Tab. 4-16: Dosiswerte für die LAW-Verschrottung

#### 4.5.1.3 Verbrennungsanlage

Die Betriebsstätte Verbrennungsanlage bestand im betrachteten Zeitraum von 1991 – Mitte 1995 aus drei unabhängig arbeitenden Verbrennungsanlagen zur Verbrennung überwiegend  $\alpha$ -kontaminierter Reststoffe,  $\beta$ -kontaminierter Reststoffe sowie Lösemittel. Im weiteren Zeitraum von 1995 – 1997 wurden die Anlagen zur Lösemittelverbrennung sowie der  $\beta$ -Ofen außer Betrieb genommen bzw. demontiert, der  $\alpha$ -Ofen mußte aufgrund der Vorgaben der 17.BImSchV nachgerüstet werden und ging nach umfangreichen Umbauarbeiten Mitte 1997 wieder in Betrieb.

In der folgenden Tab. 4-17 sind die Dosiswerte als Kollektiv und Individualdosis (mittlere und maximale) in mSv/a (in dem Zeitraum von 1991 –1997) aufgezeigt.

Jahr	Dosis		
	kollektiv	individual mittel <sup>1)</sup>	individual maximal
1991	71,2	1,1	3,4
1992	61,2	1,2	4,3
1993	50,4	0,9	2,2
1994	43,6	1,0	2,6
1995	62,0	0,8	2,6
1996	32,2	0,5	2,6
1997	21,8	0,4	2,4

<sup>1)</sup> nur Mitarbeiter mit einer Jahresdosis  $\geq 0,2$  mSv werden berücksichtigt

Tab. 4-17: Dosiswerte für die Verbrennungsanlage

#### 4.5.1.4 Aktivitätsbestimmung an Proben aus Reaktoreinbauten der KNK

M. Hellmann

Im Rahmen der Bestimmung der Aktivität der metallischen Reaktoreinbauten der KNK wurden bei HS/St innerhalb zweier Meßreihen Teile einer Na-Füllstandssonde und von Seilstücken ausgemessen. Das Ziel war die Bestimmung der Nuklidzusammensetzung, bezogen auf Nuklide, welche  $\gamma$ -Strahlung emittieren, sowie der massenspezifischen Aktivität der Proben. Hierzu wurden zwei unterschiedliche Meßverfahren angewandt.

Einerseits wurde mittels  $\gamma$ -Spektrometrie (NaI) die Nuklidzusammensetzung und die Aktivität der Proben ermittelt. Andererseits wurde die Dosisleistung der Proben mit einer Sonde der Faßmeßanlage (Geiger-Müller-Zähler) in 1 m Abstand bestimmt und daraus mit der entsprechenden Dosisleistungskonstanten die Aktivität berechnet.

Während der ersten Meßreihe wurden die Proben der Na-Füllstandssonde ausgemessen. Mittels  $\gamma$ -Spektrometrie (NaI) konnte nur Co-60 (Aktivierungsprodukt) nachgewiesen werden. Die massenspezifische Aktivität wurde anhand der  $\gamma$ -Linien des Co-60 berechnet.

Des weiteren wurden die Dosisleistungen der Proben mit der 1-m-Sonde der Faßmeßanlage ermittelt. Aufgrund der geringen Größe der Proben sowie des Abstandes von 1 m wurde hierbei von Punktquellengeometrie ausgegangen. Da nur Co-60 vorlag, wurden die Aktivitäten der Proben unter Verwendung der Dosisleistungskonstanten für Co-60 von  $3,5 \text{ E-13 Sv m}^2 \text{ Bq}^{-1}\text{h}^{-1}$  berechnet. Tab. 4-18 zeigt die Meßergebnisse der ersten Meßreihe.

Bei den Proben A1 - A9 zeigen die Werte der spezifischen Aktivität nach beiden Meßverfahren eine verhältnismäßig gute Übereinstimmung. Ein Vergleich war bei den Proben A11 - A17 nicht möglich, da die Meßwerte außerhalb des Meßbereiches des Geiger-Müller-Zählrohres der Faßmeßanlage lagen.

Proben Nr.	Probengewicht in g	DL (brutto)* in $\mu\text{Sv/h}$	spez. Aktivität Co-60-äquivalent (Faßmeßanlage) in Bq/g	spez. Aktivität Co-60-äquivalent ( $\gamma$ -Spektrometr.) in Bq/g
A17	24,0	-	-	1,5 E2
A15	16,6	-	-	2,4 E3
A13	15,1	-	-	2,5 E3
A11	16,2	-	-	2,8 E3
A9	17,7	0,29	1,6 E4	8,5 E3
A7	2,4	0,26	8,3 E4	5,8 E4
A5	10,0	0,78	1,7 E5	1,0 E5
A3	5,5	1,30	5,8 E5	3,9 E5
A1	3,0	2,00	1,7 E6	1,1 E6

\* Nulleffekt zum Zeitpunkt der Messung: ca.  $0,15 \mu\text{Sv/h}$

Tab. 4-18: Ergebnisse der ersten Meßreihe (Na-Füllstandssonde)

Innerhalb der zweiten Meßreihe wurden Seilstücke ausgemessen. Mittels  $\gamma$ -Spektroskopie konnte nur Co-60 und Cs-137 nachgewiesen werden. Das dosisleistungsrelevante Nuklid war Co-60 mit einem Aktivitätsanteil von 80 % bis 100 %. Die Co-60-äquivalenten Aktivitäten der Proben wurden bestimmt.

Aufgrund der mittels der 1 m-Sonde der Faßmeßanlage bestimmten Dosisleistungswerte wurden wie in der ersten Meßreihe die Co-60-äquivalenten spezifischen Aktivitäten der Proben berechnet. Tab. 4-19 zeigt die Ergebnisse der zweiten Meßreihe.

Proben Nr.	Probengewicht in g	DL (brutto) in $\mu\text{Sv/h}$ *	spez. Aktivität Co-60-äquivalent (Faßmeßanlage) in Bq/g	spez. Aktivität Co-60-äquivalent ( $\gamma$ -Spektrometr.) in Bq/g
K62ST1A	13,01	3,60	7,6 E5	5,9 E5
K62ST1B	9,90	2,04	5,6 E5	5,4 E5
K62ST3A	9,55	0,61	1,5 E5	1,5 E5
K62ST3B	8,45	0,93	2,8 E5	3,3 E5
K27ST1A	2,80	0,69	6,0 E5	7,3 E5
K27ST1B	5,05	1,64	8,7 E5	9,0 E5
K27ST4A	5,26	0,46	1,9 E5	1,6 E5
K27ST4B	9,69	1,24	3,4 E5	3,7 E5

\* Nulleffekt zum Zeitpunkt der Messung: ca. 0,10  $\mu\text{Sv/h}$

Tab. 4-19: Ergebnisse der zweiten Meßreihe (Seilstücke)

Die mittels der beiden verwendeten Meßverfahren ermittelten massenspezifischen Aktivitätswerte stimmen bei der zweiten Meßreihe für alle Proben gut überein. Dies ist auf die höheren Dosisleistungswerte der Proben zurückzuführen. Die 1-m-Sonde der Faßmeßanlage konnte im Gegensatz zur ersten Meßreihe (Na-Füllstandssonde) die Dosisleistungswerte mit geringen Meßunsicherheiten erfassen.

## 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 Genehmigungs- und Aufsichtsbehörden. Ausführliche Berichte über die Ergebnisse der Abluft-, Abwasser- und Umgebungsüberwachung werden dem Ministerium für Umwelt und Verkehr 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 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** dieses Berichts dargestellt.

Die Überwachung des Radioaktivitätsgehaltes von Chemieabwässern, die in Betriebsstätten des Forschungszentrums anfallen, in denen mit offenen radioaktiven Stoffen umgegangen wird, 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. 5.1.3** dargestellt.

Seit 1995 wird von HS-US in Kooperation mit der Hauptabteilung Dekontaminationsbetriebe ein Freimeßlabor betrieben. 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. Im Freimeßlabor werden alle für den Freigabevorgang erforderlichen nuklidspezifischen Analysen durchgeführt (s. **Kap. 5.5**).

## 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 von HS-US erstellten und vom Ministerium für Umwelt und Verkehr des Landes Baden-Württemberg genehmigten „Abluftplans“. Dieser Abluftplan enthält für die einzelnen Emittenten des Forschungszentrums Karlsruhe die höchstzulässigen Jahres-, Wochen- oder Tagesabgaben, aufgeschlüsselt nach Radionukliden und Radionuklidgruppen. Die Werte sind so festgelegt, daß die resultierende Strahlenexposition die in § 45 der Strahlenschutzverordnung vorgeschriebenen Dosisgrenzwerte deutlich unterschreitet.

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

A <sub>AK</sub>	Aerosole mit kurzlebiger $\alpha$ -Aktivität (Halbwertszeit < 8 Tage)
A <sub>AL</sub>	Aerosole mit langlebiger $\alpha$ -Aktivität (Halbwertszeit $\geq$ 8 Tage)
A <sub>BK</sub>	Aerosole mit kurzlebiger $\beta$ -Aktivität (Halbwertszeit < 8 Tage)
A <sub>BL</sub>	Aerosole mit langlebiger $\beta$ -Aktivität (Halbwertszeit $\geq$ 8 Tage)
E	radioaktive Edelgase
G <sub>K</sub>	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 das Emissionsspektrum nicht vorhergesagt werden kann, andererseits aber höchstzulässige Ableitungen vorgegeben werden müssen. Die Definitionen der Nuklidgruppen werden in [Kap. 5.1.3.5](#) näher erläutert.

Die Zahl der Emittenten, für die im Abluftplan 1997 Genehmigungswerte ausgewiesen waren, hat sich durch den Wegfall der Fortluftüberwachung von HIT (Bau 601/605) und FR2 (Bau 614) gegenüber dem Vorjahr auf 28 Emittenten verringert (s. Abb. 5-1). Dabei ist zu berücksichtigen, daß die Ableitungen über insgesamt 36 Emissionsstellen erfolgen. Die Zahl 28 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 Bau 545 und 555
HDB:	Kamine Bau 548 Ost und West
HVT-HZ:	Kamine Bau 702 und 709
ITU:	Kamine Bau 802, 806 und 807
WAK:	Kamine Bau 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 Tritiumsammeler 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 HS-St durchgeführt.

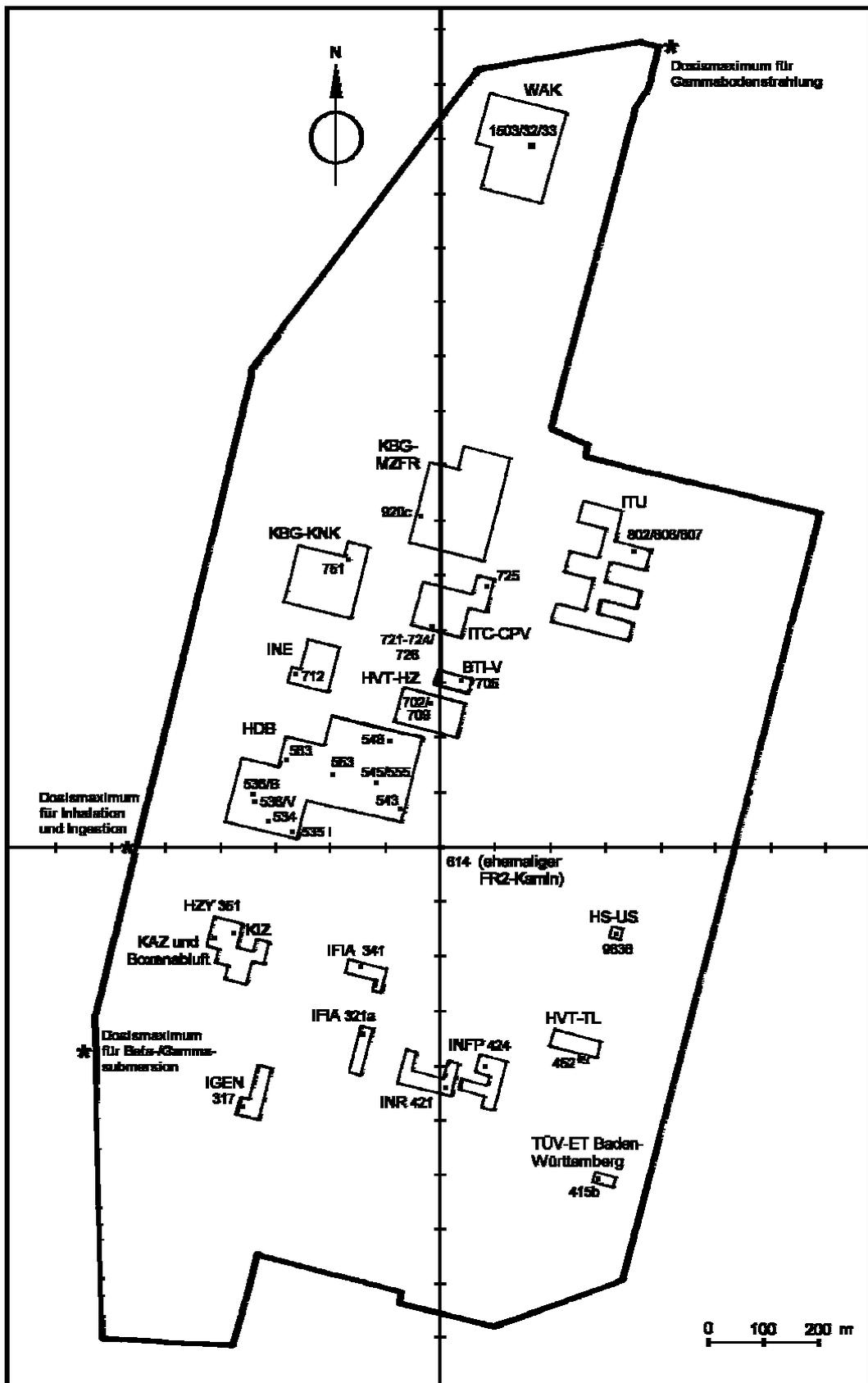


Abb. 5-1: Lageplan der Emittenten des Forschungszentrums Karlsruhe mit Angabe der Gebäudenummern. Mit "\*" sind die ungünstigsten Einwirkungsstellen gekennzeichnet, die sich aufgrund der Dosisberechnung ergeben (s. Kap. 5.1.3)

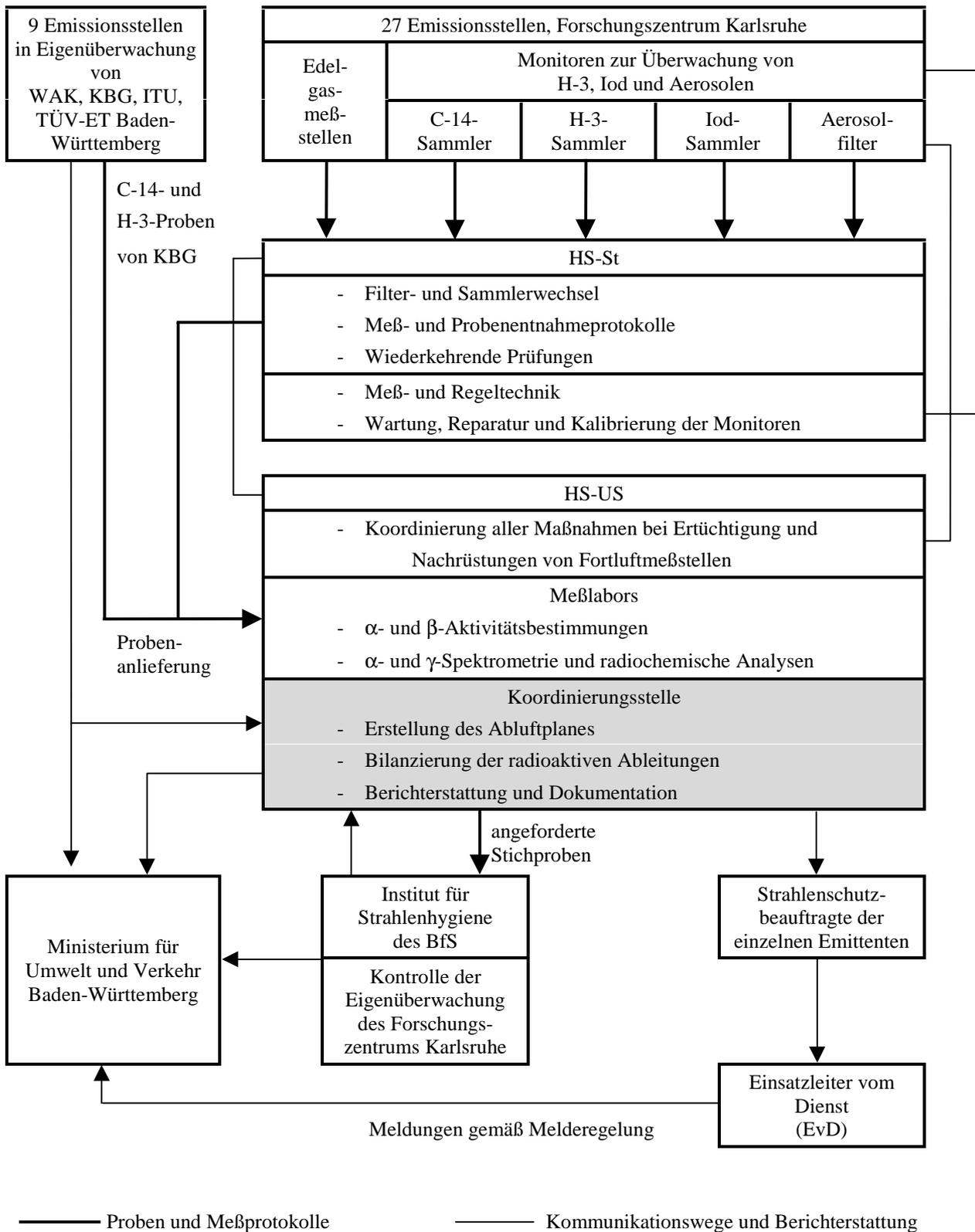


Abb. 5-2: Schematische Darstellung der Fortluftüberwachung im Forschungszentrum Karlsruhe

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 mitgeteilt.

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

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

### 5.1.1 Ableitung radioaktiver Stoffe mit der Fortluft 1997

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 oder C-14 Molekularsiebe eingesetzt. Eine Ausnahme bilden die radioaktiven Edelgase, deren Bilanzierung durch Direktmessung erfolgt. 1997 waren insgesamt rund 2560 Proben zu analysieren. Alle Meßergebnisse wurden auf der Grundlage einer wöchentlichen Bilanzierung dokumentiert und der Behörde in Form von Tages-, Wochen-, Quartals- und Jahresberichten mitgeteilt. Zur Bilanzierung wurden nur Meßwerte herangezogen, die oberhalb der erreichten Erkennungsgrenze lagen. Die Bilanzierungswerte für radioaktive Aerosole werden durch Messung der Gesamt- $\alpha$ - bzw. Gesamt- $\beta$ -Aktivität ermittelt. In den Fällen, bei denen sich Hinweise darauf ergeben, daß bei erhöhten Kurzzeitabgaben die zulässigen Wochen- bzw. Tageswerte erreicht worden sein könnten, werden nuklidspezifische Messungen vorgenommen.

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

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

Dabei bedeuten:

i Nuklidindex

$A_i$  Aktivitätsabgabe für das Iodisotop i

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

In Tab. 5-1 werden für die einzelnen Emittenten des Forschungszentrums Karlsruhe, geordnet nach aufsteigenden Gebäudenummern und den jeweils zu berücksichtigenden Nukliden und Nuklidgruppen, die 1997 gemäß Abluftplan maximal zulässigen Ableitungen (Wochen- und Jahreswerte) mit den im Berichtsjahr und im Vorjahr bilanzierten Ableitungen verglichen. Die zulässigen Jahresableitungen wurden in keinem Fall überschritten.

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- $\alpha$ -Emissionen aus dem Pu-241-Anteil im jeweiligen Kernbrennstoff errechnet, die Werte von Sr-90 wurden durch radiochemische Analyse ermittelt.

Emittent Bau-Nr. Emissions- höhe	Nuklid/ Nuklid- gruppe	Zulässige Ableitungen gemäß Abluftplan 1997		Bilanzierte Ableitungen		Effektivdosis 1997 am Immissions- maximum des Emittenten
				1997	1996	
		Bq/Woche	Bq/a	Bq	Bq	µSv
IGEN Bau 317 14 m	A <sub>BL</sub> I-125		1,0 E06 7,0 E06	4,4 E03 0	5,0 E04 0	< 0,001
IFIA Bau 321a 15 m	A <sub>AL</sub> A <sub>BL</sub> H-3	1,0 E04 1,0 E07 2,0 E12	2,0 E05 2,0 E08 4,0 E13	2,6 E03 2,6 E04 1,1 E09	2,2 E03 3,6 E04 2,7 E09	< 0,001
IFIA Bau 341 15 m	A <sub>AL</sub> A <sub>BL</sub>		1,0 E05 1,0 E07	5,2 E03 5,2 E04	4,8 E03 5,1 E04	< 0,001
HZY Bau 351 KIZ 36 m	A <sub>BK</sub> A <sub>BL</sub> E+G <sub>K</sub> I-123 I-126		5,0 E09 5,0 E07 1,0 E13 1,0 E10 5,0 E06	- 3,3 E04 7,2 E11 - -	- 4,0 E04 1,0 E12 1,2 E08 0	0,06
HZY Bau 351 KAZ 15 m und Boxenabluft 11 m	A <sub>AL</sub> A <sub>BK</sub> A <sub>BL</sub> E+G <sub>K</sub> I-123 I-125 I-126	5,0 E03 5,0 E08 5,0 E06 1,0 E12 5,0 E08 5,0 E05 5,0 E05	1,0 E05 1,0 E10 1,0 E08 2,0 E13 1,0 E10 1,0 E07 1,0 E07	1,6 E01 - 3,9 E04 1,8 E12 4,7 E08 6,0 E04 0	- 1,1 E05 8,5 E04 2,1 E12 8,1 E08 1,1 E05 0	0,18
TÜV – ET Baden- Württemberg Bau 415b 10 m	I-131	5,0 E05	5,0 E06	1,5 E05	2,5 E03	0,001
INR Bau 421/423 5 m	E+G <sub>K</sub> H-3		2,0 E10 2,0 E12	- -	- 6,7 E09	-
INFP und IK III Bau 424-426 und 434 10 m	E H-3		3,0 E11 2,0 E11	9,0 E09 9,0 E09	- -	0,01

„0“ = alle gemessenen Werte lagen unterhalb der Erkennungsgrenze

„-“ = keine Ableitungen

Tab. 5-1: Ableitungen radioaktiver Stoffe der einzelnen Emittenten des Forschungszentrums Karlsruhe in die Atmosphäre in den Jahren 1997 und 1996

Emittent Bau-Nr. Emissions- höhe	Nuklid/ Nuklid- gruppe	Zulässige Ableitungen gemäß Abluftplan 1997		Bilanzierte Ableitungen		Effektivdosis 1997 am Immissions- maximum des Emittenten
				1997	1996	
		Bq/Woche	Bq/a	Bq	Bq	µSv
HVT-TL Bau 452 50 m	H-3	2,0 E12	4,0 E13	1,2 E11	2,7 E11	0,01
HDB Bau 533/534 8 m	A <sub>AL</sub> A <sub>BL</sub> 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	0 1,0 E05 1,6 E09 0 2,7 E03 0	2,1 E02 2,3 E05 1,4 E10 2,6 E03 9,6 E03 0	0,003
HDB Bau 535 I 16,5	H-3		1,0 E11	2,8 E08	2,6 E08	< 0,001
HDB Bau 536/V (Ver- brennungs- anlagen) 70 m	A <sub>AL</sub> A <sub>BL</sub> H-3 C-14 I-125 I-129 I-131	2,0 E06 1,0 E09 2,0 E12 7,0 E10 1,5 E07 2,0 E07 2,0 E07	4,0 E07 2,0 E10 4,0 E13 1,4 E12 3,0 E08 4,0 E08 4,0 E08	6,9 E04 6,1 E05 8,3 E11 9,8 E09 8,4 E03 0 0	3,7 E04 1,3 E06 9,3 E12 1,8 E11 1,1 E06 2,2 E06 0	0,11
HDB Bau 536/B (Betriebs- räume) 16,5 m	A <sub>AL</sub> A <sub>BL</sub> H-3 I-125 I-129 I-131		1,0 E05 2,0 E07 5,0 E10 8,0 E05 1,0 E06 1,0 E06	0 0 1,7 E09 0 0 0	0 0 8,6 E09 0 0 0	< 0,001
HDB Bau 543 8 m	A <sub>AL</sub> A <sub>BL</sub> H-3 I-129		4,0 E05 4,0 E07 1,0 E10 1,0 E04	1,7 E03 2,0 E04 1,9 E08 1,1 E02	1,4 E03 1,7 E04 1,4 E06 2,1 E02	< 0,001

