

**Forschungszentrum Karlsruhe**

**Technik und Umwelt**

**Wissenschaftliche Berichte**

**FZKA 6430**

**Jahresbericht 1999**

**der Hauptabteilung Sicherheit**

**Redaktion: W. Koelzer**

**Hauptabteilung Sicherheit**

**Forschungszentrum Karlsruhe GmbH, Karlsruhe**

**2000**



## Zusammenfassung

Die Aufgabenstellung der Hauptabteilung Sicherheit umfasst die Kontrolle und die Durchführung von Arbeitssicherheits-, Strahlenschutz- und Werkschutzmaßnahmen 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.

Der vorliegende Bericht informiert über die einzelnen Aufgabengebiete der Hauptabteilung und berichtet über die im Jahr 1999 erarbeiteten Ergebnisse.

## **Central Safety Department, Annual Report 1999**

### Summary

The Central Safety Department is responsible for supervising, monitoring and executing measures of industrial health and safety, radiation protection and security service at and for the institutes and departments of the Forschungszentrum Karlsruhe GmbH (Karlsruhe Research Centre), and for monitoring liquid effluents and the environment of all facilities and nuclear installations on the premises of the Research Centre.

This report gives details of the different duties and reports the results of 1999 routine tasks, investigations and developments of the working groups of the Department.

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



## Inhaltsverzeichnis

1	Hauptabteilung Sicherheit: Aufgaben und Organisation .....	1
2	Arbeitsschutz und Sicherheit .....	9
2.1	Strahlenschutz .....	10
2.1.1	Aufgaben der Gruppe "Strahlenschutz" .....	10
2.1.2	Betriebsüberwachung .....	11
2.1.3	Von HS-AS zentral erfasste zu überwachende Personen nach Röntgen- und Strahlenschutzverordnung .....	11
2.1.4	Ergebnisse der Personendosisüberwachung .....	12
2.1.4.1	Amtliche Personendosimetrie .....	12
2.1.4.2	Nichtamtliche Dosimetrie .....	13
2.1.5	Personal in fremden Strahlenschutzbereichen .....	13
2.1.5.1	Fremdfirmen in Strahlenschutzbereichen des Forschungszentrums .....	13
2.1.5.2	Personen des Forschungszentrums Karlsruhe in Strahlenschutzbereichen fremder Anlagen .....	14
2.1.6	Regelmäßige Inkorporationsüberwachung im Forschungszentrum .....	14
2.1.6.1	Inkorporationsüberwachung des Eigenpersonals .....	14
2.1.6.2	Inkorporationsüberwachung des Fremdfirmenpersonals .....	15
2.2	Arbeitsschutz .....	15
2.2.1	Organisation und Aufgaben der Gruppe konventionelle Arbeitssicherheit .....	15
2.2.2	Unfallgeschehen .....	16
2.2.3	Arbeitsplatzüberwachungen .....	17
2.2.4	Aus- und Fortbildung .....	18
2.2.5	Arbeitsschutzausschuss .....	18
2.3	Bilanzierung radioaktiver Stoffe .....	19
2.3.1	Zentrale Buchhaltung zur Erfassung und Meldung von Kernmaterial .....	19
2.3.2	Aufsicht durch Euratom .....	20
2.3.3	Zentrale Buchhaltung zur Erfassung und Meldung sonstiger radioaktiver Stoffe und Meldung von radioaktivem Abfall .....	20
2.3.4	Erfassung von Kernmaterialtransporten und Hilfestellung bei Planung und Abwicklung .....	22
2.4	Einsatzleitung und Einsatzplanung .....	22
2.4.1	Aufgaben .....	22
2.4.2	Statistik und Analyse der EvD-Einsätze .....	23
2.4.3	Übungen der Einsatzdienste .....	24
2.4.4	Meldepflichtige Ereignisse nach Strahlenschutzverordnung .....	25
2.5	Beauftragte im Umweltschutz .....	25
2.5.1	Wiederkehrende Prüfungen .....	25
2.5.2	Umsetzung der Gefahrstoffverordnung .....	27
2.5.3	Gefahrguttransporte und Gefahrgutumschlag .....	28
2.5.4	Abfallwirtschaft .....	30
2.5.5	Immissionsschutz .....	33
2.5.6	Gewässerschutz .....	35
2.6	Kontrollstelle WAK .....	36
3	Messstelle .....	37
3.1	Amtliche Personendosimetrie .....	37

3.1.1	Photolumineszenzdosimetrie.....	38
3.1.2	Thermolumineszenzdosimetrie.....	39
3.1.3	Vergleichsbestrahlungen .....	39
3.2	Sonstige Personen- und Ortsdosimeter.....	41
3.3	Der Einfluss der natürlichen Strahlung bei der Messung kleiner Personendosen mit Flachglasdosimetern.....	42
4	Strahlenschutz.....	45
4.1	Arbeitsplatzüberwachung .....	45
4.2	Ergebnisse der Arbeitsplatzüberwachung .....	48
4.2.1	Oberflächenkontaminationen .....	48
4.2.2	Raumluftaktivitäten .....	50
4.3	Interne Dosimetrie .....	51
4.3.1	Personenüberwachung.....	52
4.3.1.1	Routine- und Sondermessungen.....	52
4.3.1.2	Cs-137-Referenzmessungen.....	54
4.3.1.3	Dritter Europäischer Vergleich zur internen Dosimetrie.....	56
4.3.1.4	Dosisabschätzungen mit einem neuen altersabhängigen Modell für Plutonium...	59
4.3.1.5	Strahlenpassstelle .....	62
4.3.2	Betriebliche Überwachung .....	62
4.3.2.1	Filter- und Wischtestmessungen.....	62
4.3.2.2	Inkorporationsüberwachung durch Raumluftaktivitätsmessungen .....	63
4.3.2.3	Dichtheitsprüfungen .....	64
4.3.2.4	Programmpflege und -neuentwicklung .....	65
4.3.3	Radium in Sprague-Dawley-Ratten.....	65
4.4	Strahlenschutzmesstechnik.....	70
4.4.1	Aufgaben .....	70
4.4.2	Messungen gemäß des Arbeitsschutzgesetzes.....	71
4.4.3	Wartung und Reparatur .....	71
4.4.4	Routinekalibrierung.....	71
4.4.5	Amtliche Eichabfertigungsstelle .....	72
4.5	Einsatz von In-situ-Gammaspektrometrie zur Unterstützung der Entscheidungsmessungen bei der Freigabe von Gebäuden oder Gebäudeteilen im Forschungszentrum Karlsruhe.....	72
4.5.1	Rahmenbedingungen .....	72
4.5.2	Kalibrierung.....	73
4.5.3	Vergleichsmessungen in Bau 553 .....	74
5	Umweltschutz .....	75
5.1	Fortluftüberwachung .....	76
5.1.1	Ableitung radioaktiver Stoffe mit der Fortluft 1999 .....	79
5.1.2	Ableitung nichtradioaktiver Stoffe mit der Fortluft 1999 .....	89
5.1.2.1	Verbrennungsanlage der Hauptabteilung Dekontaminationsbetriebe .....	89
5.1.2.2	Versuchsanlage TAMARA .....	90
5.1.2.3	Fernheizwerk und Blockheizkraftwerk .....	90
5.1.3	Strahlenexposition in der Umgebung des Forschungszentrums Karlsruhe durch die mit der Fortluft abgeleiteten radioaktiven Stoffe 1999 .....	91
5.1.3.1	Berechnungsgrundlagen .....	91
5.1.3.2	Meteorologische Daten.....	92
5.1.3.3	Ausbreitung und Ablagerung .....	92

5.1.3.4	Rechenprogramme.....	92
5.1.3.5	Einteilung der radioaktiven Emissionen in Nuklidgruppen und Einzelnuklide ...	93
5.1.3.6	Ergebnisse der Dosisberechnung.....	94
5.1.4	Dosisberechnungen im Rahmen von atomrechtlichen Genehmigungsverfahren ..	99
5.1.4.1	Potenzielle Strahlenexposition durch den Abriss des Mehrzweck- Forschungsreaktors .....	99
5.1.4.2	Potenzielle Strahlenexposition durch eine unterstellte, störfallbedingte Aktivitätsfreisetzung von Ac-227 am Europäischen Institut für Transurane .....	100
5.1.5	Vergleichsmessungen zur Überwachung von C-14-Ableitungen am Forschungsstandort Rossendorf.....	100
5.2	Abwasserüberwachung und Spektrometrie .....	101
5.2.1	Abwasserüberwachung .....	103
5.2.2	Mess- und Datenbanksystem zur Erfassung und Weiterleitung von Daten der Abwasserüberwachung .....	106
5.2.3	Ableitung radioaktiver Stoffe mit dem Abwasser 1999 .....	108
5.2.4	Ableitung nichtradioaktiver Stoffe mit dem Abwasser 1999 .....	109
5.2.5	Strahlenexposition in der Umgebung des Forschungszentrums Karlsruhe durch die mit dem Abwasser abgeleiteten radioaktiven Stoffe 1999 .....	110
5.2.6	Messsysteme und Messverfahren .....	111
5.2.7	Aufbau einer aktiven Abschirmung für einen Germanium-Detektor .....	113
5.3	Umgebungsüberwachung .....	114
5.3.1	Ergebnisse der Routineüberwachung 1999 .....	117
5.3.1.1	Direktmessung der Strahlung .....	117
5.3.1.2	Radioaktivitätsmessungen .....	119
5.3.1.3	Messfahrten.....	124
5.3.1.4	Ergänzende Überwachungsmaßnahmen.....	125
5.3.2	Untergrundmessungen der $\gamma$ -Ortsdosis im Nahbereich von ANKA.....	126
5.4	Chemische Analytik.....	127
5.4.1	Radiochemische Arbeiten.....	127
5.4.2	Plutonium- und Strontiumableitungen mit dem Abwasser des Forschungszentrums Karlsruhe 1999 .....	130
5.5	Das Freimesslabor .....	131
5.5.1	Physikalische Direktmessverfahren.....	132
5.5.2	Chemische Arbeiten und Bestimmungen .....	133
5.6	Radon am Arbeitsplatz .....	134
5.6.1	Radon in Wasserwerken .....	134
5.6.2	Exposition an Untertage-Arbeitsplätzen.....	136
6	Werkschutz .....	139
6.1	Anmeldung und Zugang .....	139
6.2	Werkschutzbereiche.....	140
6.3	Werkfeuerwehr .....	141
6.4	Verkehrsdienst .....	142
6.5	Schadensaufnahme .....	143
6.6	Schlüsselverwaltung .....	143
6.7	Technische Sicherungssysteme .....	144
7	Veröffentlichungen .....	146
7.1	Veröffentlichungen, die gedruckt vorliegen .....	146
7.2	Veröffentlichungen, die nicht in gedruckter Form vorliegen .....	147

## Verzeichnis der Abkürzungen

ANKA	Ångströmquelle Karlsruhe
AtG	Atomgesetz
BFE	Bundesforschungsanstalt für Ernährung
BfS	Bundesamt für Strahlenschutz
BImSchV	Bundesimmissionsschutz-Verordnung
BMBF	Bundesministerium für Bildung und Forschung
BMU	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit
BTI	Bereich Technische Infrastruktur
BTI-B	Bereich Technische Infrastruktur, Abteilung Bauplanung
BTI-V	Bereich Technische Infrastruktur, Abteilung Ver- und Entsorgung
EvD	Einsatzleiter vom Dienst
EVM	Hauptabteilung Einkauf, Verkauf und Materialwirtschaft
EVM-MW	Hauptabteilung Einkauf, Verkauf und Materialwirtschaft, Materialwirtschaft
FIZ	Fachinformationszentrum Karlsruhe
FR2	Forschungsreaktor 2
FTU	Fortbildungszentrum für Technik und Umwelt
HDB	Hauptabteilung Dekontaminationsbetriebe
HS	Hauptabteilung Sicherheit
HS-AS	Hauptabteilung Sicherheit, Abteilung Arbeitsschutz und Sicherheit
HS-St	Hauptabteilung Sicherheit, Abteilung Strahlenschutz
HS-US	Hauptabteilung Sicherheit, Abteilung Umweltschutz
HS-WS	Hauptabteilung Sicherheit, Abteilung Werkschutz
HVT	Hauptabteilung Versuchstechnik
HVT-HZ	Hauptabteilung Versuchstechnik/Heiße Zellen
HVT-TL	Hauptabteilung Versuchstechnik/Tritiumlabor
HZY	Hauptabteilung Zyklotron
HZY-RTM	Hauptabteilung Zyklotron, Radionuklidtechnik im Maschinenbau
IAEO	Internationale Atomenergie-Organisation
ICRP	International Commission on Radiological Protection
IFIA	Institut für Instrumentelle Analytik
IFP	Institut für Festkörperphysik
IHM	Institut für Hochleistungsimpuls- und Mikrowellentechnik

IK	Institut für Kernphysik
IMB	Institut für Medizintechnik und Biophysik
IMF	Institut für Material- und Festkörperforschung
IMK	Institut für Meteorologie und Klimaforschung
INE	Institut für Nukleare Entsorgungstechnik
INR	Institut für Neutronenphysik und Reaktortechnik
IRS	Institut für Reaktorsicherheit
ITC-CPV	Institut für Technische Chemie/Chemisch-Physikalische Verfahren
ITC-TAB	Institut für Technische Chemie/Thermische Abfallbehandlung
ITG	Institut für Toxikologie und Genetik
ITP	Institut für Technische Physik
ITU	Institut für Transurane
KAZ	Kompaktzyklotron
KBG	Kernkraftwerk-Betriebsgesellschaft mbH
KHG	Kerntechnische Hilfsdienst GmbH
KIZ	Karlsruher Isochronzyklotron
KNK	Kompakte Natriumgekühlte Kernreaktoranlage
LAW	Low Active Waste
MAW	Medium Active Waste
MED	Medizinische Abteilung
MZFR	Mehrzweckforschungsreaktor
NRPB	National Radiological Protection Board
ÖA	Stabsabteilung Öffentlichkeitsarbeit
PAE	Stabsabteilung Planung, Außenbeziehungen und Erfolgskontrolle
PTB	Physikalisch-Technische Bundesanstalt
RöV	Röntgenverordnung
StrlSchV	Strahlenschutzverordnung
TAMARA	Testanlage für Müllverbrennung, Abgasreinigung, Rückstandsverwertung, Abwasserbehandlung
THERESA	Versuchsanlage zur thermischen Entsorgung spezieller Abfälle
TÜV ET	TÜV Energie- und Systemtechnik GmbH Baden-Württemberg
UVM	Ministerium für Umwelt und Verkehr Baden-Württemberg
VKTA	Verein für Kernverfahrenstechnik und Analytik Rossendorf e. V.
WAK	Wiederaufarbeitungsanlage Karlsruhe



## 1 Hauptabteilung Sicherheit: Aufgaben und Organisation

Die Aufgabenstellung der Hauptabteilung Sicherheit umfasst die Kontrolle und die Durchführung von Arbeitssicherheits-, Strahlenschutz- sowie Werkschutzmaßnahmen in den und für die Institute und Abteilungen des Forschungszentrums Karlsruhe GmbH sowie die Abwasser- und Umgebungsüberwachung für alle Einrichtungen auf dem Gelände des Forschungszentrums, die mit radioaktiven Stoffen umgehen. Ergänzend wurden Entwicklungsarbeiten in extern geförderten Forschungsvorhaben zu Untersuchungen und Bewertungen radonexponierter Arbeitsplätze durchgeführt. Am 31. Dezember 1999 waren in der Hauptabteilung Sicherheit 228 wissenschaftliche, technische und administrative Mitarbeiter, ein Doktorand und sechs Studierende zur Ausbildung als Strahlenschutzingenieur beschäftigt. Der Organisationsplan der Hauptabteilung ist auf Seite 4 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 und die Einhaltung der Vorschriften der Strahlenschutz- und der Röntgenverordnung sowie behördlicher Auflagen überprüft. Weitere Aufgaben sind die Pflege der Datenbanken mit den 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“ ist 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 Informationsmedien zur Verfügung gestellt. Zur Beurteilung des Unfallgeschehens im Forschungszentrum werden die Unfälle analysiert und ausgewertet

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, Stoffströme“ 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. Umwelt- und sicherheitsrelevante Informationen werden für die Verantwortlichen in Form von Da-

tenbanken 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 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 betrieben. Die Bereitstellung umfangreicher On-Line-Dokumentationen von Gesetzen, Verordnungen und anderen internen und externen Regelwerken gehört ebenfalls zu den Aufgaben dieses Arbeitsschwerpunktes.

#### Amtliche Messstelle für Festkörperdosimeter

Für die Überwachung beruflich strahlenexponierter Personen wird im Auftrag des Landes Baden-Württemberg 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 Forschungszentrums verantwortlich sind, tätig. Aus dieser Aufgabenstellung heraus sind viele Mitarbeiter dieser Abteilung 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 direktanzeigenden Dosimeter vorgenommen, die amtlichen Dosimeter sowie nach Bedarf Teilkörper- oder Neutronendosimeter ausgegeben, nach Plan Kontaminations- und Dosisleistungsmessungen durchgeführt und die Aktivitätskonzentration in der Raumluft überwacht. Die Strahlenschutzmitarbeiter veranlassen bei Personenkontaminationen die Durchführung der Dekontamination. Zu ihrer Aufgabe gehört die Überwachung der Materialtransporte aus den Kontrollbereichen in den betrieblichen Überwachungsbereich des Forschungszentrums und aus dem Zentrumsgelände nach außen. Neben den strahlenschutzrelevanten 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 Gammapegel-Messstellen durch. Weitere Aufgaben sind die Eingangskontrolle neuer Geräte, der Test von neu auf dem Markt angebotenen Messgeräten sowie der Betrieb von Anlagen 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 Anlagen, Einrichtungen und Instituten des Forschungszentrums Karlsruhe und die Überwachung der Immissionen in der Umgebung. Überwachungsziel ist die möglichst lückenlose Erfassung aller Emissionen und Immissionen und der auf Messungen und Berechnungen gestützte Nachweis der Einhaltung der vorgegebenen Grenzwerte. Die Abteilung betreibt in Kooperation mit der Hauptabteilung Dekontaminationsbetriebe das Freimesslabor, in dem die nuklidspezifischen Analysen durchgeführt werden, die erforderlich sind, um beim Rückbau und Abriss kerntechnischer Anlagen anfallende radioaktive 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 und 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 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 darüber hinaus 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.

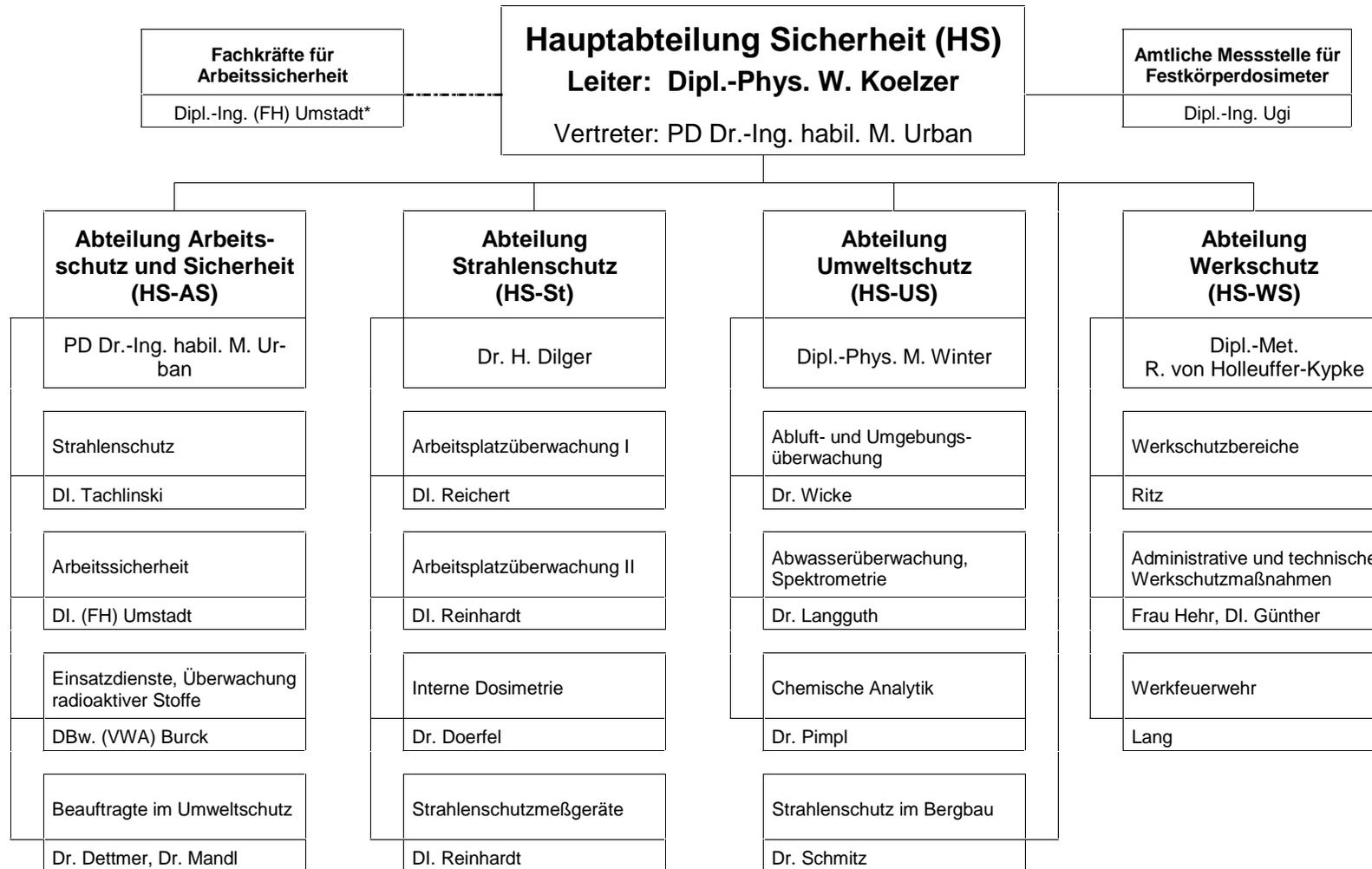
## Abteilung Werkschutz

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. Diese Gruppe 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 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 Sicherheitssysteme.

Die „Werkfeuerwehr“ ist mit einer Schicht ständig einsatzbereit. Ihre Aufgaben umfassen neben Löscheinsätzen, vorbeugenden Brandschutzmaßnahmen und 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: 31.12.1999

## 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 Forschungszentrum Karlsruhe GmbH (Karlsruhe Research Centre), and for monitoring liquid effluents and the environment of all facilities and nuclear installations on the premises of the Centre. In addition, development work was carried out in the assessments of workplaces exposed to higher radon concentrations.

As per December 31, 1999, the Central Safety Department - organisational chart see page 8 - employed 228 scientific, technical, and administrative staff members, one predoctoral student and six 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.

#### 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 organises decontamination whenever personnel are 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 radioactive emissions with gaseous and liquid effluents from the Research Centre, and for monitoring environmental impacts in the vicinity, to demonstrate, that the limits set forth by the nuclear supervisory authorities, have been observed. The Environmental Protection Unit runs a laboratory for clearance measurements 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 are under-rated.

The "Gaseous Effluent and Environmental Monitoring Group" controls, co-ordinates and balances the activity discharges into the atmosphere from all facilities on the premises of the Re-

search 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 wastewater 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

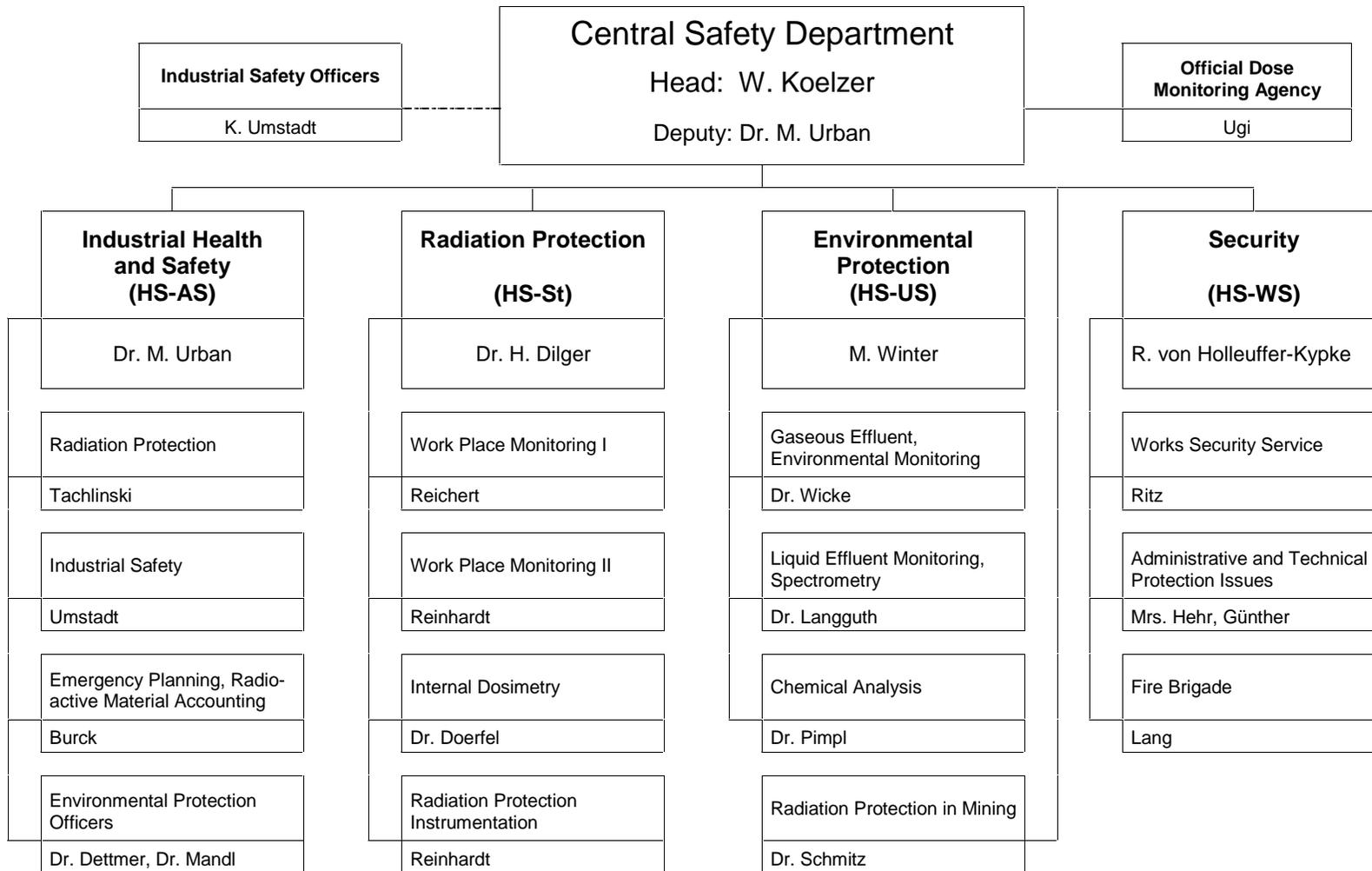
### Works Security Service

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 "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, 1999

## 2 Arbeitsschutz und Sicherheit

M. Urban

Die Abteilung Arbeitsschutz und Sicherheit (Abb. 2-1) hat beratende, kontrollierende und administrativ steuernde Funktionen auf den Gebieten der Arbeitssicherheit, der Abfallwirtschaft, der Gefahrgüter, des Gewässerschutzes, des Immissionsschutzes, des Strahlenschutzes, der Überwachung und Buchführung radioaktiver Stoffe 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 sicherheits- und umweltrelevanter Daten und Vorgänge und die Erarbeitung und Pflege von zentrumseinheitlichem Regelwerk.

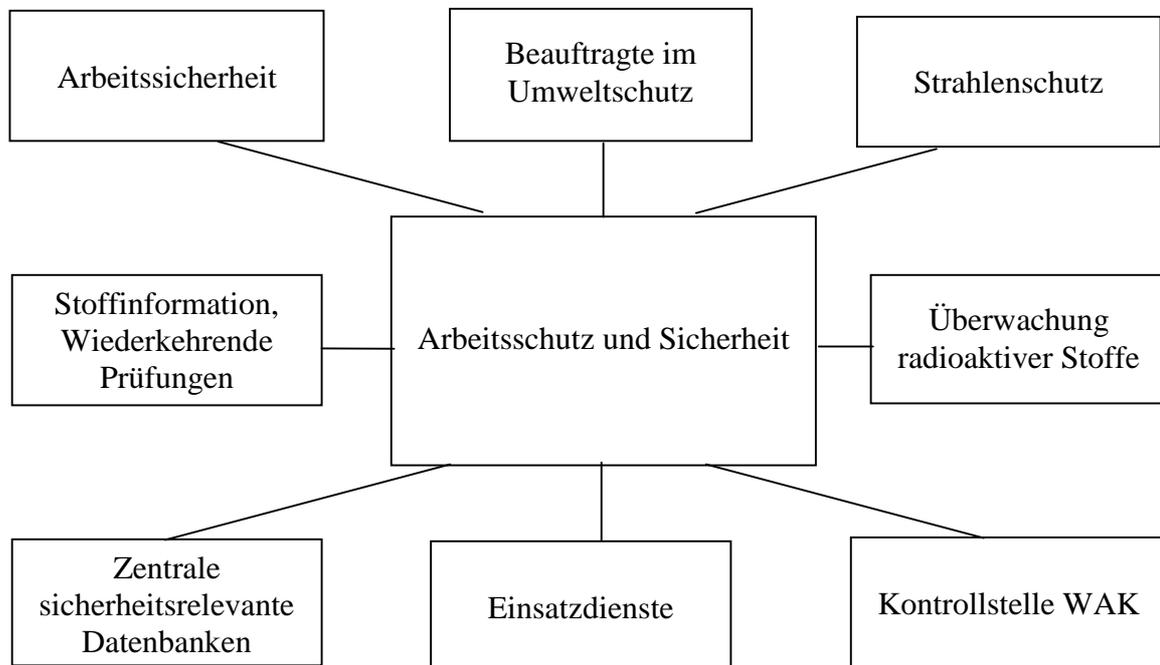


Abb. 2-1: Struktur der Abteilung HS-AS nach Arbeitsschwerpunkten

Die Arbeitsgruppe "Arbeitssicherheit" arbeitet im Gegensatz zur Stabsstelle "Fachkräfte für Arbeitssicherheit" weisungsgebunden. Sie erbringt Dienstleistungen für den Vorstand, die Leiter der Organisationseinheiten und deren Mitarbeiter. Die Arbeitsgruppe ist Kontaktstelle zu den Behörden und der Berufsgenossenschaft 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 statistisch ausgewertet. Meldepflichtige Unfälle werden, nach Kenntnisnahme des Betriebsrates, an den Unfallversicherungsträger und das Gewerbeaufsichtsamt weitergeleitet.