„0“ = alle gemessenen Werte lagen unterhalb der Erkennungsgrenze

„-“ = keine Ableitungen

Tab. 5-1: Ableitungen radioaktiver Stoffe der einzelnen Emittenten des Forschungszentrums Karlsruhe in die Atmosphäre in den Jahren 1997 und 1996 (Fortsetzung)

Emittent Bau-Nr. Emissions- höhe	Nuklid/ Nuklid- gruppe	Zulässige Ableitungen gemäß Abluftplan 1997		Bilanzierte Ableitungen		Effektivdosis 1997 am Immissions- maximum des Emittenten
				1997	1996	
		Bq/Woche	Bq/a	Bq	Bq	µSv
HDB Bau 545 20 m und HDB Bau 555 19 m	A <sub>AL</sub>	1,0 E05	2,0 E06	5,7 E02	7,1 E02	0,014
	A <sub>BL</sub>	5,0 E07	1,0 E09	1,6 E05	1,7 E05	
	H-3	2,0 E11	4,0 E12	5,9 E09	8,2 E09	
	C-14	5,0 E09	1,0 E11	1,1 E08	1,6 E07	
	I-125	2,5 E06	5,0 E07	3,1 E05	3,1 E04	
	I-129	3,0 E05	6,0 E06	0	3,9 E05	
I-131	5,0 E06	1,0 E08	0	0		
HDB Bau 548 Ost und INE, Bau 547 15 m und HDB Bau 548 West 15 m	A <sub>AL</sub>	1,5 E05	3,0 E06	4,4 E03	0	0,98
	A <sub>BL</sub>	2,0 E07	4,0 E08	1,2 E04	3,6 E05	
	H-3	2,0 E12	4,0 E13	1,1 E12	1,7 E12	
	C-14	2,5 E09	5,0 E10	8,5 E09	2,9 E08	
	I-125	4,0 E06	8,0 E07	0	0	
	I-129	1,0 E06	2,0 E07	0	1,1 E04	
	I-131	4,0 E06	8,0 E07	0	0	
E	5,0 E10	1,0 E12	1,2 E07	-		
HDB LAW-Lager Bau 553 8,5 m	A <sub>AL</sub>		1,0 E05	4,8 E02	8,9 E02	< 0,001
	A <sub>BL</sub>		1,0 E07	0	0	
	H-3		1,0 E11	0	8,4 E07	
	I-129		5,0 E05	0	0	
HDB Bau 563 14 m	A <sub>AL</sub>		1,0 E06	0	0	< 0,001
	A <sub>BL</sub>		1,0 E07	0	5,9 E03	
	H-3		8,0 E11	4,0 E08	1,8 E08	
HVT-HZ Bau 702 60 m und Bau 709 60 m	A <sub>AL</sub>	2,0 E06	4,0 E07	1,0 E03	8,0 E02	0,003
	A <sub>BL</sub>	5,0 E08	1,0 E10	7,6 E03	5,3 E04	
	H-3	1,0 E13	2,0 E14	7,7 E10	6,5 E11	
BTI-V Wäscherei Bau 705 5,5 m	A <sub>AL</sub>		1,0 E06	2,1 E03	1,5 E03	0,001
	A <sub>BL</sub>		1,0 E08	2,2 E04	2,8 E04	

„0“ = alle gemessenen Werte lagen unterhalb der Erkennungsgrenze

„-“ = keine Ableitungen

Tab. 5-1: Ableitungen radioaktiver Stoffe der einzelnen Emittenten des Forschungszentrums Karlsruhe in die Atmosphäre in den Jahren 1997 und 1996 (Fortsetzung)

Emittent Bau-Nr. Emissions- höhe	Nuklid/ Nuklid- gruppe	Zulässige Ableitungen gemäß Abluftplan 1997		Bilanzierte Ableitungen		Effektivdosis 1997 am Immissions- maximum des Emittenten
				1997	1996	
		Bq/Woche	Bq/a	Bq	Bq	µSv
INE Bau 712 60 m	A <sub>AL</sub>		1,0 E06	1,7 E02	0	< 0,001
	A <sub>BL</sub>		1,0 E08	0	0	
	H-3		1,0 E11	0	4,9 E09	
	E		2,0 E11	-	1,8 E08	
	I-125		2,0 E07	-	-	
	I-126		2,0 E07	-	-	
	I-129		1,0 E06	-	-	
	I-131		3,0 E07	-	-	
ITC-CPV Bau 721- 724/726 60 m	A <sub>AL</sub>		3,0 E06	4,0 E02	9,2 E02	0,004
	A <sub>BL</sub>		3,0 E08	0	2,1 E03	
	H-3		2,0 E11	0	4,4 E08	
	C-14		4,0 E09	-	-	
	I-129		3,0 E06	2,0 E05	6,9 E03	
	I-131		5,0 E07	0	0	
ITC-CPV Bau 725 10 m	A <sub>AL</sub>		1,0 E05	0	2,8 E02	0
	A <sub>BL</sub>		1,0 E07	0	0	
	H-3		4,0 E09	0	1,8 E08	
	C-14		4,0 E08	-	-	
	I-129		3,0 E06	0	0	
	I-131		1,0 E06	0	0	
KBG-KNK Bau 742 99 m	A <sub>BL</sub>		5,0 E07	0	0	< 0,001
	H-3		5,0 E11	8,1 E09	1,7 E10	
ITU Bau 802, 806, 807 50 m	A <sub>AK</sub>	1,6 E10	3,2 E11	-	-	< 0,001
	A <sub>AL</sub>	5,0 E04	1,0 E06	2,7 E03	9,7 E02	
	A <sub>BL</sub>	2,0 E07	4,0 E08	1,1 E05	6,7 E04	
	E	2,0 E12	4,0 E13	5,7 E11	7,6 E11	
	C-14	1,0 E09	2,0 E10	-	-	
	I-129	5,0 E04	1,0 E06	-	0	
	I-131	1,0 E06	2,0 E07	-	1,5 E06	
KBG-MZFR Bau 920c 99,5 m	A <sub>AL</sub>	5,0 E04	1,0 E06	0	0	0,066
	A <sub>BL</sub>	5,0 E07	1,0 E09	0	0	
	Sr-90		1,0 E08	-	-	
	H-3	4,0 E12	8,0 E13	1,7 E12	2,0 E12	
	C-14		1,0 E10	1,3 E09	2,2 E09	

„0“ = alle gemessenen Werte lagen unterhalb der Erkennungsgrenze

„-“ = keine Ableitungen

Tab. 5-1: Ableitungen radioaktiver Stoffe der einzelnen Emittenten des Forschungszentrums Karlsruhe in die Atmosphäre in den Jahren 1997 und 1996 (Fortsetzung)

Emittent Bau-Nr. Emissions- höhe	Nuklid/ Nuklid- gruppe	Zulässige Ableitungen gemäß Abluftplan 1997		Bilanzierte Ableitungen		Effektivdosis 1997 am Immissions- maximum des Emittenten
				1997	1996	
		Bq/Woche	Bq/a	Bq	Bq	µSv
WAK Bau 1503/ 1532/1533 60 m	A <sub>AL</sub> A <sub>BL</sub> Pu-241* Sr-90* E H-3 I-129 I-131	Bq/Tag				0,080
		1,85 E06	1,85 E08	2,3 E05	1,5 E05	
		1,85 E08	1,85 E10	9,6 E06	6,5 E06	
			3,7 E07	4,6 E06	3,0 E06	
			1,85 E09	1,3 E06	7,9 E05	
		1,0 E10	1,0 E12	1,0 E11	1,0 E11	
		1,85 E11	1,85 E13	3,7 E10	4,3 E10	
		2,4 E06	2,4 E08	1,9 E06	3,1 E06	
	1,48 E09	3,6 E06	3,0 E06			
HS-US Bau 9638 10 m	H-3		4,0 E11	-	-	-

„0“ =0 alle gemessenen Werte lagen unterhalb der Erkennungsgrenze

„-“ = keine Ableitungen

\* Ableitungswerte sind in A<sub>BL</sub> enthalten, wobei die bilanzierten Ableitungen für Pu-241 aus den Ableitungen von A<sub>AL</sub> errechnet, die für Sr-90 durch radiochemische Analyse ermittelt wurden

Tab. 5-1: Ableitungen radioaktiver Stoffe der einzelnen Emittenten des Forschungszentrums Karlsruhe in die Atmosphäre in den Jahren 1997 und 1996 (Fortsetzung)

In den Abb. 5-3a-g wurden die monatlichen Radioaktivitätsableitungen mit der Fortluft im Jahr 1997 graphisch dargestellt. Es wurde - aufgeschlüsselt nach Nuklidgruppen - unterschieden zwischen den Genehmigungsinhabern ITU, WAK, KBG und Forschungszentrum Karlsruhe GmbH. KBG umfaßt die beiden Emittenten KNK und MZFR. Für die Einrichtungen des Forschungszentrums Karlsruhe GmbH wurden die Ableitungen für den Emissionsschwerpunkt HDB (9 Emittenten) und die 15 übrigen Emittenten getrennt dargestellt. Die Ableitungen des TÜV ET Baden-Württemberg, Bau 415b, wurden der Gruppe „Übrige“ zugerechnet.

Graphisch dargestellt wurden die Ableitungen der radioaktiven Aerosole, und zwar getrennt nach Aerosolen mit Alpha- und mit Betaaktivität, der radioaktiven Edelgase und kurzlebigen Aktivierungsgase sowie der Einzelnuklide I-129, I-131, H-3 und C-14.

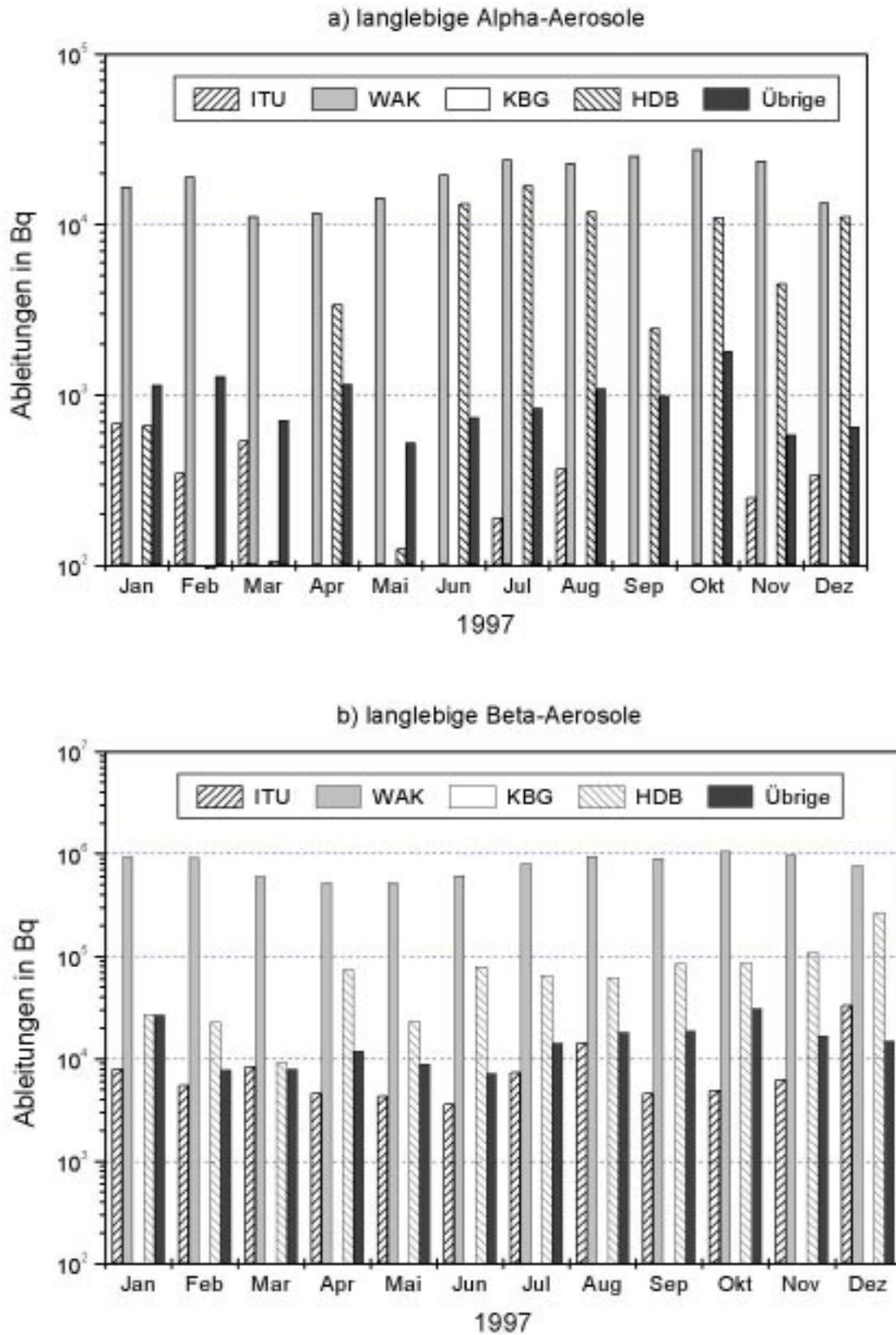


Abb. 5-3a,b: Monatliche radioaktive Ableitungen mit der Fortluft am Standort Forschungszentrum Karlsruhe im Jahr 1997

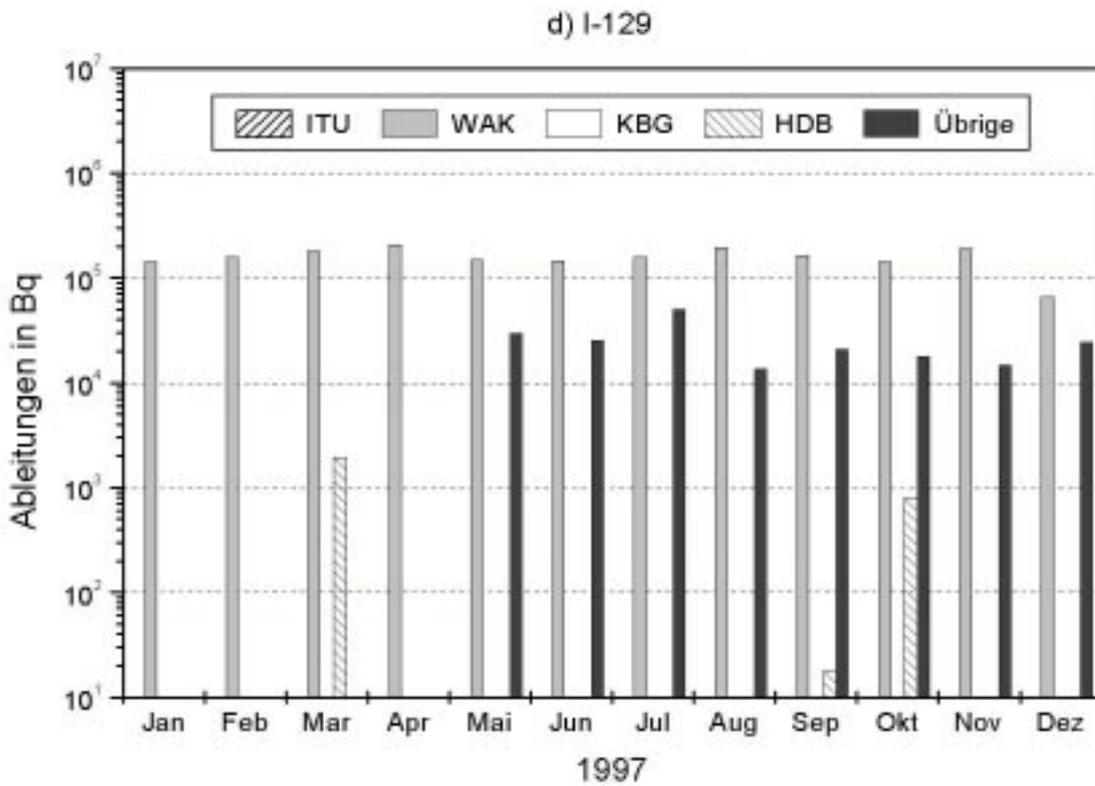
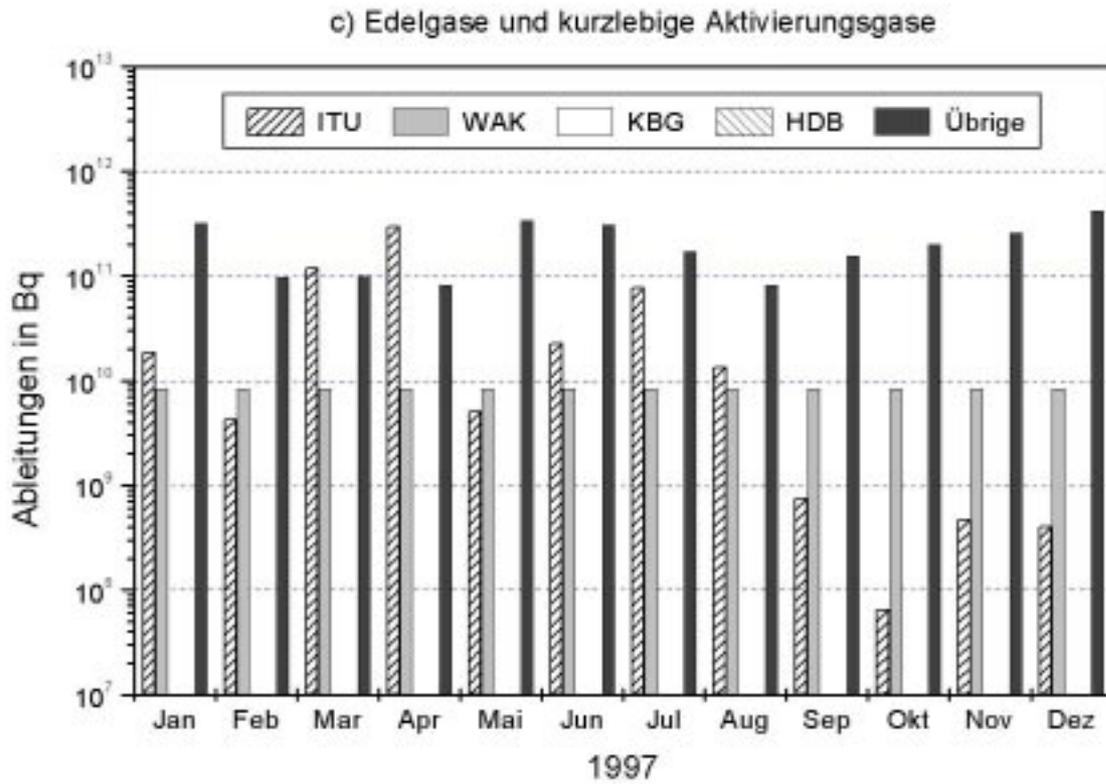


Abb. 5-3c,d: Monatliche radioaktive Ableitungen mit der Fortluft am Standort Forschungszentrum Karlsruhe im Jahr 1997

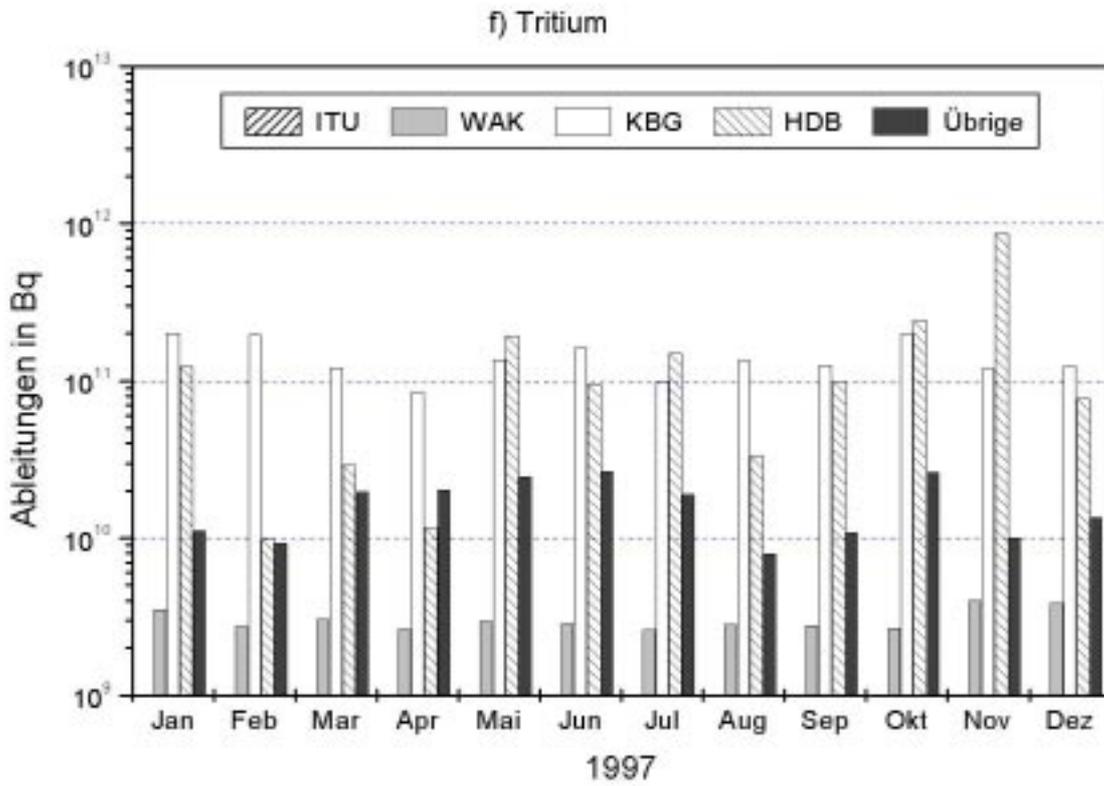
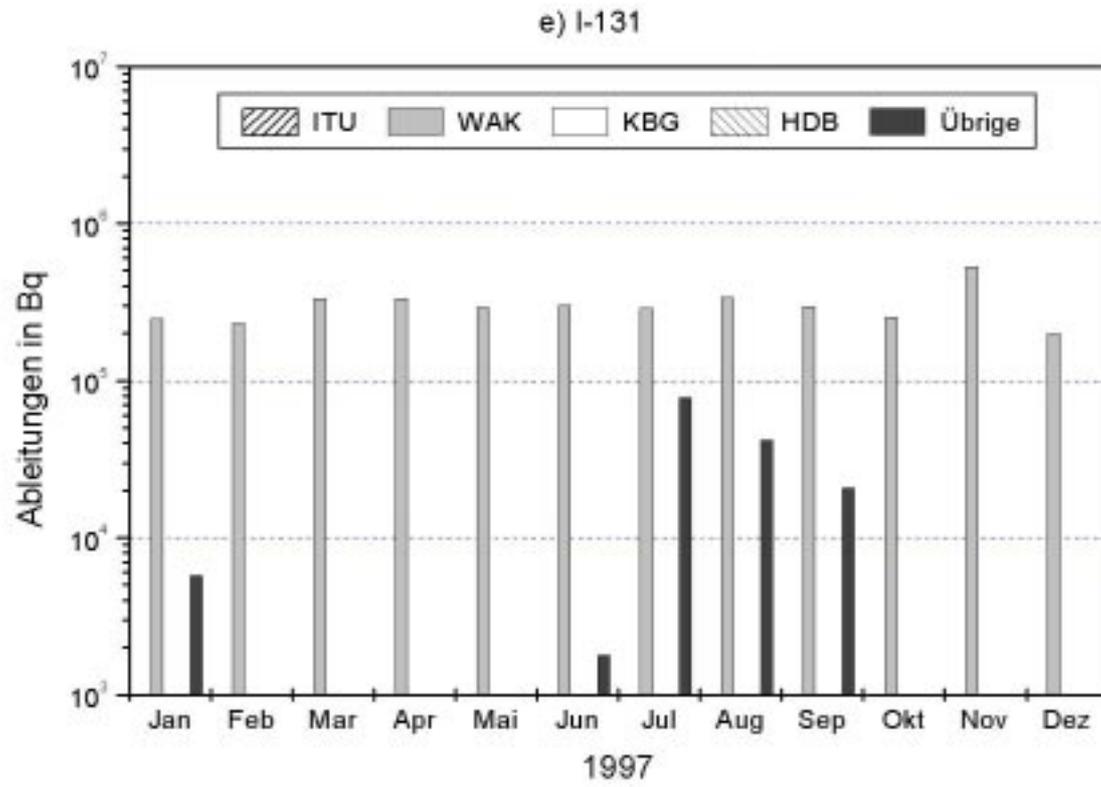


Abb. 5-3e,f: Monatliche radioaktive Ableitungen mit der Fortluft am Standort Forschungszentrum Karlsruhe im Jahr 1997

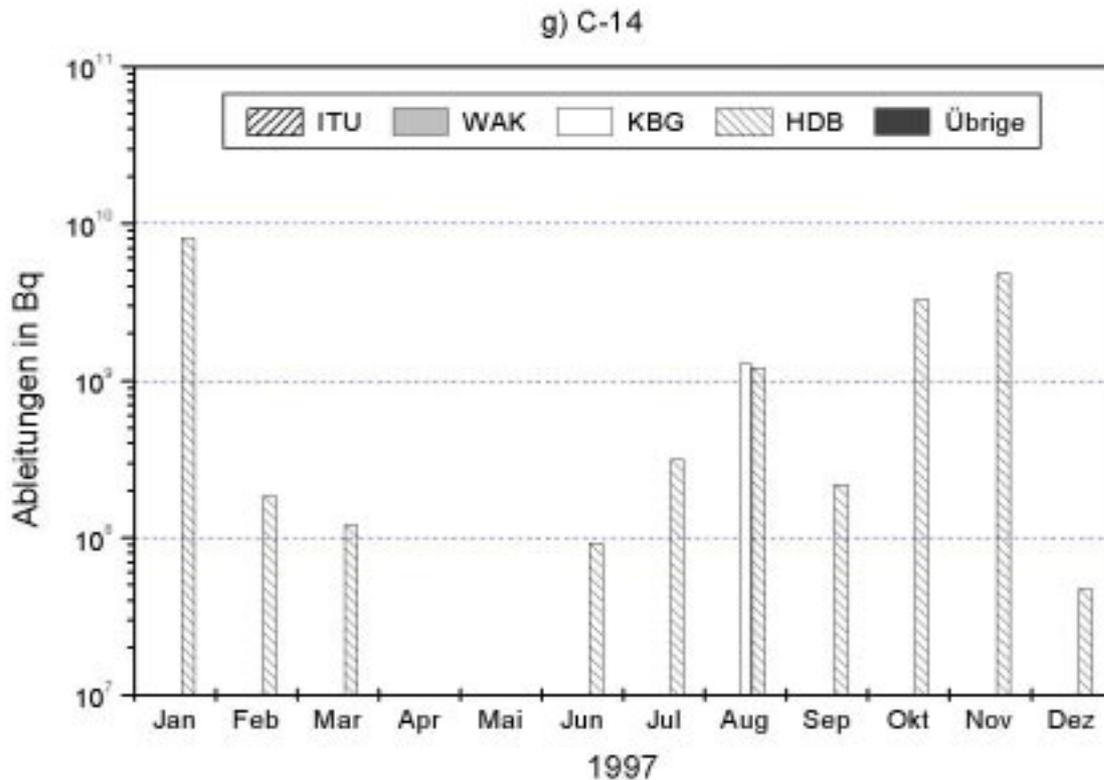


Abb. 5-3g: Monatliche radioaktive Ableitungen mit der Fortluft am Standort Forschungszentrum Karlsruhe im Jahr 1997

### 5.1.2 Ableitung nichtradioaktiver Stoffe mit der Fortluft 1997

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. 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 vom Bereich Technische Infrastruktur 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

S. Drobnik (HDB)

Die Anlagen zur Verbrennung fester  $\beta$ -kontaminierter Reststoffe (VP00) und zur Verbrennung flüssiger kontaminierter Reststoffe (VP20) wurden 1996 außer Betrieb genommen und stillgelegt. Mit dem Rückbau der Anlagen wurde begonnen.

Die Anlage zur Verbrennung fester  $\alpha$ -kontaminierter Reststoffe (VP10) wurde in den Jahren 1996 und 1997 gemäß den Vorgaben der 17. BImSchV umgebaut. In der umgebauten Anlage können gleichzeitig feste und flüssige Reststoffe verbrannt werden. Die ertüchtigte Verbrennungsanlage wird seit dem 15.07.1997 im Probetrieb betrieben. Die Emissionsmeßeinrichtung wird von einer amtlichen Meßstelle einer Abnahmeprüfung unterzogen werden. Die eingesetzten Meßgeräte sind als eignungsgeprüft nach den Richtlinien des Bundesministers für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit zugelassen. Für jeden Schadstoff wird täglich ein Protokoll erstellt, in dem die Häufigkeitsverteilung der Halbstunden- und Tagesmittelwerte für Konzentration und Massenstrom sowie Angaben über Betriebszustände und Anlagenzustände enthalten sind.

Tab. 5-2 gibt einen Überblick über die Tagesmittelwerte der zulässigen Schadstoffkonzentrationen, der beim Probetrieb im Jahre 1997 gemessenen Konzentrationen sowie über die Gesamtableitung.

Schadstoff	Konzentrationsgrenzwert nach 17. BImSchV mg/Nm <sup>3</sup>	Gemessene Konzentration* mg/Nm <sup>3</sup>	Emissionsfracht Mg
HCl	10	0,9	0,0028
SO <sub>2</sub>	50	2,5	0,0067
CO	50	38,9	0,101
Staub	10	0,9	0,0023
Gesamt-C	10	3,6	0,0095
NO <sub>x</sub>	200	69,9	0,206

\* Tageswerte, gemittelt über Betriebszeitraum von 129 Tagen

Tab. 5-2: Emissionsdaten 1997 für die Verbrennungsanlage der Hauptabteilung Dekontaminationsbetriebe

### 5.1.2.2 Versuchsanlage TAMARA

B. Oser (ITC-TAB)

Seit 1. Dezember 1996 gelten für die Versuchs-Müllverbrennungsanlage TAMARA die Anforderungen der 17. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (17. BImSchV). In Tab. 5-3 sind die jeweils über eine Versuchskampagne gemittelten Massenkonzentrationen der emittierten Schadstoffe aufgeführt. Gemäß 17. BImSchV sind die Schadstoffkonzentrationen auf einen Sauerstoffgehalt von 11% normiert, sofern der gemessene Sauerstoffgehalt im Abgas über dem Bezugssauerstoffgehalt lag.

Emissionsintervalle 1997	O <sub>2</sub> in Vol. %	Schadstoffkonzentrationen in mg/Nm <sup>3</sup> trocken normiert auf 11% O <sub>2</sub> *						
		HF	HCl	SO <sub>2</sub>	NO <sub>2</sub>	CO	Σ C <sub>org.</sub>	Staub
06.06. – 13.06.	11,3	0,1	0,5	0,7	139	3,3	2	0,2
11.07. – 18.07.	11,3	0,3	0,4	<0,1	120	3,8	1	<0,1
15.09. – 19.09.	11,4	0,4	0,6	2,3	147	3,6	<1	<0,1
17.10. – 24.10.	10,6	0,4	1,5	0,7	166	2,6	<1	<0,1
21.11. – 28.11.	11,2	n.n.	0,5	1,5	157	0,9	<1	<0,1
Emissionsgrenzwerte nach 17. BImSchV (Tagesmittelwerte)		1	10	50	200	50	10	10

\* gemäß 17. BImSchV nur wenn O<sub>2</sub> Gehalt > 11%

Tab. 5-3: Schadstoffkonzentrationen im Abgas der Versuchsanlage TAMARA 1997

### 5.1.2.3 Fernheizwerk und Blockheizkraftwerk

#### W. Bumiller (BTI-V)

Das Blockheizkraftwerk wurde insgesamt 3 546 Betriebsstunden mit Erdgas betrieben. Der Heizölbetrieb belief sich auf weniger als eine Stunde. Im Fernheizwerk wurden 6 794 h mit Erdgas und 294 h mit Heizöl „EL“ gefahren. Der Heizölbetrieb ist auf Umbaumaßnahmen innerhalb des Heizwerkes zurückzuführen. Der Notkessel 4 im Fernheizwerk wurde 1997 mit 88 h betrieben.

Schadstoff	Blockheizkraftwerk Jahresemission in Mg	Fernheizwerk Jahresemission in Mg
NO <sub>x</sub>	43,9	4,4
CO	1,2	0,61

Tab. 5-4: Emissionsdaten 1997

### 5.1.3 Strahlenexposition in der Umgebung des Forschungszentrums Karlsruhe durch die mit der Fortluft abgeleiteten radioaktiven Stoffe 1997

#### A. Wicke

#### 5.1.3.1 Berechnungsgrundlagen

Die Dosisberechnung erfolgte auf der Grundlage der monatlich bilanzierten Ableitungswerte der im Jahr 1997 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 für die Bezugshöhe von 60 m wird die Windgeschwindigkeit aus dem Windgeschwindigkeitsprofil berechnet. Dazu werden die Exponenten des vertikalen Windgeschwindigkeitsprofils aus der AVV übernommen.

Gemäß AVV muß bei der Ausbreitungsrechnung für Emissionshöhen, die kleiner sind als die doppelte Gebäudehöhe, der Gebäudeeinfluß berücksichtigt werden. Die Gebäudehöhe der zu betrachtenden Emittenten beträgt im Mittel 15 m. Unterhalb einer Emissionshöhe von 30 m (doppelte Gebäudehöhe) wird der Gebäudeeinfluß dadurch berücksichtigt, daß die Ausbreitungsparameter konservativ für die halbe Kaminhöhe gemäß Abschn. 4.6.2 der AVV korrigiert werden. Oberhalb von 30 m werden die Kaminhöhen als effektive Emissionshöhen betrachtet. Die horizontalen und vertikalen Ausbreitungsparameter  $\sigma_y$  und  $\sigma_z$  werden entsprechend Anhang 7 der AVV 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 Sektor-grenzen.

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 Abluffahne 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 Betasubmersion, 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 Gammastrahlung in Luft kann bei der Berechnung der Gamma-Submersiondosis nicht so vorgegangen werden. Hier muß für jeden Aufpunkt die Gammadosis als Summe der Dosisbeiträge der im Raum verteilten Gammaaktivität 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 anlagen-spezifischen Festlegungen wurden für 1997 überprüft und aktualisiert.

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

Die Abgabe kurzlebiger Rn-220-Folgeprodukte durch das ITU 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  $\alpha$ -Aktivität (Halbwertszeit  $\geq 8$  Tage)

Frühere Analysen von Filtern zeigten, daß bei der Mehrzahl der Institute Pu-239 als Leitnuclid gelten kann. Eine Ausnahme bildet das IFIA, wo aufgrund bekannter Restkontaminationen oder vom Umgang her bei Bau 321a U-nat und bei Bau 341 Pu-238 als Leitnuclide angewandt werden.

Für die HDB wurde aufgrund der Handhabung  $\alpha$ -kontaminierter Reststoffe aus der Wiederaufarbeitung ein konservatives Gemisch aus Pu-238 (46 %), Pu-239 (7 %), Pu-240 (10 %) und Am-241 (37 %) angenommen. Die relativen Anteile wurden nach KORIGEN für den Umgang mit kernbrennstoffhaltigen Reststoffen mit einem mittleren Abbrand von 30 000 MWd/t und einer Kühlzeit von drei Jahren berechnet. Es wird eine Ableitung in nitroser Form angenommen. Bei der Verbrennungsanlage der HDB (Bau 536) und der Wäscherei (BTI-V, Bau 705) wird eine Ableitung als Chlorid oder Hydroxid angenommen.

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

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

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

HZY-KIZ, Bau 351:	Cl-38
HZY-KAZ und Boxenabluft, Bau 351:	Rb-81

- Nuklidgruppe  $A_{BL}$ : Aerosole mit langlebiger  $\beta$ -Aktivität einschl. reiner Gammastrahler (Halbwertszeit  $\geq 8$  Tage)

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

IGEN, Bau 317:	S-35
HZY-KIZ, Bau 351:	Be-7
HZY-KAZ und Boxenabluft, Bau 351:	P-32

Bei Einrichtungen, die noch mit Kernbrennstoffen umgehen oder bei denen mit kernbrennstoffhaltigen Restkontaminationen zu rechnen ist, wurde für das Nuklidspektrum konservativ ein  $\beta$ -aktives Spaltproduktgemisch zugrundegelegt, das sich 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 IFIA, Bau 321a, bei ITC-CPV und bei ITU 10 % der Emission der Gruppe  $A_{BL}$  als Pu-241 abgeleitet wird.

Bei den Anlagen der HDB wurde grundsätzlich Cs-137 als Leitnuklid festgelegt. Als chemische Form überwiegen Nitrate. Bei der Verbrennungsanlage, Bau 536, erfolgen die Ableitungen als Chlorid oder Hydroxid. Abweichend von den übrigen Anlagen der HDB wird bei Bau 545/555 als Leitnuklid Ru-106 (Nitrat) angenommen.

Bei der WAK wurde 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.

- Nuklidgruppe  $E/G_K$ : Radioaktive Edelgase und kurzlebige Aktivierungsgase

Von der HDB, Bau 548, und dem ITU wurde das radioaktive Edelgas Kr-85 abgeleitet, von INFP/IK III das Edelgas Ar-41. Bei den Ableitungen des Zyklotrons (HZY-KIZ und HZY-KAZ, Bau 351) wurde das kurzlebige Aktivierungsgas N-13 als Leitnuklid zugrundegelegt. Bei der WAK setzt sich die Edelgasableitung zu gleichen Teilen aus Kr-87 und Kr-88 zusammen.

- Nuklidgruppe I: Radioaktive Iodisotope

Die Dosisberechnung wurde mit allen bilanzierten Iodisotopen durchgeführt. Dabei wurde konservativerweise eine 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 oxidiertes Form angenommen.

- C-14

Es wird eine Ableitung in Form von  $^{14}\text{CO}_2$  zugrundegelegt. Bei der Dosisberechnung wurden die Inhalations-Dosisfaktoren für  $\text{CO}_2$  und die Ingestions-Dosisfaktoren für organische Verbindungen angewendet.

### 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 FZK-Betriebsgeländes 1997 die in Tab. 5-5 aufgeführten maximalen rechnerischen Beiträge zur effektiven Dosis.

Expositionspfad	Maximale effektive Dosis	
	für Kleinkinder	für Erwachsene
Inhalation	0,04 $\mu\text{Sv}$	0,05 $\mu\text{Sv}$
Ingestion	0,30 $\mu\text{Sv}$	0,23 $\mu\text{Sv}$
Gammasubmersion	0,33 $\mu\text{Sv}$	0,27 $\mu\text{Sv}$
Gammabodenstrahlung	0,01 $\mu\text{Sv}$	0,01 $\mu\text{Sv}$
Summe über alle Expositionspfade	0,68 $\mu\text{Sv}$	0,56 $\mu\text{Sv}$

Tab. 5-5: Maximale rechnerische Strahlenexposition 1997 in der Umgebung des Forschungszentrums Karlsruhe

Die Einzelergebnisse für die betrachteten Expositionspfade - aufgeschlüsselt nach den in Tab. X2 der Strahlenschutzverordnung aufgeführten Organen und Geweben - sind für Kleinkinder und Erwachsene in Tab. 5-6a und Tab. 5-6b zusammengestellt. Die ungünstigsten Einwirkungsstellen für Inhalation, Ingestion, Gammasubmersion und Gammabodenstrahlung sind im Lageplan Abb. 5-1 gekennzeichnet.

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.

Körperbereich	Maximale Körper-Folgedosen und Effektivdosen in $\mu\text{Sv}$ für Kleinkinder					
	Inhalation	Ingestion	Gamma-submersion	Gamma-bodenstrahlung	Beta-submersion	Summe
Keimdrüsen	0,035	0,29	0,33	0,005	-	0,66
Brust	0,034	0,29	0,33	0,007	-	0,66
Rotes Knochenmark	0,041	0,29	0,33	0,005	-	0,67
Lunge	0,040	0,29	0,33	0,006	-	0,67
Schilddrüse	0,044	0,80	0,33	0,007	-	1,2
Knochenoberfläche	0,12	0,31	0,33	0,007	-	0,77
Haut*	0,03	0,28	0,33	0,008	1,3	1,9
Sonstige	< 0,05	< 0,3	0,33	< 0,008	-	< 0,69
Effektive Dosis	0,039	0,30	0,33	0,006	-	0,68
Ungünstigste Einwirkungsstelle**	-565/0	-565/0	-640/-370	420/1480	-640/-370	-

\* gemäß Anlage X StrlSchV kein Beitrag zur effektiven Dosis

\*\* x/y-Koordinaten im m, bezogen auf den ehemaligen FR2-Kamin (s. Abb. 5-1)

Tab. 5-6a: 50-Jahre-Folgedosen an den ungünstigsten Einwirkungsstellen für Kleinkinder aufgrund der radioaktiven Ableitungen mit der Fortluft des Forschungszentrums Karlsruhe im Jahr 1997

Körperbereich	Maximale Körper-Folgedosen und Effektivdosen in $\mu\text{Sv}$ für Erwachsene					
	Inhalation	Ingestion	Gamma-submersion	Gamma-bodenstrahlung	Beta-submersion	Summe
Keimdrüsen	0,046	0,21	0,27	0,004	-	0,53
Brust	0,046	0,21	0,27	0,006	-	0,53
Rotes Knochenmark	0,054	0,23	0,27	0,004	-	0,56
Lunge	0,049	0,21	0,27	0,005	-	0,53
Schilddrüse	0,050	0,86	0,27	0,006	-	1,19
Knochenoberfläche	0,195	0,29	0,27	0,006	-	0,76
Haut*	0,045	0,21	0,27	0,007	1,3	1,8
Sonstige	< 0,06	< 0,4	0,27	< 0,008	-	< 0,74
Effektive Dosis	0,052	0,23	0,27	0,005	-	0,56
Ungünstigste Einwirkungsstelle**	-565/0	-565/0	-640/-370	420/1480	-640/-370	-

\* gemäß Anlage X StrlSchV kein Beitrag zur effektiven Dosis

\*\* x/y-Koordinaten im m, bezogen auf den ehemaligen FR2-Kamin (s. Abb. 5-1)

Tab. 5-6b: 50-Jahre-Folgedosen an den ungünstigsten Einwirkungsstellen für Erwachsene aufgrund der radioaktiven Ableitungen mit der Fortluft des Forschungszentrums Karlsruhe im Jahr 1997

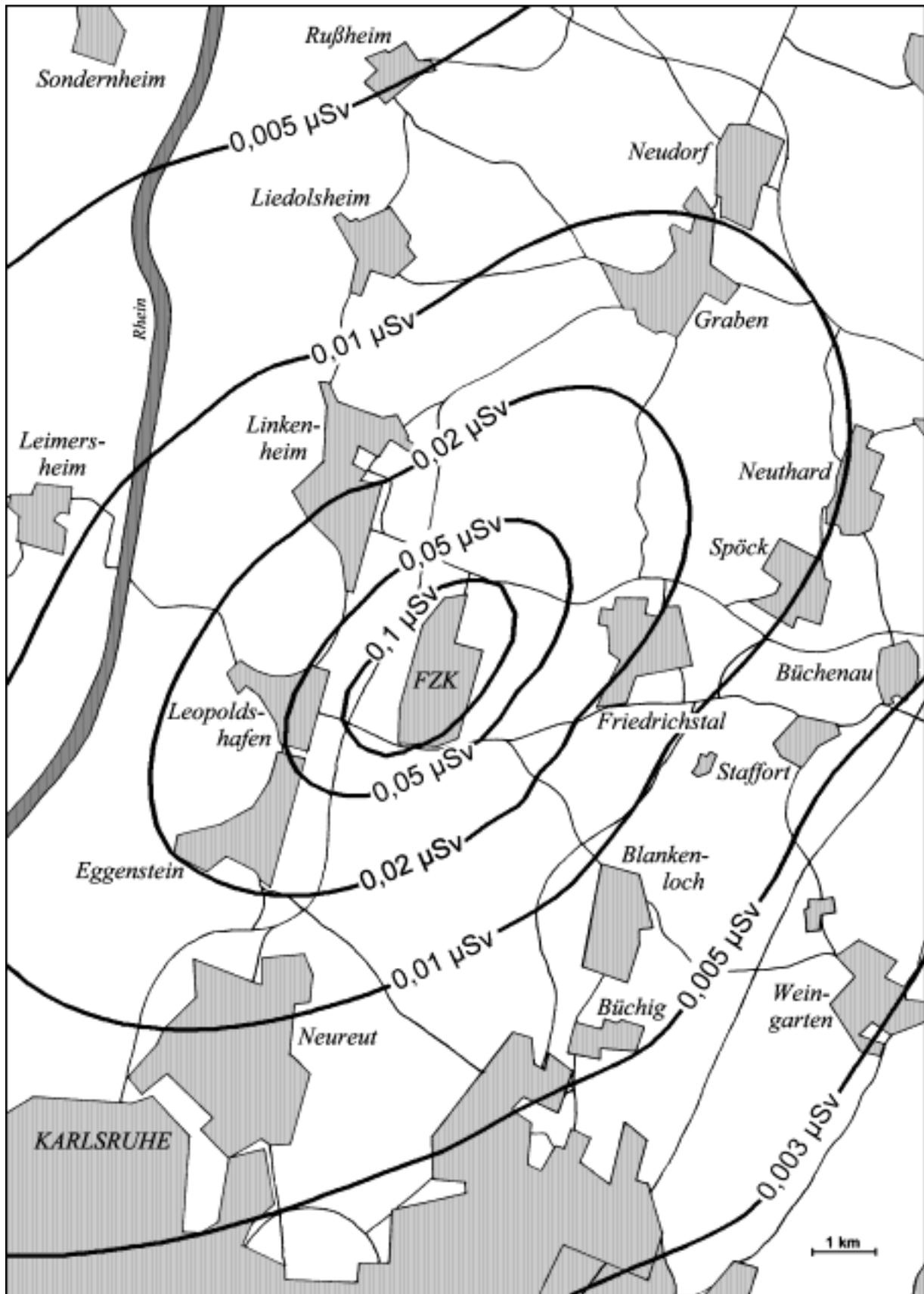


Abb. 5-4: Effektivdosen für Erwachsene in der Umgebung des Forschungszentrums Karlsruhe, 50-Jahre-Folgedosis aufgrund der radioaktiven Ableitungen mit der Fortluft im Jahr 1997

Körperbereich	Maximale Körper-Folgedosen und Effektivdosen in $\mu\text{Sv}$ für Kleinkinder					
	Inhalation	Ingestion	Gamma-submersion	Gamma-bodenstrahlung	Beta-submersion	Summe
Keimdrüsen	0,003	0,003	0,028	0,005	-	0,039
Brust	< 0,001	0,002	0,028	0,007	-	0,038
Rotes Knochenmark	0,011	0,031	0,028	0,005	-	0,075
Lunge	0,003	0,002	0,028	0,006	-	0,039
Schilddrüse	0,002	0,68	0,028	0,006	-	0,72
Knochenoberfläche	0,10	0,084	0,028	0,007	-	0,22
Haut*	< 0,001	0,002	0,028	0,007	0,004	0,042
Sonstige	< 0,005	< 0,01	0,028	< 0,007	-	< 0,05
Effektive Dosis	0,007	0,030	0,028	0,006	-	0,071
Ungünstigste Einwirkungsstelle**	420/1480	420/1480	0/1290	420/1480	420/1480	-

\* gemäß Anlage X StrlSchV kein Beitrag zur effektiven Dosis

\*\* x/y-Koordinaten im m, bezogen auf den ehemaligen FR2-Kamin (s. Abb. 5-1)

Tab. 5-7a: 50-Jahre-Folgedosen an den ungünstigsten Einwirkungsstellen für Kleinkinder aufgrund der radioaktiven Ableitungen mit der Fortluft der WAK im Jahr 1997

Körperbereich	Maximale Körper-Folgedosen und Effektivdosen in $\mu\text{Sv}$ für Erwachsene					
	Inhalation	Ingestion	Gamma-submersion	Gamma-bodenstrahlung	Beta-submersion	Summe
Keimdrüsen	0,003	0,006	0,023	0,004	-	0,036
Brust	< 0,001	0,005	0,023	0,006	-	0,035
Rotes Knochenmark	0,014	0,064	0,023	0,004	-	0,105
Lunge	0,002	0,005	0,023	0,005	-	0,035
Schilddrüse	0,001	0,76	0,023	0,005	-	0,79
Knochenoberfläche	0,17	0,22	0,023	0,006	-	0,42
Haut*	< 0,001	0,004	0,023	0,006	0,004	0,038
Sonstige	< 0,006	< 0,001	0,023	< 0,006	-	< 0,045
Effektive Dosis	0,009	0,043	0,023	0,005	-	0,08
Ungünstigste Einwirkungsstelle**	420/1480	420/1480	0/1290	420/1480	420/1480	-

\* gemäß Anlage X StrlSchV kein Beitrag zur effektiven Dosis

\*\* x/y-Koordinaten im m, bezogen auf den ehemaligen FR2-Kamin (s. Abb. 5-1)

Tab. 5-7b: 50-Jahre-Folgedosen an den ungünstigsten Einwirkungsstellen für Erwachsene aufgrund der radioaktiven Ableitungen mit der Fortluft der WAK im Jahr 1997

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 Einwirkungsstellen außerhalb des Betriebsgeländes des Forschungszentrums sind für Kleinkinder und Erwachsene in Tab. 5-7a und Tab. 5-7b zusammengestellt.