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 "Stoffinformation, 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. Ca. 50% aller wiederkehrend zu prüfenden Objekte werden hier zentral verwaltet, Prüfkalender erstellt und die Erledigung in der Datenbank dokumentiert. Die restlichen 50% der Prüfobjekte verwaltet BTI.

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. Weitere Aufgaben sind die Pflege der Datenbanken mit den persönlichen Messdaten der beruflich strahlenexponierten Personen und die Terminverfolgung für Strahlenschutzbelehrungen und arbeitsmedizinische Untersuchungen.

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

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 (Intranet KISS) von Gesetzen, Verordnungen und anderen internen und externen Regelwerken gehört 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"

A. Bickel, D. Bosch, 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 Aufgaben der Strahlenschutzbeauftragten voneinander abzugrenzen, um Doppelverantwortlichkeiten oder Lücken auszuschließen. Die vielen unterschiedlichen Bereiche des Forschungszentrums und die ständig erforderlichen Aktualisierungen bedingen einen erheblichen organisatorischen Aufwand. Zur Zeit sind 183 Personen zu Strahlenschutzbeauftragten nach StrlSchV und RöV bestellt, die in 249 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. In zunehmendem Maß werden die Inhalte dieses Ordners auch im Intranet des Forschungszentrums angeboten.

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

Neben der Beratung erfolgt die Betriebsüberwachung, zu der der Strahlenschutzverantwortliche verpflichtet ist, durch Begehungen der atomrechtlich relevanten Arbeitsstätten durch Strahlenschutzingenieure. Hierbei wird überprüft, 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 Begehungen werden der Strahlenschutzbeauftragte des Bereiches, die Abteilung Strahlenschutzüberwachung, die Medizinische Abteilung und der Betriebsrat eingeladen. Ergebnisse von Begehungen und - soweit erforderlich - die Meldung, dass ein festgestellter Mangel beseitigt ist, werden dokumentiert.

### 2.1.3 Von HS-AS zentral erfasste zu überwachende Personen nach Röntgen- und Strahlenschutzverordnung

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. 1999 gab es für 2 252 Personen (Vorjahr 2 206) 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 2 835 (Vorjahr 2 718) Intervallen entfallen 1 556 (Vorjahr 1 430) 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

##### 2.1.4.1 Amtliche Personendosimetrie

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. 1999 wurden alle beruflich strahlenexponierten Mitarbeiter, unabhängig von der Kategorie, mit Phosphatglasdosimetern der amtlichen Messstelle im Forschungszentrum Karlsruhe überwacht.

Dosisintervall in mSv				Personendosis Häufigkeitsverteilungen der Jahresdosiswerte 1999 in % Vorjahrswerte in Klammern	
		H	=	0,0	89,5 (90,0)
		H	=	0,2	3,2 (3,1)
		H	=	0,4	1,5 (0,6)
0,5	<	H	≤	1,0	1,3 (1,6)
1,0	<	H	≤	2,0	2,5 (2,2)
2,0	<	H	≤	5,0	1,2 (1,8)
5,0	<	H	≤	10,0	0,5 (0,5)
		H	>	10,0	0,3 (0,2)
Anzahl erfasster Monatsdosiswerte				11 261	
höchste Jahresdosis in mSv				14,6 (17,6)	

Tab. 2-1: Ergebnisse der Personendosisüberwachung 1999 der Mitarbeiter des Zentrums

Die angegebenen Dosiswerte sind die Summe aus Photonen- und - soweit gemessen - Neutronendosis.

Im Jahresmittel waren 938 (Vorjahr 995) Mitarbeiter als beruflich strahlenexponierte Personen eingestuft. Die durchschnittliche Strahlenexposition für beruflich strahlenexponierte Personen betrug wie im Vorjahr 0,18 mSv. Die Personendosis aller beruflich strahlenexponierten Mitarbeiter des Forschungszentrums betrug 1999 insgesamt 167,2 mSv (Vorjahr 174,4 mSv).

Der für eine Einzelperson festgestellte höchste Jahreswert der Personendosis betrug 14,6 mSv. Dieser Wert wurde bei einer Kategorie-A-Person festgestellt. Somit blieb der Jahreswert deutlich unter dem Jahresgrenzwert von 50 mSv.

#### 2.1.4.2 Nichtamtliche Dosimetrie

Für HS-AS ist in diesem Zusammenhang die Umstellung auf elektronische Dosimeter und die Vernetzung der Auswertesysteme mit dem Personendosisregister von Bedeutung. Hinzu kommt, dass mit Inbetriebnahme der elektronischen Dosimeter jene Zeitintegrale verfügbar werden, die eine individuelle Abschätzung der Inkorporationsdosis aus der Raumluftüberwachung möglich machen. In 1999 wurde deshalb neben der veränderten Datenübernahme in das Dosisregister auch eine Neuordnung der Informationen an betroffene Fremdfirmen erforderlich.

#### 2.1.5 Personal in fremden Strahlenschutzbereichen

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 1999 bestanden mit rund 300 Fremdfirmen Abgrenzungsverträge. 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. Da unsere Aufsichtsbehörde für eines der größten Genehmigungsumfelder die Verpflichtung schuf, dass wir als Betreiber zu prüfen haben, ob die unter § 20 StrlSchV genehmigte Tätigkeitsart mit der tatsächlich durchzuführenden übereinstimmt, wurden die Originaltexte zur genehmigten Tätigkeit aus den ca. 300 Genehmigungen in die EDV übertragen und stehen nunmehr in den Fremdfirmenlisten für die Strahlenschutzbeauftragten zur Verfügung. Die Informationen zu Genehmigungen, genehmigten Tätigkeiten, Vertragsstatus, Zuständigkeiten, Anschriften, Fax- und Telefonverbin-

dung etc. werden auch online im Intranet des Forschungszentrums Karlsruhe zur Verfügung gestellt.

Für die bei uns tätigen Fremdfirmenmitarbeiter muss das Forschungszentrum gemäß Abgrenzungsvertrag die nichtamtlichen Personendosen ermitteln. Diese Dosen wurden beim Verlassen des Forschungszentrums von der Abteilung HS-St 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.

Sind Fremdfirmenmitarbeiter von Zwischenfällen betroffen, die eine Inkorporationsüberwachungsmaßnahme erforderlich machen, wird den Firmen der betroffenen Personen 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 Personen 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. Von den derzeit zur Strahlenschutzüberwachung angemeldeten Personen besaßen zum Jahresende 92 Personen einen gültigen Strahlenpass.

#### 2.1.6 Regelmäßige Inkorporationsüberwachung im Forschungszentrum

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

##### 2.1.6.1 Inkorporationsüberwachung des Eigenpersonals

Die Durchführung der regelmäßigen Inkorporationsüberwachung erfolgte in Übereinstimmung mit der zuständigen Aufsichtsbehörde auf der Grundlage der "Festlegung des Sicherheitsbeauftragten zur Inkorporationsüberwachung". Diese Festlegung setzt die Richtlinie des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit für die "Physikalische Strahlenschutzkontrolle bei innerer Exposition" 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. Das Erforder-

nis einer regelmäßigen Inkorporationsüberwachung auf Transurane war im Berichtsjahr nur in Gebäuden der Hauptabteilung Dekontaminationsbetriebe gegeben.

Neben der Überwachung auf Transurane war in verschiedenen Instituten des Forschungszentrums eine Überwachung auf Tritium erforderlich. Dazu musste monatlich eine Urinprobe abgegeben werden.

Wird beim Umgang mit anderen Radionukliden eine regelmäßige Inkorporationsüberwachung erforderlich, so werden das Überwachungsverfahren und die Überwachungshäufigkeit individuell festgelegt.

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.

## 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 Arbeits-

sicherheit" 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 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 1999 insgesamt 110 Arbeitsunfälle an den Unfallversicherer gemeldet. Davon waren 60 Unfälle anzeigepflichtig (Betriebsunfälle: 46, Wegeunfälle: 12; Sportunfälle: 2). Einen Überblick über Art der Verletzungen und verletzte Körperteile gibt Tab. 2-2.

Verletzte Körperteile	Jahr		Art der Verletzung	Jahr	
	1998	1999		1998	1999
Kopf	5	9	Prellungen, Quetschungen	12	18
Augen	--	4	Verstauchungen	3	5
Rumpf	3	3	Zerrungen, Verrenkungen	5	8
Beine, Knie	5	10	Wunde, Riss	11	15
Füße, Zehen	10	11	Knochenbruch	9	7
Arme	3	4	Verbrennungen, Verätzungen	1	1
Hände, Finger	13	17	Infektion, Vergiftung	--	2
Halswirbel	4	4	Sonstige	2	4

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

Die Summe der anzeigepflichtigen Unfälle hat sich gegenüber dem Vorjahr erhöht. Insbesondere die Zahl der Sturzunfälle aufgrund von Schnee- und Eisglätte innerhalb des Zentrums, ist überproportional hoch. Dagegen ist die Zahl der Wegeunfälle im Vergleich zum Vorjahr leicht zurückgegangen.

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 ca. 3 800 Mitarbeitern ergeben sich die in Tab. 2-3 dargestellten Zahlen.

Art der Unfälle	Zahl der anzeigepflichtigen Unfälle je 1 000 Beschäftigte	
	Forschungszentrum Karlsruhe 1999	gewerbliche Wirtschaft 1998*
meldepflichtige Betriebs- u. Sportunfälle	12,6	39,4
meldepflichtige Wegeunfälle	3,1	5,3

\* Daten von 1999 liegen noch nicht vor.

Tab. 2-3: Unfälle im Forschungszentrum Karlsruhe 1999 im Vergleich zur gesamten gewerblichen Wirtschaft

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.

### 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 und die Einhaltung gesetzlicher Regelungen nachzuweisen. Hierzu ist es notwendig, durch Messungen Ergebnisse zu erhalten, welche die Basis für eventuell durchzuführende Maßnahmen bilden.

Die gebräuchlichsten Messungen (Lärm, Klima, Beleuchtung) werden von Mitarbeitern der Abteilung Strahlenschutz mit den entsprechenden Messgeräten durchgeführt. Die Anforderung zur Durchführung einer Messung erhalten sie von den Organisationseinheiten oder der zuständigen Fachkraft für Arbeitssicherheit. Das Messergebnis wird von der zuständigen Fachkraft beurteilt. Daraus resultierende Empfehlungen werden dem Institutsleiter mitgeteilt.

Die Notwendigkeit der Durchführung von Arbeitsplatzüberwachungen wird 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, Umsetzung von EU-Richtlinien in nationales Recht, 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 die verschiedenen Arbeitsschutzfilme aktualisiert und ergänzt. Die 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.

- Verkehrssicherheit im Zentrum

Aufgrund der Verkehrsunfallzahlen (63 Verkehrsunfälle 1998) wurden im ASA Maßnahmen zur Verbesserung der Verkehrsbedingungen auf den Straßen des Forschungszentrums diskutiert. Die Ausschussmitglieder empfahlen dem Vorstand den Bau eines zusätzlichen Radweges und den Einsatz einer mobilen Geschwindigkeitsanzeige. Der Vorstand stimmte der Beschaffung einer Geschwindigkeitsanzeige zu. Diese soll im Laufe des Jahres 2000 installiert werden.

- Einweisung von Fremdfirmen

Es ist eine im arbeitsteiligen Wirtschaftsleben - und somit auch im Forschungszentrum - mittlerweile übliche Praxis, dass verstärkt sogenannte Dritt- oder Fremdfirmen und damit betriebsfremde Arbeitnehmer eingesetzt werden. Mit dem Einsatz von Fremdfirmen sind auch Risiken verbunden, die in der Praxis oft unterschätzt werden.

Auf die Verantwortlichen kommt eine erhöhte Verkehrssicherungspflicht beim Einsatz von Fremdfirmen und Leiharbeitnehmern zu. Jeder Unternehmer ist für seinen Bereich verkehrssicherungspflichtig. Er muss alle erforderlichen Maßnahmen ergreifen, um Betriebsgefahren zu beseitigen (Einwirken auf Gefahren) und vor nicht zu beseitigenden Gefahren zu schützen (Schutz vor Gefahren). Das ist nicht nur notwendig, um die Arbeitssicherheit der eigenen

Mitarbeiter zu gewährleisten, sondern auch zum Schutz der Beschäftigten von Fremdfirmen und Leiharbeitnehmern. Für die Beschäftigten von Fremdfirmen und Leiharbeitnehmer sind erhöhte Maßstäbe anzulegen, denn sie kennen als betriebsfremde Personen die besonderen Gefahren eines Unternehmens noch weniger als die eigenen Mitarbeiter.

Zur Durchführung und Dokumentation der Einweisung von Fremdfirmen wurde von Mitgliedern des Arbeitsschutzausschusses ein Einweisungsprotokoll erarbeitet und im Ausschuss diskutiert. Die Dokumentvorlage wird im Intranet zur Verfügung gestellt und kann von allen Vorgesetzten abgerufen werden. Dadurch wird gewährleistet, dass die Fremdfirmen auf dem Gelände des Forschungszentrums nach einem einheitlichen Standard eingewiesen werden.

- **Arbeitskleidung und persönliche Schutzausrüstung**

In mehreren Sitzungen wurde über den Einsatz von Arbeitskleidung und persönlicher Schutzausrüstung gesprochen. Da die allgemeine Schutzausrüstung (Schutzschuhe, Schutzkleidung usw.) in der Kleiderordnung geregelt ist, stand die Beschaffung von spezieller Schutzausrüstung z. B. Atemschutzgeräte im Vordergrund. Hier wurde darauf hingewiesen, dass deren Beschaffung erst nach Rücksprache mit den Fachkräften für Arbeitssicherheit und/oder der Werkfeuerwehr erfolgen soll. Darüber hinaus wurde geprüft, ob die ursprünglich nach den Bedürfnissen und Kriterien des Forschungszentrums hergestellten gelben Schutzanzüge noch in dieser Form notwendig sind. Hierzu hat der Ausschuss dem Vorstand entsprechende Empfehlungen weitergeleitet.

- **Personensicherungssystem**

Ein Personensicherungssystem zur Sicherung von Mitarbeitern an sogenannten Alleinarbeitsplätzen mit erhöhter Unfallgefahr wurde in zwei Instituten des Zentrum getestet. Die vorgesehenen Geräte bieten für die Einzelpersonen neben dem Senden eines Notsignals auch die Möglichkeit, mit anderen Stellen zu kommunizieren. Das System wird zunächst für zwei Institute eingeführt.

## 2.3 Bilanzierung radioaktiver Stoffe

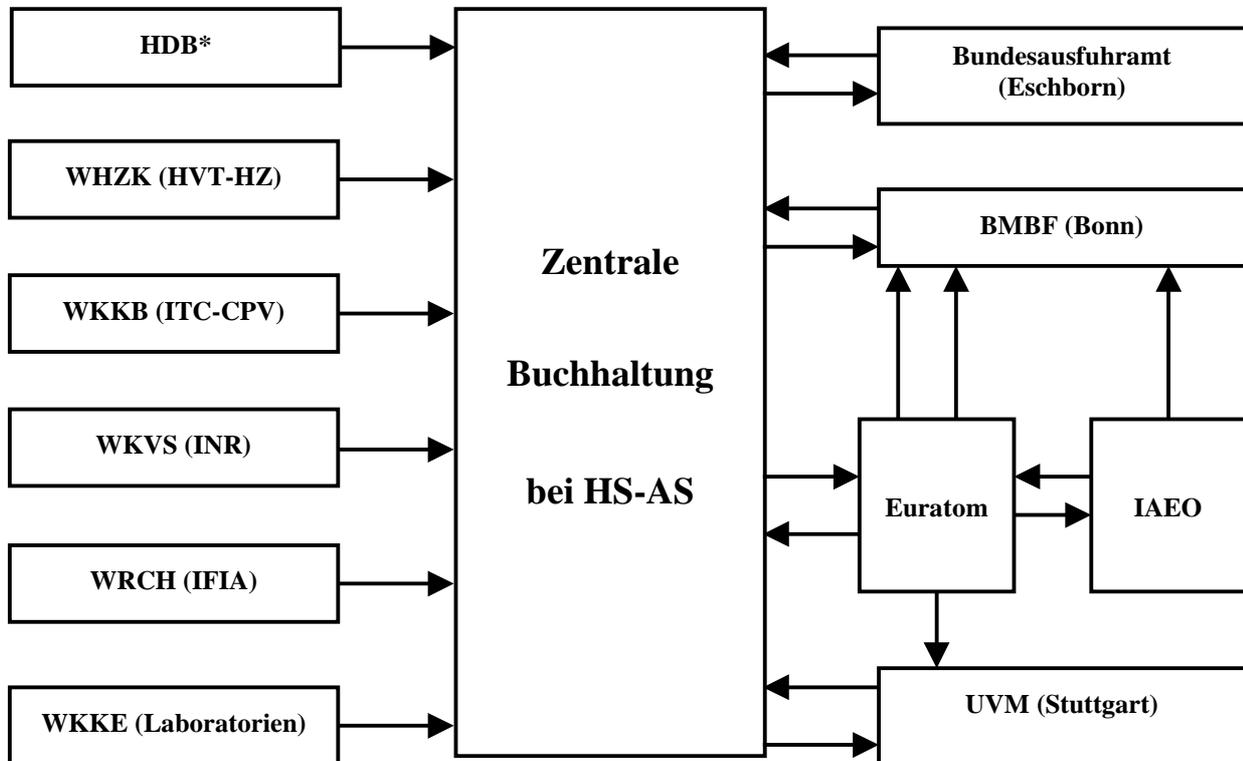
W. Burck

### 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 Materialbilanzonen. 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 fünf Materialbilanzonen und in den Bereich Hauptabteilung Dekontaminationsbetriebe aufgeteilt. Die Organisationseinheiten des Forschungszentrums melden monatlich alle Bestands- und Chargenänderungen an die zentrale Buchhaltung der Gruppe Kernmaterialüberwachung. Hier werden die Meldungen anhand von Lieferscheinen geprüft, verbucht und rechnergestützt erfasst. Auf dieser Grundlage werden dann die monatlichen Bestandsände-

rungsberichte an die Aufsichtsbehörden erstellt und EDV-gerecht übermittelt. 1999 waren 1397 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.



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

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

### 2.3.2 Aufsicht durch Euratom

Im Jahre 1999 hat die Direktion Sicherheitsüberwachung von Euratom, Luxemburg, im Forschungszentrum Karlsruhe insgesamt fünf 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.

### 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 vermer-

ken. Die zur Anfertigung der Jahresmeldung gespeicherten Daten bilden die Grundlage für die Terminüberwachung zu Wiederholungsprüfungen an umschlossenen radioaktiven Stoffen, für das Forschungszentrum Karlsruhe. Die Wiederholungsprüfungen selbst werden durch HS-ST entsprechend der erteilten Genehmigung durchgeführt. Von den 786 erfassten umschlossenen radioaktiven Stoffen waren 103 prüfpflichtig.

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 den Strahlenschutzbeauftragten jeweils termingerecht von HS-AS zugesandt.

Im Berichtsjahr wurden die Bearbeitung, Prüfung und zum Teil rechnergestützte Erfassung von 2 175 internen und externen Bestandsänderungen an sonstigen radioaktiven Stoffen durchgeführt. Um die in Tab. 2-4 aufgeführten Berichte erstellen zu können, sind oft Rückfragen innerbetrieblich sowie bei externen Absendern/Lieferanten erforderlich.

Art der Berichte	Anzahl der Berichte und Berichtsempfänger			
	Euratom	Umweltministerium	Gewerbeaufsichtsamt	gesamt
Monatsberichte				
Erwerb, Erzeugung und Abgabe radioaktiver Stoffe		8	12	20
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
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	25	17	70

Tab. 2-4: Umfang der Berichtserstattung 1999

### 2.3.4 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 1998 und 1999 erfassten Kernmaterialbewegungen zeigt Tab. 2-5.

Jahr	1998		1999	
	intern	extern	intern	extern
Natururan	6	1	4	1
abgereichertes Uran	502	1	283	3
Thorium	1	2	3	2
angereichertes Uran	2	-	11	5
Plutonium	371	-	89	-
gesamt	882	4	390	11

Tab. 2-5: Anzahl der Kernmaterialbewegungen 1998 und 1999

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.

Die Anzahl der Kernmaterialbewegungen stützt sich hauptsächlich auf Transfers von radioaktiven Reststoffen zur HDB und dies insbesondere bedingt durch den Rückbau der MILLI-Anlage beim ITC-CPV und dem Rückbau bei HVT-HZ.

## 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:

- Einsatzleitung nach Alarmplan (EvD)
- Dokumentation von Einsätzen nach Alarmplan

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

Die EvD-Funktion wird von Sicherheitsingenieuren wahrgenommen. Der jeweils mit der EvD-Funktion beauftragte Sicherheitsingenieur hält sich während seiner Dienstzeit von 24 Stunden ständig auf dem Gelände des Forschungszentrums auf. Dabei ist sichergestellt, dass er jederzeit erreicht werden kann. Der EvD übernimmt im Alarmfall die Einsatzleitung. Der EvD ist verantwortlich für die Durchführung aller Maßnahmen, die bei drohender Gefahr, Personenschäden, Brandunfällen, Strahlenunfällen oder sonstigen Schadensfällen zur Hilfeleistung und zur Wiederherstellung der technischen Sicherheit ergriffen werden müssen.

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

1999 gingen in der Alarmzentrale des Forschungszentrums eine Vielzahl von Meldungen ein. Hiervon erforderten 265 Meldungen einen Einsatz des EvD zur Wiederherstellung der technischen Sicherheit. In allen Fällen konnten die Einsatzkräfte des Forschungszentrums durch rasches und zielgerichtetes Handeln die Auswirkungen der Störungen auf ein Mindestmaß begrenzen. Tab. 2-6 zeigt eine Aufschlüsselung der Einsätze.

Jahr	1994	1995	1996	1997	1998	1999
Anzahl der Einsätze	183	223	190	223	225	265
Gesamteinsatzzeit in Stunden *	146	167	145	136	152	189
mittlere Einsatzdauer in Stunden	0,5	0,5	0,45	0,36	0,4	0,42
Anzahl der Einsätze innerhalb Arbeitszeit	66	71	70	77	119	114
Anzahl der Einsätze außerhalb Arbeitszeit	117	152	120	146	106	151
Alarmübungen	8	8	9	7	9	8

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

Tab. 2-6: Einsätze der Einsatzleiter vom Dienst, 1994 bis 1999

Die Ursachen für die EvD-Einsätze sind in Tab. 2-7 angegeben.

Einsatzschwerpunkt „Feueralarm“: Hierzu zählen alle Einsätze, die im Zusammenhang mit der Alarmart „Feuer“ ein Tätigwerden des EvD erforderlich gemacht haben, unabhängig davon, ob es tatsächlich gebrannt oder nur ein Fehlalarm vorgelegen hat. Die große Zahl der Fehlalarme ist darauf zurückzuführen, dass nahezu alle Gebäude und Anlagen des Forschungszentrums mit

automatischen Brandmeldeanlagen ausgestattet sind, die bereits durch Schweiß-, Löt- oder Trennarbeiten im Rahmen von Umbaumaßnahmen oder durch Abgase von Verbrennungsmotoren der in Gebäude einfahrenden Transportfahrzeuge ansprechen können.

Einsatzschwerpunkt „Technische Hilfe und sonstiges“: Unter den Sammelbegriff „Technische Hilfe und sonstiges“ fallen alle Maßnahmen, die zur Wiederherstellung der technischen Sicherheit dienen. Hierzu gehören Hilfemaßnahmen bei der Behebung von Störungen an Lüftungs-, Klima-, Heizungs-, Kühl-, Abwasser-, Überwachungs-, Warn- und Medienversorgungsanlagen, Experimentiereinrichtungen, Freisetzung von Chemikalien, Sturm- und Wasserschäden, Verkehrs- und Arbeitsunfälle.

Einsatzschwerpunkt „Gerätestörungen“: Hier wurden Einsätze eingestuft, bei denen insbesondere bei Fort- und Raumlüftüberwachungsanlagen sowie bei anderen diversen Messgeräten Störungen auftraten.

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

Jahr	1998	1999
Feueralarme	126 (davon 116 Fehlarmlarme)	140 (davon 128 Fehlarmlarme)
Sonstige Ereignisse	16	36
Gerätestörungen	32	34
Wasserstörungen	19	25
Technische Hilfe	51	17
Sandfangalarme	9 (davon 2 Fehlarmlarme)	12 (davon 1 Fehlarmlarm)

Tab. 2-7: EvD-Einsätze schwerpunktmäßig aufgegliedert

Während der regulären Dienstzeit werden auftretende Störungen vom Betriebspersonal in der Regel schnell erkannt und mit Hilfe der Wartungsdienste rechtzeitig behoben und somit in ihren Auswirkungen begrenzt. Störungen außerhalb der normalen Arbeitszeit werden jedoch erst durch Ansprechen von sicherheitstechnischen Meldeeinrichtungen bzw. bei Routinekontrollgängen durch Mitarbeiter des Werkschutzes bekannt. Die technischen Einsatzdienste, Rufbereitschaften, Werkfeuerwehr und der EvD garantieren eine qualifizierte Behebung der Störung.

#### 2.4.3 Übungen der Einsatzdienste

Vom Forschungszentrum Karlsruhe werden über 24 Stunden folgende Einsatzdienste vorgehalten: Einsatzleiter vom Dienst, Werkfeuerwehr, Sanitätsdienst, Werkschutz, Bereich Technische Infrastruktur.

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 Bedarfs-

fall durch Einsatztrupp verstärkt werden können. Diese Einsatztrupp setzen sich wie folgt zusammen:

- Strahlenmesstrupp                    10 Personen,
- Sanitätstrupp                        12 Personen,
- Dekontaminationstrupp            5 Personen.

1999 wurden zwei Alarmübungen durchgeführt. Daneben wirkten Einsatzleiter und Einsatzdienste des Zentrums an sechs Alarmübungen mit, die von der Kernkraftwerk-Betriebsgesellschaft, 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 Einsatztrupp und das Betriebspersonal der betroffenen Institute in die Übungen mit einbezogen.

#### 2.4.4            Meldepflichtige Ereignisse nach Strahlenschutzverordnung

Nach § 36 StrlSchV 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 1999 wurden der Aufsichtsbehörde 21 Vorkommnisse, die von besonderem Interesse für das Ministerium für Umwelt und Verkehr Baden-Württemberg als atomrechtliche Aufsichtsbehörde sein können, als sogenannte Info-Meldungen übermittelt.

#### 2.5              Beauftragte im Umweltschutz

K. Dettmer, B. Mandl

Aufgrund der rechtlichen Rahmenbedingungen sind für das Forschungszentrum Karlsruhe Beauftragte in den vier Rechtsbereichen Abfall, Gefahrgut, Gewässerschutz und Immissionsschutz vorgeschrieben. Die vier Funktionen werden innerhalb der Gruppe „Beauftragte im Umweltschutz“ von zwei Mitarbeitern wahrgenommen, dem Gefahrgut- und Abfallbeauftragten und dem Gewässerschutz- und Immissionsschutzbeauftragten. Die Gruppe ist organisatorisch in die Abteilung Arbeitsschutz und Sicherheit eingebunden, so dass ein Synergieeffekt entsteht und der rechtlichen Forderung nach Zusammenarbeit im Arbeitssicherheits- und Umweltschutzbereich Rechnung getragen wird. Die Aufgaben der Beauftragten lassen sich unterteilen in Kontrolle und Überwachung, Beratung, Information und Dokumentation. Zusätzlich 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, Maschinen, Anlagen und Anlagenteile in regelmäßigen Zeitintervallen vorgegebenen Prüfungen unterzogen werden. Diese Prüfungen sind beispielsweise durch Auflagen in Genehmigungen

festgelegt. Sie können sich auch unmittelbar aus Rechtsnormen ergeben oder in den jeweiligen Unfallverhütungsvorschriften gefordert sein.

Wiederkehrende Prüfungen sind in allen Organisationseinheiten des Zentrums durchzuführen. Die Aufgabenverteilung sowie den Informationsfluss bei der Durchführung der wiederkehrenden Prüfungen gibt Abb. 2-3 wieder. 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 und werden bei Bedarf monatlich auf überfällige Prüftermine hingewiesen.

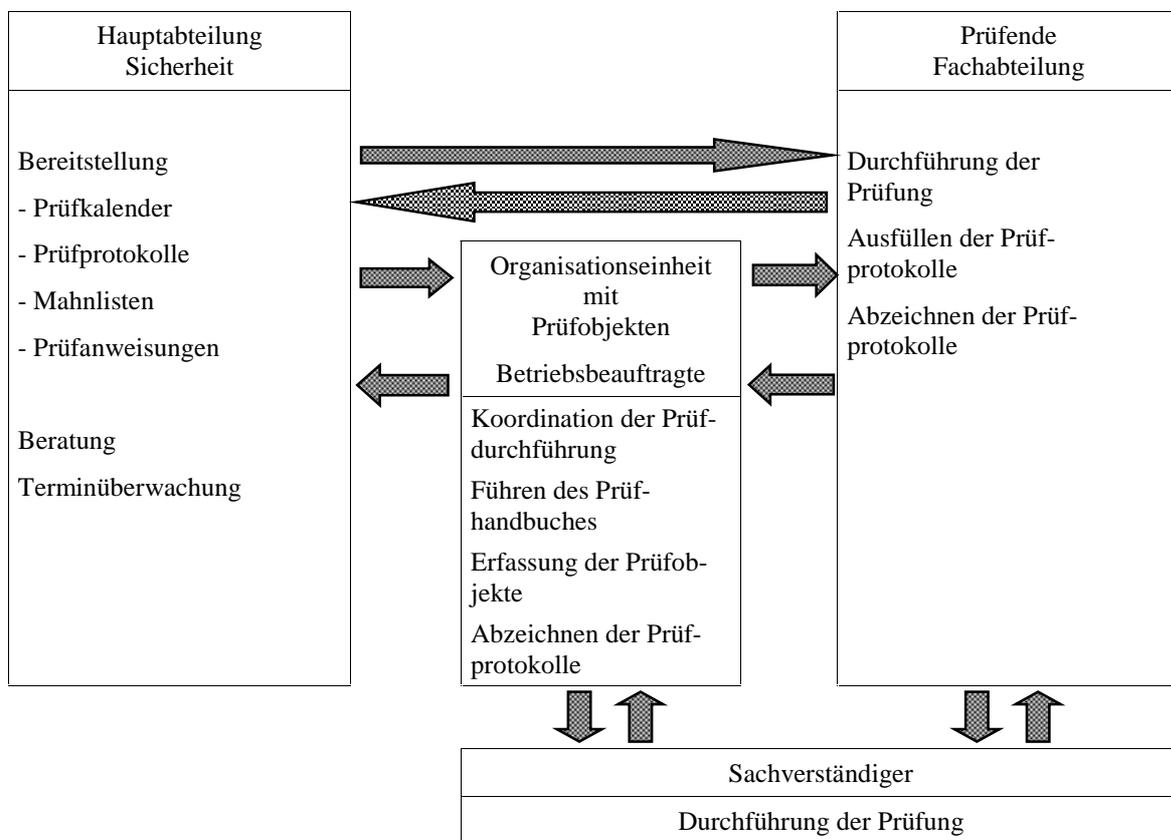


Abb. 2-3: Wiederkehrende Prüfungen – Aufgabenverteilung und Informationsfluß

Wesentlicher Bestandteil der Koordinations- und Dokumentationsarbeit ist die Eingabe von Terminen durchgeführter Prüfungen in eine Datenbank und der Abgleich der vorhandenen Prüfobjekt-Daten. Als Voraussetzung für das Mahnwesen müssen die tatsächlich vorhandenen Prüfobjekte in der Datenbank korrekt erfasst sein und die Dokumentation mit den Organisationseinheiten vollständig abgestimmt werden. Dies erfordert eine fortlaufende Datenpflege und stellt einen wichtigen Teil der Tätigkeiten innerhalb der Abteilung dar.