Für den gesamten Standort ergibt sich für 1997 rechnerisch eine mittlere Effektivdosis für die Bevölkerung (Erwachsene) im Umkreis von 5 km oder 20 km um das Forschungszentrum von 0,03  $\mu\text{Sv}$  oder 0,01  $\mu\text{Sv}$ . Der Berechnung wurde die folgende Beziehung zugrundegelegt, in der  $p_i$  die Einwohnerzahl des Ortes  $i$  und  $H_i$  die errechnete Effektivdosis am Ort  $i$  bedeuten:

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

Insgesamt zeigen die Berechnungsergebnisse, daß die durch § 45 der Strahlenschutzverordnung vorgegebenen Dosisgrenzwerte auch im Jahr 1997 deutlich unterschritten wurden.

## 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.

Neben diesen Tätigkeiten auf dem Gebiet der Abwasser-, Emissions- und Immissionsüberwachung nimmt die Gruppe auch Aufgaben im Rahmen des Freimeßlabors, das gemeinsam von HDB und HS betrieben wird (s. [Kap. 5.5](#)), wahr. So werden für die Freigabe von radioaktiven Reststoffen in der Gruppe alle  $\alpha$ - und  $\gamma$ -spektrometrischen Messungen sowie die H-3- und C-14-Messungen durchgeführt. Tab. 5-8 gibt eine Übersicht über Herkunft, Art und Anzahl der Proben, die bearbeitet wurden, sowie über Art und Anzahl der daran durchgeführten Einzelmessungen.

### 5.2.1 Abwasserüberwachung

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

Die Überwachung des auf dem Betriebsgelände des Forschungszentrums Karlsruhe anfallenden Abwassers erfolgt im Rahmen des wasserrechtlichen Erlaubnisbescheids und der atomrechtlichen Genehmigung, die von den zuständigen Behörden des Landes Baden-Württemberg erteilt wurden.

Meßzweck	Anzahl der Proben	Anzahl der durchgeführten Messungen					
		$\alpha$	$\beta$	Flüssigszintillation		$\alpha$ -Spektrometrie	$\gamma$ -Spektrometrie
				H-3 C-14 S-35 P-32	Spektrometrie		
Abwasserüberwachung							
- Abwassersammelstationen	1576	1626	1626	408	54	8	465
- Endbecken (Einzelproben)	243	255	255	263	13	-	328
- Endbecken (Mischproben)	64	54	54	93	3	14	64
Klärschlammüberwachung (Chemie- und Schmutzwasserklärschlamm)	23	28	28	-	-	-	-
Betriebliche Überwachung der Abwassereinzugssysteme	148	154	154	126	7	2	125
Sondermessungen	39	9	9	8	-	9	30
Überwachung der Fortluft (s. Kap. 5.1.1)	2426	1658	1658	918	19	-	949
Freimeßlabor	1924	33	33	1638	169	106	1300
Entwicklungsarbeiten	668	310	310	1110	395	-	25
Umgebungsüberwachung	580	-	-	441	3	52	117
Auftragsmessungen							
- Fortluftüberwachung für MZFR + KNK	163	-	-	175	7	-	-
- Externe Aufträge	6	-	-	-	-	-	6
Qualitätskontrolle	-	1690	1690	2636	60	254	1250
Ringversuche	13	20	20	56	22	16	16
Training von Gastwissenschaftlern	260	-	-	-	-	260	-

Tab. 5-8: Art und Anzahl der Proben sowie der 1997 in der Gruppe „Abwasserüberwachung und Spektrometrie“ durchgeführten Einzelmessungen

Die Überwachung nichtradioaktiver Stoffe wird durch das „Labor für Wasser und Umwelt“ des BTI/V 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 Systemen abgeleitet.

Das Kühlwasser (1997 ca. 320.000 m<sup>3</sup>) und das von versiegelten Flächen abfließende Niederschlagswasser (1997 ca. 240.000 m<sup>3</sup>) 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 einer Schaltwarte bei BTI 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 m<sup>3</sup> 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 eine 2,9 km lange Rohrleitung gelangen die Abwässer in den Rheinniederungskanal und erreichen nach 23,6 km den Rhein.

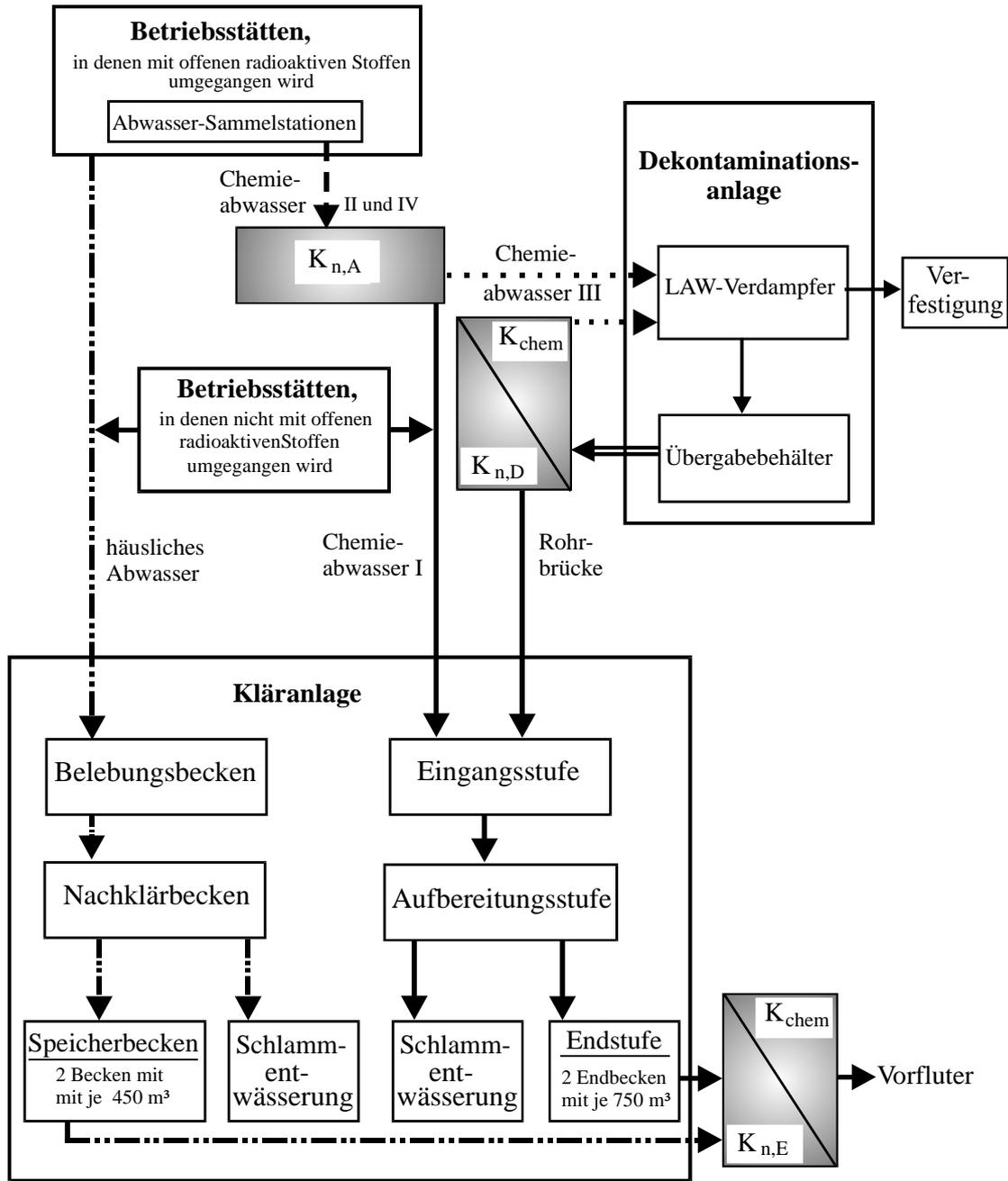


Abb. 5-5: Vereinfachtes Fließschema der Abwässer im Forschungszentrum Karlsruhe ( $K_{n,X}$ : Kontrollmessung radioaktiver Stoffe;  $K_{chem}$ : Kontrollmessung nicht-radioaktiver Stoffe)

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 abgeleitete Aktivität durch nuklidspezifische Analysen von Wochen- und Monatsmischproben, die mengenproportional aus Teilmengen der einzelnen abgeleiteten Abwasserchargen herzustellen sind, bilanziert. Die bilanzierte Aktivität darf die ebenfalls in der atomrechtlichen Genehmigung festgelegten Jahreshöchstwerte für Aktivitätsabgaben mit dem Abwasser nicht überschreiten. Die dem Forschungszentrum genehmigten Ableitungswerte wurden unter Anwendung der Allgemeinen Verwaltungsvorschrift zu § 45 StrlSchV nach den im folgenden beschriebenen Verfahren berechnet.

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.

$$\sum_n A_n / J_n < 2/3.$$

Die nach diesem Verfahren für das Abwasser des Forschungszentrums festgelegten Jahreshöchstwerte  $J_n$  wurden durch einen von der Aufsichtsbehörde bestimmten Gutachter überprüft.

Die maximalen 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 zeitlichen Betriebsabläufen in den Abwassersystemen und meßtechnischen Möglichkeiten bei den Kontrollmessungen Rechnung getragen. Die maximalen Konzentrationen für Abwasserableitungen aus den Behältern der Abwassersammelstationen  $K_{n,A}$  und aus den Übergabehältern der Dekontaminationsanlage  $K_{n,D}$  in das Klärwerk wurden als Vielfache der maximal zulässigen Konzentrationen einzelner Endbeckenfüllungen festgelegt. Die Faktoren ergeben sich aus den über das Jahr gemittelten Mischungsverhältnissen von aktivitätsfreiem und kontaminiertem Chemieabwasser:

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

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

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 wird durch Messungen behördlich beauftragter Sachverständiger kontrolliert. Aufgrund behördlicher Anordnung wird auf das Forschungszentrum sinngemäß das Programm zur „Kontrolle der Eigenüberwachung radioaktiver Emissionen aus Kernkraftwerken“ gemäß der Richtlinie des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit vom 05.02.1996 angewandt. Danach werden durch das Bundesamt für Strahlenschutz, das als beauftragter Sachverständiger von der 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 Analysenergebnisse erfolgt eine vorläufige Dokumentation und ein Datensatz mit Entscheidung über die Weiterverarbeitung des Abwassers wird automatisch an das Datensystem der Hauptabteilung Dekontaminationsbetriebe (HDB) weitergeleitet. Der Aufbau des Datensystems ist in Abb. 5-6 schematisch dargestellt.

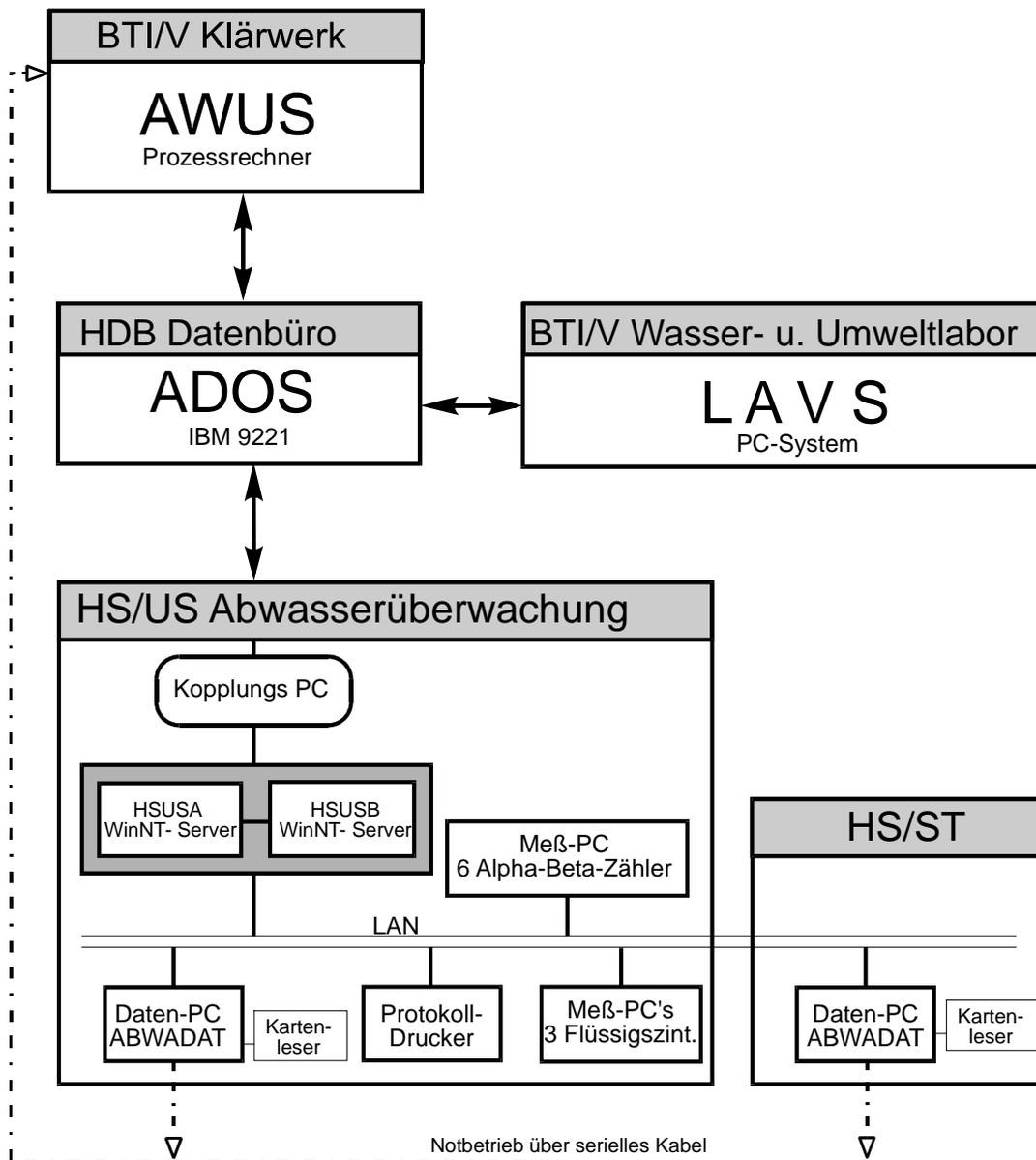


Abb. 5-6: Fließschema der Daten zur Abwasserüberwachung zwischen HDB-, BTI- und HS-Datensystemen

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 Probandaten und für die Eingabe der Entscheidung über die Weiterverarbeitung des Abwassers stehen zwei Daten-PC zur Verfügung. Vom Schichtpersonal der Abteilung Strahlenschutz wird die Überwachung des Abwassers außerhalb der regulären Arbeitszeit durchgeführt.

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 Probandaten 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 1997 gab es einen Totalausfall, der auf Wartungsarbeiten an dem Klärwerksrechner AWUS zurückzuführen war; die Verfügbarkeit des Gesamtsystems lag nur bei ca. 90%. Der Anstieg der Ausfallquote ist auf zum Teil veraltete Komponenten zurückzuführen. Der Austausch dieser Komponenten soll im Zusammenhang mit der Einführung eines Nachfolgesystems für ADOS und AWUS erfolgen. Hierfür finden Vorplanungen bei BTI statt. Die Laborsoftware ABWADAT zeigte im Berichtsjahr keine nennenswerten Störungen, so daß die Ausfallzeit mit kleiner als 1 % angegeben werden kann.

### 5.2.3 Ableitung radioaktiver Stoffe mit dem Abwasser 1997

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

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 Gamma-spektroskopie 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. 5-9 sind die anhand von Monatsmischproben ermittelten Gesamtableitungen radioaktiver Stoffe für 1997 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	
		1997	1996
H-3	1,6 E+14	5,9 E+12	7,2 E+12
Co-60	3,2 E+09	3,2 E+05	0
Sr-89	1,9 E+11	1,9 E+05	0
Sr-90	7,0 E+09	3,9 E+07	1,9 E+06
Cs-137	6,5 E+09	2,0 E+07	1,5 E+07
Pu-238	1,1 E+09	4,1 E+05	5,9 E+04
Pu-239/240	9,7 E+08	1,6 E+05	2,3 E+05
Pu-241	5,0 E+10	4,4 E+07	3,8 E+07
aus dem Forschungszentrum abgeleitete Abwassermenge in m <sup>3</sup>	-	115 800	117 500

Tab. 5-9: 1997 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 22 Jahren in den Vorfluter abgeleiteten Tritiumaktivität gibt Abb. 5-7.

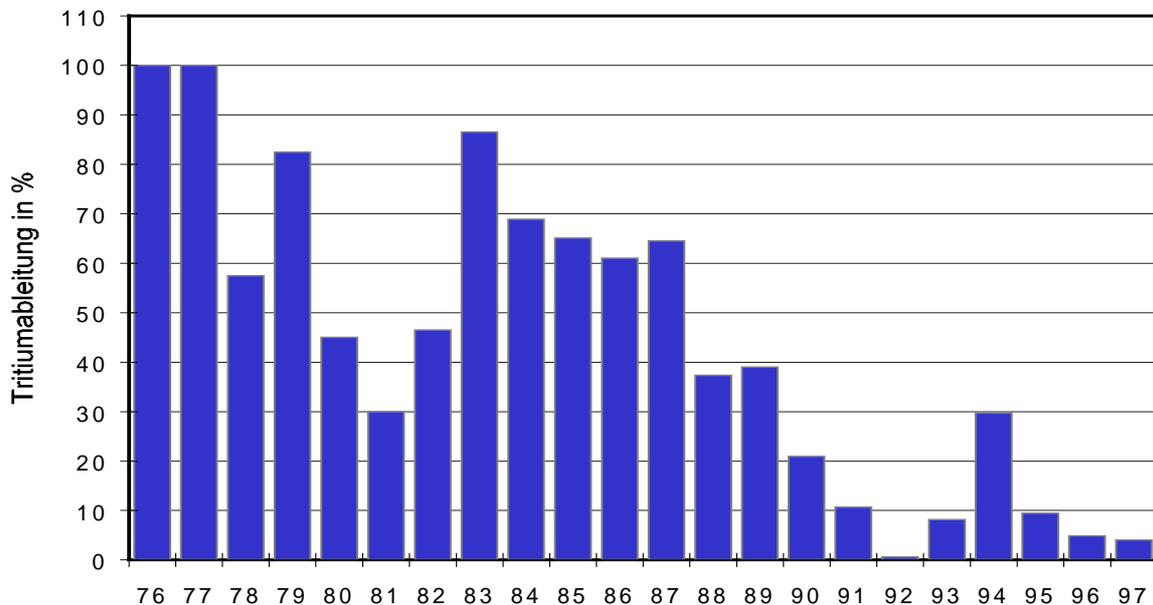


Abb. 5-7: Entwicklung der mit dem Abwasser aus dem Forschungszentrum Karlsruhe jährlich abgeleiteten Tritiumaktivität seit 1976 (1976 = 100 %)

5.2.4 Ableitung nichtradioaktiver Stoffe mit dem Abwasser 1997

K.-G. Langguth, W. Bumiller (BTI-V)

Die Überwachung der aus den Endbecken der Kläranlagen für häusliches Abwasser und für Chemieabwasser in den Vorfluter eingeleiteten Abwässer hinsichtlich nichtradioaktiver Stoffe (s. Tab. 5-10) wird von BTI-V durchgeführt.

Bezeichnung der Stoffe	Chemieabwasser		Häusliches Abwasser	
	Ableitung kg	Mittelwert g/m <sup>3</sup>	Ableitung kg	Mittelwert g/m <sup>3</sup>
Biochem. Sauerstoffbedarf (BSB-5)	-	-	1,4 E+02	2,2 E+00
Trockenrückstand	8,2 E+04	1,6 E+03	4,1 E+04	6,6 E+02
Chem. Sauerstoffbedarf (CSB)	2,1 E+03	3,9 E+01	2,1 E+03	3,4 E+01
Adsorbierb. org. Halogenverb. (AOX)	2,7 E+00	5,1 E-02	2,0 E+00	3,1 E-02
Mineralöhlönl. Kohlenwasserst. (KW)	1,0 E+01	2,0 E-01	7,2 E+00	1,0 E-01
Flüchtige organ. Halogenverb. (POX)	1,1 E+00	2,0 E-02	-	-
Organ. Gesamtkohlenstoff (TOC)	4,6 E+02	1,1 E+01	6,6 E+02	1,3 E+01
Gesamt-Stickstoff	-	-	1,0 E+03	1,6 E+01
Organisch gebundener Stickstoff	-	-	1,5 E+02	2,4 E+00
Chlorid	1,8 E+04	3,6 E+02	6,4 E+03	1,1 E+02
Nitrat-N	8,0 E+01	1,5 E+00	8,1 E+02	1,3 E+01
Nitrit-N	1,6 E+01	3,0 E-01	6,9 E+00	1,0 E-01
Phosphat-P ges.	2,8 E+01	5,0 E-01	5,1 E+02	8,1 E+00
Sulfat	2,3 E+04	4,6 E+02	5,5 E+03	9,0 E+01
Ammonium-N	2,2 E+02	4,1 E+00	8,7 E+01	1,4 E+00
Cadmium	≤ 2,5 E-01	≤ 4,0 E-03	≤ 3,0 E-01	≤ 4,0 E-03
Chrom	≤ 5,3 E-01	≤ 1,0 E-02	≤ 6,0 E-01	≤ 1,0 E-02
Eisen ges.	5,5 E+01	1,0 E+00	6,0 E+00	9,0 E-02
Quecksilber	≤ 1,0 E-02	≤ 1,0 E-03	≤ 1,0 E-02	≤ 1,0 E-04
Blei	≤ 2,0 E+00	≤ 3,0 E-02	≤ 2,4 E+00	≤ 4,0 E-02
Kobalt	≤ 1,0 E+00	≤ 2,0 E-02	≤ 1,2 E+00	≤ 2,0 E-02
Kupfer	≤ 1,1 E+00	≤ 2,0 E-02	≤ 1,4 E+00	≤ 2,0 E-02
Mangan	3,8 E+00	7,0 E-02	1,3 E+00	2,0 E-02
Nickel	≤ 5,0 E+00	≤ 9,0 E-02	≤ 1,2 E+00	≤ 2,0 E-02
Zink	2,9 E+00	6,0 E-02	6,3 E+00	1,0 E-02

Tab. 5-10: Bilanzierte Mengen und Jahreskonzentrationsmittelwerte der 1997 mit dem Chemieabwasser (52 900 m<sup>3</sup>) und dem häuslichen Abwasser (62 900 m<sup>3</sup>) 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 Erlaubnisbescheides und der Eigenkontrollverordnung des Landes Baden-Württemberg durchgeführt wurden. Darüber hinaus wurden zahlreiche weitere Stoffe als Eigenkontrolle in die Überwachung einbezogen. In Tab. 5-10 sind die bilanzierten Ableitungen mit dem häuslichen Abwasser und dem Chemieabwasser sowie die errechneten Jahreskonzentrationsmittelwerte für Jahr 1997 wiedergegeben. Die Genehmigungswerte wurden in keinem Fall überschritten. Dies bestätigen auch die amtlichen Überwachungsmessungen.

Das Volumen des abgeleiteten Chemieabwassers hat 1997 gegenüber dem Vorjahr um 5 %, das des häuslichen Abwassers um 2 % abgenommen. Bei der Chemiekäranlage erreichte die Ableitung von CSB (chemischer Sauerstoffbedarf) und KW (mineralöhlähnliche Kohlenwasserstoffe) ähnliche Werte wie im Vorjahr. Die Frachten an AOX, TOC, Phosphat, Nitrat und Nitrit konnten auf dem niedrigen Niveau des Vorjahres gehalten werden.