Um die Gefahr von Fehlern und Datenverlusten zu minimieren, existiert ein System, das einen Teil der Betriebsbeauftragten des Zentrums in die Lage versetzt, über Netzwerk auf die Daten ihrer Organisationseinheit zuzugreifen, diese selbständig zu pflegen und die Terminerfassung

durchzuführen. Alle relevanten Informationen können von diesen Betriebsbeauftragten vor Ort eingesehen und ausgewertet werden.

Durch eine Passwörterhierarchie wird gewährleistet, dass die Betriebsbeauftragten 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. Die Kombination von zentraler Datenpflege für den überwiegenden Teil der Organisationseinheiten und dezentraler Datenpflege über Netzwerk hat sich gut bewährt und zu einer sicheren 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, die mit gefährlichen Stoffen umgehen. In diesem Zusammenhang müssen Sicherheitsdatenblätter bereitgehalten und Betriebsanweisungen zu den Gefahrstoffen für jeden Arbeitsbereich im Forschungszentrum erstellt werden. Zukünftig soll ein Datenbank-Programm ermöglichen, dass Gefahrstoffe und Chemikalien beginnend mit der Bestellung bis hin zum Verbrauch und zur Entsorgung elektronisch registriert und die Stoffströme verfolgt werden können. Die Abb. 2-4 zeigt den Datenfluss des geplanten Programms. Die Zuständigkeit für das Projekt wurde dem Institut für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse übertragen.

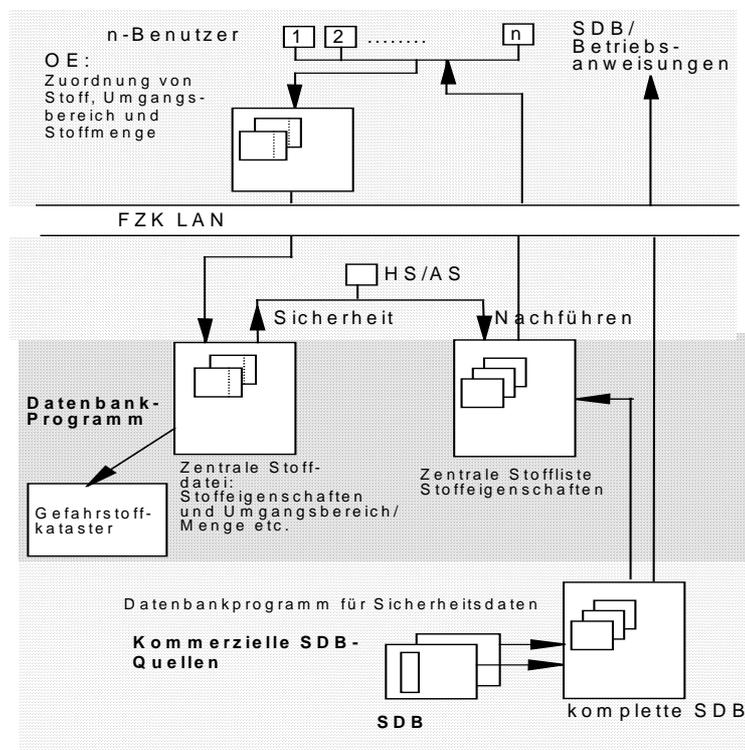


Abb. 2-4: Geplanter Austausch von Gefahrstoffinformationen im Zusammenhang mit dem Gefahrstoffkataster (SDB = EG-Sicherheitsdatenblatt, OE = Organisationseinheit)

Im Berichtszeitraum wurde eine Aktualisierung der Sicherheitsdatenblätter der im Zentrum vorhandenen Stoffe in einer zentralen Datenbank durchgeführt. Die Datenbank, deren Inhalt sich aus zahlreichen Erkenntnisquellen speist, steht neben den kommerziell erhältlichen Datenbanken an zentraler Stelle zur Verfügung und kann zur allgemeinen Information über Gefahrstoffe und zur Erstellung von gefahrstoff- und arbeitsplatzbezogenen Betriebsanweisungen herangezogen werden. Die EG-Sicherheitsdatenblätter aus dieser Datenbank können von allen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern des Forschungszentrums über das Intranet abgerufen werden.

### 2.5.3 Gefahrguttransporte und Gefahrgutumschlag

#### B. Mandl

Der Gefahrgutumschlag des Forschungszentrums lässt sich in zwei Bereiche unterteilen, den Umschlag radioaktiver Gefahrgüter der Klasse 7 und den 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 wurde in den vergangenen Jahren bei einigen wenigen Organisationseinheiten bzw. Abteilungen konzentriert. Dies ist aufgrund der hohen Anforderungen und der erforderlichen Fachkenntnisse zum Gefahrguttransport sowie dem damit verbundenen Informations- und Schulungsbedarf für das gesamte, am Gefahrguttransport beteiligte Personal sinnvoll.

Im Bereich der Beförderung radioaktiver Gefahrgüter der Klasse 7 ist die Abwicklung ausgehender Beförderungen beschränkt auf die Transport- und Isotopenleitstelle der Hauptabteilung Dekontaminationsbetriebe und die Hauptabteilung Zyklotron für die Beförderung ausgehender Präparate für die nuklear-medizinische Diagnostik und aktivierter Maschinenteile (HZY-RTM). Alle anderen Organisationseinheiten, die radioaktive Gefahrgüter versenden wollen, müssen dies über die Transport- und Isotopenleitstelle der Hauptabteilung Dekontaminationsbetriebe durchführen.

Für die externen Beförderungen werden Transportunternehmen mit entsprechender Genehmigung beauftragt. Insgesamt wurden von der Hauptabteilung Dekontaminationsbetriebe ca. 280 An- und Abtransporte über die Verkehrsträger Straße und Schiene abgewickelt (teilweise mit anschließendem Lufttransport). Von der Hauptabteilung Zyklotron wurden mehr als 1 600 Beförderungen von Isotopen oder radioaktiven Maschinenteilen durchgeführt. Die Beförderungen erfolgten überwiegend auf der Straße mit Pkw oder Kleintransportern. In bestimmten Fällen wird im Anschluss an den Straßentransport per Luftfracht ins Ausland weiterbefördert (Kombiverkehr). Dies ist insbesondere bei dem kurzlebigen Präparat DFG-18 (Halbwertszeit ca. 2 h) erforderlich.

Im Bereich der Beförderung konventioneller Gefahrgüter findet der Hauptumschlag über die Hauptabteilung Einkauf- und Materialwirtschaft (EVM/MW) und die Abfallwirtschaftszentrale des Forschungszentrums statt. 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 Entladeeinrichtungen 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 Gerätelager weiter veräußert

oder kostenfrei abgegeben. Im geringen Umfang werden Gefahrgüter an externe Einrichtungen versandt.

Im Berichtsjahr wurden 240 Antransporte von Gasen in Druckbehältern oder Tankfahrzeugen und anschließendem Abtransport von leeren ungereinigten Gefäßen oder Tankfahrzeugen (ebenfalls Gefahrguttransporte) abgewickelt. Hinzu kamen mehr als 160 Anlieferungen von Feinchemikalien, technischen Chemikalien und Heizöl. Über die Abfallwirtschaftszentrale wurden 40 Abtransporte von Abfällen als Gefahrgüter durchgeführt. Insgesamt wurden ca. 3 800 Mg konventioneller Gefahrgüter umgeschlagen.

Im Berichtszeitraum kam es zu keinen Unfällen oder Zwischenfällen, bei denen Personen verletzt oder die Umwelt beeinträchtigt wurden. Insgesamt wurden im Berichtszeitraum mehr als 80 Einzelvorgänge zum Gefahrgutumschlag vom Gefahrgutbeauftragten kontrolliert. Einige besondere Ereignisse oder Mängel wurden bei der Anlieferung bzw. Annahme radioaktiver Stoffe bei der Transport- und Isotopenleitstelle festgestellt. Die sicherheitsrelevanten Mängel wurden mit den zuständigen Verantwortlichen soweit erörtert, dass entsprechende Maßnahmen zur Mängelbeseitigung ergriffen werden konnten.

Auch bei ausgehenden Transporten über die Isotopenleitstelle und die Hauptabteilung Zyklotron kam es zu Beanstandungen, die jedoch nicht sicherheitsrelevant waren, sondern formelle Anforderungen betrafen. Insgesamt gab es wenig Anlass zu Beanstandungen. Dieses hohe Sicherheitsniveau ist zurückzuführen auf eine intensive Beratungs- und Informationsvermittlung und die vertrauensvolle Zusammenarbeit der Verantwortlichen (beauftragten Personen) und dem Gefahrgutbeauftragten. Die ein- und ausgehenden externen Transporte von Gefahrgütern werden durch die beauftragten Personen und deren Mitarbeiter anhand von Checklisten überprüft. Teilweise umfassen die Checklisten auch Kontrollpunkte, die nicht nur den rechtlichen Pflichten und Kontrollvorgaben genügen, sondern über die spezifischen Absender- oder Verladepflichten hinausgehen. Im Berichtszeitraum wurde die Verfahrensanweisung für die Annahme (beginnend mit der Bestellung) und den Abtransport radioaktiver Stoffe überarbeitet und angepasst.

Im Berichtszeitraum trat die neue Gefahrgutbeauftragtenverordnung zum 01.01.1999 in Kraft. Die wesentlichen Neuerungen befassen sich mit der umfassenden Schulung und Information des gesamten Personals, das mit dem Gefahrgutumschlag befasst ist sowie der Kontrolle der Aufbau- und Ablauforganisation aller Bereiche, die am Gefahrgutumschlag beteiligt sind.

Die Aufbauorganisation zum Gefahrgutumschlag des Forschungszentrums wird regelmäßig im Jahresbericht des Gefahrgutbeauftragten dokumentiert. Die Ablauforganisation ist, mit Ausnahme von zwei Teilbereichen, in Arbeits- bzw. Verfahrensanweisungen festgeschrieben. Für die beiden noch ausstehenden Bereiche existieren zur Organisation des Gefahrgutumschlags bereits Strahlenschutz- bzw. sonstige Arbeitsanweisungen, die lediglich in einigen Detailpunkten anzupassen sind.

Auf Grund der sich permanent ändernden Gefahrgutvorschriften für den Straßen-, Schienen- und Luftverkehr wird eine intensive Informations- und Schulungstätigkeit verfolgt. Im Berichtszeitraum wurden insbesondere die Mitarbeiter der Abfallwirtschaftszentrale, von EVM und das Verladepersonal bei der HDB geschult. Die andauernden Änderungen der Regelung zum Gefahrguttransport erfordern auch weiterhin eine intensive Informationstätigkeit mit dem Ziel, bei allen am Gefahrgutumschlag beteiligten Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern ein hohes Maß an Fachwissen zu gewährleisten und eine Diskussionsrahmen für auftretende Probleme aller Art im Zusammenhang mit dem Gefahrgutumschlag zu gewährleisten.

## 2.5.4 Abfallwirtschaft

### B. Mandl

Mit Inkrafttreten des Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetzes zusammen mit den Bestimmungsverordnungen für Abfälle und der Nachweisverordnung zum 07.10.1996 stand die Umsetzung der entsprechenden Regelungen im Vordergrund. Von besonderer Bedeutung waren hierbei

- die Abgrenzungsproblematik Abfall/Produkt sowie Verwertung und Beseitigung,
- die Umschlüsselung alter LAGA-Schlüssel (Abfallschlüsselnummern und –bezeichnungen) auf die neuen EAK-Schlüssel (neue europäische Abfallnomenklatur),
- die Umsetzung der neuen Nachweisführung für Abfälle zur Verwertung sowie
- die neuen Abläufe zu den Nachweisverfahren für besonders überwachungsbedürftige Abfälle, die auf Grund einer Rücknahmeverordnung oder auf freiwilliger Basis zurückgenommen werden.

Die Organisation der Abfallwirtschaft des Forschungszentrums, mit der Übertragung aller abfallwirtschaftlich relevanten Aufgaben und abfallrechtlich erforderlichen Pflichten auf die Abfallwirtschaftszentrale, hat sich hierbei erneut in besonderer Weise bewährt. Dort bewältigte das fachkundige Personal die gestellten Aufgaben, insbesondere auch auf Grund der intensiven Zusammenarbeit mit HS-AS, rationell, zeitnah und ökonomisch. Die zentrale Abwicklung aller Entsorgungsmaßnahmen durch die Mitarbeiter der Abfallwirtschaftszentrale vereinfacht die innerbetrieblichen Abläufe und reduziert den innerbetrieblichen Aufwand für die Abfallentsorgung auf ein Minimum.

Abfallbezeichnung	Abfallschlüssel-Nr.	Menge [Mg]
Altfarben, Altlacke	080102	1,8
Anorganische Säuren, Säuregemische und Beizen	060199	18,8
Asbestabfälle	170105	18,8
Baustellenabfälle	170101	93,7
Entwickler	090101	1,1
Filterstäube und Flugasche	190103	5,5
Fixierbäder	090104	0,8
Hausmüllähnliche Gewerbeabfälle	200301	332,1
Faulschlamm (Klärschlämme)	190805	119,0
Mineralfaserabfälle	170602	18,9
Ölbinder	150299D1	2,9
Schwermetallhaltiger Boden	170599D1	4,7
Wässrige Waschflüssigkeiten und Mutterlaugen (sonstige Konzentrate und Halbkonzentrate)	070701	3,6
Alkalibatterien	160604	1,9

Tab. 2-8: Abfälle zur Beseitigung 1999

Abfallbezeichnung	Abfallschlüssel-Nr.	Menge [Mg]
Abfälle aus der Reinigung von Lagertanks, ölhaltig	160706	2,5
Altfenster/Fensterglas	170202	9,9
Altglas/Laborglas	200102	14,9
Altpapier/Kartonage	200101	326,5
Altreifen	160103	44 Stück
Aluminium	200104	5,7
Asphalt, teerhaltig	170301	175,8
Aufsaug- u. Filtermaterialien, Wischtücher und Schutzkleidung mit schädli. Verunreinigungen (feste fett- und ölverschmutzte Betriebsmittel)	150299D1	5,4
Bauschutt	170101	10.256,5
Bildschirme	160202	616 Stück
Bleiakkumulatoren	160601	11,5
Bohr- und Schleifölemulsionen, Emulsionen	120109	11,9
chlorierte Maschinenöle (Kältemaschinenöl)	130201	0,2
Datenschutzpapier	200101	60,4
Eisenhaltige Späne und Abschnitte (Eisenschrott)	200104	92,5
Eisen und Stahl (Eisenschrott)	200104	972,0
Elektro- und Elektronikschrott	160202	76,2
Elektro- und Elektronikschrott (gebrauchte Geräte, freies Asbest enthaltend)	160204	0,06/5 St.
Erdaushub (Eigenverwertung)	170501	100 m <sup>3</sup>
Ethylenglykohle	130303	4,7
Feststoffe aus Öl-/Wasserabscheidern	130501	1,9
Filmabfälle	090108	0,8
Gase in Stahldruckflaschen	160501	0,4
Gemischte Bau- und Abbruchabfälle	170701	18,4
Gras- und Sträucherabfälle	200201	50,6
Hausmüll-Verbrennungsschlacke	190101	17,0
Holz	200107	147,4
Holz mit schädlichen Verunreinigungen	170299D1	6,6
Inhalt von Fettabscheidern	020204	40,2
Kabelabfälle	170408	29,7
Küchen- und Kantinenabfälle	020108	29,1
Küchen- u. Kantinenabfälle (Eigenbeseitigung)	020199	15,0

Abfallbezeichnung	Abfallschlüssel-Nr.	Menge [Mg]
Kühlschränke	160203	48 Stück
Kunststoffabfälle	200106	18,1
Laborchemikalienreste anorganisch	160502	0,2
Laborchemikalienreste organisch	160503	0,2
Lösemittelgemische halogenfrei (andere organische Lösemittel)	070704	2,7
Lösemittelgemische halogenhaltig (organische halogenierte Lösemittel)	070703	1,9
Magnetbänder	160202	6,5
Mineralfaserabfälle	170602	37,9
Motoren- und Getriebeöle	130202	14,6
NE-metallhaltige Abfälle	200104	18,1
Nickel-Cadmium-Batterien	160602	1,0
Ölmischungen	130601	4,1
Quecksilberhaltige Abfälle (Quecksilber)	060404	0,2
Quecksilberhaltige Abfälle (Leuchtstoffröhren)	200121	1,52 (8127 Stück)
Sägespäne	030103	2,8
Salpetersäure und salpetrige Säure	060105	24,6
Salze und Lösungen, cyanidhaltig (Edelmetallhaltige Abfälle)	060311	0,01
Schlämme aus Öl-/Wasserabscheidern	130502	8,9
Straßenreinigungsabfälle (Straßenkehrriecht)	200303	3,4
Styropor	200103	774 m <sup>3</sup>
Tonerkartuschen	080309	3011 Stück
Transformatoren, Kondensatoren, PCB-haltig	160201	0,4
Verbrauchte Filter- und Aufsaugmassen	150299D1	2,5
Verpackungen aus Metall (Leergebinde)	150104	68 Stück
Verpackungen mit schädlichen Verunreinigungen (Eisenmetallbehältnisse)	150199D1	0,5
Verpackungen mit schädlichen Verunreinigungen (Kunststoffbehälter)	150199D1	2,5
Wertstoffe aus Gewerbeabfällen	150106	23,8
Abfälle aus Tiergewebe	020202	0,005
Flachglas	200102	8,3
VA-Schrott	200104	16,1
Quecksilberhaltige Trockenzellen	160603	0,02

Tab. 2-9: Abfälle zur Verwertung 1999

Im Berichtszeitraum zeigte sich insbesondere, dass durch verbesserte Sortierleistung bei der Erfassung qualitativ hochwertige Verwertungswege, die auch wirtschaftlich sind, eingeschlagen werden konnten. Die Umsetzung der umfangreichen Änderungen und Neuregelungen im Bereich des Abfallrechts, insbesondere bei der Abfallbestimmung und der erforderlichen Nachweisführung (Ablauf der Übergangsvorschriften zum 1.1.1999), erforderten im Berichtszeitraum einen erhöhten Aufwand für den Informationsaustausch und für die Kommunikation mit externen Entsorgern und Behörden.

Besonders kritisch verfolgt wurden hierbei die unterschiedlichsten Formen der Abweichung von den erforderlichen Nachweisverfahren, die bei der Rücknahme ge-/verbraucherter Produkte als besonders überwachungsbedürftige oder überwachungsbedürftige Abfälle zur Verwertung oder Beseitigung (z.B. Altbatterien oder Altchemikalien) praktiziert und von Behörden gebilligt wurden.

Im Berichtszeitraum kam es zu keinen Unfällen oder sonstigen besonderen Ereignissen bei denen Personen zu Schaden kamen oder die Abfallentsorgung grob fehlerhaft durchgeführt wurde. Probleme und Beanstandungen bei der Entsorgungsabwicklung traten wiederholt im Rahmen von Baumaßnahmen auf. Ursachen hierfür waren insbesondere die Nichteinhaltung von Sortiervorgaben und der organisatorischen Regelungen zur konventionellen Abfallentsorgung des Forschungszentrums. Zu dieser Problematik wurden insbesondere in Zusammenarbeit mit BTI/B mehrere Informationsveranstaltungen durchgeführt.

Darüber hinaus wurde für das Jahr 1998 entsprechend der Abfallwirtschaftskonzept- und Abfallbilanzverordnung die Abfallbilanz des Forschungszentrums für 1998 erstellt. Diese Abfallbilanz war eine gemeinsame Bilanz des Forschungszentrums Karlsruhe GmbH, der Wiederaufarbeitungsanlage Karlsruhe Betriebsgesellschaft und der Interessengemeinschaft Kraftfahrzeuge des Forschungszentrums.

Darüber hinaus wurde zum 31.12.1999 das Abfallwirtschaftskonzept für den Zeitraum 2000-2004 als gemeinsames Konzept des Forschungszentrums zusammen mit dem Institut für Transurane, der Wiederaufarbeitungsanlage Karlsruhe und der Interessengemeinschaft Kraftfahrzeuge erstellt.

Schwerpunkt des Konzepts ist die Vermeidung von Abfällen zur Beseitigung durch die weitere Verwendung „alter“ Produkte und die Erfassung sortenreiner Abfallfraktionen, um diese dann einer qualitativ hochwertigen oder überhaupt der Verwertung zuführen zu können.

#### 2.5.5 Immissionsschutz

K. Dettmer

Das Forschungszentrum Karlsruhe betreibt nach dem Bundesimmissionsschutzgesetz (BImSchG) genehmigungsbedürftige sowie weitere immissionsschutzrechtlich relevante Anlagen, die nicht genehmigungspflichtig sind. Für den Immissionsschutz des Forschungszentrums Karlsruhe sind die genehmigungsbedürftigen Anlagen von besonderer Bedeutung.

Im Berichtszeitraum wurden fünf entsprechende Anlagen betrieben. Es handelt sich dabei um die Verbrennungsanlage der Hauptabteilung Dekontaminationsbetriebe (HDB), die Verbrennungsanlage TAMARA und die Verbrennungsanlage THERESA des Instituts für Technische Chemie, das Abfallzwischenlager sowie das Fernheizwerk.

Für die drei Verbrennungsanlagen sowie das Abfallzwischenlager 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 5. BImSchV	Genehmigung
Abfallzwischenlager	Ziffer 44	Anzeige nach § 67 BImSchG
Verbrennungsanlage der HDB	Ziffer 38	Genehmigung nach §§ 4 ff. BImSchG
Verbrennungsanlage TAMARA	Ziffer 38	Genehmigung nach §§ 4 ff. BImSchG
Verbrennungsanlage THERESA	Ziffer 38	Genehmigung nach §§ 4 ff. BImSchG
Fernheizwerk	-	Änderungsgenehmigung nach § 15 BImSchG
Blockheizkraftwerk	-	Änderungsgenehmigung nach § 15 BImSchG

Tab. 2-10: Immissionsschutzrechtlich genehmigungspflichtige Anlagen des Forschungszentrums

Nach dem Umbau und der Nachrüstung entsprechend den Vorschriften der 17. Verordnung zum Bundesimmissionsschutzgesetz (17. BImSchV) im Jahr 1997 besteht die der Verbrennungsanlage der Hauptabteilung Dekontaminationsbetriebe nur noch aus einem System. Dies ist eine Schachtofenanlage mit Nachbrennkammer zur Verbrennung von festen und flüssigen Abfällen.

Nach Abschluss der Inbetriebnahmephase der Anlage im Jahr 1998 konnte im Berichtszeitraum der Regelbetrieb vorgenommen werden. Die Anlage erfüllte die Forderungen der 17. BImSchV vollständig und arbeitete problemlos.

Auch die Versuchsanlage TAMARA des Instituts für Technische Chemie hielt die Vorgaben der 17. BImSchV im Berichtszeitraum vollständig ein.

Im Berichtszeitraum wurde die Errichtung der Versuchsanlage zur Verbrennung von Sonderabfällen, THERESA abgeschlossen. Seit Ende des Jahres befindet sich die Anlage in einem kampagnenweisen Probetrieb. Es wurden erfolgreiche Tests mit verschiedenen Brennstoffen (Erdgas, Heizöl, Brennstoff aus Müll, Holzhackschnitzeln) durchgeführt. Durch die geringen Emissionen der verwendeten Brennstoffe, wurden die Rauchgasreinigungseinrichtungen bisher nur unwesentlich beansprucht. Die Emissionskonzentrationen der Anlage lagen im Bereich der Nachweisgrenzen der Messeinrichtungen.

Zur Erfüllung der gesetzlich vorgeschriebenen Kontrollpflichten des Immissionsschutzbeauftragten wurden regelmäßige Begehungen der immissionsschutzrechtlich relevanten 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.

## 2.5.6 Gewässerschutz

K. Dettmer

Das Forschungszentrum Karlsruhe betreibt ein umfangreiches Trennkanalisationssystem, eine Kläranlage für häusliches Schmutzwasser sowie eine Kläranlage für Abwasser aus Werkstätten, Labors und technischen Bereichen. Als Vorfluter werden der Rheinniederungskanal für die Ableitungen aus den Kläranlagen sowie der Hirschkanal für die Regenwasserableitung benutzt. Seit Beginn des Jahrs 1998 gilt für die Abwasserableitungen des Forschungszentrums Karlsruhe eine neue wasserrechtliche Erlaubnis sowie eine neue Genehmigung für den Betrieb der Abwasseranlagen. Die wesentlichen Neuerungen im Vergleich zur bisherigen Genehmigung waren:

- Die Jahresschmutzwassermenge, die maximal in die Vorfluter abgegeben werden darf, wurde begrenzt.
- Die Konzentrationen für die Schadstoffparameter Stickstoff und Phosphat wurden wesentlich erniedrigt. Die Anforderungen sind deutlich strenger, als die gesetzlich festgelegten Mindestanforderungen.
- Die Erlaubnis für den Rheinniederungskanal ist auf fünf Jahre begrenzt und wurde mit der Auflage erteilt, eine Verlängerung der Vorflutleitung in den Rhein durchzuführen.
- Die meisten der einzuhaltenden Grenzwerte wurden erniedrigt und damit an die bisher abgeleiteten Maximalkonzentrationen, die unter den bisherigen Grenzwerten lagen, angeglichen.

Die Auflagen in dieser Erlaubnis und Genehmigung stehen im Zusammenhang mit der Vorflutersituation im Rheinniederungskanal. Im Berichtszeitraum wurde die neue wasserrechtliche Erlaubnis, die für die spätere Einleitung in den Rhein gelten soll, mit den zuständigen Behörden erörtert. In der Erlaubnis werden die bisher erreichten hohen Reinigungsstandards für das abgegebene Wasser beibehalten. Auch von den derzeit festgesetzten niedrigen Grenzwerten wird nicht abgegangen. Mit entsprechenden Planungen wurde das Konzept des Baus der Vorflutleitung in den Rhein weitestgehend abgeschlossen. Das Forschungszentrum Karlsruhe wird als erster der Einleiter in den Rheinniederungskanal sein Abwasser über eine neu zu errichtende, verlängerte Abwasserleitung direkt in den Rhein abgeben. Die zur Zeit in den Rheinniederungskanal einleitenden Gemeinden sollen mittelfristig ebenfalls umgeschlossen werden.

Im Berichtszeitraum konnten die Bedingungen und Auflagen aus der Erlaubnis und Genehmigung ohne Beanstandung eingehalten werden. Die beiden Kläranlagen arbeiteten im vergangenen Jahr bestimmungsgemäß. Die routinemäßigen Prüfungen sowie die Wartungs- und Reinigungsarbeiten an den Abwassernetzen wurden im Berichtszeitraum ordnungsgemäß durchgeführt, sowie die nach Eigenkontrollverordnung vorgeschriebenen Sanierungsmaßnahmen fristgerecht umgesetzt. Im Berichtszeitraum fanden regelmäßige Kontrollen an Anlagen zur Lagerung, zum Abfüllen und zum Umschlagen wassergefährdender Stoffe sowie im Bereich der Verwendung dieser Stoffe statt. Es wurden Begehungen von Anlagen durchgeführt und Verbesserungen der gemäß Verordnung des Umweltministeriums über Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen und über Fachbetriebe vorgeschriebenen Schutzmaßnahmen geplant und durchgeführt. Ferner wurden Baugesuche und Baugenehmigungen im Hinblick auf den Umgang mit wassergefährdenden Stoffen überprüft. Die Betriebsbeauftragten der einzelnen Organisationseinheiten wurden über Änderungen in den gesetzlichen Rahmenbedingungen informiert. Neben einem persönlichen Fortbildungsangebot standen den Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern ausführliche Informationen über die Aspekte des betrieblichen Umweltschutzes im Intranet des Forschungszentrums Karlsruhe zur Verfügung.

## 2.6 Kontrollstelle WAK

K.-D. Gossler

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.

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 Restanlagenbetrieb während der Rückbauphase 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 Deklaration von radioaktiven Reststoffen und Abfällen sowie die Einhaltung der Annahmebedingungen der Hauptabteilung Dekontaminationsbetriebe unter Berücksichtigung einschlägiger Regelwerke.

Die Kontrollen werden, soweit möglich, vierteljährlich vorausgeplant, wobei Prüfgegenstände und -umfänge festgelegt werden. 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.

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

- Maßnahmen zur Strahlenschutzüberwachung bei Stilllegung,
- Informationswege der WAK bei Zwischenfällen
- Untersuchung von Ursachen und Abläufen bei „Meldepflichtigen Ereignissen“

Bei den durchgeführten Kontrollmaßnahmen wurde auf vereinzelte nicht ausreichend umgesetzte Sachverhalte bei der WAK hingewiesen.

Eine weitere Aufgabe der Kontrollstelle im Berichtszeitraum bestand in der Mitwirkung bei der Erstellung der „Allgemeinen Angaben“ für den Standort „Forschungszentrum Karlsruhe“ gemäß Artikel 37 Euratom-Vertrag.