Der in den letzten Jahren erreichte stabile und störungsfreie Betrieb der biologischen Kläranlage konnte auch 1997 aufrechterhalten werden. Die Ableitungen von AOX, TOC und Ammonium lagen 1997 bei ähnlich niedrigen Werten wie im Vorjahr. Die Nitrat-Fracht erreichte ebenfalls das Niveau des Vorjahres.

#### 5.2.5 Strahlenexposition in der Umgebung des Forschungszentrums Karlsruhe durch die mit dem Abwasser abgeleiteten radioaktiven Stoffe 1997

K.-G. Langguth

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.

Die Berechnung der Strahlenexposition aus den bilanzierten Aktivitätsableitungen 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  $0,7 \text{ m}^3/\text{s}$  verwendet. Tab. 5-11 enthält die Rechenergebnisse für die effektiven Dosen und die Dosen für die jeweils am stärksten exponierten Organe für Erwachsene und Kleinkinder.

Bilanzierte Aktivitätsableitungen 1997		Maximale Körper-Folgedosen in $\mu\text{Sv}$			
		Erwachsene		Kleinkinder	
Nuklid	Aktivität in Bq	Effektive Dosis	Dosis für das am stärksten exponierte Organ	Effektive Dosis	Dosis für das am stärksten exponierte Organ
H-3	5,9 E12	11		11	
Co-60	3,2 E05	0,02		0,03	
Sr-89	1,9 E05	< 0,01	< 0,01 (UD)	< 0,01	< 0,01 (UD)
Sr-90	3,9 E07	0,35	1,7	0,21	0,88 (RK)
Cs-137	2,0 E07	0,93	(RK)	0,71	
Pu-238	4,1 E05	0,04		0,02	0,30 (KO)
Pu-239/240	1,6 E05	0,02	0,68 (KO)	< 0,01	0,13 (KO)
Pu-241	4,4 E07	0,09	0,30 (KO) 1,6 (KO)	0,04	0,53 (KO)
Summe, gerundet		12	-	12	-

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

Tab. 5-11: Maximale Körper-Folge-Äquivalentdosen, berechnet aus den bilanzierten Aktivitätsableitungen mit dem Abwasser 1997

Geht man bei der Berechnung der Strahlenexposition von den gemessenen Aktivitätsgehalten aus, die im Rahmen der Umgebungsüberwachung im Trinkwasser, in Fisch und in pflanzlichen Produkten aus dem Vorflutbereich gemessen wurden, erhält man für den Expositionspfad Abwasser eine effektive Folge-Äquivalentdosis von maximal 2,8  $\mu\text{Sv}$ .

### 5.2.6 Spektrometrische Messungen

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

Im Bereich „Spektrometrie“ werden für alle Gruppen der Abteilung Umweltschutz Messungen durchgeführt. Für gammaspektrometrische Messungen stehen drei „Hochenergie“- und vier „Niederenergie“- und vier „Gamma-X“-Detektoren zur Verfügung. Bei Bedarf werden auch die Detektoren des Bereiches Abwasserüberwachung eingesetzt. Zur Alphaspektrometrie sind acht Halbleiterdetektoren vorhanden. 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. 5-8 aufgeführt. An den Aerosolfiltern zur Fortluftüberwachung werden stets zwei Messungen vorgenommen. Zunächst wird unmittelbar nach Anlieferung eine  $\alpha$ - und  $\beta$ -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  $\gamma$ -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 Ringversuchen ist wegen der geforderten Mehrfachbestimmungen tatsächlich eine sehr große Anzahl an Messungen auszuführen.

### 5.2.7 Das Mehrplatz-Spektrometriesystem auf Genie-PC-Basis

Chr. Wilhelm

In der Gruppe "Abwasserüberwachung und Spektrometrie" wird ein Mehrplatz-Spektrometriesystem auf Genie-PC-Basis betrieben. Der schematische Aufbau ist in Abb. 5-8 wiedergegeben. Im Berichtsjahr wurde das aus den 70er Jahren stammende Meßsystem zur Alpha-spektrometrie komplett ersetzt. Bei dem neuen Alphaspektrometriesystem handelt es sich um ein voll integriertes Meßsystem, welches alle Komponenten, wie Regelung für das Vakuum, Verstärker, Analog-Digital-Konverter und Vielkanalanalysator, enthält. Es wird nur mittels eines LAN-Anschlusses mit dem Genie-PC-Meßsystem verbunden. An das Genie-PC-Meßsystem sind damit insgesamt acht Halbleiterdetektoren und zwei Gitterionisationskammern zur Alpha-Spektrometrie angeschlossen, sowie 16 Germanium-Detektoren zur Gamma-Spektrometrie, wobei zwei Detektoren mit Probenwechslern ausgerüstet sind. Zur Steuerung des Systems und zur Durchführung von Analysen stehen insgesamt acht PC zur Verfügung. Von jedem PC aus kann jeder Detektor angesteuert und eine Analyse durchgeführt werden. Durch den hohen Grad an Automatisierung konnte eine wesentliche Steigerung der Analysenkapazität bei gleichzeitiger Verbesserung der Analysenqualität erreicht werden.

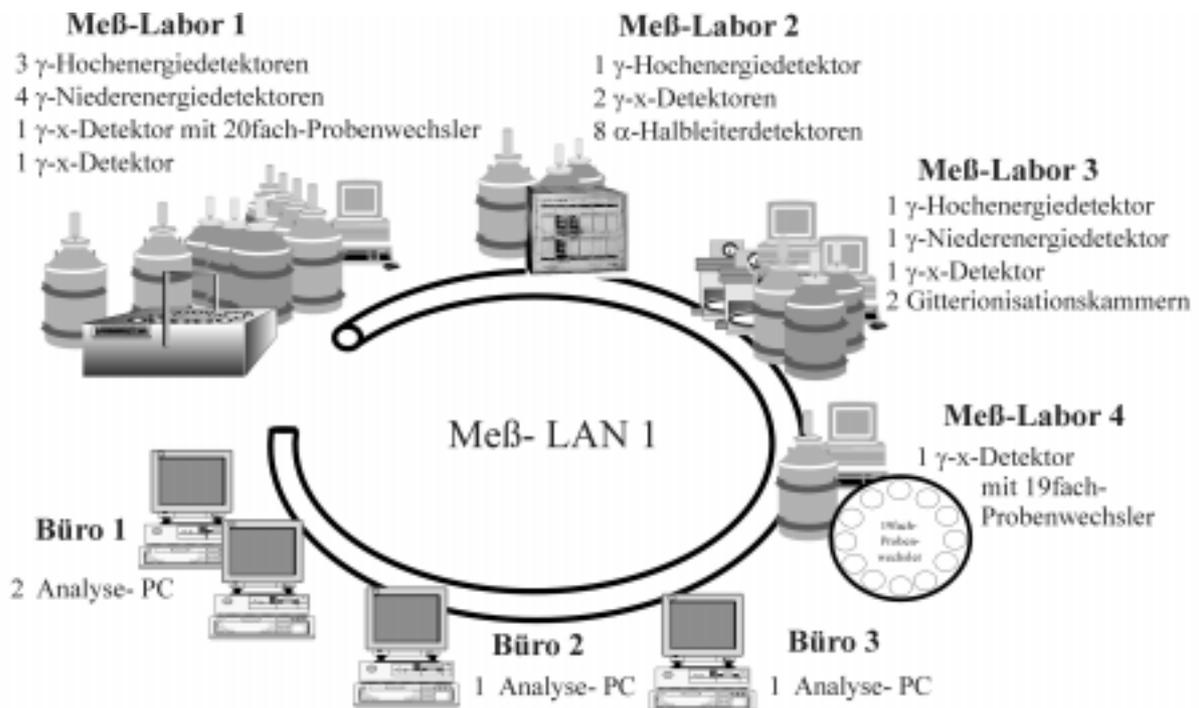


Abb. 5-8: Schematischer Aufbau des Spektrometriesystems

5.2.8 Ein für die Messung von niederenergetischen Gammastrahlern in Wasserproben optimierter Marinelli-Becher

Chr. Wilhelm, K.-G. Langguth, O. Bronchales-Alegre

Zur Messung von Gammastrahlung im Energiebereich unterhalb von 120 keV mit niedriger Nachweisgrenze werden in der Radionuklidmeßtechnik spezielle Germanium-Detektoren eingesetzt. Sie unterscheiden sich von den Detektoren für den höherenergetischen Bereich in der Kristallgeometrie und -halterung, dem Detektoraufbau und insbesondere in der Endkappe, die mit einem dünnen Eintrittsfenster versehen ist. Für das Erreichen niedriger Nachweisgrenzen hat sich außerdem die Messung des Probenmaterials in Marinelli-Geometrie bewährt. Durch geeignete Wahl der Höhe und des Durchmessers des Marinelli-Bechers kann die Nachweisgrenze noch weiter herabgesetzt werden.

Mit Hilfe eines speziell entwickelten Monte-Carlo-Programms (siehe Jahresbericht 1996 der HS, FZKA 5930, S. 123) wurde eine derartige Optimierung für die Messung von Am-241 bei einem vorgegebenen Probenvolumen von 2 Litern durchgeführt. Für die Rechnungen wurden die Spezifikationen eines p-Typ-Reinstgermanium-Detektors mit einem für die Erfassung niederenergetischer Strahlung optimierten Aufbau zugrunde gelegt. Die mit dem optimierten 2-Liter-Marinelli-Becher gemessenen Wirkungsgrade und Nachweisgrenzen für Nuklide mit Gamma-Linien im unteren, mittleren und oberen Energiebereich sind in Tab. 5-12 denen gegenübergestellt, die mit einem 1-Liter-Standard-Marinelli-Becher auf einem Standard-Detektor (n-Typ-Reinstgermanium-Kristall) bisher bei den Bilanzierungsmessungen für die Abwasserüberwachung erreicht wurden.

Die Gegenüberstellung der beiden Meßanordnungen zeigt, daß die Nachweisgrenze für hochenergetische Gammastrahler um rund 50 % reduziert wurde. Für niederenergetische Gammastrahler wurde trotz der erhöhten Absorption der Strahlung im verdoppelten Probenvolumen aufgrund der Optimierung der Geometrie des Meßbechers eine Reduktion der Nachweisgrenze um rund 30 % erreicht.

Nuklid	Gamma-Energie in keV	Wirkungsgrade		Nachweisgrenzen in Bq/l		
		Standard-System	optimiertes System	Standard-System	optimiertes System	Reduktion in %
Am-241	59,54	2,22 E-02	2,20 E-02	1,18 E-01	7,87 E-02	33
Cs-137	661,66	1,98 E-02	2,73 E-02	3,98 E-02	2,50 E-02	37
Co-60	1173,24	1,17 E-02	2,11 E-02	4,44 E-02	2,08 E-02	55

Tab. 5-12: Gegenüberstellung der Wirkungsgrade und Nachweisgrenzen des Standard-Systems und des optimierten Systems.

### 5.2.9 Kalibrierung von Aktivitätsmeßplätzen zur Qualitätskontrolle von P-32-implantierten Gefäßstützen gemäß den Bestimmungen des Medizinproduktegesetzes

M. Falkner, K.-G. Langguth, Chr. Wilhelm

Koronare Herzerkrankungen, die auf verengte Arterien zurückzuführen sind, sind in Industrieländern die häufigste Todesursache für Menschen mittleren Alters. Zur Behandlung dieser Krankheit kann zum einen die verengte Stelle mit einem Ballon kurzzeitig aufgeweitet und zum anderen mit einer metallischen Gefäßstütze (Stent) dauerhaft offen gehalten werden. Da nach einem Stenteinsatz bei vielen Patienten eine Zellwucherung des umgebenden Gewebes und damit eine erneute Verengung beobachtet wurde, wurden von der Hauptabteilung Zyklotron in Zusammenarbeit mit der Universität Heidelberg P-32-implantierte Stents entwickelt, durch deren Betastrahlen die Zellwucherung weitgehend eliminiert wird. Für eine Zulassung der radioaktiven Stents gemäß dem Medizinproduktegesetz ist neben der klinischen Prüfung, die 1997 in den USA begann, auch der Nachweis der Qualitätssicherung zu erbringen. Die Qualitätssicherung der P-32-Implantation, die von HZY durchgeführt wird, umfaßt die Messung der Aktivität, der Aktivitätsverteilung und der auf dem Stent nicht-haftenden Aktivität.

Im Rahmen einer Diplomarbeit wurden verschiedene Halbleiterdetektoren zur Ermittlung der P-32-Aktivität der Stents kalibriert und ein Verfahren zur Bestimmung der Stentaktivität mit Hilfe von Flüssigszintillationsspektrometern (LSC) entwickelt.

Die Kalibrierung der Detektoren erfolgte mit radioaktiven Stents, deren Aktivität entweder von der PTB zertifiziert wurde oder im Rahmen der Diplomarbeit mit den Flüssigszintillationsspektrometern der Abteilung Umweltschutz und der Hauptabteilung Zyklotron bestimmt wurde. Zur Aktivitätsbestimmung wurden radioaktive Stents in Königswasser aufgelöst und mit destilliertem Wasser verdünnt. Auf eine weitere Probenaufbereitung wurde wegen des damit verbundenen Kontaminationsrisikos und des großen Arbeitsaufwandes verzichtet. Mit Hilfe der Flüssigszintillationsmeßtechnik können Nuklide, die Beta-Strahlung hoher Energie emittieren, wie z. B. P-32, sowohl mit dem Szintillationseffekt als auch mit dem Čerenkoeffekt nachgewiesen werden. Für die Bestimmung der P-32-Aktivität in den Stentlösungen konnte der Čerenkoeffekt jedoch nicht genutzt werden, da die in den Proben auftretenden Löscheffekte sehr stark schwanken und vom Gerät nicht korrigiert werden können. Der LSC-Wirkungsgrad für die Messung über den Szintillationseffekt wurde zum einen mit einer von der PTB zertifizierten P-32-Kalibrierlösung und zum anderen rechnerisch nach der CIEMAT/NIST - Methode bestimmt. Der statistische Fehler der Kalibrierfaktoren, der mit Hilfe der PTB-Aktivitätsangabe und den LSC-Meßergebnissen ermittelt wurde, betrug maximal 0,8 %, der systematische Fehler bei der Aktivitätsbestimmung durch Flüssigszintillationsspektrometrie maximal 1 % im  $1\sigma$ -Vertrauensbereich.

Aufgrund des geringen systematischen Fehlers kann mit ausreichender Genauigkeit eine Kalibrierung der Halbleiterdetektoren auch für andere Stentgeometrien mit Hilfe der oben beschriebenen Stentaktivitätsbestimmung erfolgen, wenn der LSC für die Messung von P-32 mit einem zertifizierten Standard kalibriert ist; zertifizierte Stentaktivitäten sind nicht notwendig. Zur routinemäßigen Überprüfung der ermittelten Kalibrierfaktoren eignet sich am besten eine Kontrollquelle mit einem langlebigen Radionuklid, das ein ähnliches Betaenergiespektrum wie P-32 aufweist (z.B. Y-90).

### 5.3 Umgebungsüberwachung

M. Vilgis, A. Wicke

Die Umgebung des Forschungszentrums Karlsruhe wird nach einem vom Ministerium für Umwelt und Verkehr Baden-Württemberg angeordneten Routinemeßprogramm überwacht. Das routinemäßig überwachte Gebiet umfaßt eine Fläche von ca. 200 km<sup>2</sup>. 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 km<sup>2</sup> 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. Monatliche Meßfahrten dienen dem Training des Einsatzpersonals bei Störfällen. Wenn sich im Rahmen der Routineüberwachung gegenüber bekannten Schwankungsbereichen signifikant erhöhte Meßwerte ergeben, werden ergänzende, zeitlich befristete Überwachungsmaßnahmen durchgeführt. Insgesamt werden 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
  - 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  $\gamma$ -Ortsdosisleistung
  - 3.2 Aerosole
  - 3.3 gasförmiges Iod
  - 3.4 Bodenoberfläche
  - 3.5 Boden

### 5.3.1 Ergebnisse der Routineüberwachung 1997

M. Vilgis, F. Milbich-Münzer, F. Werner, W. Bohn

#### 5.3.1.1 Direktmessung der Strahlung

Zur Direktmessung der Strahlung befinden sich zwei On-line-Systeme im Einsatz. Das eine System, die sogenannte Monitoranlage, dient der Überwachung des betrieblichen Überwachungsbereichs, das andere System, die sogenannten Außenstationen, dient der Überwachung der umliegenden Ortschaften. 1997 wurde durch die Monitoranlage keine Überschreitung der Warnschwelle von  $1 \mu\text{Sv/h}$  registriert. Bei den Außenstationen wurden keine erhöhten Dosisleistungswerte registriert. In Abb. 5-9 sind die mittleren wöchentlichen Ortsdosisleistungen 1997 an den Außenstationen der Ortschaften Blankenloch, Friedrichstal und Leopoldshafen und an der Station "Forsthaus" dargestellt. Der Schwankungsbereich der Ortsdosisleistung lag zwischen 68 und  $100 \text{ nSv/h}$ . 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.

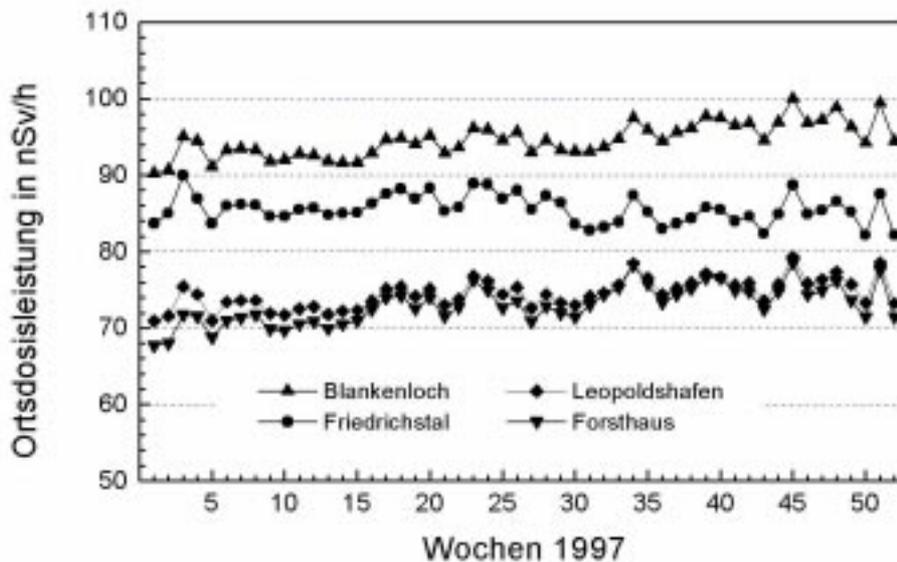


Abb. 5-9: Mittlere wöchentliche  $\gamma$ -Ortsdosisleistung 1997 in den nächstgelegenen Ortschaften und am "Forsthaus"

Die niedrigste Dosisleistung wird am "Forsthaus" (einzelnes Gebäude, von Wald umgeben) gemessen. Dies wird auch durch die Messung der Ortsdosis mittels Thermolumineszenzdosimetern bestätigt. Die Ortsdosisleistung an den 23 Meßorten entlang des Zauns des Betriebsgeländes lag im Bereich von  $0,59$  bis  $0,66 \text{ mSv/a}$ , bei einem Mittelwert von  $0,62 \text{ mSv/a}$ . Die Meßwerte der 32 Umgebungsdosimeter in den umliegenden Ortschaften reichten von  $0,59$  bis  $0,80 \text{ mSv/a}$ , bei einem Mittelwert von  $0,67 \text{ mSv/a}$ . Der größere Schwankungsbereich ist auf größere Unterschiede standortspezifischer Parameter zurückzuführen.

### 5.3.1.2 Radioaktivitätsmessungen

Zweimal wöchentlich werden die Aerosolfilter, die in den drei Meßhütten kontinuierlich be- staubt werden, gewechselt. Zusätzlich zur Messung der langlebigen  $\alpha$ - und  $\beta$ -Gesamtaktivität aller Einzelfilter erfolgen vierteljährlich  $\gamma$ -spektrometrische Untersuchungen und Plutonium- analysen der Filter. 1997 lagen alle durch  $\gamma$ -Spektrometrie bestimmten Aktivitätskonzentrationen künstlicher Radionuklide unter oder nahe der Nachweisgrenze von  $8 \mu\text{Bq}/\text{m}^3$  für Cs-137. Die Be-7-Aktivitätskonzentration schwankte zwischen 2,6 und  $5,7 \text{ mBq}/\text{m}^3$ . Be-7 ist ein natürliches Radionuklid, das als Leitnuclid für den vertikalen atmosphärischen Austausch angesehen werden kann und dessen Aktivitätskonzentration je nach Jahreszeit schwankt. Im zweiten Quartal wurde bei der Meßhütte Südwest sowohl Pu-238 als auch Pu-239/240 in einer Konzentration von  $0,07 \mu\text{Bq}/\text{m}^3$  bzw.  $0,09 \mu\text{Bq}/\text{m}^3$  in der Luft nachgewiesen. Im dritten Quartal wurde Pu-239/240 sowohl in der Meßhütte Nordost als auch bei der Meßhütte Südwest nachgewiesen. In den übrigen Fällen lagen die Aktivitätskonzentrationen unterhalb der Nachweisgrenze (vgl. **Kap. 5.4.1**).

Im Niederschlag wurde bei der  $\gamma$ -spektrometrischen Bestimmung nur im dritten Quartal in der Probe aus dem WAK-Südwestsektor Cs-137 in einer Konzentration von  $0,01 \text{ Bq}/\text{l}$  nachgewiesen. Weitere künstlichen Radionuklide wurden nicht nachgewiesen. 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 von  $2 \text{ Bq}/\text{l}$  und  $26 \text{ Bq}/\text{l}$ .

Tab. 5-13 enthält eine Übersicht über die Schwankungsbereiche der 1996 und 1997 gemessenen spezifischen Aktivitäten in Boden- und Sedimentproben. Aufgeführt sind außer dem natürlichen Radionuklid K-40 nur solche künstlichen Nuklide, für die in den Jahren 1996 und 1997 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.

Zur Bestimmung der spezifischen Aktivität im Boden wurden in den Hauptausbreitungssektoren der WAK (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 (grün umrandete Sektoren in Lageplan Nr. 1) wurden von den Anbauflächen der überwachten Nahrungsmittel (siehe Tab. 5-14) 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 (Tab. 5-13). Außerdem wurde die spezifische Aktivität im Boden an vier Stellen auch durch In-situ-Gammaspektrometrie ermittelt.

Eine Übersicht über die Schwankungsbereiche der 1996 und 1997 gemessenen spezifischen Aktivitäten in Nahrungsmitteln gibt Tab. 5-14. Aufgeführt wurden nur solche künstlichen Nuklide, für die in den Jahren 1996 und 1997 mindestens ein Meßergebnis über der Erkennungsgrenze lag. Die landwirtschaftlichen Produkte wurden in den beiden Hauptausbreitungs- sektoren angebaut. Der Fisch stammt aus dem Rheinniederungskanal in der Höhe von Linkenheim. Im ersten Halbjahr 1997 konnte keine Fischprobe zur Messung zur Verfügung gestellt werden. Die spezifische Cs-137-Aktivität der Fischprobe vom 2. Halbjahr 1997 lag mit rund  $0,5 \text{ Bq}/\text{kg}$  Frischsubstanz im Bereich der Werte des Vorjahres.

Überwachtes Medium	Nuklid	Spezifische Aktivität in Bq/kg Trockensubstanz			
		1997		1996	
		Minimum	Maximum	Minimum	Maximum
Boden (0-5 cm)	K-40	460	590	440	540
	Cs-134	0,22	0,37	<0,48	0,35
	Cs-137	5,8	57	11	43
	Sr-90	0,3	1,6	0,2	1,8
	Pu-238	<0,01	0,15	<0,01	0,06
	Pu-239/240	0,09	1,3	0,16	0,98
Boden (In.situ-Gamma-Spektrometrie)	K-40	290	410	300	400
	Cs-134	<2,0	<2,3	<2,0	<2,3
	Cs-137	7,4	20	11	20
Sediment (Rhein-niederungskanal unterhalb Einleitung)	K-40	320	390	300	350
	Cs-134	<1,1	<1,8	<2,3	<4,8
	Cs-137	12	64	36	60
	Pu-238	0,1	0,22	0,12	0,67
	Pu-239/240	0,22	0,64	0,37	1,0
Sediment (Hirschkanal)	K-40	420	630	460	660
	Co-60	1,7	<6,0	<2,8	3,1
	Cs-134	<1,8	<5,4	<2,6	5,6
	Cs-137	120	400	120	320
	Am-241	<6,9	<28	<9,1	11

Tab. 5-13: Schwankungsbereiche der spezifischen Aktivität im Boden und Sediment

Überwachtes Medium	Nuklid	Spezifische Aktivität in Bq/kg Frischsubstanz			
		1997		1996	
		Minimum	Maximum	Minimum	Maximum
Wurzelgemüse	K-40	27	110	34	90
	Cs-137	<0,02	<0,05	<0,03	<0,06
	Sr-90	0,02	0,02	0,07	0,14
Getreide	K-40	88	110	91	110
	Cs-137	<0,04	<0,06	<0,08	<0,11
	Sr-90	0,10	0,28	0,13	0,16
Blattgemüse	K-40	40	180	34	85
	Cs-137	<0,03	<0,06	<0,03	<0,06
	Sr-90	0,47	0,51	0,13	0,24
Fisch	K-40	67	67	57	77
	Cs-137	0,53	0,53	0,36	0,54

Tab. 5-14: Schwankungsbereiche der spezifischen Aktivität in Nahrungsmitteln

Zur Überwachung des Grundwassers im Nahbereich der HDB werden zahlreiche Beobachtungspegel im Rahmen des Umgebungsüberwachungsprogrammes beprobt. Diese Pegel befinden sich innerhalb und außerhalb des Betriebsgeländes in Grundwasserfließrichtung. Die H-3-Aktivitätskonzentrationen schwankten 1997 zwischen der Nachweisgrenze (2 Bq/l) und 70 Bq/l. Die H-3-Aktivitätskonzentrationen des Grund- und Trinkwassers der Wasserwerke Tiefgestade, Linkenheim, Hardtwald, des Forschungszentrums und der Beobachtungsbrunnen zwischen dem Forschungszentrum und Linkenheim lagen zwischen 2 und 7 Bq/l. Die Einzelmeßwerte der H-3-Aktivitätskonzentration des Trinkwassers aus dem Wasserwerk Linkenheim schwankten in den letzten drei Jahren zwischen 5 und 10 Bq/l. Die Werte des Trinkwassers aus dem Wasserwerk Tiefgestade lagen 1997 auf dem Niveau der Werte des Trinkwassers aus der Referenzstelle Karlsruhe-Hardtwald.

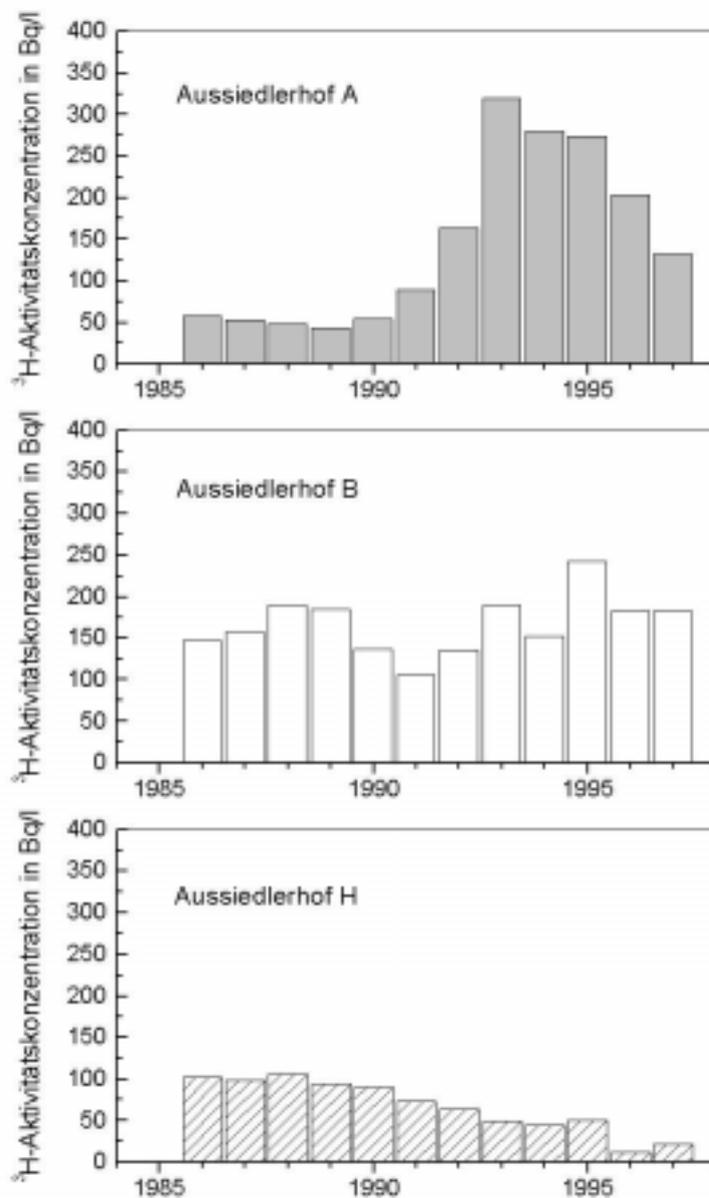


Abb. 5-10: Verlauf der H-3-Aktivitätskonzentration im Grundwasser von Trinkwasser-eigenversorgungen entlang des Rheinniederungskanals von 1986 bis 1997

Im Grundwasser von den Standorten der Aussiedlerhöfe in der Nähe des Rheinniederungskanals bei Liedolsheim (G), zwischen Rußheim und Rheinsheim (Abb. 5-10, A und B) und nördlich von Oberhausen-Rheinhausen (Abb. 5-10, H) wird vierteljährlich die H-3-Aktivitätskonzentration bestimmt. Die H-3-Aktivitätskonzentrationen schwankten hier zwischen Nachweisgrenze und 200 Bq/l (Abb. 5-10). Bei den Aussiedlerhöfen A und H ist die H-3-Aktivitätskonzentration rückläufig, beim Aussiedlerhof B nahezu konstant. Die Werte des Aussiedlerhofes G (ab 1993) liegen bei 4 Bq/l.

Die Kühl- und Regenwässer des Forschungszentrums werden über die Sandfänge 1 bis 6 in den Hirschkanal abgeleitet (Lageplan Nr. 2). Das Oberflächenwasser des Hirschkanals unterhalb von Sandfang 6 wird kontinuierlich beprobt. Die Wochenwerte der H-3-Aktivitätskonzentration mit einem Maximalwert von 5 Bq/l lagen im Jahresdurchschnitt unter der gemessenen H-3-Aktivitätskonzentration im Niederschlag.

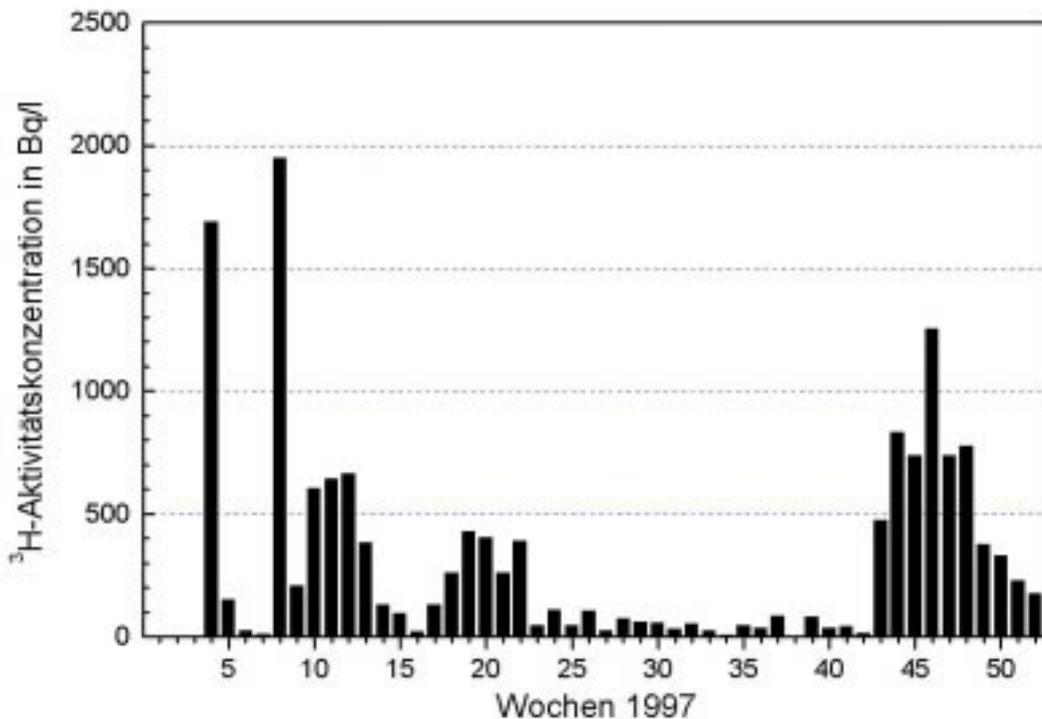


Abb. 5-11: Wochenwerte 1997 der H-3-Aktivitätskonzentration im Rheinniederungskanal

Unterhalb der Einleitungsstelle für die Abwässer des Forschungszentrums werden Wasserproben aus dem Rheinniederungskanal kontinuierlich gesammelt. Die Wochenwerte der H-3-Aktivitätskonzentration schwankten 1997 zwischen 5 und 1950 Bq/l. In Abb. 5-11 ist der zeitliche Verlauf der H-3-Aktivitätskonzentration im Rheinniederungskanal dargestellt. Die Jahresmittelwerte der H-3-Aktivitätskonzentration im Rheinniederungskanal sind seit 1985 rückläufig (Abb. 5-12). 1997 lag der Jahresmittelwert mit 340 Bq/l bei ca. 7 % des Wertes von 1985.

Vierteljährlich werden außerdem vier Baggerseen und zwei kleinere Gewässer beprobt, die zum Teil eine direkte Verbindung zum Rheinniederungskanal haben. Ihre H-3-Aktivitätskonzentrationen schwankten 1997 zwischen 2 und 80 Bq/l.

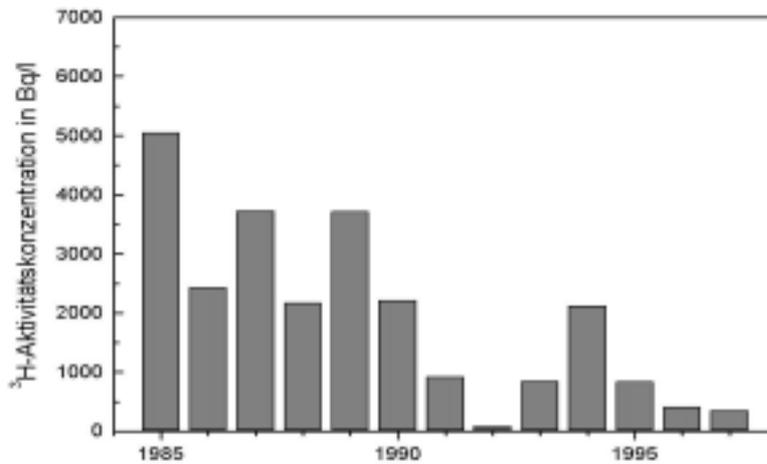


Abb. 5-12: Jahresmittelwerte der H-3-Aktivitätskonzentration im Rheinniederungskanal

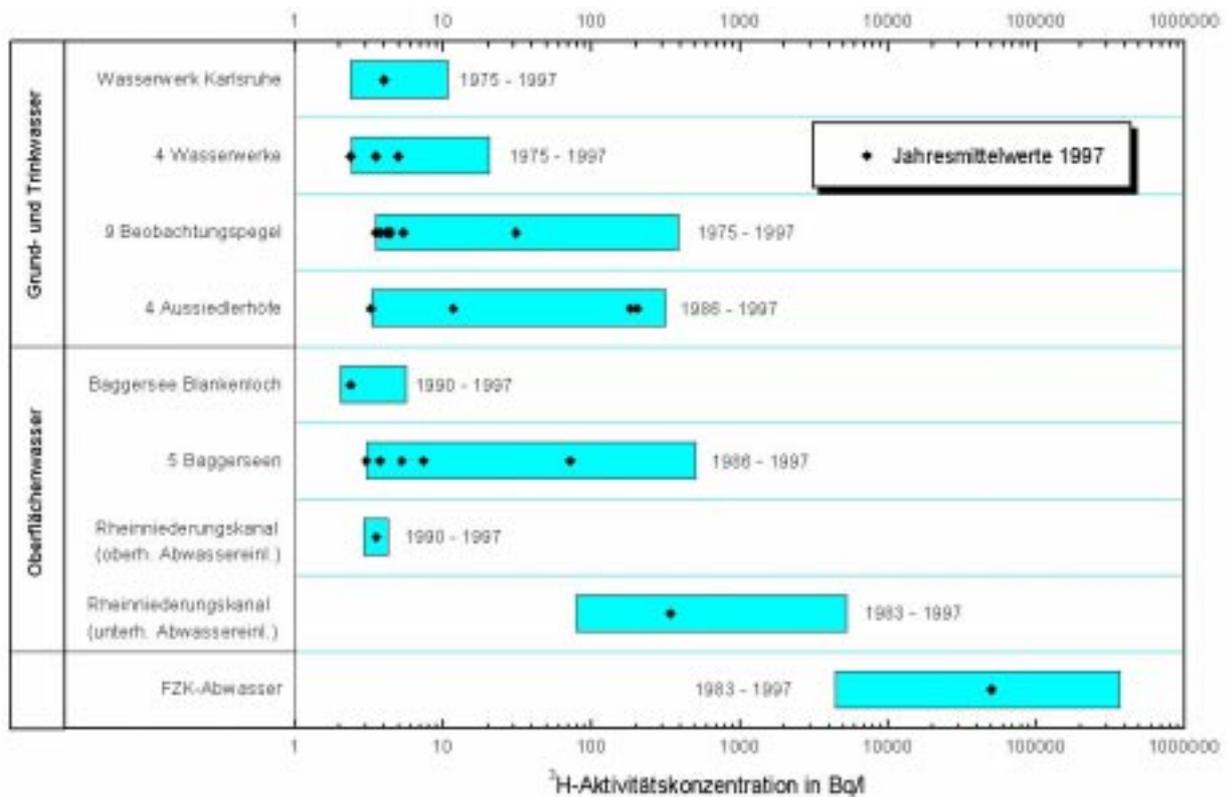


Abb. 5-13: Schwankungsbereiche der Jahresmittelwerte der H-3-Aktivitätskonzentration von Grund- und Trinkwasser, Oberflächenwasser und FZK-Abwasser

Abb. 5-13 zeigt die Schwankungsbereiche der Jahresmittelwerte der H-3-Aktivitätskonzentration der Wasserarten von Probenentnahmestellen im Bereich des Rheinniederungskanals (siehe Lageplan Nr. 1). Für alle Wasserarten ist ein Rückgang der Werte festzustellen. Zum Vergleich enthält die Grafik auch die Jahresmittelwerte der H-3-Aktivitätskonzentration des Abwassers aus dem Forschungszentrum. Da nicht alle Probenentnahmestellen für den gesamten Zeitraum von 20 Jahren Bestandteil des Umgebungsüberwachungsprogramms waren, ist jeweils der Zeitraum, für den die Werte dargestellt sind, angegeben.

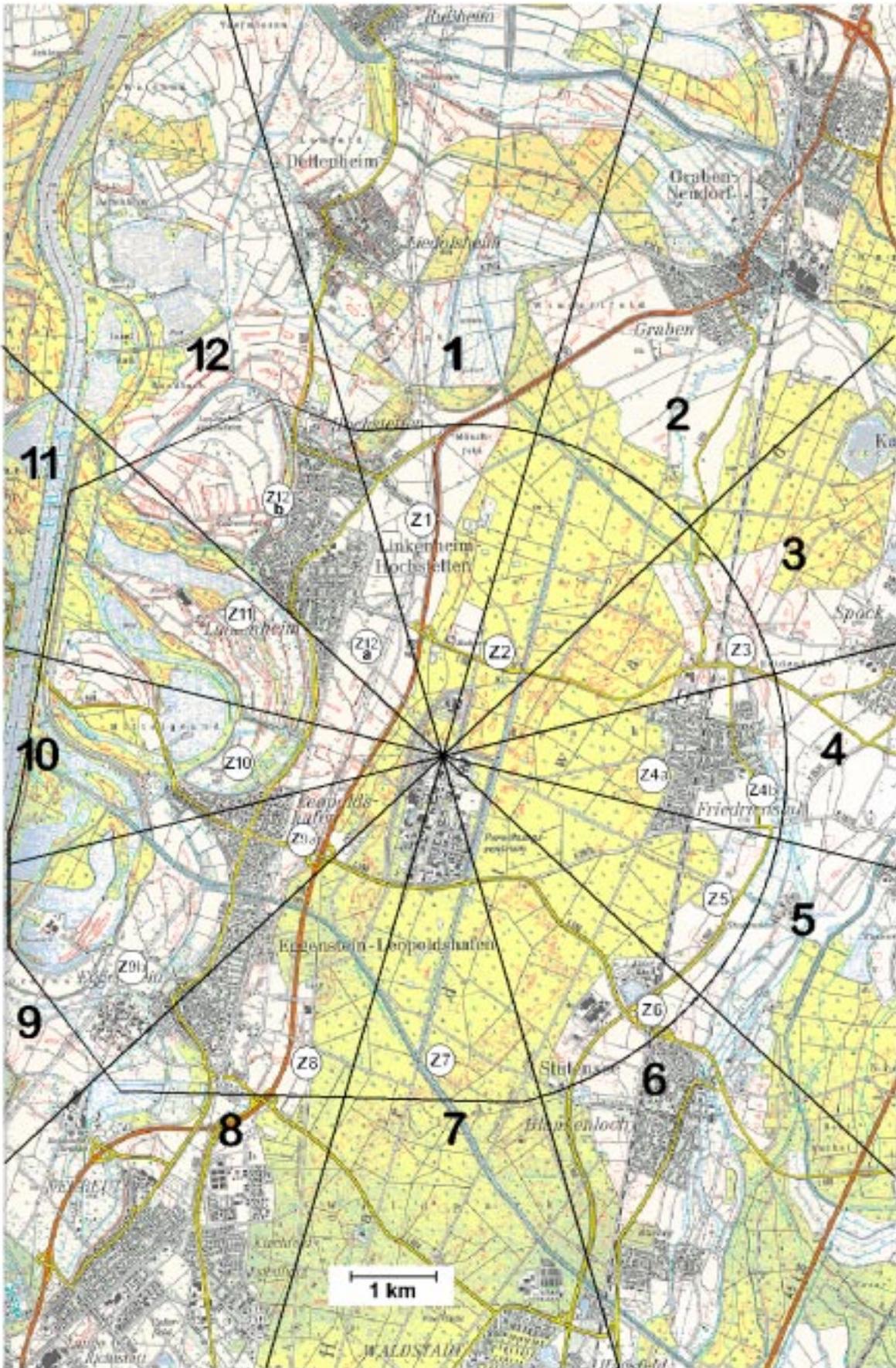


Abb. 5-14: Meß- und Probenentnahmeorte in den Sektoren der Zentralzone gemäß dem "Besonderen Katastropheneinsatzplan für das Forschungszentrum Karlsruhe"

#### 5.3.1.3 Meßfahrten

Im Rahmen des Störfalltrainingsprogrammes werden monatliche Meßfahrten zu wechselnden Meß- und Probenahmeorten durchgeführt. Die in der Zentralzone (Abb. 5-14) 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 entsprachen der Erwartung und zeigten keinerlei Auffälligkeiten.

#### 5.3.1.4 Ergänzende Überwachungsmaßnahmen

Wenn sich im Rahmen der Routineüberwachung gegenüber bekannten Schwankungsbereichen signifikant erhöhte Radioaktivitätsmeßwerte ergeben, für die sich bei konservativer Betrachtung ein relevanter Bruchteil der Dosisgrenzwerte des § 45 StrlSchV abschätzen läßt, werden 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.

Die H-3-Aktivitätskonzentration des Grundwasserpegels H0/1 (siehe [Lageplan Nr. 2](#)), die in den beiden Vorjahren erhöht war, blieb im Jahr 1997 mit ca. 60 Bq/l bei der Hälfte des Maximalwertes vom vergangenen Jahr.

Im Bereich des Baugeländes der ANKA wurde mit Untergrundmessungen der Ortsdosisleistung begonnen. Die Meßergebnisse für die ersten beiden Überwachungszeiträume (15. August bis 15. Oktober 1997 und 15. Oktober 1997 bis 15. Januar 1998) lagen im Mittel bei 0,2 mSv pro Quartal.

Aufgrund des öffentlichen Interesses am Radioaktivitätsgehalt im Grundwasser in der Umgebung des Rheinniederungskanales wurde eine Grundwasserprobe aus dem Bereich der Ausiedlerhöfe bei Rheinsheim mit besonders hoher Empfindlichkeit  $\gamma$ -spektrometrisch ausgewertet. Künstliche Radionuklide konnten nicht nachgewiesen werden.

#### 5.3.2 Bestimmung des Radioaktivitätsgehaltes von Boden, Bodenfeuchte und Wasser aus einer Bohrung zwischen Rheinniederungskanal und Streitköpflersee

M. Vilgis, M. Pimpl

Im Rahmen des Genehmigungsverfahrens für die wasserrechtliche Erlaubnis zur Einleitung gereinigter Abwässer in den Rheinniederungskanal wurde auf Anordnung des Ministeriums für Umwelt und Verkehr Baden-Württemberg zwischen Rheinniederungskanal (RNK) und Streitköpflersee eine Bohrung zur Bestimmung der Radioaktivität des Bodens durchgeführt (siehe Abb. 5-15). Die Bohrstelle lag in ca. 5 m Entfernung zum Ufer. Der entnommene Boden wurde in drei Teilproben aufgeteilt. In der mittleren Teilprobe (Probe 2), die bezüglich der Entnahmetiefe der Lage des Sedimentkörpers des Rheinniederungskanales entspricht, wurde die spezifische Plutonium-Aktivität in der Trockensubstanz, sowie die Plutonium- und H-3-Aktivitätskonzentration der Bodenfeuchte und des Grundwasser aus der Bohrstelle bestimmt.

Bei der  $\gamma$ -spektrometrischen Untersuchung der Trockensubstanz des Bodens wurden ausschließlich natürliche Radionuklide nachgewiesen. Die Meßwerte für die Aktivität der Plutoniumnuklide Pu-238, Pu-239/240 und Pu-241 lagen unterhalb der Nachweisgrenze von 0,06 Bq/kg Trockensubstanz bzw. 0,45 Bq/kg Trockensubstanz für das Radionuklid Pu-241.

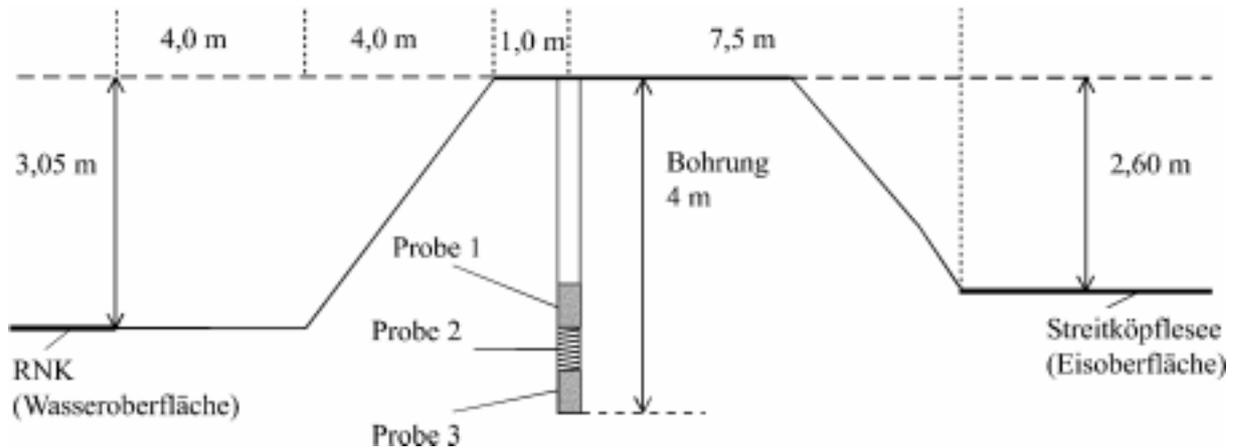


Abb. 5-15: Skizze der Bohrung am Ufer des Rheinniederungskanal

Die H-3-Aktivitätskonzentration der Bodenfeuchte betrug 3,4 Bq/l. Dieser Wert entspricht der H-3-Aktivitätskonzentration im Wasser des Streikköpfleesees, liegt jedoch weit unterhalb des Jahresmittelwertes der H-3-Aktivitätskonzentration im Rheinniederungskanal (siehe Abb. 5-12). Die Pu-238- und Pu-239/240-Aktivitätskonzentrationen der Bodenfeuchte lagen unterhalb der Nachweisgrenze von 0,0073 Bq/l. Die H-3-Aktivitätskonzentration der aus dem Bohrloch entnommenen Wasserprobe lag bei 3,9 Bq/l, die Pu-Aktivitätskonzentrationen lagen unterhalb der Nachweisgrenzen.