### 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 unsere Messstelle seit 1993 das Photolumineszenz-Phosphatglasdosimeter in der Ausführung als Flachglasdosimeter. Es besitzt eine allgemein gültige Bauartzulassung und 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 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 für Gammastrahlung unempfindlichen Kernspurätzdetektoren sowohl anstelle der Thermolumineszenzdetektoren als auch zum getrennten Nachweis schneller Neutronen eingesetzt werden. Neben den amtlichen Dosimetern wird von der Messstelle eine größere Anzahl an nichtamtlichen Dosimeterauswertungen und Messverfahren angebotenen 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 im Forschungszentrum Karlsruhe entwickelte passive 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. Seitz, T. Tecle

Die Anzahl der mit Photolumineszenz-Glasdosimetern überwachten Betriebe erhöhte sich im Berichtszeitraum um 30 %, wobei die Auswertezahlen gegenüber dem Vorjahr um 3,5 % zunahmen Tab. 3-1. Hier spiegelt sich die erfolgreiche Ausweitung unserer Aktivitäten in den medizinischen Bereich wieder. Rückläufige Auswertezahlen von 9 % in der Kerntechnik konnten mehr als kompensiert werden. Die Entwicklung der Auswertezahlen in den letzten fünfzehn Jahren ist in Abb. 3-1 dargestellt.

amtliche Auswertung	Auswertezahl	Kundenzahl
Phosphatglas-Ganzkörperdosimeter	101 928	230
Thermolumineszenz-Teilkörperdosimeter	26 367	258
Albedo-Neutronen-Ganzkörperdosimeter	12 001	57
nichtamtliche Auswertung		
Phosphatglasdosimeter	2 128	24
Thermolumineszenzdosimeter	2 064	39
Radondosimeter	3 970	39

Tab. 3-1: Serviceleistungen der Karlsruher Messstelle 1999

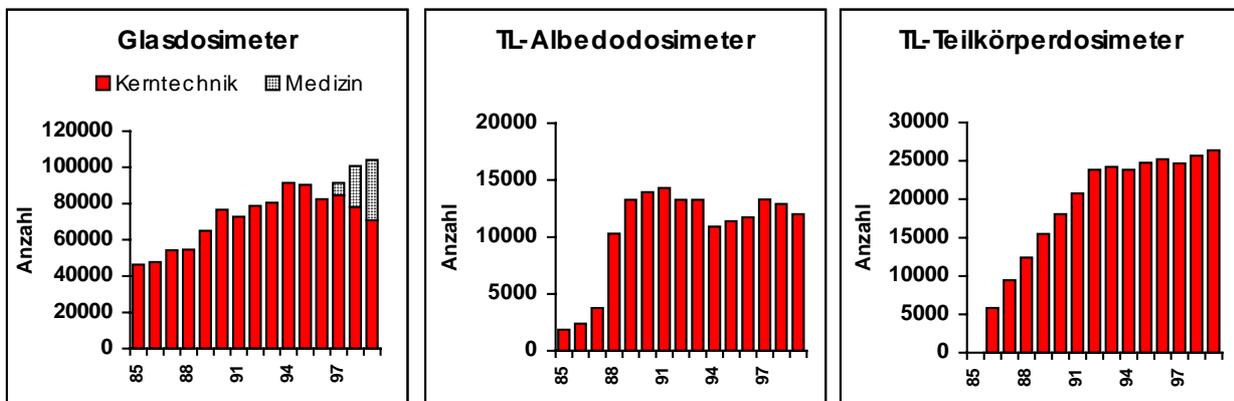


Abb. 3-1: Entwicklung der Auswertezahlen pro Jahr seit 1985

Den überwiegenden Anteil an den Phosphatglasauswertungen stellen die amtlichen Personenüberwachungen bei Kernkraftwerken und Kliniken 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.

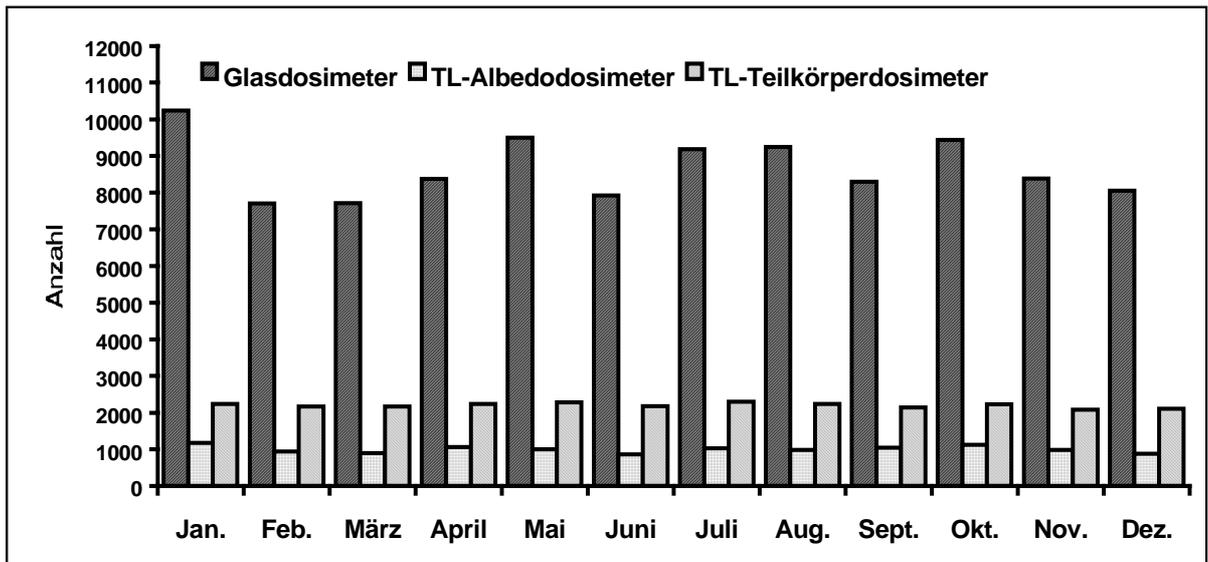


Abb. 3-2: Verlauf der Auswertezahlen pro Monat im Jahr 1999

### 3.1.2 Thermolumineszenzdosimetrie

N. Dollt, S. Volk

Die Auswertezahlen der Teilkörperdosimetrie stiegen leicht auf 2 200 im Monat an. 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 tausend Dosimetern pro Monat eingependelt. Die für 1999 ausgesetzten Castortransporte ergaben einen leichten Rückgang durch Wegfall der Ausrüstung von Polizeikräften.

### 3.1.3 Vergleichsbestrahlungen

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

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

In Tab. 3-2 sind für die an PTB-Vergleichsmessungen teilnehmenden Dosimetriesysteme der FZK-Meßstelle die Mittelwerte und Standardabweichungen von den jeweiligen Verhältnissen des Messwertes  $H$  zum PTB-Referenzwert  $H_{PTB}$  zusammengestellt.

Abb. 3-3 zeigt das Verhältnis des Messwertes  $H$  zum PTB-Referenzwert  $H_{PTB}$  für das Karlsruher Phosphatglas-Ganzkörperdosimeter (Flachglasdosimeter Typ SC-1) in Abhängigkeit von der Dosis. Die Ergebnisse für die Vergleichsmessung 1999 (ausgefüllte Punkte) liegen zusammen mit denen der letzten Jahre innerhalb der erlaubten Abweichungen. Die mittlere Abweichung wird sich noch weiter verringern, sobald auf die neue Messgröße bezogen wird, für die das Flachglasdosimeter entwickelt wurde.

Dosimeter	H / H <sub>PTB</sub>
Phosphatglas-Ganzkörperdosimeter	1,08 ± 7,5 %
Thermolumineszenz-Teilkörperdosimeter	0,98 ± 13 %
Albedo-Neutronen-Ganzkörperdosimeter (Photonen)	1,23 ± 12 %
Albedo-Neutronen-Ganzkörperdosimeter (Neutronen)	1,45 ± 20 %
Kernspurdosimeter für schnelle Neutronen	1,04 ± 44 %

Tab. 3-2: Ergebnisse der Karlsruher Messstelle bei den PTB-Vergleichsmessungen im Jahr 1999

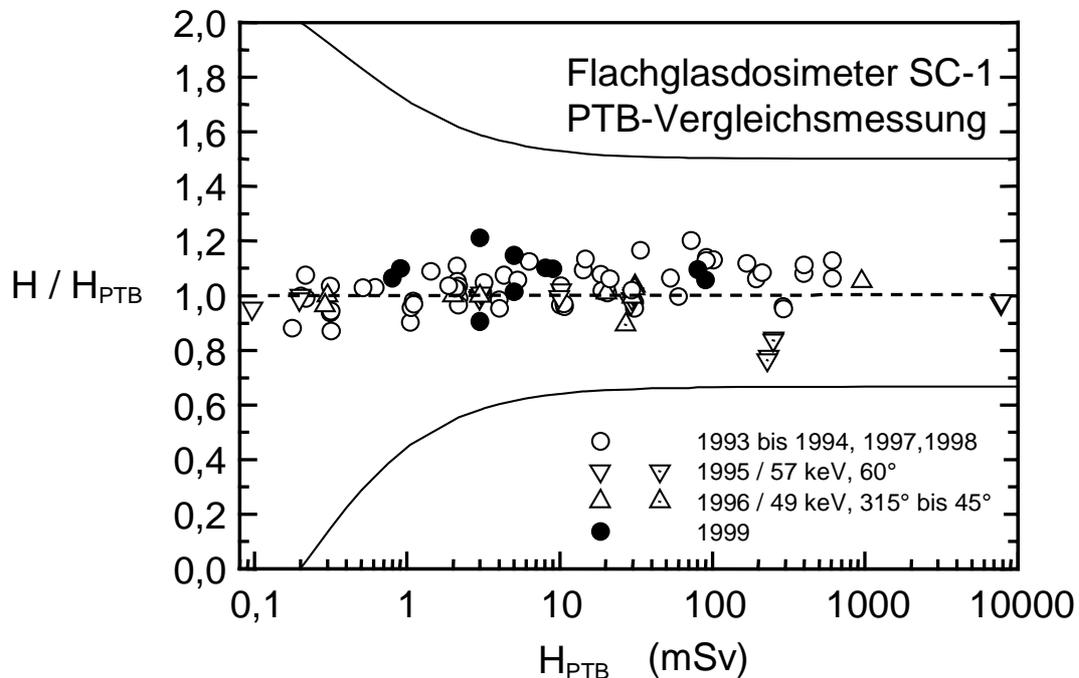


Abb. 3-3: Ergebnisse der PTB-Vergleichsmessungen von Flachglasdosimetern

Tab. 3-3 stellt die bei der Vergleichsmessung von der PTB angegebenen Photonenenergien den Energiebereichen gegenüber, die im Glasauswertegerät automatisch ermittelt und der PTB mitgeteilt wurden. Die PTB bestrahlte die Dosimeter mit Photonen unterschiedlicher Energien. Die Energien werden vom automatischen Auswertegerät richtig eingestuft, auch für die Fälle der Mischbestrahlung.

Seit 1982 wird im Rahmen des Strahlenschutzforschungsprogramms der Europäischen Kommission in regelmäßigen Abständen eine internationale Vergleichsmessung für Radon und Radonzerfallsprodukte mit passiven Detektoren durchgeführt. 1999 nahmen an diesem durch die NRPB in Großbritannien organisierten Vergleich 52 Laboratorien teil. Die Ergebnisse unserer Auswertungen sind in Tab. 3-4 wiedergegeben.

PTB Dos Nr.	PTB-Bestrahlung		Dosisverhältnis für Energie 1 zu 2	unser Ergebnis Energiebereich keV
	Energie 1 keV	Energie 2 keV		
1	662			>150
2	662			>150
3	662			>150
4	65	78	1	70 - 150
5	65	78	1	70 - 150
6	65	147	1	70 - 150
7	65	147	1	70 - 150
8	49			30 - 70
9	49			30 - 70
10	49			30 - 70

Tab. 3-3: Ergebnisse der automatischen Energiebestimmung mit dem Flachglasdosimeter bei der PTB-Vergleichsmessung 1999

Radon Exposition (kBq m <sup>-3</sup> h)	250	290	1847
H / Hr Set 1	1,02 ± 11 %	1,05 ± 9 %	1,05 ± 8 %
H / Hr Set 2	1,09 ± 8 %	1,06 ± 10 %	1,01 ± 8 %

Tab. 3-4: Ergebnisse der FZK-Meßstelle bei den EC-Radon-Vergleichsbestrahlungen im Jahr 1999

### 3.2 Sonstige Personen- und Ortsdosimeter

N. Dollt, A. Hager, E. Kammerichs, T. Teclé

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 Umgebungsüberwachung bestehend aus TLD-700-Dektoren in einer Polyäthylenkapsel entsprechend einer Abdeckung von 500 mg/cm<sup>2</sup>.
- 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 Diffusionskammer. Bei der Bereitstellung und Auswertung von Radondosimetern ist eine beachtliche Zahl durch Aufträge aus den neuen Bundesländern bedingt.

- Passive Neutronen-Äquivalentdosismesser, bestehend aus einer Polyäthylenkugel von 30 cm Durchmesser mit einem thermischen Neutronendetektor im Zentrum. Als Detektoren können Thermolumineszenzdetektoren oder Kernspurdetektoren im Kontakt mit einem (n,α)-Konverter verwendet werden. Mit geeigneten (n,α)-Konvertern lässt sich der Beitrag der natürlichen Neutronenstrahlung bei Expositionszeiten von einigen Monaten nachweisen.

### 3.3 Der Einfluss der natürlichen Strahlung bei der Messung kleiner Personendosen mit Flachglasdosimetern

B. Burgkhardt, A. Hager, Ch. Krauss, T. Tecle, S. Ugi

Zur Ermittlung der beruflichen Strahlenexposition ist der Dosisanteil durch die natürliche Strahlung  $H_{\text{nat}}$  zu subtrahieren. Langjährige Messungen im natürlichen Strahlungsfeld der Karlsruher Messstelle mit dem Flachglasdosimeter ergeben einen mittleren weithin vorzufindenden Wert von 58  $\mu\text{Sv}$  in 30 Tagen. Mit diesem Wert wird  $H_{\text{nat}}$  für jedes Dosimeter entsprechend seiner Umlaufdauer ermittelt und vom Messwert subtrahiert. Zeigt sich jedoch für einen Überwachungsbereich eine vom üblichen Wert abweichende Dosisleistung der natürlichen Strahlung, dann wird diese zur Ermittlung von  $H_{\text{nat}}$  herangezogen.

Am Beispiel der Personendosisüberwachung in einer nuklearmedizinischen Abteilung eines Krankenhauses kann die Auswirkung der  $H_{\text{nat}}$ -Subtraktion auf die Dosisergebnisse gezeigt werden. Die Auswertung von Flachglasdosimetern als Ortsdosimeter in dieser Abteilung führte zu einer mittleren Dosisleistung der natürlichen Strahlung von 48  $\mu\text{Sv}/30\text{Tage}$ . Sie liegt dort also etwa 20 % tiefer als in der Karlsruher Messstelle.

In einer Überwachungszeitspanne wurden nun dort in der Dosisüberwachung von 12 Personen zusätzlich zum Flachglasdosimeter Thermolumineszenzdetektoren eingesetzt, die jeweils an insgesamt fünf Stellen an der Vorder- und Rückseite sowie im Inneren der Flachglasdosimeterkapseln angebracht waren. Die Ergebnisse sind in Abb. 3-4 dargestellt.

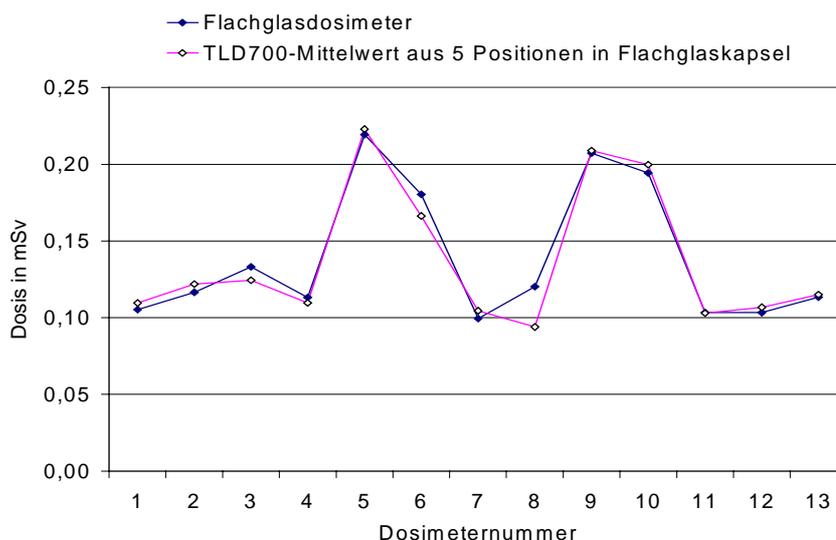


Abb. 3-4: Ergebnisse der Personendosismessungen mit Flachglasdosimetern ohne Abzug der natürlichen Strahlung in einer Expositionszeitspanne von 55 Tagen. In einem Experiment wurden hier zusätzlich TLD-Detektoren eingesetzt.

Die gute Übereinstimmung des Mittelwertes der fünf TLD-Messwerte und des jeweiligen Glasmesswertes bestätigt zunächst einmal die Zuverlässigkeit der Personendosismessung mit Flachglasdosimetern in diesem Strahlungsfeld und Dosisbereich. Tatsächlich liegen hier die Personendosen einiger überwachter Personen durch die berufliche Exposition knapp um die Schwelle von 0,1 mSv, ab der als gerundete „amtliche“ Dosis 0,2 mSv angegeben wird. Subtrahiert man den Dosisanteil  $H_{\text{nat}}$  von 0,11 mSv, der sich bei einem Standardwert von 58  $\mu\text{Sv}$  in 30 Tagen für 55 Tage Umlaufzeit der Dosimeter ergibt, dann würde sich nur für eine Person ein gerundeter Wert von 0,2 mSv ergeben. Drei Personen hingegen hätten eine amtliche Dosis von 0,2 mSv, wenn die ortsspezifische Dosisleistung durch natürliche Strahlung verwendet wird.

Die Karlsruher Messstelle subtrahiert aber gegebenenfalls nicht nur einen ortsspezifischen  $H_{\text{nat}}$ -Wert sondern gibt zusätzlich die ungerundeten Dosiswerte des Flachglasdosimeters an. Das erlaubt den Strahlenschutzbeauftragten Expositionen auch unter der Schwelle von 0,2 mSv zu erkennen. Die überwachten Personen können darüber hinaus eine bessere Zuordnung der Dosiswerte zu ihren Expositionsbedingungen herstellen.



## 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-/Gammastrahler-Eichstand, der außer für eigene Kalibrierbestrahlungen auch vom Eichamt Baden-Württemberg genutzt wird.

Die Gruppe Interne Dosimetrie betreibt einen Ganzkörper- und verschiedene Teilkörperzähler zum gammaspektroskopischen Nachweis von Radionukliden im menschlichen Körper. Sie wurde 1997 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

#### H. Dilger, 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 vier Bereiche (siehe Abb. 4—1 und Tab. 4—1). Gegenüber dem Vorjahr wurde der Bereich „HZ“ mit dem Bereich „ITC“ zum Bereich Institute Nord/MZFR zusammengefasst; die Schichtmitarbeiter wechselten vom Bereich „ITC“ in die HDB-Bereiche.

Eine wichtige Aufgabe für die Arbeitsplatzüberwachung ist die Durchführung der Personendosimetrie. Neben einem amtlichen Flachglas- oder Albedodosimeter erhalten beruflich strahlenexponierte Personen in den Anlagen der HDB, der HZY, der Heißen Zellen und des MZFR ein selbstablesbares Zweitdosimeter. Anfang dieses Jahres wurde in der HDB ein Dosiserfassungssystem installiert. Damit erhalten die Personen beim Eintritt in die Anlagen ein nicht persönlich zugeordnetes elektronisches Dosimeter. Neben der Personendosis kann mit diesem Dosimetriesystem auch die maximale Dosisleistung und die Aufenthaltszeit pro Begehung ermittelt werden. Die Anzahl der Personen einschließlich Fremdfirmenangehöriger, die strahlenschutzmäßig überwacht werden (Stichmonat Dezember 1999), ist in Spalte 4 der Tab. 4—1 aufgeführt.

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.

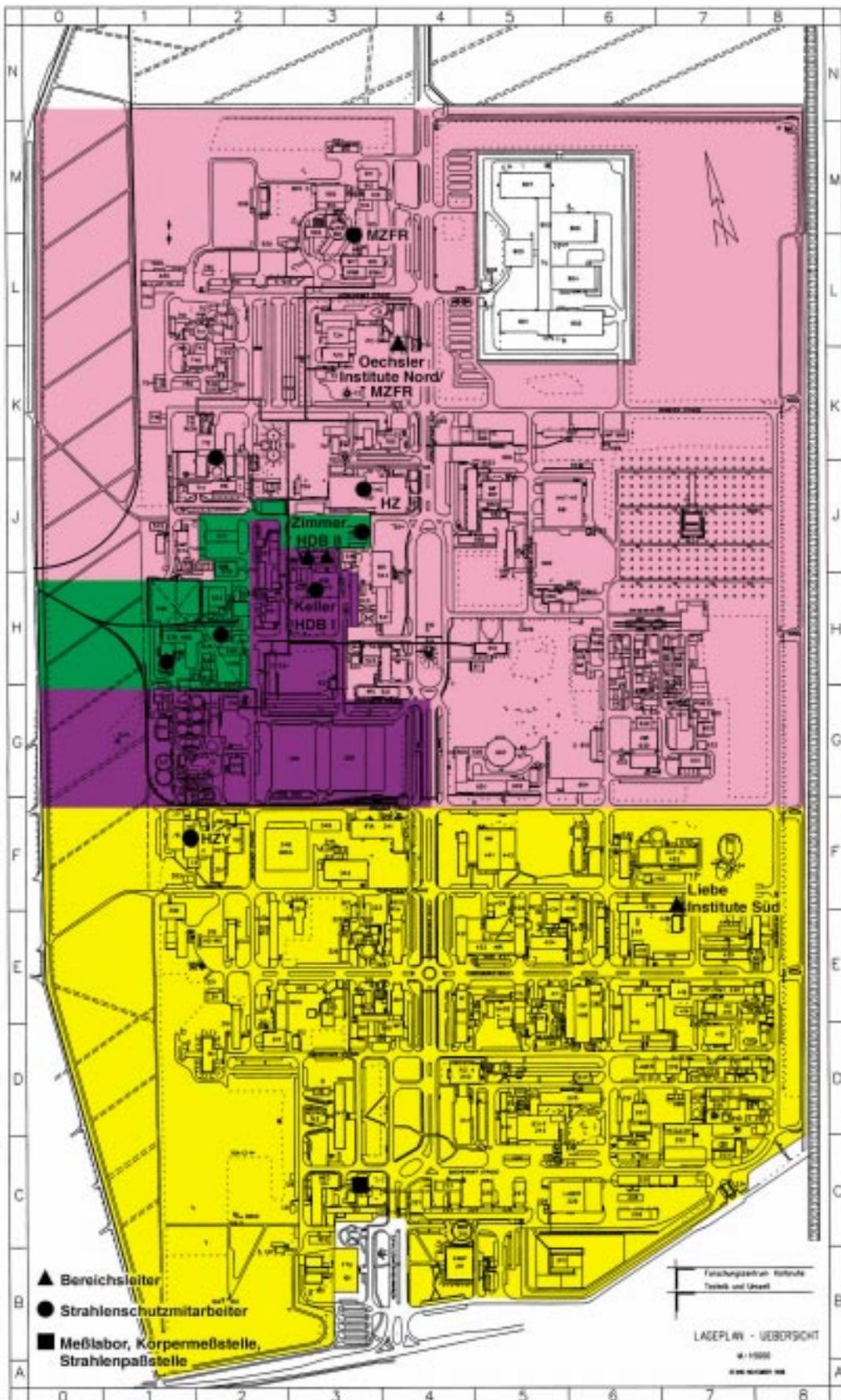


Abb. 4—1: Lageplan des Forschungszentrums Karlsruhe mit Bereichseinteilung

Vom betrieblichen Überwachungsbereich werden nur die Bereiche aufgeführt, in denen eine Aktivität oberhalb der Freigrenze gehandhabt wird. Die Fläche des überwachten Bereichs ist im letzten Jahr um 3 600 m<sup>2</sup> Kontroll- und Sperrbereich der ANKA im Bereich Institute Süd angewachsen.

<b>Gruppe</b>	<b>Bereich</b> Überwachte Institutionen	<b>Anzahl der Mitarbeiter der Abteilung Strahlenschutz</b>		<b>Anzahl überwachten Personen</b>	<b>Fläche des überwachten Bereichs in m<sup>2</sup></b>	
1	2	3		4	5	
<b>Arbeitsplatzüberwachung I</b>	<b>Gruppenleiter</b>	1	(1)			
	<b>1. <u>Institute Nord / MZFR</u></b> BTI, HVT-HZ, INE, IRS, IHM, IMF, ITC-CPV, MZFR	12,5	(8+5 <sup>+</sup> )	577	26 300	(26 300)
	<b>2. <u>HDB I: HDB (Bau 518, 519, 526, 543, 545, 547, 553, 555)</u></b>	5+3 <sup>+</sup>	(8)		15 600	(15 600)
	<b>3. <u>HDB II: HDB (Bau 531-536, 548, 561, 563, 570, 571)</u></b>	10+2 <sup>+</sup>	(11)	496*	27 500	(27 500)
<b>Arbeitsplatzüberwachung II</b>	<b>Gruppenleiter</b>	1	(1)			
	<b>4. <u>Institute Süd</u></b> BTI-B, FTU, HS, HVT-TL, HZY, IFIA, IFP, IHM, IK, ITG, PAE	6,5	(5)	426	10 300	(6 200)

\*Zweischichtdienst \* HDB I + HDB II

Tab. 4—1: Anzahl der HS-Mitarbeiter in der Arbeitsplatzüberwachung, überwachte Personen (einschließlich Fremdfirmenangehörigen) und Bereichsgröße, jeweils Stand Dezember 1999 (Vorjahreszahlen in Klammer)

Die Kontaminationskontrolle von Personen am Ausgang von Bereichen, in denen genehmigungspflichtig mit offenen radioaktiven Stoffen umgegangen wird, geschieht in Eigenüberwachung mit Hand-Fuß-Kleider-Monitoren oder im MZFR mit Ganzkörpermonitoren mit automatisiertem Messablauf. Die Grenzwerte betragen 0,05 Bq/cm<sup>2</sup> für α-Aktivität und 0,5 Bq/cm<sup>2</sup> für β-Aktivität bei den Hand-Fuß-Kleider-Monitoren bzw. 0,5 Bq/cm<sup>2</sup> für β-Aktivität bei den Ganzkörpermonitoren. Aus den Auswertungen der Wisch- und Aerosolproben vom MZFR ist bekannt, dass das β-/α-Aktivitätsverhältnis zwischen 20 und 50 liegt, so dass auch ohne α-Aktivitätskontrolle an den Ganzkörpermonitoren bei Einhaltung der β-Grenzwerte die Unterschreitung der α-Grenzwerte gewährleistet ist. Die Alarmwerte 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 Ar-

beitserlaubnissen die Strahlenschutzauflagen fest. Insgesamt wurden mit ca. 2 100 Vorgängen genau so viele Vorgänge wie im Vorjahr 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 1999 wurden insgesamt 213 (Vorjahr 247) formalisierte Vorgänge von der Abteilungsleitung bearbeitet. Der Rückgang der Ausfuhrvorgänge ist u.a. darauf zurückzuführen, dass in den Reaktoren MZFR und KNK die peripheren Reststoffe abgebaut sind. Beim weiteren Rückbau fallen nun verstärkt radioaktive Reststoffe an, die direkt an die HDB geliefert werden.

Die Abteilung Strahlenschutz unterhält von Montag bis Freitag einen Zweischichtdienst, der auch außerhalb der Regelarbeitszeit u. a. Messungen von Fortluftfiltern durchführt, die Überprüfung von Meldungen vornimmt, in Zwischenfallsituationen Strahlenschutzmaßnahmen ergreift oder Transportkontrollen durchführt. Außerhalb der Regelarbeitszeit stehen zwei Rufbereitschaften zur Verstärkung des Schichtdienstes oder zur alleinigen Klärung und Bewältigung von Zwischenfallsituationen zur Verfügung. Während der Regelarbeitszeit bilden Angehörige der Rufbereitschaft sowie zwei Personen eines Einsatzfahrzeuges den Strahlenschutztrupp für besondere Messaufgaben im Rahmen der Alarmorganisation des Forschungszentrums.

Die wiederkehrenden Prüfungen an Strahlenschutzmessgeräten werden von den Mitarbeitern der Abteilung oder von beauftragten Fachfirmen nach festgelegten Prüfplänen vorgenommen. Von autorisierten Mitarbeitern werden die Dichtheitsprüfungen an umschlossenen Strahlern des Forschungszentrums in den einzelnen Institutionen durchgeführt.

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 22 Mitarbeiter der Abteilung an 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.

## 4.2 Ergebnisse der Arbeitsplatzüberwachung

H. Dilger, A. Reichert, B. Reinhardt

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 Forschungszentrums Karlsruhe dar.

Gruppe	Beschleuniger (HZY, IHM, INFP-VDG)	Institutionen mit höherem Aktivitätsinventar (HVT-HZ, INE, ITC-CPV, MZFR)	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)	9 (11)	135 (181)	0 (0)	144 (192)
$10^1 < K_\alpha \leq 10^2$	0 (0)	3 (2)	73 (69)	0 (0)	76 (71)
$10^2 < K_\alpha \leq 10^3$	0 (0)	0 (1)	10 (10)	0 (0)	10 (11)
$10^3 < K_\alpha$	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
$10^0 < K_\beta \leq 10^1$	0 (0)	8 (8)	86 (49)	0 (0)	94 (57)
$10^1 < K_\beta \leq 10^2$	0 (2)	1 (2)	29 (27)	0 (1)	30 (32)
$10^2 < K_\beta \leq 10^3$	0 (0)	0 (0)	2 (6)	0 (3)	2 (9)
$10^3 < K_\beta$	0 (1)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (1)
$10^0 < K_{H-3} \leq 10^1$	0 (0)	1 (0)	0 (0)	2 (19)	3 (19)
$10^1 < K_{H-3} \leq 10^2$	0 (0)	0 (0)	0 (0)	15 (11)	15 (11)
$10^2 < K_{H-3} \leq 10^3$	0 (0)	0 (0)	0 (0)	7 (2)	7 (2)
$10^3 < K_{H-3}$	0 (0)	0 (0)	0 (0)	2 (0)	2 (0)
Raumluftaktivitätskonzentrationen in Vielfachen von abgeleiteten Grenzwerten	Anzahl der Fälle				
$0,03 < R_\alpha \leq 1$	0 (2)	398 (686)	3 884 (2 086)	38 (10)	4 320 (2 784)
$1 < R_\alpha \leq 20$	0 (0)	124 (260)	679 (329)	0 (0)	803 (589)
$20 < R_\alpha$	0 (0)	55 (61)	91 (73)	0 (0)	146 (134)
$0,016 < R_\beta \leq 1$	0 (0)	57 (213)	249 (152)	0 (0)	306 (365)
$1 < R_\beta \leq 20$	0 (0)	0 (3)	2 (4)	0 (0)	2 (7)
$20 < R_\beta$	0 (0)	0 (0)	1 (0)	0 (0)	1 (0)
$0,025 < R_{H-3}$	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)

Tab. 4—2: Strahlenschutzmessergebnisse 1999 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 nach der Beendigung der Umbauarbeiten in der Anlage Dekontamination Flüssig leicht abgefallen, die Anzahl der Kontaminationen in den Institutionen mit höherem Aktivitätsinventar ist auf niedrigem Niveau verblieben. Im Tritiumlabor traten wie im Vorjahr einige Kontaminationen auf.