### 5.3.3 Vergleich von In-situ-Meßergebnissen aus Hubschrauber- und Bodenmessungen

M. Vilgis, A. Wicke

Im Rahmen der Umgebungsüberwachung führt das Forschungszentrum Karlsruhe schon seit mehr als acht Jahren routinemäßig Messungen mit Hilfe der In-situ-Gammaspektrometrie durch. Vorzugsweise werden regelmäßig die Referenzmeßstellen des Katastropheneinsatzplans ausgemessen.

Für das Aufspüren von künstlichen Strahlenquellen können auch entsprechende In-situ-Meßsysteme in Hubschraubern installiert werden, mit denen größere Verdachtsflächen überflogen werden können. Das im Rahmen einer deutsch-französischen Übung am 11. Juni 1996 beteiligte französische Meßteam hatte in Ergänzung zur Übungsaufgabe eine großräumige Messung der Oberflächenkontamination in der Umgebung des FZK vorgenommen. Dabei ergaben sich Abweichungen zu den Meßergebnissen der Routinemessungen.

An zwei auffälligen Stellen wurden daher gezielt Bodenmessungen durchgeführt. Die bei den Hubschraubermessungen gefundenen Abweichungen konnten nicht bestätigt werden.

Ergänzend wurde deshalb am 2. Juli 1997 das Gebiet östlich des FZK-Betriebsgeländes durch einen Hubschrauber, der mit dem Meßsystem des Bundesamtes für Strahlenschutz (BfS) ausgerüstet war, überflogen. Eine Fläche von ca. 20 km<sup>2</sup> wurde in 100 m Höhe in Bahnen mit einem Bahnabstand von ca. 200 m überflogen und kartiert.

Auch diese Messungen konnten die zuvor gefundenen Abweichungen nicht bestätigen. Neben den künstlichen Radionukliden wurden auch die natürlichen Radionuklide ausgewertet und mit den Bodenmessungen verglichen. Für die natürlichen Radionuklide wurde bei der Auswertung eine homogene Verteilung (Angabe der spezifischen Aktivität in Bq/kg) und für die künstlichen Radionuklide eine exponentielle Verteilung (Angabe der flächenbezogenen Aktivität in Bq/m<sup>2</sup>) angenommen. Wie Tab. 5-15 zeigt, ergab sich hierbei eine gute Übereinstimmung zwischen den Werten der Flugspektrometrie und den Meßwerten der Bodenmessungen.

Die Meßergebnisse für die Nuklide K-40 und Cs-137 der FZK-Bodenmessungen liegen zwar über den über die gesamte Fläche gemittelten Werten der Hubschraubermessungen, jedoch liegen beide Meßorte in der Nähe jener Flächen, für die sich die Maximalwerte bei den BfS-Hubschraubermessungen ergaben. Alle Meßergebnisse liegen im Bereich der allgemeinen Umweltradioaktivität.

Nuklid	Einheit	Meßergebnisse der FZK-Bodenmessungen		Meßergebnisse der BfS-Hubschraubermessungen	
		Meßort 1	Meßort 2	Mittelwert	Maximalwert
K-40	Bq/kg	240 ± 7	330 ± 10	150 ± 80	300 ± 150
Tl-208	Bq/kg	3,3 ± 0,5	4 ± 0,5	4 ± 2	- *
Bi-214	Bq/kg	9,4 ± 1,5	9,2 ± 1,4	11 ± 3	- *
Cs-137	kBq/m <sup>2</sup>	3,0 ± 0,1	2,3 ± 0,1	1,4 ± 0,7	7 ± 4

\* keine Angabe

Tab. 5-15: Vergleich der Meßergebnisse aus Boden- und Hubschrauber-In-situ-Messungen

#### 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. Darüberhinaus werden im Freimeßlabor radiochemische Analysen 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 die Abluft-, Abwasser- und Umgebungsüberwachung des Forschungszentrums werden verschiedene Radionuklide im Low-level-Bereich mittels radiochemischer Analysenverfahren aus verschiedenen Probenmaterialien wie Aerosolfiltern, Pflanzen, Böden, Sedimenten, Fischen, Lebensmitteln und Wasser abgetrennt und nuklidspezifisch gemessen. Routinemäßig werden die Radionuklide Pu-238, Pu-239/240, Pu-241, Am-241, Cm-242, Cm-244, Sr-89, Sr-90, C-14, S-35 und K-40 erfaßt.

Im Freimeßlabor werden Bestimmungen von U-238, U-235, U-234, Pu-238, Pu-239/240, Pu-241, Am-241, Cm-242, Cm-244, Sr-89, Sr-90, C-14, H-3, Fe-55 und Ni-63 mit niedrigen Nachweisgrenzen in allen für Freigabemessungen relevanten Probenmaterialien durchgeführt. Auch Th-228, Th-230 und Th-232 können radiochemisch bestimmt werden.

Zu den Routineaufgaben der Gruppe "Chemische Analytik" gehören des weiteren die Beschaffung der benötigten radioaktiven Stoffe, die Herstellung von Kalibrierstandards und die Bilanzierung des Bestands an radioaktiven Stoffen für die Abteilung HS-US.

Neben begleitenden Arbeiten zur Qualitätssicherung werden Entwicklungsarbeiten zur Verbesserung bestehender Verfahren und zur Einführung neuer Methoden geleistet. Neben diesen Routineaufgaben werden nuklidspezifische Bestimmungen gegen Berechnung auch für externe Auftraggeber durchgeführt.

#### 5.4.1 Radiochemische Arbeiten

M. Pimpl, U. Hoepfener-Kramar (HDB), U. Götz (HDB), P. Perchio, B. Rolli, S. Vater

Im Berichtszeitraum wurde wöchentlich die Fortluft der Verbrennungsanlagen der HDB (Bau 536), der LAW-Eindampfanlage (Bau 545), der MAW-Eindampfanlage (Bau 555) und die Anlagen zur Gerätedekontamination und Verschrottung der HDB (Bau 548 Ost und West) auf C-14 überwacht. Aus den Verbrennungsanlagen wurden im gesamten Jahr 1997 nur 0,7 % der nach Abluftplan zulässigen C-14-Ableitungen emittiert, aus den LAW- und MAW-Eindampfanlagen nur 0,1 % und aus den Anlagen zur Gerätedekontamination und Verschrottung nur 16,9 %. Im Auftrag der Kernkraftwerk-Betriebsgesellschaft wurde 1997 die Fortluft des MZFR auf C-14 überwacht. Nur 12,8 % der nach Abluftplan zulässigen C-14-Ableitungen wurden abgegeben.

Zur Bilanzierung der 1997 mit dem Abwasser abgeleiteten radioaktiven Stoffe wurden in Monatsmischproben aus den Endbecken Pu- und Sr-Isotope radiochemisch bestimmt. In den gleichen Proben wurden außerdem C-14 und S-35 bestimmt, wobei für beide Radionuklide nur Werte unterhalb der Erkennungsgrenzen ermittelt wurden. Für C-14 lag die Erkennungsgrenze bei 1,7 Bq/l, für S-35 zwischen 5,1 und 7,6 Bq/l.

Die Überwachung der Plutoniumkonzentrationen der bodennahen Luft brachte ein mit 1996 vergleichbares Resultat. Die Ergebnisse der Plutoniumbestimmungen der an den Aerosolsammelstellen "Forsthaus", Meßhütte "Nordost" und Meßhütte "Südwest" je Quartal gesammelten Proben lagen mit wenigen Ausnahmen unter den erreichten Erkennungsgrenzen, die zwischen 0,02 und 0,07  $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$  lagen. An der Sammelstelle "Südwest" wurden im zweiten Quartal 1997 Plutoniumwerte gemessen, die etwa um den Faktor 2 über der Erkennungsgrenze liegen, und zwar 0,07  $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$  für Pu-238 und 0,09  $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$  für Pu-239/240. Im dritten Quartal 1997 wurde sowohl an der Sammelstelle „Südwest“ als auch an der Sammelstelle „Nordost“ Pu-239/240 in der gleichen Größenordnung gemessen, und zwar 0,08 bzw. 0,16  $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$ , während für Pu-238 jeweils die Erkennungsgrenze von 0,03 bzw. 0,02  $\text{Bq}/\text{m}^3$  nicht überschritten wurde.

Zusätzlich wurden Auftragsarbeiten für kerntechnische Anlagen durchgeführt, die nach einer aufwandsbezogenen Gebührentabelle in Rechnung gestellt wurden. Im Jahr 1997 entfielen auf Auftragsarbeiten folgende Analysen: Wöchentliche C-14-Messungen in der Fortluft des MZFR, monatliche Sr-89/90-Analysen von Abwasserproben des Kernkraftwerks Obrigheim sowie vierteljährliche Sr-89/90-Analysen und Alphabruttomessungen von Abwasserproben des Kernkraftwerks Neckarwestheim.

Die im Laufe des Jahres 1997 insgesamt in der Gruppe "Chemische Analytik" durchgeführten Laborarbeiten sind in Tab. 5-16 aufgelistet. Abb. 5-16 vermittelt einen Überblick über den zeitlichen Aufwand für die 1997 angefallenen radiochemischen Arbeiten.

Tätigkeitsgebiet	Art der Analysen	Anzahl der Bestimmungen
Umgebungsüberwachung	Pu-238, Pu-239/240	22
	Sr-89, Sr-90	13
	K-40	199
Abwasserüberwachung	Pu-238, Pu-239/240	12
	Pu-241	12
	Sr-89, Sr-90	44
	C-14	12
	S-35	12
	$\alpha$ -Bruttomessungen	12
Fortluftüberwachung	C-14	242
Freimeßlabor	U-238, U-235, U-234	8
	Pu-238, Pu-239/240	30
	Pu-241	26
	Sr-89, Sr-90	28
	Fe-55, Ni-63	186
	C-14	99
	H-3	497
Kalibrierstandards	K-40, Th-229, U-232, Sr-90	48
	Am-241, J-131, Ra-226	
	LSC (Fe-55, Ni-63, H-3, C-14)	31
	AAS (Fe, Ni, Sr, Y, K)	175
Kontroll- und Vergleichsanalysen	Sr	24
	Pu ( $\alpha$ -Strahler)	9
	Pu-241	16
	U	13
	C-14	35
	S-35	3
	H-3	66
	Pb-210	6
	Fe-55, Ni-63	72
	Blindelektrolysen	337
	AAS (Fe, Ni, Sr, Y, K)	1309
Ringversuche	U,	8
	Pu	8
	Sr	4
	Fe, Ni	4
Entwicklungsarbeiten	Am	27
	U	9
	AAS (K)	17
	Ra-226	12
Gastwissenschaftler	Pu	56
	U	70
	Ra-226	14
	Pb-210	14

Tab. 5-16: Arbeiten der Gruppe „Chemische Analytik“ im Jahr 1997

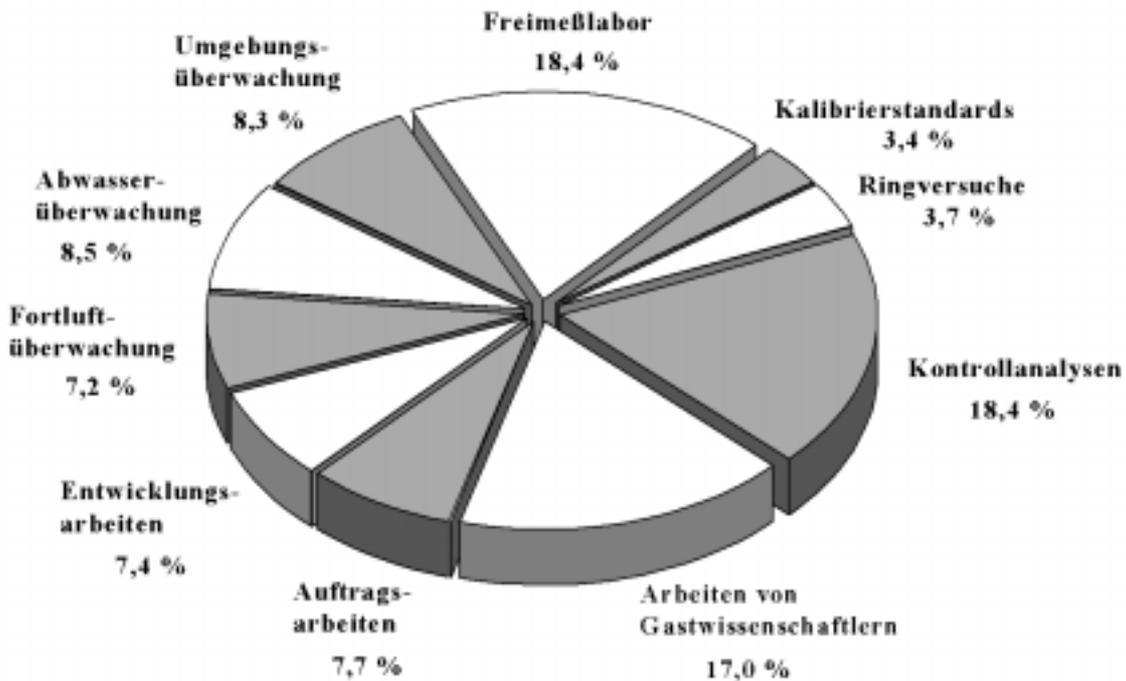


Abb. 5-16: Aufteilung der radiochemischen Arbeiten nach Zeitaufwand im Jahr 1997

#### 5.4.2 Plutonium- und Strontiumableitungen mit dem Abwasser des Forschungszentrums Karlsruhe 1997

M. Pimpl, B. Rolli

Zur Bilanzierung der mit dem Abwasser in den als Vorfluter dienenden Rheinniederungskanal abgeleiteten Aktivitäten an Sr-89, 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- $\beta$ -Meßplatz gemessen. Die Plutoniumisotope werden gemeinsam aus der Probe extrahiert, radiochemisch gereinigt und in einer Elektrolysezelle durch Elektrodeposition auf Edelstahlplättchen abgeschieden. Die  $\alpha$ -Strahler Pu-238 und Pu-239/240 werden  $\alpha$ -spektrometrisch bestimmt, der niederenergetische  $\beta$ -Strahler Pu-241 wird im Flüssigszintillationsspektrometer gemessen.

Die 1997 erfolgten monatlichen Aktivitätsabgaben mit dem Abwasser des Forschungszentrums in den Vorfluter sind Tab. 5-17 zu entnehmen. Abb. 5-17 gibt einen Überblick über die Entwicklung der Plutonium- und Strontiumableitungen in den Vorfluter seit 1986. Der Anstieg der Strontiumableitungen gegenüber 1996 ist hauptsächlich auf die deutlich höhere Ableitung im Juli 1997 zurückzuführen, die durch MAW-Ableitungen der WAK bedingt waren (vgl. Tab. 5-17).

Monat	Emissionsraten in MBq/Monat			
	Pu-238	Pu-239/240	Pu-241	Sr-90
Januar	< 0,02	< 0,02	< 1,4	< 0,18
Februar	< 0,02	< 0,02	< 1,2	0,26
März	< 0,03	0,04	8,7	0,75
April	< 0,03	0,03	6,1	0,65
Mai	< 0,03	< 0,03	6,3	1,1
Juni	< 0,03	< 0,03	3,1	0,26
Juli	0,13	< 0,04	7,6	17,3
August	0,29	0,02	6,3	2,2
September	< 0,02	0,07	2,2	1,5
Oktober	< 0,02	< 0,02	3,7	8,2
November	< 0,02	< 0,02	< 2,7	5,2
Dezember	< 0,02	< 0,02	< 2,0	1,9

Tab. 5-17: Emissionsraten mit dem Abwasser des Forschungszentrums 1997

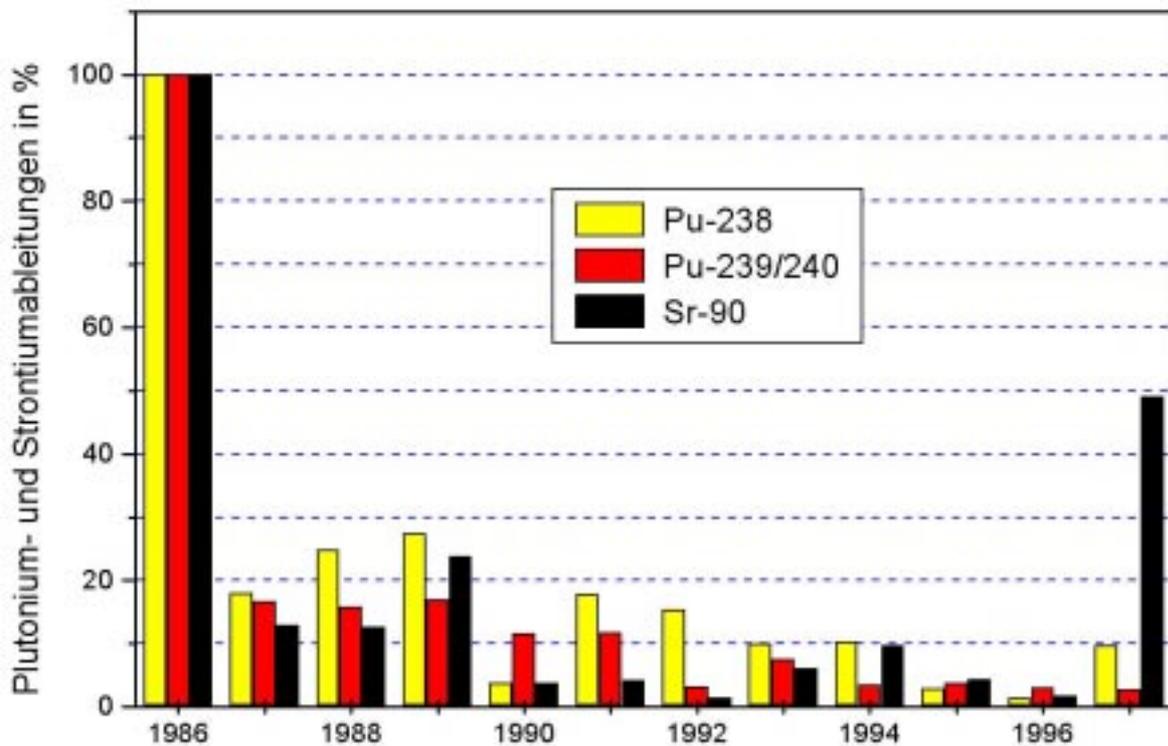


Abb. 5-17: Entwicklung der mit dem Abwasser aus dem Forschungszentrum abgeleiteten Aktivitäten an Pu-238, Pu-239/240 und Sr-90 von 1986 bis 1997 (die Ableitungen von 1986 sind gleich 100 % gesetzt)

## 5.5 Das Freimeßlabor

U. Hoepfener-Kramar (HDB), Chr. Wilhelm

Beim Abbau kerntechnischer Anlagen fallen radioaktive Reststoffe an. Diese sind nach § 9a AtG 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 und einem anschließenden 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 genügt eine einfache Aktivitätsmessung vor Ort. In vielen Fällen ist jedoch eine nuklidspezifische Aktivitätsbestimmung mittels Gamma-Spektrometrie erforderlich. In manchen Fällen kann auch 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 vor Ort erfolgen können. Die Anzahl der im Freimeßlabor in den Jahren 1995 bis 1997 durchgeführten Analysen ergibt sich aus Tab. 5-18. Die physikalischen Direktmeßverfahren werden in der Gruppe „Abwasserüberwachung und Spektrometrie“ der HS-US, chemische Arbeiten und Bestimmungen in der Gruppe „Chemische Analytik“ der HS-US durchgeführt.

Jahr	Anzahl der Analysen		
	Direktmessung	nach radiochemischer Aufarbeitung	Summe
1995	2591	145	2736
1996	2073	250	2323
1997	1754	867	2621

Tab. 5-18: Anzahl der im Freimeßlabor durchgeführten Analysen in den Jahren 1995 - 1997

Im Freimeßlabor wurden auch 1997 überwiegend interne Aufträge bearbeitet. Der Rückbau der kerntechnischen Anlage MZFR war durch Freigabemessungen analytisch zu begleiten. Speziell der biologische Schild des MZFR wurde mehrfach beprobt. Zahlreiche nuklidspezifische Bestimmungen wurden auch 1997 an Proben des getrockneten Chemie-Klärschlammes des Forschungszentrums durchgeführt. 1996 erhielt das Forschungszentrum die Genehmigung, die seit 1984 angefallenen Klärschlämme der Chemiekläranlage zu trocknen und als gewöhnlichen Abfall zu entsorgen, wenn ihre nuklidspezifischen Aktivitäten vorgegebene Richtwerte unterschreiten. Das Freimeßlabor hat in diesem Rahmen die Aufgabe, die Homogenität der getrockneten Schlämme in bezug auf die spezifische Aktivität charakteristischer Nuklide zu überprüfen und die nuklidspezifischen Bestimmungen zur Vorbereitung der Freigabe durchzuführen. Ein kleiner Teil dieser Arbeiten wird sich noch ins Jahr 1998 hineinziehen.

### 5.5.1 Physikalische Direktmeßverfahren

Chr. Wilhelm, D. Kerl (HDB), 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. Die im Freimeßlabor angewandten Verfahren sind: Gammaskpektrometrie (50 bis 2 000 keV), niederenergetische Gammaskpektrometrie (10 bis 150 keV), Flüssigszintillationsspektrometrie bei Tritium in wäßrigen Lösungen sowie bei Tritium oder C-14 auf Wischtestproben und Alpha-Beta-Gesamtaktivitätsmessungen.

Insgesamt wurden in der Gammaskpektrometrie 431 Schnellanalysen (100 Minuten Meßzeit) und 869 Low-Level-Analysen (1 000 Minuten Meßzeit) durchgeführt. Zur Bestimmung von Tritium, C-14, P-32 und S-35 im Flüssigszintillationszähler wurden 30 Analysen an Flüssigkeiten und 398 Analysen an Wischtests durchgeführt. Bei den Messungen der flüssigen Proben wird auf Kalibrierungen zurückgegriffen, wie sie auch für die Abwasserüberwachung benutzt werden, während für die Messungen von Wischtestproben spezielle Kalibrierungen erforderlich waren. Für die Bestimmung der Gesamalpha- und Gesamtbeta-Aktivität werden Großflächenproportionaldurchflußzählrohre eingesetzt. Eine Kalibrierung für Feststoffe und Flüssigkeiten ist im Bereich Abwasserüberwachung bereits vorhanden. Mit diesem Verfahren wurden 25 Proben untersucht.

### 5.5.2 Chemische Arbeiten und Bestimmungen

U. Hoepfener-Kramar (HDB), U.Götz (HDB), B. Rolli, M. Pimpl

1997 wurde der größte Teil der Kapazität des radiochemischen Labors des Freimeßlabors durch die Bestimmung von Aktivierungsprodukten in Beton- und Stahl-Proben des biologischen Schildes des MZFR und durch die Homogenitätsanalyse der getrockneten Chemieklärschlämme des Forschungszentrums Karlsruhe gebunden.

1997 wurden 30 Proben auf Pu-238 und Pu-239/240 und acht Proben auf Uran analysiert. In 28 Proben wurde der Sr-89/90-Gehalt und in 26 Proben der Pu-241-Gehalt ermittelt. Außerdem wurden 186 Eisen- und Nickel-Bestimmungen durchgeführt sowie 99 Feststoffproben auf ihren Gehalt an C-14, 477 auf H-3 als HTO und 20 organische Lösungen auf ihren Gehalt an H-3 untersucht. Die Anzahl der im Einzelnen durchgeführten Bestimmungen sind in Tab. 5-16 in [Kapitel 5.4.1](#) enthalten.

Im Rahmen des Rückbaus des MZFR waren drei Bohrkerne aus dem Beton des biologischen Schildes gezogen worden. Sowohl der Beton als auch der Armierungsstahl dieser Bohrkerne wurde in definierten Abständen beprobt, um ein Profil der Kontamination zu erstellen. Die mechanische Aufarbeitung des Betonprobenmaterials wurde vom Freimeßlabor übernommen. Zur Aufarbeitung wurde eine Mörsermühle in einer Handschuhbox eingesetzt. 81 Proben wurden auf ihren Gehalt an Fe-55, Ni-63, H-3 und zum Teil auf ihren Gehalt an C-14 hin untersucht. Die große Anzahl gleichartiger Analysen erlaubte nach einer Anpassung des Probenvorbereitungsverfahrens eine optimale zeitliche Koordination der Arbeitsabläufe. Dadurch konnte ein außergewöhnlich hoher Probendurchsatz erreicht werden.

Im Rahmen der Trocknungskampagne der Chemieklärschlämme des Forschungszentrums wurden an drei Produktmulden Analysen zum Zwecke der Bestimmung der Homogenität der Verteilung der Nuklide Pu-238, Pu-239/240, Pu-241, Sr-90, Fe-55, Ni-63, C-14 und H-3 durchgeführt. Darüber hinaus ist aus allen Produktmulden je eine Mischprobe auf die Nuklide C-14 und H-3 zu analysieren.

## 6 Werkschutz

### von Holleuffer-Kypke

Der Berichtszeitraum war für die Abteilung mit den zur betrieblichen Sicherheit zählenden Bereichen Werkfeuerwehr und Werkschutz ein Jahr mit fast normalem Routinebetrieb. Als Ereignisse mit besonderer Bedeutung ragen aus dem täglichen Ablauf zwei Einsätze bei der Werkfeuerwehr und ein Einsatz des Werkschutzes heraus.

Am 9.9.1997 konnte die Werkfeuerwehr ihre Einsatzmöglichkeiten beim Brand der MZFR-Kühlzellen, verursacht durch die Demontearbeiten, zeigen. Am 24.9.1997 kam das neu erworbene CO<sub>2</sub>-Löschfahrzeug beim Brand der Friedrichstaler Mühle im Zuge der Überlandhilfe für den Landkreis Karlsruhe zum Einsatz.

Für den Werkschutz war am 20.11.1997 die Jahrestagung der Helmholtz-Gemeinschaft Deutscher Forschungszentren beim Zentrum für Kunst und Medien in Karlsruhe ein zusätzlicher Einsatz, bei dem die Veranstaltungsbetreuung mit durchgeführt wurde.

Im Bereich Objektsicherung der kerntechnischen Anlagen auf dem Gelände des Forschungszentrums wurde der Antrag auf die Deregulierung des Außenzauns bei den zuständigen atomrechtlichen Genehmigungsbehörden gestellt. Der Antrag beinhaltet die Überführung des überwachten Bereiches, der noch mit atomrechtlichen Auflagen belegt ist, in einen Forschungsbereich, der nach den Bestimmungen des Hausrechts durch den Werkschutz betreut wird. Bedingt durch die Genehmigungslage, bei der die Gesamtheit der kerntechnischen Anlagen auf dem Gelände des Forschungszentrums zu betrachten ist, konnte die Genehmigung zur Deregulierung nicht im Berichtszeitraum erteilt werden.

### 6.1 Anmeldung und Zugang

#### 6.1.1 Betriebsausweise

Im Jahr 1997 wurden 4 235 neue Ausweise ausgestellt und 5 244 Ausweise eingezogen. Die Gesamtzahl der im Umlauf befindlichen Ausweise belief sich 1997 auf 10 643, dabei setzt sich die Gesamtzahl wie folgt zusammen:

3 787 FZK-Mitarbeiter	1 598 FZK-Rentner
305 WAK-Mitarbeiter und	92 WAK-Rentner
60 KBG-Mitarbeiter und	110 KBG-Rentner
234 ITU-Mitarbeiter und	72 ITU-Rentner
135 BFE-Mitarbeiter und	24 BFE-Rentner
296 FIZ-Mitarbeiter und	32 FIZ-Rentner
25 KHG-Mitarbeiter	409 Universitäten
3 359 Fremdfirmenangehörige	105 FZK-Gäste

Im Berichtszeitraum wurde das Ausweismahnverfahren fortgesetzt. Es wurden dabei 254 Fremdfirmen sowie 447 Einzelpersonen angeschrieben und um Rückgabe ihrer beantragten, mittlerweile abgelaufenen Betriebsausweise ersucht. 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 2 069 Anträge für Zutritt/Arbeiten außerhalb der Regelarbeitszeit für Fremdfirmenangehörige mit gültigem Betriebsausweis oder Passierschein bearbeitet.

### 6.1.2 Besucher

Im Berichtszeitraum kamen insgesamt 32 505 Besucher zur Anmeldung. Das FTU meldete zusätzlich 2 152 Kursteilnehmer per Listen an, die teilweise Geländerundfahrten unter Begleitung von FZK-Besucherführern unternahmen. Durch die Stabsabteilung Öffentlichkeitsarbeit wurden 5 587 Anträge für Besuchergruppen, 80 Anträge für Sondergenehmigungen (Zutritt von Kindern unter 16 Jahren) wurden von den Institutionen/Abteilungen gestellt. Für kurzfristig im Forschungszentrum eingesetzte Fremdfirmenangehörige wurden 1 890 befristete Passierscheine ausgestellt.

### 6.1.3 Zentrale Güterkontrolle

An der Zentralen Güterkontrolle wurden im Berichtszeitraum für Fremdfirmen und Anlieferer 21 045 Warendurchlassscheine ausgestellt sowie 1 818 Anlieferungen/Abholungen von Kernbrennstoffen und sonstigen radioaktiven Stoffen bearbeitet. Die im Forschungszentrum tätigen Fremdfirmen hielten sich weitgehend an die Ordnungs- und Kontrollbestimmungen.

### 6.1.4 Sicherheitsüberprüfungen

Gemäß den atomrechtlichen Auflagen wurden die Anträge zu Personensicherheitsüberprüfungen (Zutritte zu äußeren und inneren Sicherungsbereichen in kerntechnischen Anlagen) bei der Aufsichtsbehörde/Ministerium für Umwelt und Verkehr Baden-Württemberg eingereicht. Die zuständige Behörde hat bis auf wenige Einzelfälle dem Zutrittsersuchen stattgegeben.

### 6.1.5 Fundsachen

Bei der Anmeldung wurden im Berichtsjahr 15 Fundgegenstände abgegeben. Davon konnten zwei Gegenstände den rechtmäßigen Besitzern ausgehändigt werden. Die nicht abgeholt Fundsachen wurden nach Veröffentlichung durch einen befristeten Aushang, der zuständigen Gemeindeverwaltung übergeben.

## 6.2 Werkschutzbereiche

### 6.2.1 Werkschutzschichten

Zur Gewährleistung der Ordnung und Sicherheit für den Betrieb und die Belegschaft unterhält die Forschungszentrum Karlsruhe GmbH einen klassischen Werkschutz. Der Werkschutz führt die Kontrollen am Haupttor durch und bestreift die Gebäude und die nicht zu kerntechnischen Inseln gehörenden Lagerbereiche und Freigelände sowie die KHG. 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 Ausfall der Anlage benachrichtigt werden.

## 6.2.2 Alarmzentrale

Im Berichtsjahr sind in der Alarmzentrale 2 531 Alarm- und Störmeldungen eingegangen und bearbeitet worden. Im einzelnen waren es folgende Meldungen, getrennt nach Auslösungsursache:

allgemeine Meldungen	1 788
Brandmelder	82
techn. Überwachungen	541
Objektsicherung	82
Strahlenschutz	23
Alarm-Übungen	15

Dabei kam es zu insgesamt 2 578 Einsätzen, die durch die Alarmzentrale zu dokumentieren waren. Im einzelnen waren es folgende Einsatzgruppen, die gerufen wurden:

Wartungsdienste	925
Rufbereitschaften	251
Einsatzleiter vom Dienst	234
Feuerwehr	245
Sankra-Deko	130
Strahlenschutz	48
Betriebsverantwortliche	556
Einsatztrupps	189

Alle in der Alarmzentrale eingesetzten Mitarbeiter wurden weiterhin 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 führt Streifen am Außenzaun und im Freigelände im Bereich der kerntechnischen Anlagen (HDB, ITU, WAK) durch. Mit dem aus dem Objektsicherungsdienst gebildeten Alarmverstärkungstrupp werden regelmäßig Sicherungsalarmübungen in Zusammenarbeit mit den Objektsicherungsdiensten der WAK und ITU abgehalten. Die behördlich angeordnete Ausbildung für den Objektsicherungsdienst wurde gemäß der Richtlinie durchgeführt.

## 6.3 Werkfeuerwehr

### 6.3.1 Werkfeuerwehrschichten

Zum vorbeugenden und abwehrenden Brandschutz sowie zur Behebung akuter Notsituationen unterhält die Forschungszentrum Karlsruhe GmbH 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 Regelarbeitszeit obliegt diese Aufgabe dem diensthabenden Schichtführer.

Sollte die anwesende Mannschaftsstärke der Werkfeuerwehr nicht ausreichen, wird die Rufbereitschaft der Werkfeuerwehr und der Feuerwehrtrupp zur Unterstützung nachalarmiert.

### 6.3.2 Einsätze und dienstbegleitende Aufgaben

Im Berichtszeitraum kam es zu 290 feuerwehrtechnischen Einsätzen. Der Anteil der Einsätze an einem Brand war dabei nur 4 %. Im einzelnen waren es folgende Einsätze:

Brandeinsätze	12
Brandmeldealarme	83
Technische Hilfeleistung	172
Hilfeleistung bei Verkehrsunfällen	4
Einsätze zur Tierrettung	19

Im Rahmen der wiederkehrenden Prüfungen und der regelmäßigen Wartungs- und Instandsetzungsarbeiten im Rahmen des baulich-technischen und vorbeugenden Brandschutzes wurden gewartet und geprüft:

Handfeuerlöscher	4 318
Wandhydranten	201
Überflurhydranten	352

Im Rahmen des vorbeugenden Brandschutzes wurden 126 Orts- und Arbeitsschutzbegehungen durchgeführt. In der Atemschutzzentrale der Werkfeuerwehr wurden die Atemschutz-Geräte, -Masken und -Vollschutzanzüge aus Instituten und Abteilungen des Forschungszentrums, der KBG und dem ITU, gewartet und geprüft sowie bedarfsweise desinfiziert. Im einzelnen wurden folgende Stückzahlen erreicht:

Atemschutzmasken gereinigt, desinfiziert, gewartet und geprüft	15 219
Preßluftatmer gewartet und geprüft	113
Lungenautomaten gewartet und geprüft	282
Druckluftflaschen (Volumen < 50 l) gefüllt	1 420
Druckluftflaschen zur wiederkehrenden Prüfung vorgeführt und gefüllt	327

Zu den oben beschriebenen Aufgaben kamen noch Überwachungen und Kontrollen von 303 Erlaubnisscheinen für Schweiß-, Schneid-, Löt- und Auftauarbeiten innerhalb des Geländes in feuergefährdeten Bereichen. Für Wartungs- und Instandsetzungsarbeiten an über 1 000. Dienstfahrrädern des Forschungszentrums wurden von der Werkfeuerwehr 645 Stunden aufgebracht. Auf dem Gebiet des Arbeitsschutzes, hier ist die Werkfeuerwehr für das Vorhalten des notwendigen Materials zuständig, wurden 205 Beschaffungsaufträge und 486 Materialentnahmescheine bearbeitet.

### 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 im Rahmen der Brandschutzvorsorge an betriebseigenem und externem Personal, sowie der feuerwehrspezifischen Ausbildung in unserer Atemschutzübungsanlage.

Dabei wurden folgende Übungen und Kurse durchgeführt:

Alarmübungen	8
Feuerwehrübungen mit dem Feuerwehrtrupp	36
Atemschutzkurse (mit insgesamt 294 Teilnehmern)	26
Ausbildung zur Brandverhütung u. Brandbekämpfung mittels Handfeuerlöcher (mit insgesamt 337 Teilnehmern)	23
Ausbildung in der Atemschutzübungsanlage	52

Im Rahmen der 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.

Brandmeister für Werkfeuerwehr	2
Technische Hilfeleistung	2
Umweltschutz 2	1
Atemschutzgerätewart/Gerätewart (Grundlehrgang)	1
Fachlehrgang Druckbehälterverordnung	4
Fachlehrgang für Sachkundige (tragbare Feuerlöcher)	7
Sanitätshelferlehrgang	1
Gerätewart Seminar	2

Dazu kamen feuerwehrbezogene Praktikas von vier Wochen bei den Berufsfeuerwehren Mannheim und Heidelberg für die beiden Schichtleiter und ihre Stellvertreter.

## 6.4 Verkehrsdienst

### 6.4.1 Verkehrsüberwachung

In Anlehnung der Bestimmungen der Straßenverkehrsordnung wird im Forschungszentrum der ruhende Verkehr überwacht. Diese Maßnahme dient präventiv der Unfallverhütung und richtet sich schwerpunktmäßig gegen hindernde, gefährdende oder im Parkverbot abgestellte Fahrzeuge. Ein Rückgang von 380 Beanstandungen im Jahr 1996 auf 204 im Jahr 1997 läßt die Einsicht und das Verantwortungsbewußtsein der Fahrzeugführer erkennen.

### 6.4.2 Verkehrsunfälle

Mit 90 Verkehrsunfällen nahm die Zahl der vom Verkehrsdienst aufgenommenen und bearbeiteten Verkehrsunfälle gegenüber dem Vorjahr um 6 Fälle zu. Bei 33 Unfällen entstand nur leichter Sachschaden, während bei 57 Unfällen der geschätzte Schaden über 1 000 DM lag. Darüber hinaus waren 3 Unfälle mit Verletzungen von Personen zu bearbeiten. Bei neun Verkehrsunfällen haben sich die Unfallverursacher durch unerlaubtes Entfernen von der Unfallstelle der Unfallaufnahme entzogen. Die Verursacher konnten nur in 1 Fall ausfindig gemacht werden, so daß in den anderen Fällen der Schaden von den Geschädigten selbst getragen werden muß.

Monat	Anzahl der Verkehrsunfälle			Sachschaden < 1 000 DM 1997	Sachschaden > 1 000 DM 1997	Personenschäden 1997
	1995	1996	1997			
Januar	12	9	5	3	2	0
Februar	5	6	14	5	9	0
März	10	6	9	3	6	1
April	5	12	9	4	5	0
Mai	9	8	3	1	2	0
Juni	5	4	6	4	2	0
Juli	10	4	9	3	6	0
August	9	8	4	2	2	1
September	7	6	7	2	5	0
Oktober	9	10	5	3	2	0
November	13	7	14	2	12	1
Dezember	6	4	5	1	4	0
gesamt	100	84	90	33	57	3

Tab. 6-1: Verkehrsunfälle

## 6.5 Schadensaufnahme

### 6.5.1 Arbeitsunfälle

In Zusammenarbeit mit den zuständigen Fachabteilungen wurden im Berichtsjahr 202 Betriebsunfälle und sonstige Unfälle innerhalb des Zentrums aufgenommen und untersucht.

### 6.5.2 Diebstahlmeldungen

Die Anzahl der gemeldeten Diebstähle betrug im Berichtszeitraum 19 Fälle, wobei sich der Verlust an Sachwerten auf ca. 24 000 DM beläuft. Es konnte kein Delikt aufgeklärt werden, da die Anzeigen oft viel zu spät bei der Schadensaufnahme eingingen. Eine Ermittlung ist damit von Anfang an zum Scheitern verurteilt.

### 6.5.3 Sachbeschädigungen

Die Zahl der bekannt gewordenen und der Schadensaufnahme gemeldeten Sachbeschädigungen liegt mit 56 Fällen erheblich unter der des Vorjahres. Der entstandene Gesamtschaden beläuft sich auf ca. 175 000 DM.

beschädigte Gegenstände	Jahr	bekannt gewordene Fälle	aufgeklärte Fälle	geschätzter Schaden in TDM
Kabelschäden	1995	3	3	1
	1996	10	10	18
	1997	4	4	4
Lichtmasten	1995	1	0	2
	1996	3	1	5
	1997	2	2	10
Tore, Einzäunungen	1995	1	1	1
	1996	6	6	5
	1997	3	3	27
Gebäude, Sachschäden	1995	26	25	648
	1996	15	13	574
	1997	12	9	36
Dienst-Kfz	1995	38	35	83
	1996	41	39	55
	1997	34	31	40
Verschiedenes (Fenster, Türen, Bedachungen, Transport- und Sturmschäden)	1995	7	7	11
	1996	10	10	11
	1997	14	14	27
Summe	1995	76	71	776
	1996	85	79	668
	1997	69	63	144

Tab. 6-2: Sachbeschädigungen: Einsatz der Schadensaufnahme

## 6.6 Schlüsselverwaltung

Die Gebäude des Zentrums sind hinsichtlich der Schließebenen in General-, Haupt-, Obergruppen-, Gruppen- und Einzelschließungen unterteilt. Aus allen Schließsystemen ergibt sich ein Bestand von 27 482 Schließzylindern und 95 988 Einzelschlüsseln. Nach der Neukonzeption von Schließanlagen, die sich wegen der Errichtung von Neubauten oder durch Änderungen in Arbeitsabläufen ergaben, mußten 336 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

Die für verschiedene Gebäude im Zentrum beantragte Genehmigung zur Reduzierung der besonderen kerntechnischen Objektsicherungsmaßnahmen wurde von den Genehmigungsbehörden stattgegeben. Daraufhin wurden die einzelnen Betriebsstätten mit eigenständigen Meldesystemen ausgerüstet. Die hierfür notwendigen technischen und organisatorischen Maßnahmen konnten innerhalb weniger Monate realisiert werden. Ende September 1997 fand die Abnahme durch Vertreter der Genehmigungsbehörde statt. Da für diese Sicherungssysteme wiederkehrende Prüfungen gem. AtG vorgeschrieben sind, war es notwendig, ca. 600 Prüfblätter zu überarbeiten.

Seit Bestehen des Forschungszentrums wurden sehr viele kerntechnische Einrichtungen, die einer besonderen Objektsicherung bedurften, abgebaut oder einer anderen Verwendung zugeführt. Deshalb sollen in absehbarer Zeit Änderungen an der Außenzaunanlage des Zentrums und deren Sicherung vorgenommen werden. Dazu wurde eine zusammenfassende Darstellung der sicherungstechnischen Auswirkungen des Rückbaus der Außenzaunsicherung erarbeitet und den Genehmigungsbehörden zur Zustimmung vorgelegt.

Der Umbau von zentralen Einrichtungen in der Alarmzentrale auf den aktuellen technischen Stand wurde weiter vorangebracht. Hierbei wurde die sehr wartungsintensive Tonband-Dokumentationsanlage durch einen digitalen Mehrkanal-Dokumentationsrecorder ersetzt. Mit dem Recorder werden alle Gespräche aufgezeichnet, die bei einem Alarmereignis per Betriebsfunk oder Notruftelefon mit der Alarmzentrale geführt werden. Die entsprechenden Gespräche werden digitalisiert und für eine rationelle Speicherung auf Festplatte und Band komprimiert. Es können gleichzeitig Gespräche aufgenommen und wiedergegeben werden.

Bei der Video-Überwachungsanlage wurde der Leitreechner mit der neuesten Softwareversion ausgestattet und um ein interaktives grafisches Informationssystem ergänzt. Dieses System, bestehend aus Personalcomputer und Farbmonitor, zeigt die aktuellen Zustände der Kameras und Meldelinien. Alle Systemereignisse werden auf Festplatte protokolliert. Die Datenkanäle werden permanent vom Leitreechner überwacht und ggf. bei Unterbrechung gemeldet.

## 7 Veröffentlichungen

### 7.1 Veröffentlichungen, die gedruckt vorliegen

AVENHAUS, R.; SPANNAGEL, G.; Accountancy penalty in case of hidden inventories. Varandas, C. [Hrsg.]; Fusion Technology 1996 : Proc. of the 19th Symp., Lisboa, P, September 16-20, 1996; Amsterdam [u. a.]: Elsevier, 1997 Vol. 2, S. 1257-60

AVENHAUS, R.; SPANNAGEL, G.; Tritium accountancy and unmeasurable inventories in fusion reactors. Wissenschaftliche Berichte, FZKA-5555 (Dezember 1997)

BURGKHARDT, B.; FIEG, G.; KLETT, A.; PLEWNIA, A.; SIEBERT, B. R. L.; The neutron fluence and H(10) response of the new LB6411 rem counter. 8th Symp. on Neutron Dosimetry, Paris, F, November 13-17, 1995; Radiation Protection Dosimetry, 70 (1997) S. 361-64

BURGKHARDT, B.; FIEG, G.; KLETT, A.; MAUSHART, R.; PIESCH, E.; Neutronendosisleistungsmesser. DE-PS 19 627 264 (20.6.1997)

BURGKHARDT, B.; ISHIDOYA, T.; Auswerteverfahren für Glasdosimeter. EP-PS 59 010 610 (18.12.1996)

DIABATE, S.; STRACK, S.; Organically bound tritium in wheat after short-term exposure to atmospheric tritium under laboratory conditions. Journal of Environmental Radioactivity, 36 (1997) S. 157-75

DILGER, H.; DOERFEL, H.; LIST, V.; WIDUA, L.; Retrospektive Abschätzung von Berufslebensdosen im Forschungszentrum Karlsruhe. Strahlenschutzpraxis (1997) Nr. 2, S. 48-53

DOERFEL, H.; Gamma-Kamera. DE-PS 19 603 212 (19.1.1997)

JOZEFOWICZ, K.; BURGKHARDT, B.; VILGIS, M.; PIESCH, E.; Polycarbonate track detectors with a flat energy response for the measurement of high energy neutrons at accelerators and airflight altitudes. 8th Symp. on Neutron Dosimetry, Paris, November 13-17, 1995; Radiation Protection Dosimetry, 70 (1997) S. 143-48

KLETT, A.; BURGKHARDT, B.; The new remcounter LB6411: measurement of neutron ambient dose equivalent H(10) according to ICRP60 with high sensitivity. Nuclear Science Symp. and Medical Imaging Conf., Anaheim, Calif., November 2-10, 1996; IEEE Transactions on Nuclear Science, 44 (1997) S. 757-59

KOELZER, W.; [HRSG.]; Jahresbericht 1996 der Hauptabteilung Sicherheit. Wissenschaftliche Berichte, FZKA-5930 (Mai 1997)

MANDL, B.; PETERS, H. J.; Abfallentsorgung - Verwertung und Beseitigung. Praxisbuch; Baden-Baden: Nomos Verl.-Ges., 1997 (Umweltschutz im Betrieb; 3)

MANDL, B.; PINTER, J.; Gefahrgut Transport. Beförderung gefährlicher Güter auf Strasse, Schiene, Binnenwasserstrasse. Neuwied [u. a.]: Luchterhand, 1996, 2. Aufl., 1997

MANDL, B.; PINTER, J.; Schwerpunkt Umgang mit wassergefährdenden Stoffen: Für die Bundesländer Baden-Württemberg, Bayern, Hessen, Rheinland-Pfalz und das Saarland. Textsammlung; Baden-Baden: Nomos Verl.-Ges., 1997 (Umweltschutz im Betrieb; 4)

POLIG, E.; Labels of surface-seeking radionuclides in the human skeleton. Health Physics, 72 (1997) S. 19-33

RASKOB, W.; DIABATE, S.; STRACK, S.; A new approach for modelling the formation and translocation of organically bound tritium in accident consequence assessment codes. Amiro, B. [Hrsg.]; Protection of the Natural Environment: Internat. Symp. on Ionizing Radiation, Stockholm, S, May 20-24, 1996 Proc. S. 400-405; The Swedish Radiation Protection Institute [u. a.], 1996

RASKOB, W.; DIABATE, S.; STRACK, S.; Auswirkungen von Tritiumfreisetzungen. Nachrichten - Forschungszentrum Karlsruhe, 29 (1997) S. 81-88

YAKOVLEV, A.; MÜLLER, W.; PAVLOVA, L.; POLIG, E.; Do cells repair precancerous lesions induced by radiation? Mathematical Biosciences, 142 (1997) S. 107-17

## 7.2 Veröffentlichungen, die nicht in gedruckter Form vorliegen

DOERFEL, H.; Die in-vivo-Messung von Pb-210 im Schädel zur retrospektiven Bestimmung von Radon-Expositionen. Arbeitstagung Hochauflösende Gamma-Spektrometrie an Ganz- und Teilkörperzählern, Stolpen, 5.-6. Dezember 1996

POLIG, E.; The ICRP systemic intake model for actinides: possible revisions. Internat. Workshop on Radionuclides in the Human Body, Karlsruhe, June 9-10, 1997

STRACK, S.; DIABATE, S.; Radioecological experiments with tritium, implementation and modelling. Vortr.: Korea Atomic Energy Research Inst., Taejon, Korea, 23. Mai 1997

STRACK, S.; DIABATE, S.; Dynamics of organically bound tritium in wheat plants after short-term atmospheric HTO release: experimental observations and model predictions. IAEA Biomass Meeting, Wien, A, October 20-24, 1997