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> $ni \leq 5$ <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> $ni \leq 50$ <sup>2)</sup>	$>$ Freigrenze bis $\leq 10^2$ 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> $ni \leq 500$ <sup>2)</sup>	$> 10^2$ fache Freigrenze bis $\leq$ 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> $ni > 500$ <sup>2)</sup>	$> 10^2$ fache Freigrenze bis $\leq$ Genehmigungsumfang	Radioaktiv Kontamination	Gelbe Kombinationsschutzkleidung Gelbe Arbeitsschuhe und Überschuhe oder Sonderschutzkleidung

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

2) ni = niederenergetische Strahler gemäß Anlage IX StrlSchV

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

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

#### 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 verwendeten Glasfaser-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 oberhalb der abgeleiteten Grenzwerte hat sich in der HDB nahezu verdoppelt Dies ist vor allem auf den Rückbau des Verbrennungsofens in Bau 536 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  $0,4 \text{ kBq/m}^3$  und für HTO  $1 \text{ MBq/m}^3$ .

Bei Raumlufaktivitätskonzentrationen oberhalb dieser Interventionswerte dürfen Arbeiten in den Anlagen des Forschungszentrums nur mit Atemschutzfiltergeräten oder 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 wurde bei der  $\alpha$ -Aktivität  $1,25 \text{ mBq/m}^3$  und bei der  $\beta$ -Aktivität  $1,25 \text{ Bq/m}^3$  gewählt. Damit ist bei einem nach der Strahlenschutzverordnung angenommenen Jahresinhalationsvolumen von  $2400 \text{ m}^3$ , das aber in der Praxis wegen kürzerer Aufenthaltszeiten weit unterschritten wird, eine  $\alpha$ - und  $\beta$ -Aktivität von 3 % (entsprechend der Interpretationsschwelle gemäß der Richtlinie für die physikalische Strahlenschutzkontrolle zur Ermittlung der Körperdosen) 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 für Transurane zur regelmäßigen Inkorporationsüberwachung herangezogen. 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  $0,4 \text{ Bq}$  für  $\alpha$ -Aktivitätsgemische oder von  $400 \text{ Bq}$  für  $\beta$ -Aktivitätsgemische überschreiten, werden bei den betroffenen Mitarbeitern Inkorporationsmessungen aus besonderem Anlass durchgeführt und eine spezielle Abschätzung der Aktivitätszufuhr vorgenommen.

#### 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 Raumluf 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 die Überwachung der auf dem Gelände des Forschungszentrums angesiedelten Institutionen zuständig. Darüber hinaus 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 der Lunge 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, Tab. 4—5 und Tab. 4—6 vermitteln einen Überblick über die im Jahr 1999 mit den Ganz- bzw. Teilkörperzählern durchgeführten Personenmessungen und ihre Verteilung auf die verschiedenen Institutionen.

Mit dem Ganzkörperzähler wurden insgesamt 1 855 Personen untersucht. Ein Teil dieser Personen wurde mehrmals untersucht, so dass sich die Gesamtanzahl der Ganzkörpermessungen auf 2 865 beläuft. Hierbei handelte es sich zum weitaus überwiegenden Teil um Messungen im Rahmen der routinemäßigen Inkorporationsüberwachung. Etwas mehr als 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 Karlsruhe angesiedelten Institutionen einschließlich Institut für Transurane der Europäischen Union (10,6 %), Kernkraftwerk-Betriebsgesellschaft (5,5 %) und Wiederaufarbeitungsanlage Karlsruhe (18,4 %) sowie im Fremdauftrag (9,4 %).

Bei etwa 23 % aller untersuchten Personen wurden Cs-137-Inkorporationen nachgewiesen. Bei 85 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 850 Bq) nach Auskunft der Probanden Wildbret oder Pilze verzehrt, so dass auch hier zumeist von keiner beruflich bedingten Inkorporation auszugehen war. Bei 127 Personen wurden Inkorporationen von Co-60 (121 Fälle), Ag-110m (ein Fall), Co-58 (vier Fälle), Mn-54 (drei Fälle), Y-88 (ein Fall), Sb-124 (ein Fall), Zr-95 (ein Fall), Ru-103 (ein Fall) und Tc-99m (ein Fall, nuklearmedizinische Untersuchung) nachgewiesen. In der überwiegenden Mehrzahl der Fälle handelt es sich um länger zurückliegende Aktivitätszufuhren, die bereits bei früheren Messungen festgestellt wurden. In vierzig Fällen sind neue Aktivitätszufuhren innerhalb des Überwachungszeitraums nicht auszuschließen.

Bei den Messungen aus besonderem Anlass wurden mit dem Ganzkörperzähler in 31 Fällen Cs-137, in sechs Fällen Co-60, in einem Fall Zn-65 und mit den Teilkörperzählern in einem Fall eine äußere Kontamination von Am-241 nachgewiesen. Die festgestellten Cs-137-

Aktivitäten lagen in sieben Fällen unter der Erkennungsgrenze für beruflich bedingte Inkorporationen. In 22 Fällen handelte es sich um zwischenfallsbedingte Inkorporationen von Cs-137, in drei weiteren Fällen um Co-60 und in einem Fall um Zn-65. Zwei der nachgewiesenen Cs-137- und drei der Co-60-Inkorporationen waren bereits bei vorhergehenden Messungen festgestellt worden und demzufolge nicht auf eine zwischenfallsbedingte Zufuhr im Forschungszentrum zurückzuführen. In keinem Fall lag die Aktivität oberhalb der Interpretationsschwelle nach der 'Richtlinie für die physikalische Strahlenschutzkontrolle'. Die effektive Dosis war damit für alle Personen kleiner als 1,5 mSv.

Institution	Anzahl der überwachten Personen		Anzahl der routinemäßigen Inkorporationsmessungen		Anzahl der Inkorporationsmessungen aus besonderem Anlass	
		mit Befund		mit Befund		mit Befund
BTI	37	2	44	3	0	0
HDB	443	130	899	233	29	7
HS-St	25	12	48	19	0	0
HVT-HZ	17	2	33	4	0	0
HVT-TL	2	0	2	0	0	0
HZY	3	1	3	0	1	1
IMF I	1	0	1	0	0	0
INE	44	10	63	11	0	0
ITC-CPV	72	18	135	30	7	2
ITU	222	49	293	62	10	2
KBG-KNK	110	57	135	61	22	20
MZFR	197	73	343	110	1	0
WAK	437	90	515	100	12	4
Fremdauftrag	245	48	269	48	0	0
Summe	1 855	492	2 783	681	82	36

Tab. 4—4: Anzahl der Personenmessungen mit dem Ganzkörperzähler 1999

Mit dem Teilkörperzähler wurden insgesamt 324 Personen untersucht. Ein Teil dieser Personen wurde mehrmals untersucht, so dass sich die Gesamtanzahl der Messungen auf 380 beläuft. Die Messungen wurden für verschiedene Institutionen des Forschungszentrums (7 %), die Wiederaufarbeitungsanlage Karlsruhe (3 %), das Institut für Transurane (32 %) so wie im Fremdauftrag für Euratom Luxemburg (49 %) und andere Firmen bzw. Institutionen (9 %) durchgeführt. Bei 13 % der Teilkörpermessungen handelte es sich um Untersuchungen aus besonderem Anlass.

Neben den genannten Überwachungsmessungen wurden zahlreiche Messungen zur Ermittlung der Cs-137-Körperaktivität der Karlsruher Referenzgruppe vorgenommen (vgl. Kap. 4.3.1.2). 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 1999 durchgeführten Messungen beläuft sich auf 3 819.

Institution	Anzahl der überwachten Personen	Anzahl der routinemäßigen Inkorporationsmessungen	Anzahl der Inkorporationsmessungen aus besonderem Anlass
HDB	19	0	20
ITC-CPV	3	0	8
TU	93	111	10
WAK	12	0	12
Fremdauftrag	196	219	0
Summe	324	330	50

Tab. 4—5: Anzahl der Personenmessungen mit den Teilkörperzählern 1999

Messung	Ganzkörperzähler	Teilkörperzähler		
		8"-Phoswich	HPGe-Sandwich	1"-Phoswich+NaI (TL)
Routine	2 514	111	0	0
Besond. Anlass	82	50	0	0
Fremdauftrag	269	209	10	0
Referenz	232	14	1	0
Nulleffekt	139	59	7	4
Kalibrierung	3	35	56	24
Summe	3 239	478	74	28

Tab. 4—6: Anzahl aller Messungen mit Ganz- und Teilkörperzählern 1999 (ohne Energiekalibrierungen)

#### 4.3.1.2 Cs-137-Referenzmessungen

H. Doerfel, I. Hofmann, A. Zieger

Seit Inbetriebnahme des ersten Ganzkörperzählers im Jahr 1961 werden regelmäßige Messungen zur Bestimmung der Cs-137-Körperaktivität an einer Referenzgruppe von zur Zeit etwa 20 nicht beruflich strahlenexponierten Personen aus dem Karlsruher Raum durchgeführt. Die Abb. 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—7 zeigt die Monatsmittelwerte der spezifischen Cs-137-Körperaktivität für 1999. Der aus diesen Werten resultierende Jahresmittelwert von 0,25 Bq/kg ist geringfügig höher als im Vorjahr.

Monat	Spezifische Cs-137-Körperaktivität in Bq pro kg Körpergewicht		
	Frauen	Männer	Gesamt
Januar	0,23	0,23	0,23
Februar	0,15	0,25	0,20
März	0,28	0,19	0,24
April	0,23	0,27	0,25
Mai	0,20	0,21	0,21
Juni	0,19	0,19	0,19
Juli	0,21	0,28	0,25
August	0,16	0,23	0,20
September	0,28	0,30	0,29
Oktober	0,20	0,36	0,28
November	0,26	0,32	0,29
Dezember	0,31	0,35	0,33
Arithmetischer Mittelwert 1999	0,23 ± 0,05	0,27 ± 0,06	0,25 ± 0,04

Tab. 4—7: Monatsmittelwerte der spezifischen Cs-137-Körperaktivität der Karlsruher Referenzgruppe im Jahr 1999

Die Geschlechtsabhängigkeit der Cs-137-Körperaktivität wird durch Tab. 4—7 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 1999 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 20,2 Bq bei den Männern bzw. 13,9 Bq bei den Frauen. Die mittleren geometrischen Standardabweichungen sind mit 2,4 (Männer) und 2,2 (Frauen) bei beiden Geschlechtern ungefähr gleich. Folglich liegt die zivilisatorisch bedingte Cs-137-Körperaktivität bei den Männern in 95 % der Fälle unter 80 Bq, während sie bei den Frauen in 95-% der Fälle unter 50 Bq liegt. Demnach können in Anlehnung an DIN 25482 die Werte von 80 Bq (Männer) bzw. 50 Bq (Frauen) als Erkennungsgrenzen einer berufsbedingten Cs-137-Körperaktivität angesehen werden.

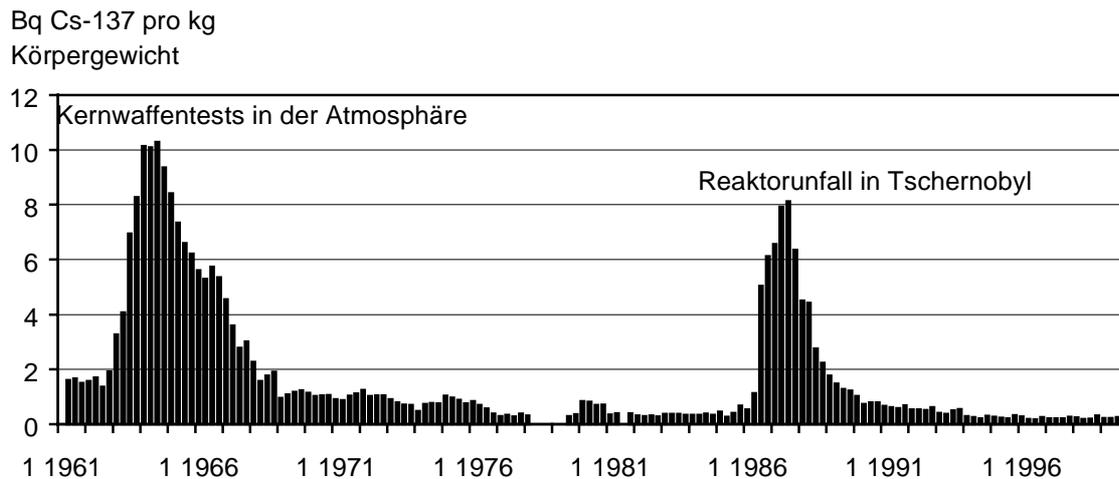


Abb. 4—2: Quartalsmittelwerte der spezifischen Cs-137-Körperaktivität der Karlsruher Referenzgruppe seit 1961

#### 4.3.1.3 Dritter Europäischer Vergleich zur internen Dosimetrie

H. Doerfel

Der Dritte Europäische Vergleich zur internen Dosimetrie (3<sup>rd</sup> European Intercomparison Exercise on Internal Dose Assessment) wurde unter der Federführung von H. Doerfel zusammen mit A. Andrasi (KFKI Budapest), C.-M. Castellani (ENEA Bologna) und G. Tarroni (ENEA Bologna) im Rahmen einer gemeinsamen Arbeitsgruppe von EURADOS (European Radiation Dosimetry Group) und EULEP (European Late Effects Project Group) durchgeführt. Die Arbeitsgruppe (Derivation of parameter values for application to the new model of the human respiratory tract for occupational exposure) hatte die folgenden Aufgaben:

- Erstellung einer Datenbank mit Literaturdaten zu Biokinetik von inhalierten Radionukliden (EULEP)
- Erstellung einer Datenbank mit Informationen zum Umgang mit radioaktiven Stoffen in den EU Mitgliedsstaaten unter Einbeziehung von exemplarischen Fallstudien (EURADOS)
- Durchführung eines Vergleichs zur Ermittlung der Aktivitätszufuhr und der resultierenden Folgeäquivalentdosis aus Inkorporationsmessdaten (EURADOS)

Der Vergleich sollte unter den folgenden Gesichtspunkten durchgeführt werden:

- Vergleich der verschiedenen Verfahren zur Interpretation von Inkorporationsmessdaten unter Einbeziehung von neuen Aspekten, die in früheren Vergleichen dieser Art nicht oder zu wenig berücksichtigt worden sind (wie z.B. Exposition von Personen aus der Bevölkerung, Exposition durch natürliche Radioaktivität, Exposition durch direkte Systemzufuhr über die Haut, Interpretation von Raumluftmesswerten)
- Quantifizierung der Unterschiede in den Ergebnissen aufgrund der unterschiedlichen Verfahren bzw. Modellannahmen
- Diskussion der verschiedenen Interpretationsverfahren und Untersuchung der Verbesserungsmöglichkeiten im Hinblick auf eine Steigerung der Konsistenz der Interpretationsergebnisse

Nach Ankündigung des Vergleichs in den nationalen Fachgremien sowie in verschiedenen Fachpublikationen zeigten sich 62 Institutionen aus 26 Ländern an einer Teilnahme interessiert. Diese Institutionen erhielten die folgenden sieben Fallstudien zur Bearbeitung:

1. Kontinuierliche Zufuhr von HTO durch die Haut infolge des Tragens einer Armbanduhr mit tritiumhaltigem Ziffernblatt (Messdaten der Aktivitätsausscheidung im Urin über einen Zeitraum von 25 Tagen)
2. Zufuhr von Sr-90/Y-90 mit unbekanntem Zufuhrbedingungen (Messdaten der Aktivitätsausscheidung im Urin für eine Inkorporation nach unbefugtem Zutritt zu einem Radioisotopenlager)
3. Wiederholte inhalationsbedingte Zufuhr von I-125 (modelltheoretisch ermittelte Messdaten für die Aktivität in der Schilddrüse und die Aktivitätsausscheidung im Urin für unterschiedliche Überwachungsintervalle von 30 Tagen, 60 Tagen bzw. 90 Tagen)
4. Kontinuierliche ingestionsbedingte Zufuhr von Cs-137 infolge des Reaktorunfalls von Tschernobyl (Messdaten der Körperaktivität einer Referenzperson über einen Zeitraum von etwa 2 Jahren nach dem Unfall)
5. Kontinuierliche inhalationsbedingte Zufuhr von natürlicher Radioaktivität (Po-210, U-nat, Th-nat) bei einer nichtstrahlenexponierten Person infolge des Umgangs mit zirkonhaltigem Sand in einem keramischen Betrieb (Messdaten der Raumluftaktivitätskonzentration sowie der Aerosolparameter)
6. Zwischenfallsbedingte Zufuhr von Pu-239 (Messdaten der Aktivitätsausscheidung im Stuhl und im Urin nach einer Verpuffung in einer Handschuhbox)
7. Länger zurückliegende Zufuhr von Pu-239 mit unbekanntem Zufuhrbedingungen (Messdaten der Aktivitätsausscheidung im Urin und im Stuhl sowie der assoziierten Am-241-Aktivität in Lunge, Leber und Skelett).

Nach Ablauf der Bearbeitungsfrist von sechs Monaten waren die Ergebnisse von insgesamt 50 Institutionen aus 18 Ländern eingegangen. Im Durchschnitt haben die einzelnen Institutionen fünf der sieben Fallstudien bearbeitet. Die höchste Resonanz fanden die Fallstudien 1 bis 4, die sich mit Spalt- und Aktivierungsprodukten befassten. Diese Fallstudien wurden von etwa 80 % der teilnehmenden Institutionen bearbeitet. Bei den beiden Pu-239-Fallstudien lag die Bearbeitungsquote bei 60 % und die 5. Fallstudie, die sich mit natürlicher Aktivität beschäftigte, wurde von 40 % der teilnehmenden Institutionen bearbeitet.

Die Ergebnisse streuten erwartungsgemäß in einem weiten Bereich. Einige Teilnehmer arbeiteten noch mit den älteren ICRP Empfehlungen (ICRP 26, 30 und 54), während andere bereits ausschließlich die neueren Empfehlungen (ICRP 56, 60, 66-69, 71 und 72) anwandten. Einige Teilnehmer kombinierten auch die älteren und die neueren Empfehlungen, indem sie beispielsweise die älteren biokinetischen Modell (ICRP 30 und 54) sowie die neueren Dosisfaktoren (ICRP 67, 68, 71 und 78) verwendeten. Die unterschiedlichen Modelle sowie die unterschiedlichen Annahmen hinsichtlich der Modellparameter führten insbesondere bei den Fallstudien, die sich mit Aktiniden befassten, zu einer erheblichen Streuung der Ergebnisse. In einigen Fällen waren die beobachteten Abweichungen der Ergebnisse allerdings so groß, dass sie nicht mehr auf abweichende Modellannahmen zurückgeführt werden konnten.

Die Bewertung dieser Ausreißer stellt ein grundsätzliches Problem bei Vergleichen dieser Art dar. Bei den meisten Fallstudien handelt es sich um reale Inkorporationsfälle, bei denen die tatsächliche Aktivitätszufuhr bzw. die tatsächliche Folgeäquivalentdosis nicht bekannt ist. Man kann daher die Ergebnisse bei diesen Fallstudien nur untereinander vergleichen, nicht aber mit einem wahren Wert. Auf der anderen Seite kann man allerdings davon ausgehen,

dass die überwiegende Mehrheit der Teilnehmer die zur Verfügung stehenden Modelle zur Interpretation der Messwerte sinnvoll und rechnerisch korrekt anwendet. Aus diesem Grund kann man annehmen, dass der Mittelwert der von diesen Teilnehmern ermittelten Ergebnisse repräsentativ für den bei korrekter Anwendung der Modelle resultierenden Bestwert (best estimate) ist. Um diesen Bestwert zu erhalten, müssen allerdings die Ergebnisse, die durch Rechenfehler oder durch fehlerhafte Anwendung der Modelle verfälscht worden sind, nach Möglichkeit von der Mittelwertbildung ausgeschlossen werden. Dies ist aber nur dann möglich, wenn die fehlerbedingten Abweichungen erheblich sind. Kleinere Fehler können auf diese Weise prinzipiell nicht erkannt werden. Das gleiche gilt auch für größere Fehler, die sich gegenseitig kompensieren.

Fallstudie	Radionuklid	Effektiv Folgeäquivalentdosis E(50)		
		GM (mSv)	GSD	Max/Min
1	H-3	0,0053	1,16	77
2	Sr-90/Y-90	0,093	1,78	1900
3	I-125 (30 Tage)	0,456	1,49	31800
	I-125 (60 Tage)	0,365	1,55	4720
	I-125 (90 Tage)	0,251	1,56	95700
4	Cs-137	0,198	1,15	38
5	Po-210	3,18	1,25	4,74
	U-238+Folgeprodukte	0,355	2,31	31
6	Pu-239 (Person A)	240	2,4	9300
	Pu-239 (Person B)	58	2,46	6580
	Pu-239 (Pers. A; alte Modelle)	324	2,39	1700
	Pu-239 (Pers. A; neue Modelle)	185	2,27	217
	Pu-239 (Pers. B; alte Modelle)	61	2,41	2730
	Pu-239 (Pers. B; neue Modelle)	53	2,33	167
7	Pu-239	347	2,16	131000
	Pu-239 (alte Modelle)	467	2,26	15
	Pu-239 (neue Modelle)	187	2,7	38

Tab. 4—8: Statistik der Ergebnisse für die effektive Folgeäquivalentdosis (GM = geometrisches Mittel ohne Berücksichtigung der identifizierten Ausreißer, GSD = geometrische Standardabweichung ohne Berücksichtigung der Ausreißer, Max/Min = Verhältnis des höchsten und niedrigsten Wertes mit Berücksichtigung der Ausreißer)

Es zeigte sich, dass die herkömmlichen statistischen Verfahren zur Identifizierung von Ausreißern hier nicht anwendbar sind. Aus diesem Grund wurde anhand der vorliegenden Ergebnisse ein halbempirisches Verfahren entwickelt, mit dessen Hilfe zumindest grob fehlerhafte Ergebnisse mit hoher Wahrscheinlichkeit erkannt werden können. Allerdings kann auch mit diesem Verfahren nicht entschieden werden, ob ein außerhalb der Gesamtheit der übrigen Werte liegendes Ergebnis falsch oder aber als einziges richtig ist. Aus diesem Grund erhielten diejenigen Teilnehmer, deren Ergebnisse teilweise oder insgesamt außerhalb der Gesamtheit der übrigen Werte lagen, die Gelegenheit, ihre Berechnungen zu überprüfen. Wenn sich dabei reine Rechenfehler herausstellten, so wurden die Ergebnisse entsprechend korrigiert. Neuabschätzungen mit modifizierten Annahmen wurden allerdings nicht akzeptiert.

Die Tab. 4—8 vermittelt einen Überblick über die Streuung der Ergebnisse am Beispiel der für die effektive Folgeäquivalentdosis  $E(50)$  ermittelten Werte. Das geometrische Mittel (GM) und die geometrische Standardabweichung (GSD) beziehen sich jeweils auf die Ergebnisse ohne Ausreißer, während bei dem Verhältnis des höchsten zum niedrigsten Ergebnis (Max/Min) auch die Ausreißer einbezogen worden sind.

Die geometrische Standardabweichung (GSD) nimmt von etwa 1,2 für die  $\beta/\gamma$ -Strahler H-3 und Cs-137 bis auf etwa 2,4 für die knochensuchende  $\alpha$ -Strahler U-238 und Pu-239 zu. Die GSD des knochensuchenden  $\beta$ -Strahlers Sr-90 liegt mit 1,78 etwa in der Mitte zwischen diesen beiden Werten. Demnach ist die Unsicherheit der Messergebnisse relativ gering bei den Nukliden mit geringer Radiotoxizität und sie ist relativ groß bei den Nukliden mit großer Radiotoxizität. Die statistische Analyse zeigt weiterhin, dass die Streuung der Ergebnisse bei Verwendung der alten ICRP Modelle etwa gleich groß ist wie bei Verwendung der neuen Modelle. Bei den Pu-239-Fällen zeigt sich, dass das geometrische Mittel (GM) der Zufuhr bei Verwendung der neuen Modelle etwa doppelt so groß ist wie bei Verwendung der alten Modelle. Umgekehrt ist das GM der Folgedosis bei Verwendung der neuen Modelle etwa halb so groß wie bei Verwendung der alten Modelle.

Nähere Informationen über den Vergleich werden in Kürze in einem speziellen Bericht des Forschungszentrums veröffentlicht (H. Doerfel, A. Andrasi, M. Bailey, A. Birchall, C. Castellani, C. Hurtgen, N. Jarvis, L. Johansson, B. LeGuen, G. Tarroni. Third European Intercomparison Exercise on Internal Dose Assessment – Results of a Research Programme in the Framework of the EULEP/EURADOS Action Group „Derivation of Parameter Values for Application to the Model of the Human Respiratory Tract for Occupational Exposure“ 1997–1999).

#### 4.3.1.4 Dosisabschätzungen mit einem neuen altersabhängigen Modell für Plutonium

##### A. Luciani

Die 1998 begonnenen Arbeiten zur Verbesserung des ICRP-Modells zur Beschreibung des Stoffwechsels von Plutonium (ICRP Publikation 67) wurden fortgesetzt. Im Berichtszeitraum wurde eine verbesserte Version des Modells vorgeschlagen (Luciani und Polig, Health Physics, im Druck). Hierbei handelt es sich um ein altersabhängiges Kompartimentmodell, das unrealistische Annahmen, wie der in ICRP 67 angenommene Pu-Direkttransfer vom Weichgewebe in die Blase vermeidet. Mit der neuen Version wird eine bessere Konsistenz zwischen den verfügbaren Daten und den Modellvoraussagen für die Aktivität im Urin, im Stuhl und im Blut erzielt, als mit dem herkömmlichen ICRP-Modell. Das mit dem neuen Modell berechnete Verhältnis zwischen der Aktivität in der Leber und der Gesamtaktivität in Leber und Skelett ist ebenfalls weitgehend konsistent mit den verfügbaren Autopsie-Daten. Um das neue Modell zu testen, wurden die Abschätzungen der Zufuhren für einige beruflich strahlenexpo-

nierte Personen, deren Urinausscheidungsdaten in der Literatur verfügbar sind, berechnet und mit den Abschätzungen des ICRP67-Modells verglichen. Im Berichtszeitraum sind die effektiven Dosen für dieselben beruflich strahlenexponierten Personen berechnet worden. Auf diese Weise ist es möglich gewesen, das neue altersbedingte Modell mit dem ursprünglichen ICRP-Modell in Bezug auf die effektiven Dosen zu vergleichen. Außerdem sind die Dosiskoeffizienten und die analytischen Funktionen für die Urinausscheidung der wichtigsten Plutoniumisotope in einigen Standardfällen der Exposition berechnet worden. Die berechneten analytischen Funktionen für die Urinausscheidung des Plutoniums erleichtern die Anwendung des neuen altersbedingten Modell in der Praxis der Inkorporationsüberwachung.

Zur Dosisabschätzung für inhalationsbedingte Inkorporationen wurde das neue ICRP-Lungenmodell (ICRP Publikation 66) mit dem neuen systemischen Modell verbunden. Zum Test dieses erweiterten Modells wurden neun Personen betrachtet, deren längerfristige Ausscheidungsdaten in den Datensammlungen des United States Transuranium and Uranium Registry (USTUR) und des Manhattan Projekts verfügbar sind. Alle diese Personen inhalierten <sup>239</sup>Pu haltige Aerosole. Sowohl für 1 µm AMAD (Activity Median Aerodynamic Diameter) als auch 5 µm AMAD Aerosole ergeben das neue altersabhängige Modell und das ursprüngliche ICRP-67-Modell für die mittlere Absorption (Typ M) fast die gleichen Zufuhrensabschätzungen. Für die langsame Absorption (Typ S) sind die mit dem ICRP-Modell abgeschätzten Zufuhren um ungefähr 10 % kleiner .

Die Dosiskoeffizienten für die Inhalation von <sup>239</sup>Pu sind in Abhängigkeit vom Alter der Einzelperson bei der Inkorporation berechnet worden. Mit den abgeschätzten Zufuhren und den berechneten Dosiskoeffizienten für das neue altersabhängige Modell wurde die effektive Dosis für jede Einzelperson bestimmt Tab. 4—9. Auch die Abweichungen der effektiven Dosis von der mit dem ursprünglichen ICRP-Modell berechneten Dosis wurden berechnet. Es wird deutlich, dass die Dosisabschätzungen nach dem neuen Modells zu größeren Werten führt als nach dem ICRP-Modell.

Code	AMAD = 1 µm				AMAD = 5 µm			
	M Abs.		S Abs.		M Abs.		S Abs.	
	effektive Dosis [Sv]	ΔA [%]						
242	0,700	+ 24	1,43	+ 21	0,722	+ 25	1,58	+ 24
193	0,203	+ 27	0,395	+ 21	0,210	+ 29	0,436	+ 23
4	1,94	+ 17	3,70	+ 9	2,00	+ 18	4,07	+ 12
208	0,240	+ 36	0,485	+ 31	0,247	+ 38	0,536	+ 34
25	0,115	+ 20	0,221	+ 13	0,118	+ 21	0,243	+ 15
10	0,653	+ 24	1,30	+ 19	0,673	+ 25	1,44	+ 22
18	1,06	+ 25	2,05	+ 18	1,10	+ 27	2,25	+ 20
7	2,37	+ 13	4,42	+ 3	2,44	+ 14	4,85	+ 6
21	0,385	+ 13	0,716	+ 3	0,396	+ 15	0,786	+ 6

Tab. 4—9: Das neue altersabhängige Modell: Effektive Dosen und prozentuale Abweichungen vom ICRP-67-Modell für neun Personen mit <sup>239</sup>Pu-Expositionen (M Abs.: mittlere Absorption; S Abs.: langsame Absorption)

Um die Anwendung des neuen Modells zu erleichtern, sind die analytischen Funktionen für die Urinausscheidung des Plutoniums und die Koeffizienten der effektiven Dosis für die wichtigsten Plutoniumisotope ( $^{238}\text{Pu}$ ,  $^{239}\text{Pu}$ ,  $^{240}\text{Pu}$ , und  $^{241}\text{Pu}$ ) berechnet worden.

Bedingt durch die zeitabhängigen Transferparameter des Skeletts im neuen Modell hängt die Urinausscheidung des Plutoniums vom Alter bei der Inkorporation ab. In der vorliegenden Studie wurden die analytischen Funktionen der Plutoniumsausscheidung für Personen berechnet, die das kontaminierte Aerosol im Alter von 40 Jahren unter Standardbedingungen inhalierten. Das entspricht einer Mittelung des Aufnahmealters von 25 bis 60 Jahren. Bei der Inhalation eines 1  $\mu\text{m}$  AMAD Aerosols (mittlere Absorption) zeigen die Berechnungen, dass die im Urin ausgeschiedene Plutoniumaktivität bis 100 Tage nach der Inkorporation fast unabhängig vom Alter ist. Die größten Abweichungen zeigen sich zwischen 2 und 10 Jahren nach der Inkorporation. In dieser Zeit ist die Ausscheidung für das Aufnahmealter von 40 Jahren um +20% bzw. -15% verschieden von der Ausscheidung des Aufnahmealters 25 und 60 Jahre. Danach liegen die Abweichungen deutlich unter 10 %.

Die analytischen Funktionen der Urinausscheidung bei einer Aufnahme von Pu im Alter von 40 Jahren sind in Tab. 4—10 aufgeführt. Die Ausscheidung ist das Produkt eines Exponentialterms, der den radioaktiven Zerfall des Radioisotops darstellt, mit einer Summe von sieben Exponentialtermen, die den biokinetische Transport des Radionuklids im Körper darstellen. Die Exponentialfunktion weicht von der genauen analytischen Lösung des Modells um weniger als 5% für die ersten 10 Tage und um weniger als 2% bis zu 50 Jahre nach der Inkorporation ab. In der berechneten Exponentialfunktion sind die Exponenten der ersten drei Terme, welche die kurzfristige Ausscheidung beschreiben, unter allen Expositionsbedingungen gleich. Die Exponenten der letzten vier Terme hängen von der Art der Absorption ab, aber sie sind nahezu unabhängig von dem aerodynamischen Durchmesser des Aerosols.

Die Dosiskoeffizienten für die wichtigsten Isotope des Plutoniums sind in Tab. 4—11 zusammengestellt. Wie für die Urinausscheidung wurde ein Alter von 40 Jahren bei der Inkorporation angenommen. Da der Einfluss des Lebensalters auf den Dosiskoeffizienten relativ klein ist, können die für 40 Jahre ermittelten Dosiskoeffizienten für den gesamten Altersbereich des erwachsenen Menschen herangezogen werden. Auf Grund der durch das neue Modell vorausgesagten höheren Retention sind die berechneten Dosiskoeffizienten größer als die des ICRP-Modells. Das ist besonders deutlich für die mittlere Absorption, für die der Beitrag der Lunge zur effektiven Dosis kleiner als für die langsame Absorption ist.

$e_u(t) = e^{-\lambda_R t} \left( \sum_{i=1}^7 c_i e^{-\lambda_i t} \right) \quad [Bqd^{-1} \text{ pro Bq von Zufuhr}]$								
$\lambda_R [d^{-1}]$	$^{238}\text{Pu}$		$^{239}\text{Pu}$		$^{240}\text{Pu}$		$^{241}\text{Pu}$	
	2.17 x 10 <sup>-5</sup>		7.89 x 10 <sup>-8</sup>		2.91 x 10 <sup>-7</sup>		1.32 x 10 <sup>-4</sup>	
<i>i</i> Index	AMAD = 1 $\mu\text{m}$				AMAD = 5 $\mu\text{m}$			
	M Abs.		S Abs.		M Abs.		S Abs.	
	$c_i$	$\lambda_i [d^{-1}]$						
1	3,03x10 <sup>-4</sup>	0,88	2,94x10 <sup>-6</sup>	0,88	3,60x10 <sup>-4</sup>	0,88	3,57x10 <sup>-6</sup>	0,88
2	8,81x10 <sup>-6</sup>	0,09	5,07x10 <sup>-8</sup>	0,09	1,20x10 <sup>-5</sup>	0,09	1,03x10 <sup>-7</sup>	0,09
3	-2,18x10 <sup>-6</sup>	0,01	3,91x10 <sup>-9</sup>	0,01	1,61x10 <sup>-6</sup>	0,01	2,84x10 <sup>-8</sup>	0,01
4	1,06x10 <sup>-5</sup>	0,006	-1,34x10 <sup>-7</sup>	0,0015	4,81x10 <sup>-6</sup>	0,006	-7,36x10 <sup>-8</sup>	0,0015
5	1,69x10 <sup>-6</sup>	0,001	1,89x10 <sup>-7</sup>	0,0008	1,12x10 <sup>-6</sup>	0,001	1,03x10 <sup>-7</sup>	0,0008
6	1,71x10 <sup>-5</sup>	0,00001	-8,91x10 <sup>-8</sup>	0,0002	1,17x10 <sup>-5</sup>	0,00001	-5,11x10 <sup>-8</sup>	0,0002
7	-1,56x10 <sup>-5</sup>	0,000008	2,44x10 <sup>-7</sup>	0,00004	-1,07x10 <sup>-5</sup>	0,000008	1,30x10 <sup>-7</sup>	0,00004

Tab. 4—10: Analytische Funktionen für die Ausscheidung von Plutonium im Urin nach dem neuen Modell (M Abs.: Mittlere Absorption; S Abs.: Langsame Absorption).

Absorption	AMAD	Effektive Dosiskoeffizienten [Sv Bq <sup>-1</sup> ]			
		<sup>238</sup> Pu	<sup>239</sup> Pu	<sup>240</sup> Pu	<sup>241</sup> Pu
M	1 µm	5,1 x 10 <sup>-5</sup>	5,6 x 10 <sup>-5</sup>	5,6 x 10 <sup>-5</sup>	1,1 x 10 <sup>-6</sup>
	5 µm	3,5 x 10 <sup>-5</sup>	3,9 x 10 <sup>-5</sup>	3,9 x 10 <sup>-5</sup>	7,2 x 10 <sup>-7</sup>
S	1 µm	1,6 x 10 <sup>-5</sup>	1,6 x 10 <sup>-5</sup>	1,6 x 10 <sup>-5</sup>	1,9 x 10 <sup>-7</sup>
	5 µm	1,1 x 10 <sup>-5</sup>	8,8 x 10 <sup>-6</sup>	8,9 x 10 <sup>-6</sup>	9,5 x 10 <sup>-8</sup>

Tab. 4—11: Mit dem neuen Modell berechnete Dosiskoeffizienten (M: Mittlere Absorption; S: Langsame Absorption).

#### 4.3.1.5 Strahlenpassstelle

F. Pfeffer

Im Jahr 1999 hatten 157 (Vorjahr 113) von 311 (295) Fremdfirmen mit gültigem Abgrenzungsvertrag Mitarbeiter in Kontrollbereichen des Forschungszentrums Karlsruhe angemeldet. Insgesamt wurden 687 (848) Anmeldungen durchgeführt, wovon 254 (570) Ummeldungen oder Mehrfach-Anmeldungen waren, d.h. Mitarbeiter von Fremdfirmen, die sich mehrmals im Jahr an- und ab gemeldet haben. 153 (143) Anmeldungen wurden mit Bestätigungen im Sinne des §20 AtG durchgeführt. Des Weiteren wurden im Laufe des Jahres 1999 insgesamt 884 Abmeldungen durchgeführt, davon 140 Zwangsabmeldungen. Zwangsabmeldung bedeutet, dass die FF-Mitarbeiter entweder von den Instituten wegen abgelaufener Abgrenzungsverträge oder von der Strahlenpassstelle wegen überschrittener Arzttermine abgemeldet wurden.

Im Berichtszeitraum wurden 2 143 (1 502) Strahlenpässe zur Aktualisierung kurzfristig an Fremdfirmen ausgegeben. In Strahlenpässe wurden insgesamt 17 280 (15 282) Eintragungen vorgenommen. In der Datei sind jetzt 2 695 Fremdfirmenmitarbeiter erfasst.

#### 4.3.2 Betriebliche Überwachung

K. Burkhard, G. Nagel

##### 4.3.2.1 Filter- und Wischtestmessungen

Im Jahr 1999 wurden im Strahlenschutzmesslabor 38 640 Raumluftfilter (Vorjahr 37 600) mit Pseudokoinzidenzanlagen auf künstliche α- und β-Aktivität ausgemessen.

Die Luftstaubaktivitäten sind in Tab. 4—12 aufgegliedert. Die Werte 1,25 mBq/m<sup>3</sup> für α-Strahler bzw. 0,65 Bq/m<sup>3</sup> für β-Strahler sind die unteren Messschwellen. Die Werte 0,04 Bq/m<sup>3</sup> für α-Strahler bzw. 40 Bq/m<sup>3</sup> für β-Strahler sind von den Grenzwerten der Jahresaktivitätszufuhr über Luft für Personen der Kategorie A abgeleitete Interventionswerte. Ein weiterer Grenzwert ist für α-Strahler 0,8 Bq/m<sup>3</sup> bzw. für β-Strahler 800 Bq/m<sup>3</sup>, oberhalb dessen Atemschutzisolergeräte getragen werden müssen. In Abb. 4—3 wird der Verlauf der Häufigkeitsverteilung der Aerosolaktivitätskonzentration oberhalb der Messschwelle in der Raumlufte 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 %
α-Aktivität	A > 0,8	146 (134)	0,4 (0,4)
	0,8 ≥ A > 0,04	803 (589)	2,1 (1,6)
	0,04 ≥ A ≥ 0,00125	4 320 (2 784)	11,2 (7,4)
	A < 0,00125	33 371 (34 093)	86,3 (90,6)
β-Aktivität	A > 800	1 (0)	0,0 (0,0)
	800 ≥ A > 40	2 (7)	0,0 (0,0)
	40 ≥ A ≥ 0,65	306 (365)	0,8 (1,0)
	A < 0,65	38 331 (37 228)	99,2 (99,0)

Tab. 4—12: Häufigkeitsverteilung der Aerosolaktivitätskonzentration in der Raumluft

Mittels α-Spektroskopie wurden im Strahlenschutzmesslabor 17 Wischtestproben und mittels γ-Spektroskopie 979 Proben quantitativ und qualitativ untersucht. Davon entfielen auf Kohlefilter aus der Raumluftüberwachung 643, auf Glasfaserfilter 166, auf Wischtests 12, auf Sonstiges 26 und auf Dichtheitsprüfungen 97. Mittels Flüssigszintillationsmesstechnik wurden 945 Styropor-Wisctest-Proben auf H-3 untersucht.

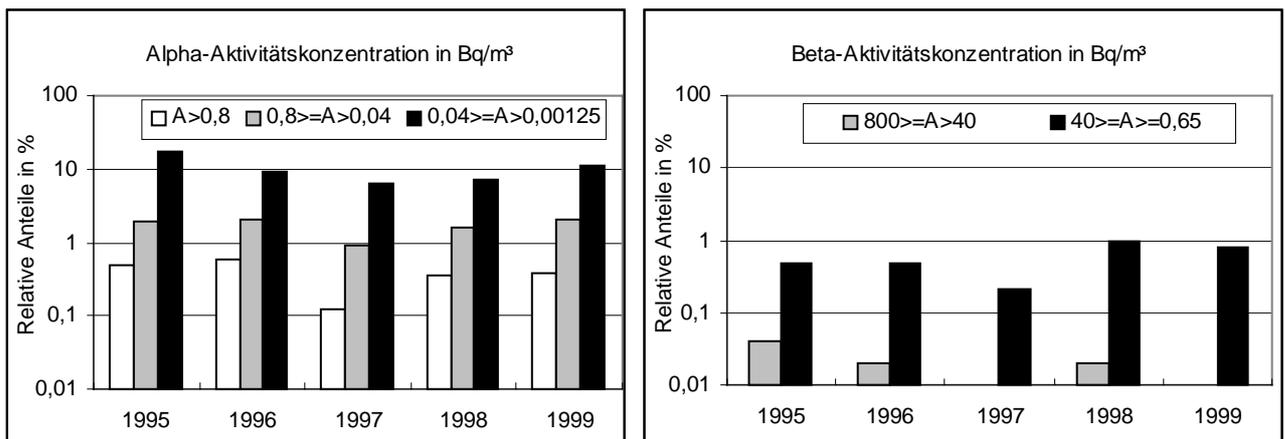


Abb. 4—3: Verlauf der Häufigkeitsverteilung der Aerosolaktivitätskonzentrationen in der Raumluft oberhalb der Messschwelle

#### 4.3.2.2 Inkorporationsüberwachung durch Raumluftaktivitätsmessungen

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, in der Anlage MILLI des ITC-CPV und im MZFR 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 werden arbeitsgruppenspezifisch unter Verwendung des jeweils maximalen Aktivitätskonzentrationswertes einer Raumgruppe oder eines Gebäudes die täglichen Aktivitätszufuhren berechnet, zu Monatswerten addiert und zu effektiven Dosen umgerechnet. In den Anlagen der HDB werden seit diesem Jahr die individuellen Aufenthaltszeiten bei der Berechnung der täglichen Aktivitätszufuhren erfasst und berücksichtigt, während im MZFR immer von einem achtstündigen Arbeitstag ausgegangen wird. Aus diesem Grund lassen sich für die Anlagen der HDB individuelle Dosen angeben, im MZFR werden allen in der Anlage tätigen Personen konservativer Weise die selben Dosen zugeschrieben. Beim Rückbau der MILLI-Zellen wird ein Individualverfahren mit wöchentlichen Stuhluntersuchungen durchgeführt.

In der Tab. 4—13 sind die auf diese Weise für die verschiedenen Anlagen bestimmten mittleren effektiven Dosen sowie die maximale Individualdosis aufgeführt.

Anlage	Anzahl der überwachten Personen	Effektivdosis in mSv	
		mittlere	maximale
HDB	463	0,38	2,2
MZFR	12	0,40	0,4
ITC-CPV (MILLI)	12	1,31	6,0

Tab. 4—13: Ergebnisse der routinemäßigen Inkorporationsüberwachung

#### 4.3.2.3 Dichtheitsprüfungen

K. Burkhard

Auch 1999 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.

Mitte des Jahres wurde von HS-AS nach Rücksprachen mit HS-St ein neues Buchführungsprogramm für radioaktive Stoffe BURAST eingeführt. Die Neuzugänge der Strahler werden z. Zt. noch weiterhin von HS-AS eingegeben. Festlegung des Prüfverfahrens, des Prüfungsintervalls, die Prüfauforderung und Terminverfolgung obliegt seit diesem Zeitpunkt HS-St.

	Am-241	Cs-137	Sr-90	Cf-252	Co-60	Ni-63	Pu-239	Sm-151	Pb-210	Fe-55	Co-57	Cd-109	Ba-133	Po-210	Ra-226	Np-237	Ges.
HS-St	8	11	6	2	1		3		1						1	1	33
FTU	4	4	2	4	1				1								16
HDB	4	5			1								1	1			11
IK I	4		1							1	1						6
IK III	5																5
BTI						5											5
HS-M			3														3
MZFR		1	1		1												3
IMK	1													1			2
INR	1			1													2
INFP							2										2
ITOX					2												2
HZY															1		1
EKM												1					1
HVT-HZ		1															1
HZY-RTM	1																1
HS-US		1															1
IMF-III											1						1
IKET		1									1						1
Summe	28	24	13	7	6	5	3	2	2	1	1	1	1	1	1	1	97

Tab. 4—14: Anzahl der im Jahr 1999 durchgeführten Dichtheitsprüfungen an umschlossenen Strahlern

#### 4.3.2.4 Programmpflege und -neuentwicklung

G. Nagel

Im Berichtszeitraum wurden die Programme zur Dateiverwaltung von Personendosen (Taschen-ionisationskammer), Strahlungsmessgeräten, Raumluftaktivität (Aerosole), Oberflächenkontamination, Präparaten und Strahlenpässen aktualisiert.

#### 4.3.3 Radium in Sprague-Dawley-Ratten

E. Polig, V. Volf, F. Bruenger, A. Lutz

Die Untersuchung der Verteilung von Radium im Körper, der Berechnung von Strahlendosen in den kritischen Organen und Geweben und der theoretischen Modellierung der strahleninduzierten Spätschäden ist ein wichtiger Schritt zur Bestimmung der Toxizität anderer Alpha-Strahler. Die vermutete hohe Toxizität der Transurane wurde bisher nur aus Tierversuchen geschlossen. Dort beobachtet man überwiegend strahleninduzierte Tumore in Skelett und Leber. Trotz einiger Unfälle bei der Handhabung von Transuranen konnten noch keine Strahlenschäden beim Menschen als Folge der internen Aufnahme dieser Nuklide nachgewiesen werden. Risikoabschätzung der Transurane für den Menschen müssen sich also auf die epidemiologischen Erfahrungen mit anderen Alpha-Strahlern stützen. Bei Skelettumoren kommen dabei hauptsächlich Ra-226 (Ziffernblatt-Maler) und Ra-224 (therapeutische Anwendungen) in Frage; für Lebertumore sind es die Thorium-Isotope (Thorotrast Röntgen-Kontrastmittel). Da in Studien mit Beagle-Hunden und Ratten die Skelettumore nach intravenöser Aufnahme von Pu-239 häufiger auftreten als Lebertumore, und dies deshalb auch für den Menschen an-

genommen werden muss, konzentriert sich das Interesse vorwiegend auf diese Art des Spätschadens. Das Ziel ist dabei, ein Risikomodell zu finden, das in einer oder mehreren Tierspezies das Auftreten von Tumoren in Abhängigkeit von der aufgenommenen Aktivität des Radium-Nuklids und von Pu-239 genau beschreibt. Der nächste Schritt wäre dann die Extrapolation auf den Menschen mit den epidemiologischen Daten von Radium als Referenznuclid.

Als Beitrag zu diesem Ziel wurden vor einigen Jahren im Institut für Genetik und Toxikologie umfangreiche toxikologische Versuche mit Ratten durchgeführt. Über einige bisher unveröffentlichte Ergebnisse der Radium-Studie soll an dieser Stelle berichtet werden.

Die Ganzkörper-Retention von Ra-226 in Sprague-Dawley-Ratten ist im vergleichbaren Beobachtungszeitraum höher als bei Beagle-Hunden und wesentlich höher als beim Menschen (Abb. 4—4). Der annähernd geradlinige Verlauf im doppelt-logarithmischen Maßstab deutet darauf hin, dass in allen drei Spezies die Retention mit einer Potenzfunktion beschrieben werden könnte. Auf einer solchen Potenzfunktion baut sich das Modell der ICRP (ICRP 20) für Radium im Menschen auf.

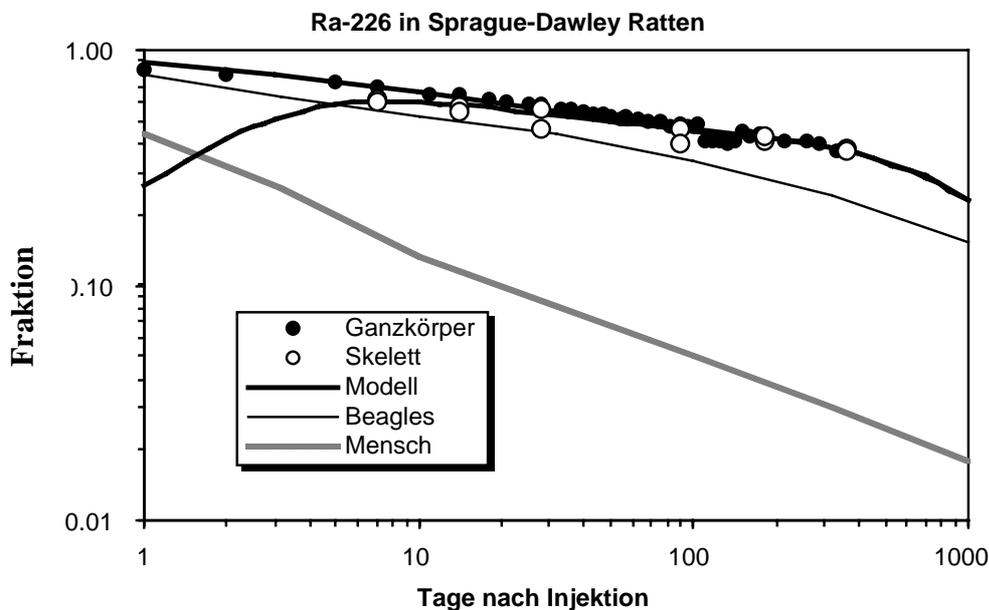


Abb. 4—4: Ganzkörper-Retention von Ra-226 nach Aufnahme durch Injektion. Messpunkte beziehen sich auf Messungen in Ratten. Die Kurven-Modell sind Berechnungen des Kompartimentmodells für Ratten.

Eine mehr mechanistische Interpretation kann man der Retention mit Hilfe eines Kompartimentmodells geben. Abb. 4—5 zeigt ein einfaches Modell bestehend aus zwei Skelettkompartimenten für die Knochenoberflächen und das Knochenvolumen und dem Blut (extrazelluläres Wasser). Im Gegensatz zu Beagle und Mensch ist praktisch kein Radium in den Weichgeweben der Ratte zu finden. Ein entsprechendes Kompartiment wurde deshalb weggelassen. Das mit dem Blut schnell austauschende Kompartiment kann man mit den Knochenoberflächen, das langsam austauschende mit dem Knochenvolumen identifizieren. Allerdings gibt es bei der Ratte dafür keinen autoradiographischen Beweis. Nach ca. 5 Tagen erreicht die Ra-Konzentration auf den Oberflächen einen Maximalwert von 34 % der injizierten Menge. Das Knochenvolumen hat die höchste Ra-Konzentration von 44 % nach ca. 85 Tagen. Auf den Oberflächen sind dann nur noch 2,3 %. Aus den Transferparametern des Modells

errechnet sich eine Ausscheidung von 28,4 % des im Blut enthaltenen Radiums. Im Gleichgewicht (konstante Zufuhr) ist 1,1% im Blut, 3,2 % auf den Oberflächen und 95,7 % im Knochenvolumen.

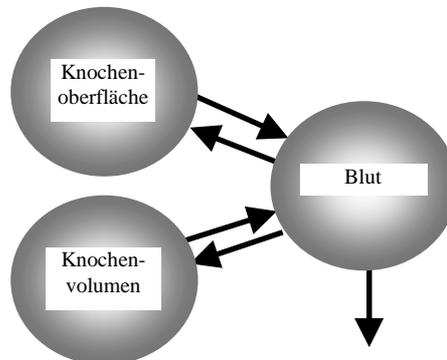


Abb. 4—5: Kompartimentmodell der Retention von Ra-226 in der Ratte.

Ra-226 zerfällt unter Abgabe eines 4,78 MeV ( $E_{Ra}$ )  $\alpha$ -Teilchens in Rn-222 mit einer Halbwertszeit von 3,83 Tagen. Während dieser relativ langen Halbwertszeit kann ein Teil des Edelgases Rn-222 durch Diffusion und anschließende Exhalation das Skelett verlassen, ohne zur Strahlendosis im kritischen Gewebe beizutragen. In der Zerfallskette beginnend mit Rn-222 bis Po-214 entstehen drei weitere  $\alpha$ -Teilchen mit insgesamt 19,16 MeV ( $E_T$ ). Der Beitrag der Ra-Töchter zur Strahlendosis wäre also wesentlich größer als der Beitrag der Mutter, gäbe es nicht die Exhalation, die diesen Beitrag vermindert. Für die Dosimetrie ist es deshalb wichtig, die Retention von Rn möglichst genau zu bestimmen. In dem hier besprochenen Versuch geschah dies durch Messung der  $\gamma$ -Strahlung von Ra-226 (186 keV) und der Tochter Bi-214 (609 keV).

Wie bereits von anderen Autoren berichtet, steigt die Rn-Retention im Skelett mit der Zeit nach Injektion an (Abb. 4—6). Für dosimetrische Berechnungen haben Mays und Mitarbeiter einen mathematischen Ausdruck abgeleitet. Dieser Ausdruck kann in seiner qualitativen Form mit einer kleinen Änderung der Parameter übernommen werden.

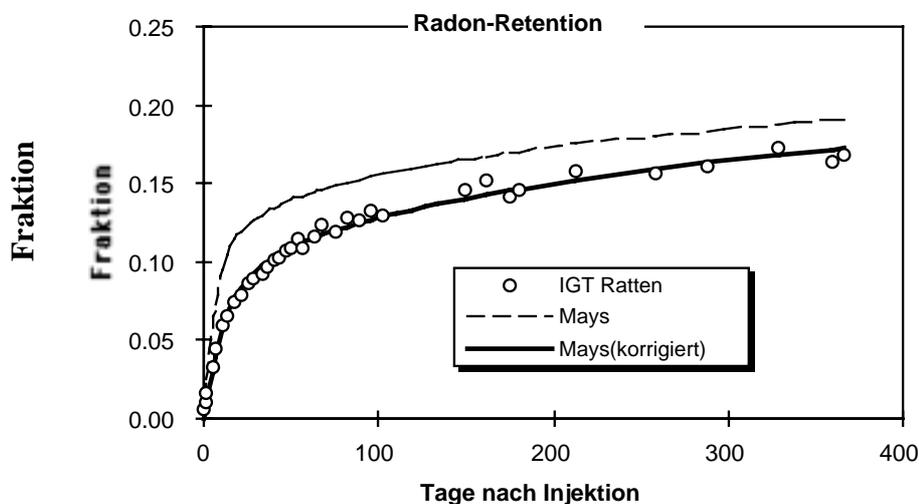


Abb. 4—6: Radon-Retention im Skelett nach einer Injektion von Ra-226.

Für die untersuchten Versuchstiere ergibt sich

$$R_n - \text{Retention} \quad R_{Rn}(t) = 0.0448t^{0.228}(1 - e^{-0.124t}) \quad (1)$$

wobei  $t$  die Zeit nach Injektion in Tagen darstellt. Die obige Gleichung ist in Abb. 4—7 als durchgezogene Linie gezeichnet. Die ursprüngliche Funktion von Mays et al. ergibt etwas zu große Werte.

Die mittlere  $\alpha$ -Strahlendosis im Skelett zur Zeit  $t$  wird aus dem folgenden Ausdruck berechnet:

$$D_{\alpha}(t) = A_{Ra} \int_0^t \frac{R_{Skel}(\tau)}{M_{Skel}(\tau)} (E_{Ra} + R_{Rn}(\tau)E_T) d\tau \quad (2)$$

$A_{Ra}$  ist die injizierte Aktivität von Ra-226 und  $M_{Skel}(t)$  ist die Skelettmasse. Die Skelett-Retention  $R_{Skel}$  ergibt sich aus dem obigen Kompartimentmodell. Die Zeitabhängigkeit der Skelettmasse kann bei den Versuchstieren nicht vernachlässigt werden, da die Masse von ca. 18 g zu Beginn des Versuchs auf über 40 g ansteigt. Zur Integration in Gl.2 wurde ein empirischer Ausdruck für  $M_{Skel}(t)$  aus Messwerten abgeleitet. Der Beitrag der  $\beta$ -Strahlung von Pb-214 und Bi-214 wird nicht berücksichtigt, da der Dosisbeitrag verglichen mit der  $\alpha$ -Strahlung klein ist und außerdem die wesentlich höhere biologische Wirksamkeit der  $\alpha$ -Strahlung berücksichtigt werden muss. Abb. 4—7 zeigt die mittlere Strahlendosis im Skelett in Abhängigkeit von der Zeit nach Injektion. Der Dosisbeitrag der Töchter ist 1 % am ersten Tag nach Injektion und steigt auf 34 % gegen Ende der Lebensdauer.

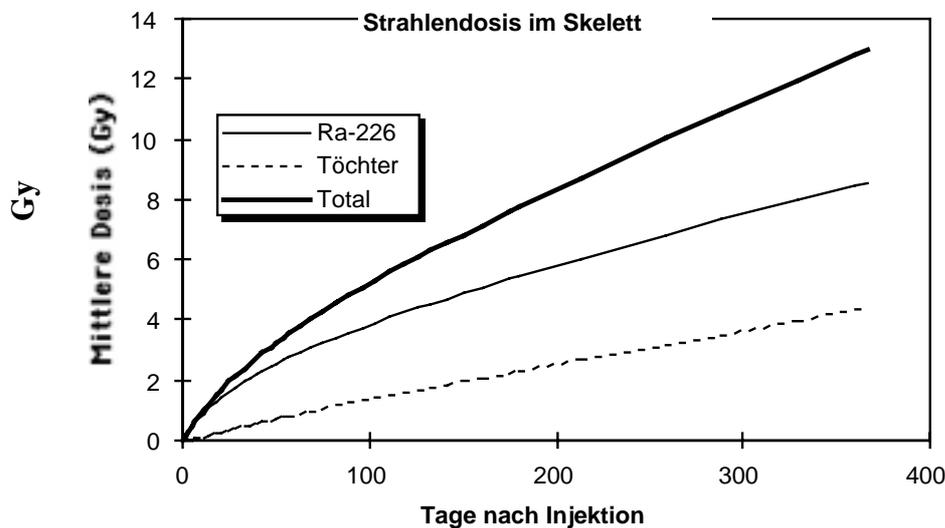


Abb. 4—7: Mittlere  $\alpha$ -Strahlendosis im Skelett von Sprague-Dawley-Ratten (200 g Körpergewicht) nach Injektion von 37 kBq Ra-226.

Zur Bestimmung der Toxizität wurden 346 Tiere in fünf Gruppen aufgeteilt. Die injizierte Ra-226 Dosis betrug in den einzelnen Gruppen 115, 213, 312, 433 und 650 kBq/kg Körpergewicht. Eine sechste Gruppe von 206 Tieren diente als Kontrollgruppe. Der Anteil der Tiere

mit mindestens einem Osteosarkom stieg von 22,2 % (115 kBq/kg) auf ein Maximum von 66,7 % (433 kBq/kg) und nahm bei der höchsten Injektionsdosis wieder auf 54,5 % (650 kBq/kg) ab. In der Kontrollgruppe war die Häufigkeit 1 %. Mit Hilfe von Gleichung 2 kann für die Lebensdauer jedes Versuchstieres die akkumulierte mittlere Strahlendosis im Skelett berechnet werden. Außerdem wurde durch Messung der Ra-Retention in jedem Tier eine individuelle Korrektur des Dosiswertes für die gesamte Population durchgeführt. Abb. 4—8 zeigt die Wahrscheinlichkeit des Überlebens ohne Osteosarkom in Abhängigkeit von der mittleren Skelettdosis. Die Kurven wurden nach der Produkt-Limit-Methode von Kaplan-Meier berechnet und sind damit bezüglich konkurrierenden Todesursachen korrigiert. Sie geben also an, wie die Wahrscheinlichkeit für den Endeffekt Osteosarkoma verläuft, wenn es sonst keine andere Todesursache gäbe und das Tier eine unendliche Lebensdauer hätte. Die Kurven verschieben sich zu kleineren Dosen für abnehmende Aktivitätsmengen. Das bedeutet, es gibt einen ausgeprägten inversen Dosisleistungseffekt. Bei kleiner Dosisleistung ist die relative biologische Wirksamkeit größer als bei hoher Dosisleistung. Dieses Phänomen wurde ebenfalls für die Osteosarkom-Induktion durch Pu-239 und Ra-226 in Beagles beobachtet. Man kann deshalb schließen, dass es auch für den Menschen gültig ist.

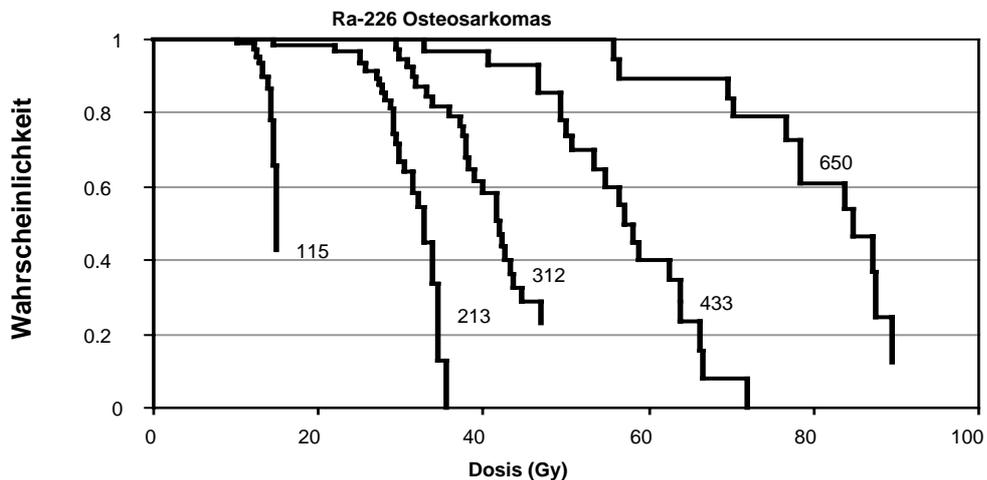


Abb. 4—8: Überlebenswahrscheinlichkeit bezüglich Ra-226 induzierten Osteosarkomas als Funktion der mittleren  $\alpha$ -Strahlendosis im Skelett von Sprague-Dawley Ratten. Parameter ist die injizierte Aktivität in kBq/kg Körpergewicht.

Das Ergebnis in Abb. 4—8 sollte eine gewisse Nachdenklichkeit im Hinblick auf die gängigen empirischen Dosis-Effekt-Beziehungen erzeugen. Es ist in epidemiologischen Studien meist üblich, parametrisierte linear-quadratische Dosis-Effekt Kurven den vorhandenen statistischen Daten anzupassen. Dies impliziert die Voraussetzung, dass es keine Abhängigkeit von der Dosisleistung gibt. Wie das obige Ergebnis zeigt, ist diese Voraussetzung jedoch nicht für alle Späteffekte erfüllt. Die Extrapolation der bei hohen Dosen abgeleiteten Dosis-Effekt-Beziehungen in den Bereich sehr kleiner Strahlendosen kann zu einer erheblichen Unterschätzung des Risikos führen.

## 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 ortsfesten Anlagen zur Raum- und Fortluftüberwachung zusammen.

Die Funktionstüchtigkeit dieser Geräte und Anlagen wird vom Personal der Arbeitsplatzüberwachung regelmäßig, meist täglich, überprüft. Wiederkehrende Prüfungen werden nach 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 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 Messsystemen vorgenommen und kommerziell nicht erhältliche Geräte für den Eigenbedarf der Hauptabteilung Sicherheit entwickelt.

Als besonderen Neuzugang verzeichneten wir im Berichtszeitraum einen Hand-Fußmonitor mit Großflächen-Plastikszintillations-Detektoren. Bei diesem Detektortyp entfällt, im Gegensatz zu den Hand-Fußmonitoren mit Großflächen-Proportionalzählern, die Gasversorgung. Der Alpha- und Betawirkungsgrad der Szintillator-Handsonde ist etwas niedriger als bei einem vergleichbaren Proportionalzähler. Bei der Fußsonde hingegen liegt der Alphawirkungsgrad lediglich bei 5 %. Dies ist durch den zu großen Abstand zwischen Detektoroberfläche und Fußrost bedingt. Eine konstruktive Änderung der Mechanik könnte bewirken, dass der Wirkungsgrad der Fußsonde entsprechend zunimmt. Dann wäre der Hand-Fußmonitor mit Szintillationstechnik eine echte Alternative.

#### 4.4.2 Messungen gemäß des Arbeitsschutzgesetzes

N. Liebe

Im Berichtsjahr wurden insgesamt fünf Arbeitsplatzmessungen durchgeführt. Dabei wurden sowohl Messungen zur Festlegung von Lärmbereichen als auch begleitende Frequenzanalysen als Grundlage von speziellen Schalldämmungen vorgenommen.

#### 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, sowie Ortsdosisleistungs-Messstellen und Handgeräte erfolgten 415 Reparatursätze. Das Jahr-2000-Problem erforderte die Überprüfung und wenn notwendig die Ertüchtigung der von der Abteilung Strahlenschutz betreuten Messstellen. Der Jahreswechsel verlief reibungslos.

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, sowie 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 Prüfregeln für Strahlenschutzdosimeter. Folgende Aufgaben stehen im Vordergrund:

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

Im Berichtsjahr wurden 4 Gamma- und 27 Neutronen-Dosisleistungsmessgeräte, sowie 9 Neutronen-Dosismessgeräte kalibriert. An der Hochdosis-Bestrahlungsanlage fanden 17 Bestrahlungen, zum Teil als Auftragsarbeiten für Fremdfirmen, statt. Im Bestrahlungsbunker wurden 182 Bestrahlungen, hauptsächlich für die amtliche Messstelle, durchgeführt. Alle Cs-137-Bestrahlungseinrichtungen wurden regelmäßig mit einem Sekundärstandard kontrolliert.

Die Überprüfung von 1090 Strahlenschutz-Messgeräten zwecks Eichfristverlängerung erfolgte mit der von der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt zugelassenen stationären Kontrolleinrichtung. Bei 23 Strahlenschutzmessgeräten, meist Reparaturfälle, erschien eine Messprüfung mit der stationären Kontrolleinrichtung sinnvoll, bevor sie der Eichbehörde überstellt wurden.

Bei 13 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 5 889 Eichpunkten im Jahr 1999.

#### 4.5 Einsatz von In-situ-Gammaspektrometrie zur Unterstützung der Entscheidungsmessungen bei der Freigabe von Gebäuden oder Gebäudeteilen im Forschungszentrum Karlsruhe

A. Reichert, M. Hellmann

Im Hinblick auf die bevorstehenden und laufenden Freigabeverfahren von Gebäuden bzw. Gebäudeteilen im Forschungszentrum Karlsruhe wurde versucht, die mittels Direktmessungen sowie Bohrproben an den stehenden Gebäudestrukturen durchzuführenden Entscheidungsmessungen durch Messungen mittels In-situ-Gammaspektrometrie zu stützen. Die zur Verfügung stehende Messanordnung besteht aus einem mobilen Reinstgermaniumdetektor (n-type koaxialer Ge-Detektor) einschließlich Stickstoffbehälter und Vorverstärker, der Auswertelektronik (INSPECTOR: HV-Spannungsversorgung, Vielkanalanalysator), Laptop (Auswerteprogramm: GENIE) sowie dem Kollimator und einem Hebekarren. Die Messungen werden kollimiert durchgeführt. Hierbei wird ein 1 m<sup>2</sup>-Ausschnitt einer Gebäudefläche betrachtet.

Im Vorfeld wurde die Kalibrierung der Messanordnung entsprechend des Entwurfs der DIN 25462 „In-situ-Gammaspektrometrie zur nuklidspezifischen Umweltkontaminationsmessung“ durchgeführt. Danach wird ein Kalibrierfaktor ermittelt, der aus Detektorausbeutefaktor, Winkelkorrekturfaktor, und Geometriefaktor besteht.

Dabei wird der Detektorausbeutefaktor und bei winkelabhängigen Detektoren zusätzlich der Ausbeutekorrekturfaktor des verwendeten Detektors experimentell bestimmt. Die anderen beiden Faktoren werden anhand von theoretisch und empirisch ermittelten Formeln berechnet. Auf diese Ergebnisse aufbauend wurde die Kalibrierung für den Einsatz bei der Freigabe von Gebäuden und Gebäudeteilen unter praktischen Gesichtspunkten optimiert. Hierbei wurden abweichend von der Vorgehensweise der DIN die Kalibrierfaktoren für die Leitnuklide Co-60 sowie Cs-137 mittels einer simulierten Flächenkontamination experimentell ermittelt.

##### 4.5.1 Rahmenbedingungen

Die Kalibrierung der Messanordnung wurde im Hinblick auf die praktische Anwendung zur Unterstützung der Entscheidungsmessungen bei der Freigabe von Gebäuden bzw. von Gebäudeteilen für den Einsatz in Gebäude 553 der HDB ausgelegt. Hierzu wurden die zu diesem Zeitpunkt absehbaren Auflagen der zuständigen Aufsichtsbehörde für den Rückbau und die Freigabe des Gebäudes zugrundegelegt.

Die Vorgaben orientieren sich im wesentlichen an der SSK-Empfehlung von 1998: „Freigabe von Materialien, Gebäuden und Bodenflächen mit geringfügiger Radioaktivität aus anzeige- oder genehmigungspflichtigem Umgang“. Die Radionuklide sind in drei Gruppen mit Grenzwerten von 5 Bq/cm<sup>2</sup>, 0,5 Bq/cm<sup>2</sup> und 0,05 Bq/cm<sup>2</sup> eingeteilt. Diese Einteilung entspricht der Anlage IX Spalte 4 der Strahlenschutzverordnung. Die Mittelungsfläche beträgt 1 m<sup>2</sup>.

Der für den Rückbau von Bau 553 festgelegte Nuklidvektor setzt sich aus messbaren und nichtmessbaren Nukliden zusammen. Zur Bestimmung der Gesamtaktivität wird anhand der gemessenen Leitnuklide auf die Summe aus messbaren und nichtmessbaren Nukliden hochgerechnet. Bei der In-situ-Gammaspektroskopie können Co-60 oder Cs-137 als Leitnuklide verwendet werden.

#### 4.5.2 Kalibrierung

Die Position des Detektors im Kollimator ist entscheidend für den Öffnungswinkel des Sichtfensters des Detektors und in Verbindung mit dem Abstand zum Messpunkt maßgeblich für die Größe der betrachteten Fläche. Abb. 4—9 zeigt schematisch einen Ausschnitt der Messanordnung mit Angabe der Abmessungen und Winkel.

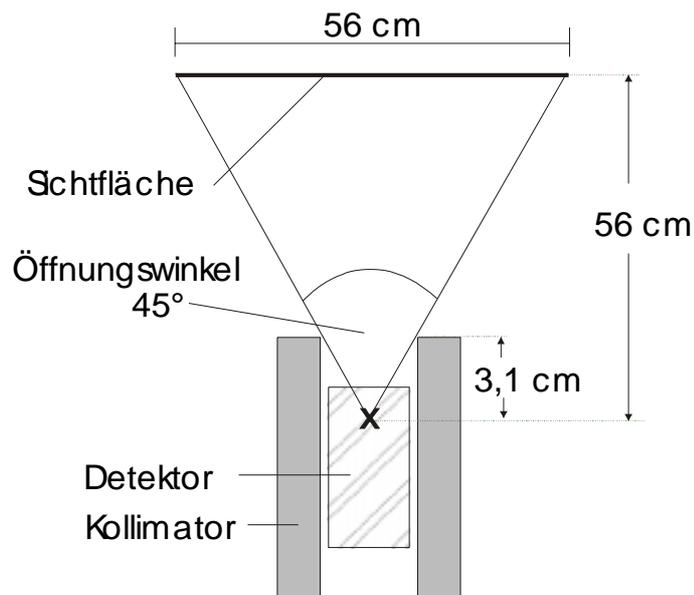


Abb. 4—9: Schematische Darstellung der Detektoranordnung

Die Kalibrierung des Gammaskpektrometers erfolgte mittels eines Flächenpräparates. Mit diesem Präparat wurde eine homogen kontaminierte Fläche von 1 m<sup>2</sup> (Durchmesser: 56 cm) simuliert. Die Kalibriermessungen erfolgten unten den gleichen Bedingungen wie sie in der Praxis angewandt werden. D.h. zum Betrachten einer 1 m<sup>2</sup>-Fläche (Durchmesser: 56 cm) musste der Detektormittelpunkt bei einem Öffnungswinkel von 45° 3,1 cm im Kollimator stecken und 56 cm von der zu betrachtenden Fläche entfernt sein. Es wurden Kalibrierfaktoren für eine reine Oberflächenkontamination sowie für eingedrungene Kontamination ermittelt. Zur Bestimmung der Kalibrierfaktoren für eingedrungene Kontamination wurden Aluminiumbleche zur Simulation der Abschirmwirkung von Beton verwendet.

Mit den auf diese Weise ermittelten Kalibrierfaktoren und einer gewählten Messzeit von einer halben Stunde, ergeben sich für die Leitnuklide folgende Nachweisgrenzen:

- Oberflächenkontamination:
- Co-60: 0,03 Bq/cm<sup>2</sup>
- Cs-137: 0,04 Bq/cm<sup>2</sup>
- Eindringene Kontamination bis 2 cm Eindringtiefe:
- Cs-137: 0,05 Bq/cm<sup>2</sup>
- Co-60: 0,04 Bq/cm<sup>2</sup>

#### 4.5.3 Vergleichsmessungen in Bau 553

Nachdem der Raum 203 des Gebäudes 553 der HDB ausgeräumt war, wurden die Innenseiten der Wände des Raumes nach erfolgter Dekontamination mit einem Raster von 1 m<sup>2</sup> belegt und mittels Direktmessungen sowie zum Teil mittels Bohrproben ausgemessen. Zum Vergleich wurden zwei Stellen (Fläche 182 und Fläche 235) mit der In-situ-Messanordnung nachgemessen. Hierbei wurde für die In-situ-Messung der Kalibrierfaktor für eingedrungene Aktivität verwendet. Mit diesem Kalibrierfaktor wird die oberflächennahe Kontamination bei Co-60 bzw. Cs-137 nur geringfügig überschätzt. Die ermittelten Aktivitätswerte für Cs-137 wurden unter Verwendung des Hochrechnungsfaktors des Rückbauvektors für Bau 553 auf die Beta-Gamma-Gesamtaktivität hochgerechnet. In Tab. 4—15 werden die Messergebnisse der verschiedenen Messmethoden gegenübergestellt.

Bei der Oberflächenmessung mittels Direktmessung wurden sowohl messbare wie auch nicht messbare Beta-Gamma-Nuklide berücksichtigt. Bei den Bohrproben wurde die mittlere massenspezifische Aktivität des Cs-137 aus vier Proben verteilt über eine Tiefe von 0 bis 8 cm, sowie einer Fläche von 100 cm x 100 cm betrachtet. Die in diesem „Volumenelement“ enthaltene Aktivität, hochgerechnet für die gesamte Beta-Gamma-Aktivität wurde anschließend auf eine Fläche von 1 m<sup>2</sup> bezogen.

Messpunkte	In-situ- $\gamma$ -Spektrometrie	Oberflächenmessung	Bohrprobe
MP 182	0,4 Bq/cm <sup>2</sup>	1,0 Bq/cm <sup>2</sup>	0,8 Bq/cm <sup>2</sup>
MP 235	1,5 Bq/cm <sup>2</sup>	1,2 Bq/cm <sup>2</sup>	0,8 Bq/cm <sup>2</sup>

Tab. 4—15: Werte der Vergleichsmessungen in Gebäude 553

Dieser Vergleich zeigt eine gute Übereinstimmung der Messwerte der verschiedenen Messverfahren. Die In-situ-Messanordnung kann sinnvoll zur Unterstützung der Entscheidungsmessungen bei der Freigabe von Gebäuden eingesetzt werden, sofern mittels Gamma-Spektrometrie messbare Leitnuklide wie Cs-137 in dem zugrundezulegenden Vektor mit ausreichendem Anteil vertreten sind. Allerdings ist der Einsatz durch die eingeschränkte Mobilität der Messanordnung begrenzt (Sichtichtung: horizontal auf Wände beschränkt; maximale Höhe über Boden: 1 m). Für die weitere Anwendung muss die Kalibrierung für eingedrungene Aktivität noch optimiert werden. Außerdem sollte die Mobilität der Messanordnung verbessert werden.

## 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 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 für Chemieabwasser. Über die Ergebnisse der routinemäßigen Abwasserüberwachung und der Berechnung der Strahlenexposition in der Umgebung wird in Kap. 5.2 berichtet.

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

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: August 1999)“ 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 1999 Genehmigungswerte ausgewiesen waren, hat sich durch Aufnahme der Synchrotronstrahlenquelle ANKA (Bau 349) gegenüber dem Vorjahr auf 28 Emittenten erhöht (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 Emissionsstellen 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 Tritiumsammler durch HS-St-Personal gewechselt und HS-US zur Auswertung zugeleitet (siehe Abb. 5-2). Die Ergebnisse der Messstellen für radioaktive Gase werden vor Ort registriert und HS-US übermittelt.

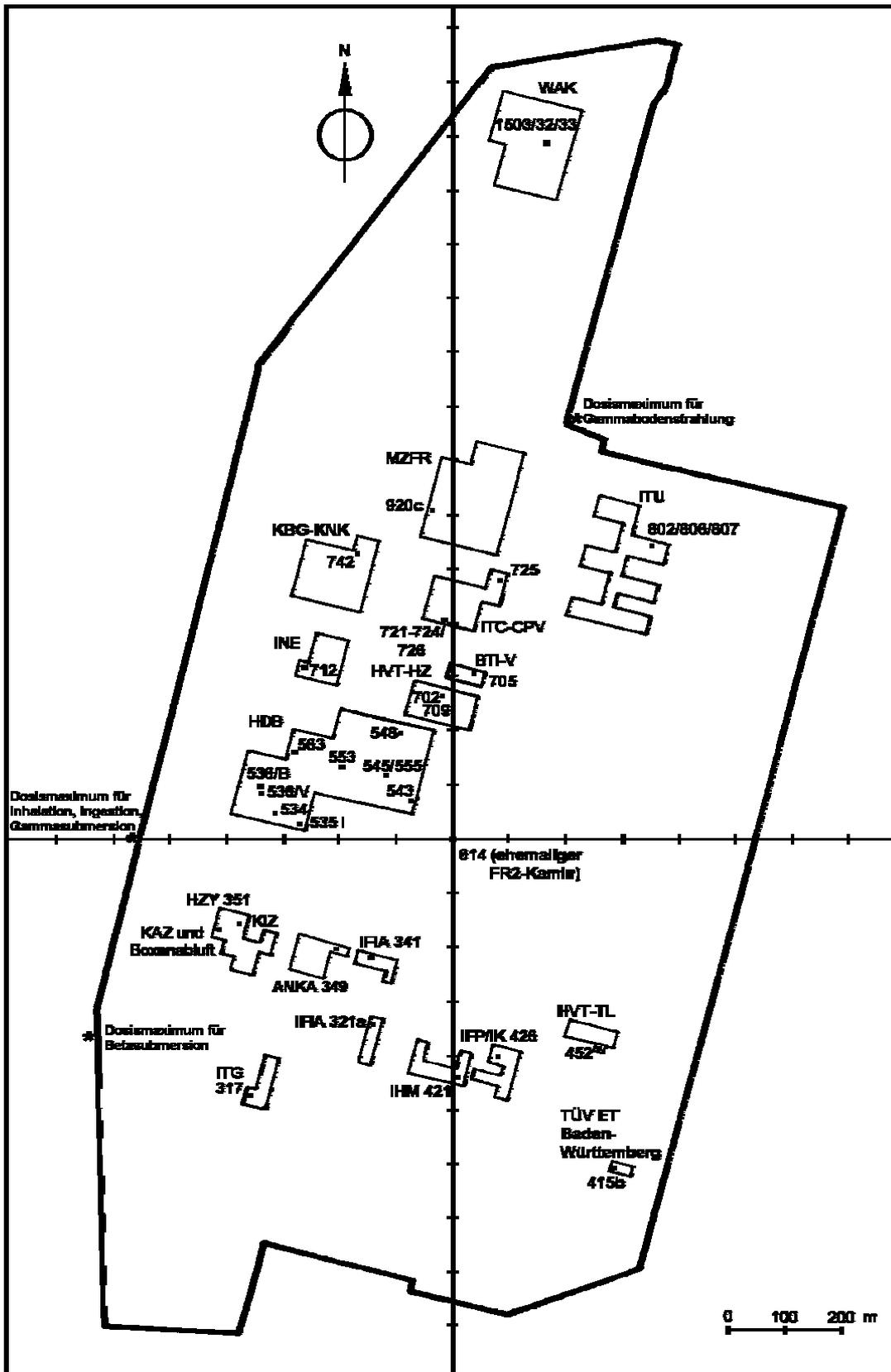


Abb. 5-1: Lageplan der Emittenten des Forschungszentrums Karlsruhe mit Angabe der Gebäudenummern. Mit "\*" sind die ungünstigsten Einwirkungsstellen gekennzeichnet, die sich aufgrund der Dosisberechnung ergeben (s. Kap. 5.1.3.6)

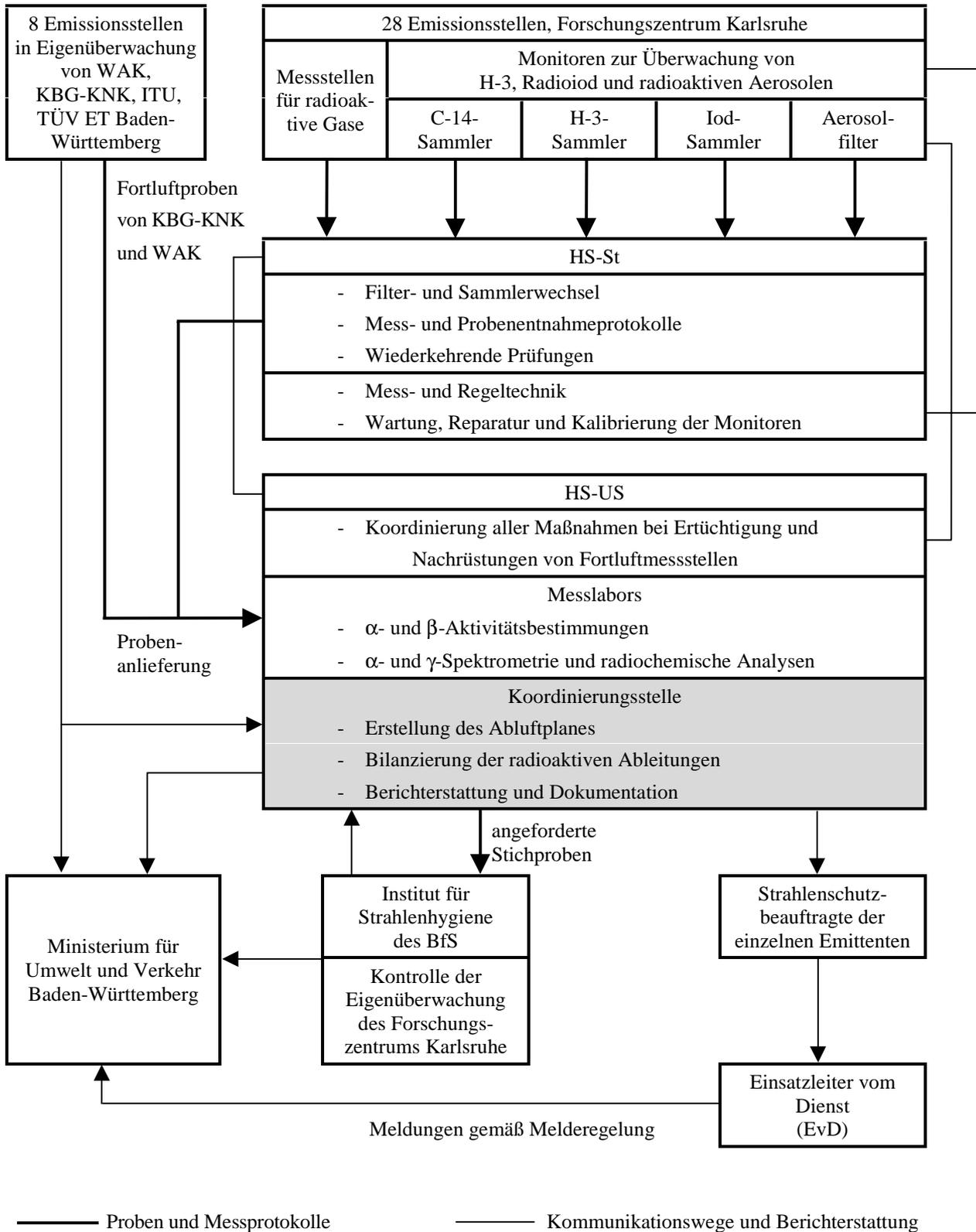


Abb. 5-2: Schematische Darstellung der Fortluftüberwachung im Forschungszentrum

Wartung, Reparatur und Kalibrierung der für die Fortluftüberwachung eingesetzten Geräte werden von HS-St durchgeführt. Die Fortluftüberwachung der Emittenten am Standort, die nicht vom Forschungszentrum Karlsruhe GmbH betrieben werden, wie WAK, KBG-KNK, ITU und TÜV ET Baden-Württemberg, erfolgt durch die zuständigen Betreiber. Die Messergebnisse werden der bilanzierenden Stelle bei HS-US mitgeteilt. Seit Mai 1999 werden die Fortluftproben der WAK und von KGB-KNK bei HS-US ausgewertet.

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. 5.1.4 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 1999

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 Gase, deren Bilanzierung durch Direktmessung erfolgt. 1999 hat sich das Probenaufkommen (siehe Abb. 5-3) gegenüber dem Vorjahr im wesentlichen durch die Übernahme von Analysen der Fortluftproben von WAK und KBG-KNK um rund 500 auf 2830 erhöht.

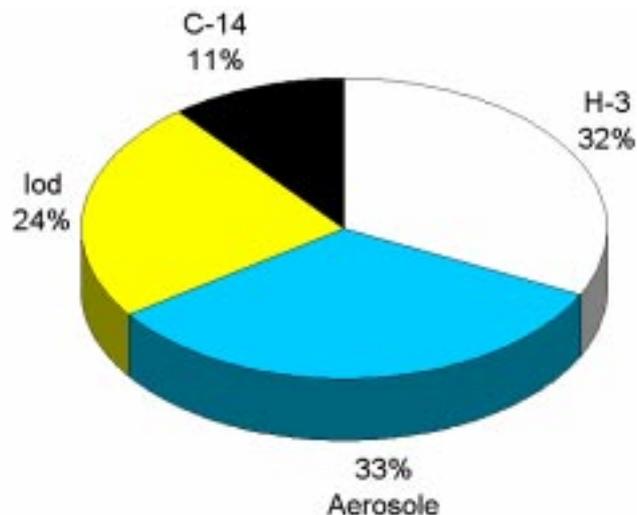


Abb. 5-3: Probenaufkommen in der Fortluftüberwachung 1999 (Gesamtzahl 2830)

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 jeweils erreichten Erkennungsgrenze lagen. Die Bilanzierungswerte für radioaktive Aerosole werden durch Messung der Gesamt-Alpha- und Gesamt-Beta-Aktivität ermittelt. In den Fällen, bei denen sich Hinweise darauf ergeben, dass bei erhöhten Kurzzeitabgaben die zulässigen Wochen-

oder Tageswerte erreicht worden sein könnten, werden nuklidspezifische Messungen vorgenommen.

Die Radioiodableitungen werden durch gammaspektrometrische Analyse der Aktivkohlefilter ermittelt. Um die potenzielle 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 1999 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.

Emittent Bau-Nr. Emissions- höhe	Nuklid/ Nuklid- gruppe	Zulässige Ableitungen gemäß Abluftplan 1999		Bilanzierte Ableitungen		Effektivdosis 1999 am Immissions- maximum des Emittenten  $\mu\text{Sv}$
		Bq/Woche	Bq/a	1999	1998	
				Bq	Bq	
ITG Bau 317 14 m	$A_{BL}$ I-125		1,0 E06 7,0 E06	1,6 E04 0	1,7 E04 0	< 0,001
IFIA Bau 321a 15 m	$A_{AL}$ $A_{BL}$ H-3	1,0 E04 1,0 E07 2,0 E12	2,0 E05 2,0 E08 4,0 E13	2,2 E03 2,0 E04 1,6 E09	2,1 E03 2,4 E04 1,1 E09	0,001
IFIA Bau 341 15 m	$A_{AL}$ $A_{BL}$		1,0 E05 1,0 E07	3,0 E03 3,6 E04	4,2 E03 4,4 E04	0,001
ANKA Bau 349 5 m	E+G <sub>K</sub>		3,0 E11	-		-
HZY Bau 351 KIZ 36 m	$A_{BK}$ $A_{BL}$ E+G <sub>K</sub> I-123 I-126		5,0 E09 5,0 E07 1,0 E13 1,0 E10 5,0 E06	- 2,7 E03 4,8 E11 5,2 E06 -	- 2,4 E03 4,0 E11 - -	0,022

„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 1999 und 1998

Emittent Bau-Nr. Emissions- höhe	Nuklid/ Nuklid- gruppe	Zulässige Ableitungen gemäß Abluftplan 1999		Bilanzierte Ableitungen		Effektivdosis 1999 am Immissions- maximum des Emittenten
				1999	1998	
		Bq/Woche	Bq/a	Bq	Bq	µSv
HZY Bau 351 KAZ 15 m und Boxenabluft 11 m	A <sub>AL</sub>	5,0 E03	1,0 E05	1,4 E02	2,7 E02	0,15
	A <sub>BK</sub>	5,0 E08	1,0 E10	-	-	
	A <sub>BL</sub>	5,0 E06	1,0 E08	6,1 E04	8,5 E04	
	E+G <sub>K</sub>	1,0 E12	2,0 E13	2,2 E12	3,1 E12	
	I-123	5,0 E08	1,0 E10	3,2 E08	3,8 E08	
	I-125	5,0 E05	1,0 E07	2,6 E05	5,5 E04	
I-126	5,0 E05	1,0 E07	0	0		
TÜV ET Baden- Württemberg Bau 415b 10 m	I-131	5,0 E05	5,0 E06	7,6 E04	4,0 E04	< 0,001
IHM Bau 421/423 5 m	E+G <sub>K</sub> H-3		2,0 E10 2,0 E12	- -	- -	-
IFP und IK Bau 424-426 und 434 10 m	E H-3		3,0 E11 2,0 E11	4,0 E04 4,0 E03	4,0 E04 4,0 E03	< 0,001
HVT-TL Bau 452 50 m	H-3	2,0 E12	4,0 E13	3,3 E11	1,2 E11	0,010
HDB Bau 533/534 8 m	A <sub>AL</sub>		1,0 E06	3,9 E04	9,5 E02	0,035
	A <sub>BL</sub>		4,0 E07	3,5 E05	5,8 E05	
	H-3		8,0 E10	1,1 E09	1,0 E09	
	I-125		2,0 E05	0	0	
	I-129		2,0 E05	0	3,1 E03	
	I-131		2,0 E05	0	0	
HDB Bau 535 I 16,5	H-3		1,0 E11	8,3 E07	9,0 E07	< 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 1999 und 1998 (Fortsetzung)

Emittent Bau-Nr. Emissions- höhe	Nuklid/ Nuklid- gruppe	Zulässige Ableitungen gemäß Abluftplan 1999		Bilanzierte Ableitungen		Effektivdosis 1999 am Immissions- maximum des Emittenten
				1999	1998	
		Bq/Woche	Bq/a	Bq	Bq	µSv
HDB Bau 536/V (Ver- brennungs- anlage) 70 m	A <sub>AL</sub>	2,0 E06	4,0 E07	4,3 E04	6,4 E04	0,76
	A <sub>BL</sub>	1,0 E09	2,0 E10	1,8 E07	1,6 E06	
	H-3	2,0 E12	4,0 E13	9,3 E11	1,0 E12	
	C-14	7,0 E10	1,4 E12	6,8 E10	9,1 E10	
	I-125	1,5 E07	3,0 E08	0	0	
	I-129	2,0 E07	4,0 E08	0	0	
	I-131	2,0 E07	4,0 E08	0	0	
HDB Bau 536/B (Betriebs- räume) 16,5 m	A <sub>AL</sub>		1,0 E05	0	0	0,001
	A <sub>BL</sub>		2,0 E07	0	2,5 E03	
	H-3		5,0 E10	2,4 E09	1,0 E09	
	I-125		8,0 E05	0	0	
	I-129		1,0 E06	0	0	
HDB Bau 543 8 m	A <sub>AL</sub>		4,0 E05	1,4 E03	2,0 E03	< 0,001
	A <sub>BL</sub>		4,0 E07	1,6 E04	2,0 E04	
	H-3		1,0 E10	5,9 E06	2,1 E05	
	I-129		1,0 E04	7,5 E01	0	
HDB Bau 545 20 m und HDB Bau 555 19 m	A <sub>AL</sub>	1,0 E05	2,0 E06	6,7 E02	4,4 E02	0,008
	A <sub>BL</sub>	5,0 E07	1,0 E09	2,1 E05	1,5 E06	
	H-3	2,0 E11	4,0 E12	6,3 E10	9,0 E10	
	C-14	5,0 E09	1,0 E11	1,4 E07	1,2 E08	
	I-125	2,5 E06	5,0 E07	0	0	
	I-129	3,0 E05	6,0 E06	0	0	
	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	5,8 E04	2,0 E04	0,049
	A <sub>BL</sub>	2,0 E07	4,0 E08	6,7 E06	1,1 E06	
	H-3	2,0 E12	4,0 E13	1,7 E11	1,5 E12	
	C-14	2,5 E09	5,0 E10	1,2 E09	0	
	I-125	4,0 E06	8,0 E07	0	0	
	I-129	1,0 E06	2,0 E07	5,4 E04	0	
	I-131	4,0 E06	8,0 E07	0	0	
E	5,0 E10	1,0 E12	4,0 E08	1,4 E10		

„0“ = alle gemessenen Werte lagen unterhalb der Erkennungsgrenze

„-“ = keine Ableitungen

Tab. 5-1: Ableitungen radioaktiver Stoffe der einzelnen Emittenten des Forschungs-  
zentrums Karlsruhe in die Atmosphäre in den Jahren 1999 und 1998 (Fortsetzung)

Emittent Bau-Nr. Emissions- höhe	Nuklid/ Nuklid- gruppe	Zulässige Ableitungen gemäß Abluftplan 1999		Bilanzierte Ableitungen		Effektivdosis 1999 am Immissions- maximum des Emittenten
				1999	1998	
		Bq/Woche	Bq/a	Bq	Bq	µSv
HDB LAW-Lager Bau 553 8,5 m	A <sub>AL</sub>		1,0 E05	1,6 E03	7,5 E02	0,001
	A <sub>BL</sub>		1,0 E07	0	0	
	H-3		1,0 E11	2,4 E09	9,8 E07	
	I-129		5,0 E05	0	0	
HDB Bau 563 14 m	A <sub>AL</sub>		1,0 E06	7,5 E02	0	0,001
	A <sub>BL</sub>		1,0 E07	0	0	
	H-3		8,0 E11	2,1 E09	1,2 E08	
HVT-HZ Bau 702 60 m und Bau 709 60 m	A <sub>AL</sub>	2,0 E06	4,0 E07	2,0 E03	2,0 E03	0,015
	A <sub>BL</sub>	5,0 E08	1,0 E10	0	0	
	H-3	1,0 E13	2,0 E14	5,4 E11	1,1 E11	
BTI-V Wäscherei Bau 705 5,5 m	A <sub>AL</sub>		1,0 E06	1,8 E03	1,8 E03	0,001
	A <sub>BL</sub>		1,0 E08	1,7 E04	1,8 E04	
INE Bau 712 60 m	A <sub>AL</sub>		1,0 E06	0	1,6 E02	0
	A <sub>BL</sub>		1,0 E08	0	0	
	H-3		1,0 E11	0	0	
	E		2,0 E11	-	-	
	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	2,2 E02	1,8 E02	0,003
	A <sub>BL</sub>		3,0 E08	0	0	
	H-3		2,0 E11	0	0	
	C-14		4,0 E09	-	-	
	I-129		3,0 E06	2,4 E05	2,0 E05	
	I-131		5,0 E07	0	0	

„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 1999 und 1998 (Fortsetzung)

Emittent Bau-Nr. Emissions- höhe	Nuklid/ Nuklid- gruppe	Zulässige Ableitungen gemäß Abluftplan 1999		Bilanzierte Ableitungen		Effektivdosis 1999 am Immissions- maximum des Emittenten
				1999	1998	
		Bq/Woche	Bq/a	Bq	Bq	µSv
ITC-CPV Bau 725 10 m	A <sub>AL</sub>		1,0 E05	0	1,2 E02	0
	A <sub>BL</sub>		1,0 E07	0	0	
	H-3		4,0 E09	0	1,1 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	2,0 E04	0,003
	H-3		5,0 E11	4,3 E10	8,5 E09	
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	2,0 E03	1,9 E03	
	A <sub>BL</sub>	2,0 E07	4,0 E08	5,4 E04	1,0 E05	
	E	2,0 E12	4,0 E13	3,6 E10	1,3 E10	
	C-14	1,0 E09	2,0 E10	-	-	
	I-129	5,0 E04	1,0 E06	-	-	
	I-131	1,0 E06	2,0 E07	-	-	
MZFR Bau 920c 99,5 m	A <sub>AL</sub>	5,0 E04	1,0 E06	1,7 E04	0	0,015
	A <sub>BL</sub>	5,0 E07	1,0 E09	6,0 E04	0	
	Sr-90		1,0 E08	-	-	
	H-3	4,0 E12	8,0 E13	9,6 E11	1,5 E12	
	C-14		1,0 E10	1,2 E08	6,0 E08	
WAK Bau 1503/ 1532/1533 60 m		Bq/Tag				0,05
	A <sub>AL</sub>	1,85 E06	1,85 E08	1,2 E05	1,9 E05	
	A <sub>BL</sub>	1,85 E08	1,85 E10	3,7 E06	1,0 E07	
	Pu-241*		3,7 E09	2,5 E06	3,8 E06	
	Sr-90*		1,85 E09	2,1 E05	8,9 E05	
	E	1,0 E10	1,0 E12	1,0 E11	1,0 E11	
	H-3	1,85 E11	1,85 E13	3,4 E10	4,7 E10	
	I-129	2,4 E06	2,4 E08	2,2 E06	2,7 E06	
I-131	1,48 E07	1,48 E09	4,0 E06	4,7 E06		

„0“ = alle gemessenen Werte lagen unterhalb der Erkennungsgrenze

„-“ = keine Ableitungen

\* Ableitungswerte sind in A<sub>BL</sub> enthalten

Tab. 5-1: Ableitungen radioaktiver Stoffe der einzelnen Emittenten des Forschungszentrums Karlsruhe in die Atmosphäre in den Jahren 1999 und 1998 (Fortsetzung)

Für die WAK wurden 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 Sr-90-Ableitungen wurden rechnerisch aus den gamma-spektrometrisch nachgewiesenen Cs-137-Ableitungen und dem als konstant angenommenen Cs-137/Sr-90-Aktivitätsverhältnis ermittelt. Dieses Verhältnis wird einmal pro Jahr durch radiochemische Analyse überprüft.

In den Abb. 5-4a-g sind die monatlichen Radioaktivitätsableitungen mit der Fortluft im Jahr 1999 graphisch dargestellt. Es wird – aufgeschlüsselt nach Nuklidgruppen – unterschieden zwischen den Genehmigungsinhabern ITU, WAK, KBG-KNK und Forschungszentrum Karlsruhe GmbH. Für die Einrichtungen des Forschungszentrums Karlsruhe GmbH sind die Ableitungen für den Emissionsschwerpunkt HDB (9 Emittenten) und die 16 übrigen Emittenten getrennt dargestellt. Die Ableitungen des TÜV ET Baden-Württemberg, Bau 415b, wurden der Gruppe „Übrige“ zugerechnet.

Graphisch dargestellt sind 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.

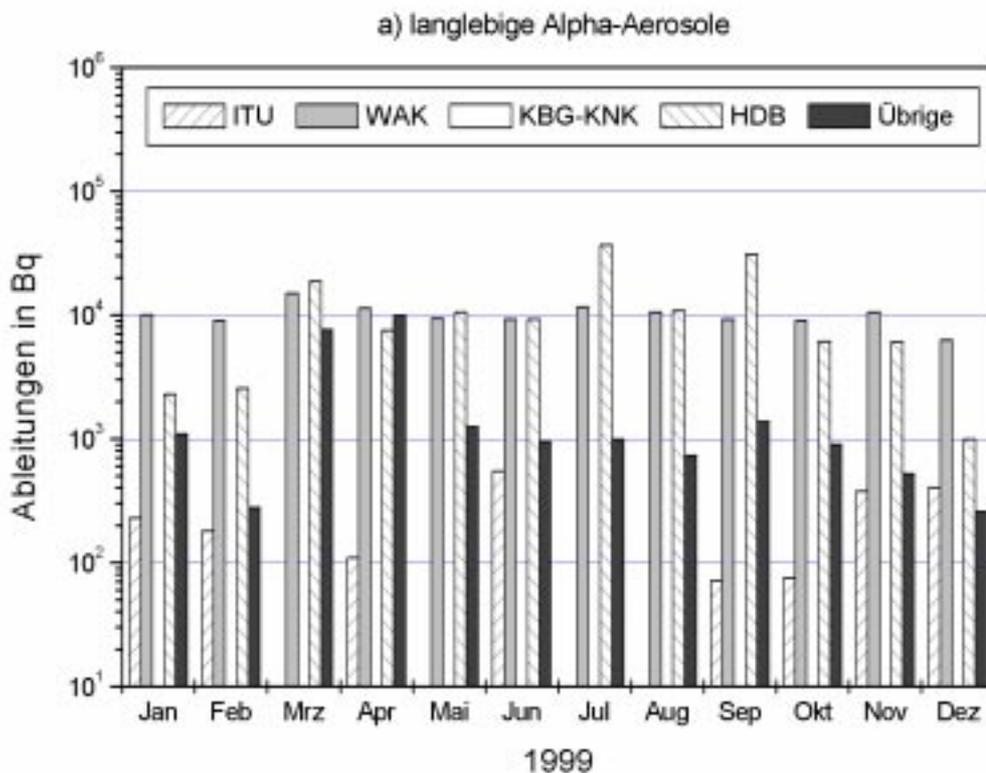


Abb. 5-4a: Monatliche radioaktive Ableitungen mit der Fortluft am Standort Forschungszentrum Karlsruhe im Jahr 1999

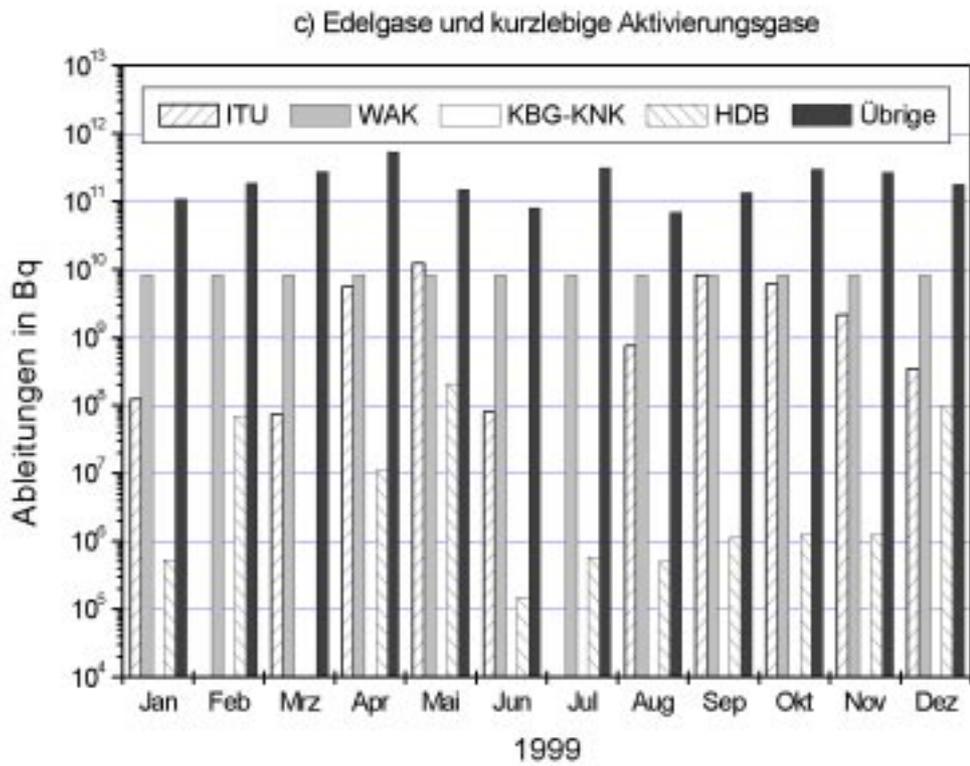
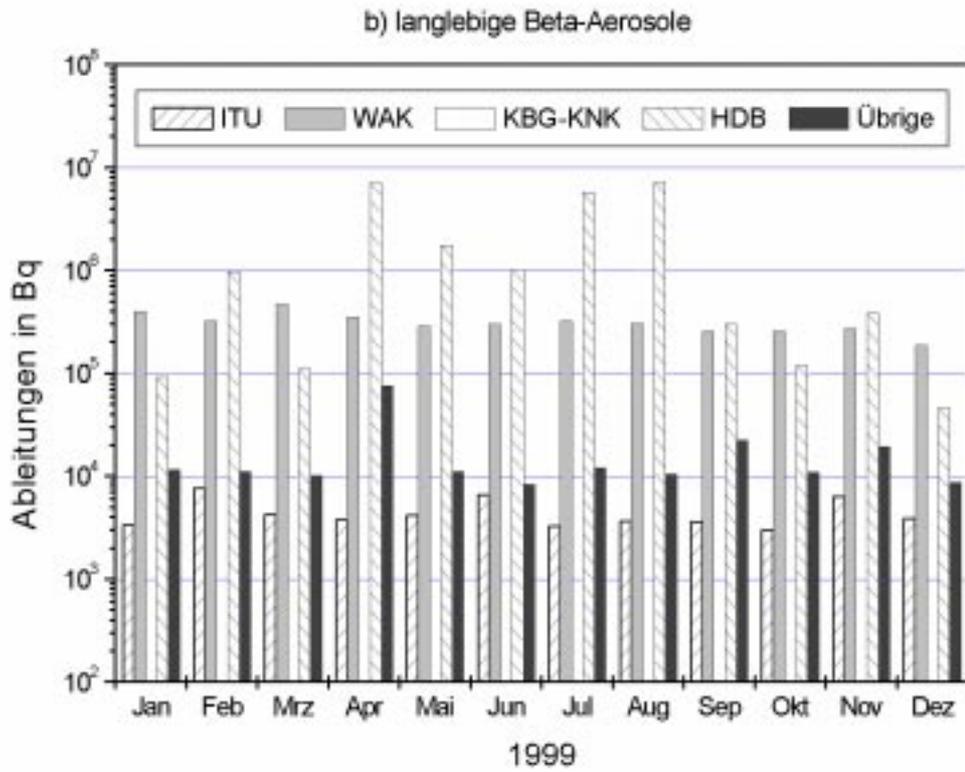


Abb. 5-4b,c: Monatliche radioaktive Ableitungen mit der Fortluft am Standort Forschungszentrum Karlsruhe im Jahr 1999

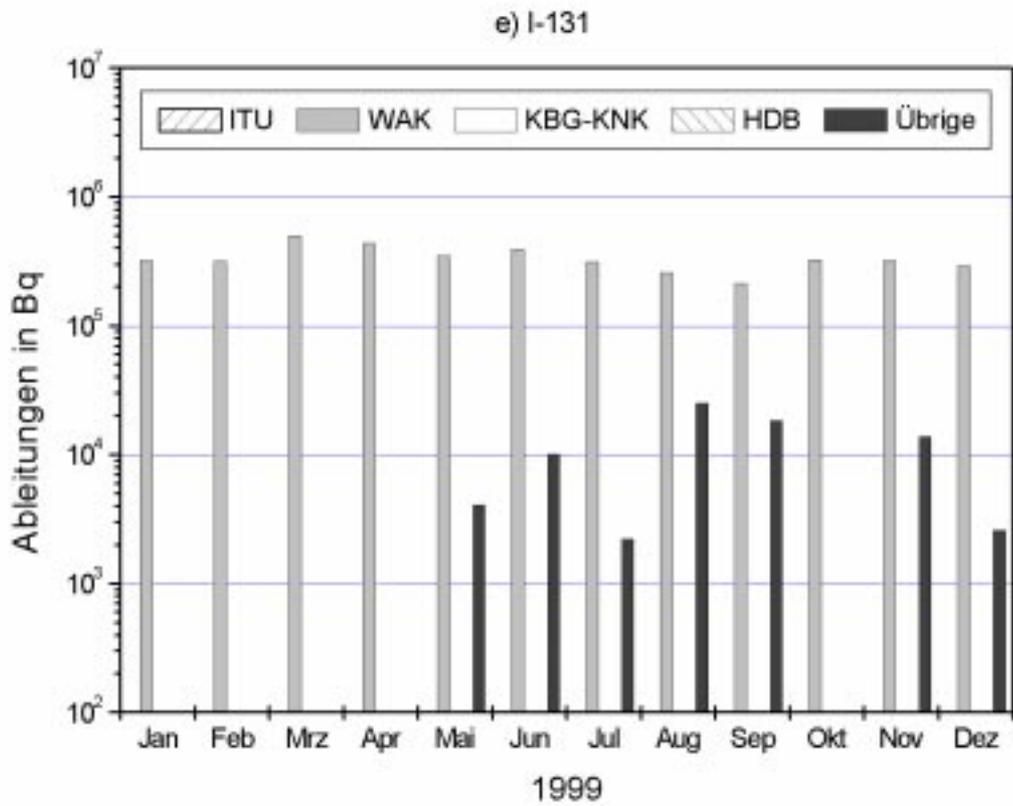
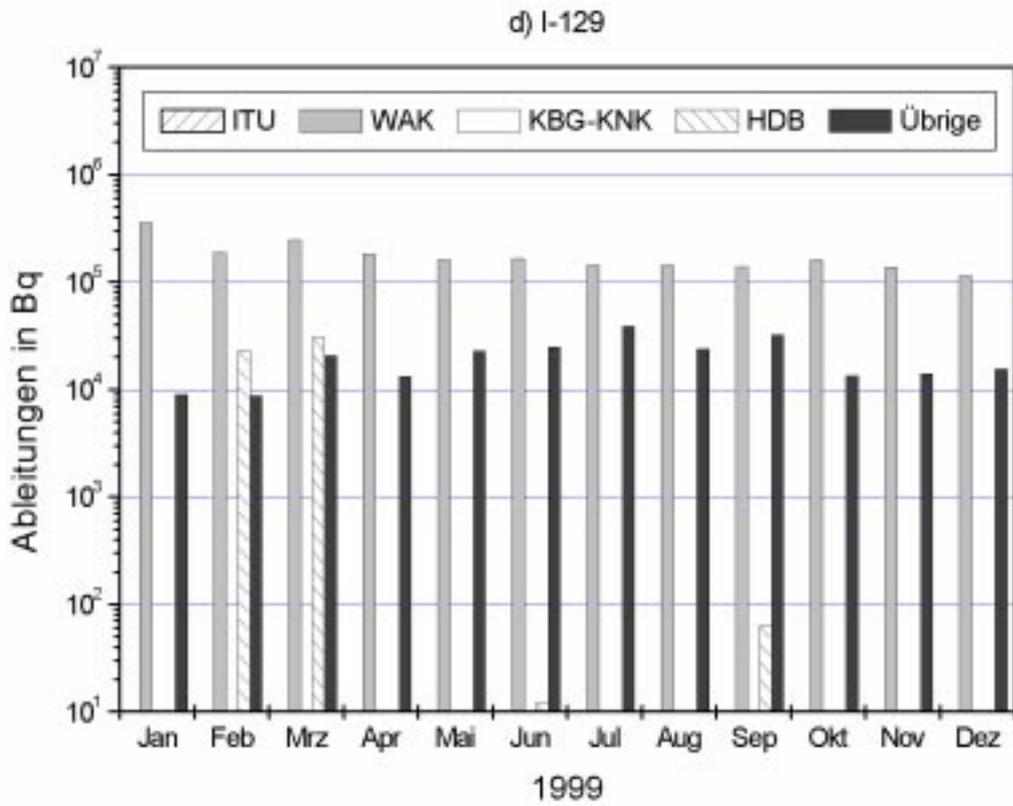


Abb. 5-4d,e: Monatliche radioaktive Ableitungen mit der Fortluft am Standort Forschungszentrum Karlsruhe im Jahr 1999

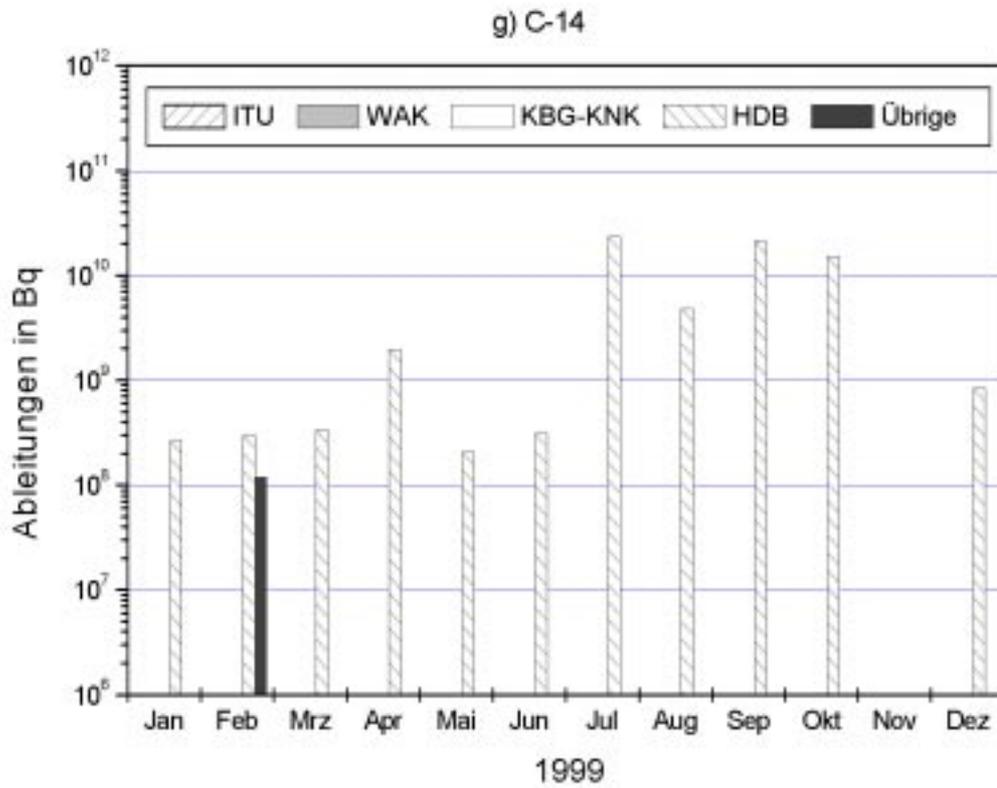
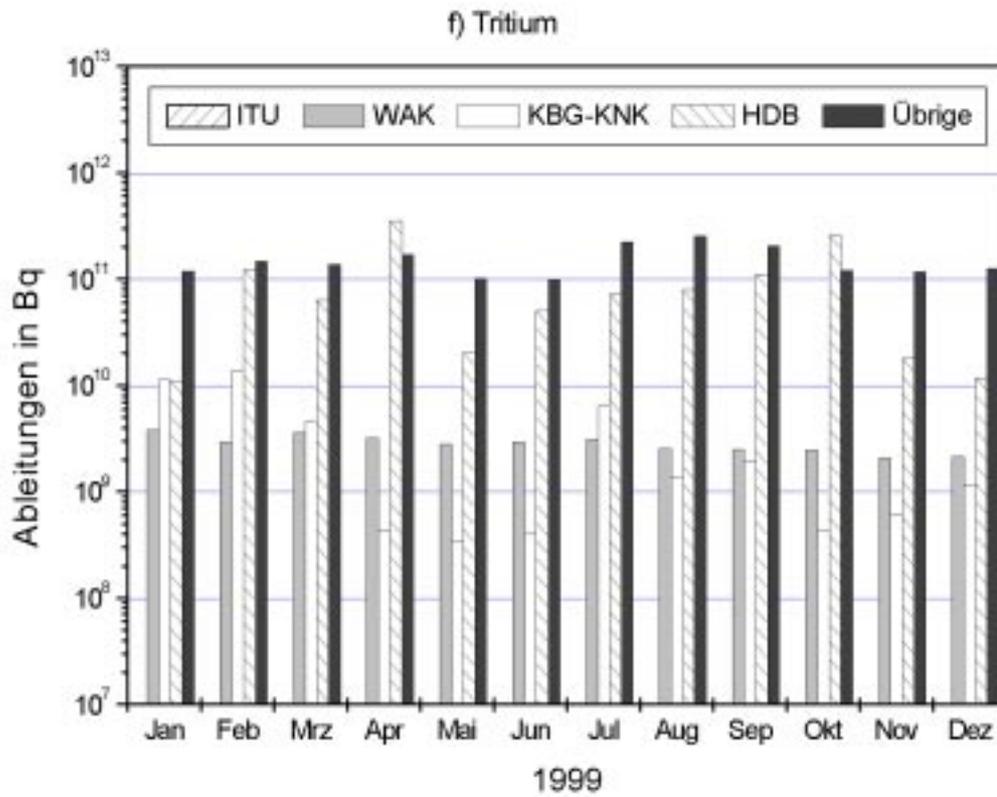


Abb. 5-4f,g: Monatliche radioaktive Ableitungen mit der Fortluft am Standort Forschungszentrum Karlsruhe im Jahr 1999

### 5.1.2 Ableitung nichtradioaktiver Stoffe mit der Fortluft 1999

B. Messerschmidt, A. Wicke

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

- Die Verbrennungsanlage für feste und flüssige radioaktive Abfälle. Die Anlage wird 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 Abhitze-kessel). 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 Verbrennungsanlage der Hauptabteilung Dekontaminationsbetriebe

U. Hoepfener-Kramar (HDB)

Die bei der HDB angelieferten und erzeugten brennbaren festen radioaktiven Reststoffe wurden 1999 in der Anlage VP 10 verbrannt. 1999 wurden 1077 m<sup>3</sup>  $\alpha$ - und  $\beta$ -kontaminierte Feststoffe in 4539 Betriebsstunden verarbeitet.

Die Emissionsüberwachung erfolgt mittels Messgeräten, die als eignungsgeprüft nach den Richtlinien des Bundesministers für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit zugelassen sind. 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 zulässigen Tagesmittelwerte der Schadstoffkonzentrationen, die beim Betrieb im Jahre 1999 gemessenen Konzentrationen sowie über die Gesamt-ableitung.

Neben den in Tab. 5-2 aufgeführten Messungen wurde 1999 eine Dioxin-Emissionsmessung an der Anlage durchgeführt. Die Messergebnisse lagen unter 0,0054 ng/m<sup>3</sup> TE-Äquivalent. In diesem Zusammenhang wurden auch Schwermetallmessungen durchgeführt. Die Messergebnisse lagen unter der Nachweisgrenze. Die gesamte Anlage zur Messung der chemischen Emissionen wurde 1999 kalibriert.

Schadstoff	Konzentrationsgrenzwert nach 17. BImSchV mg/Nm <sup>3</sup>	Gemessene Konzentration* mg/Nm <sup>3</sup>	Emissionsfracht Mg
HCl	10	1,5	0,005
SO <sub>2</sub>	50	3,4	0,011
CO	50	16,2	0,048
Staub	10	0,6	0,0021
Gesamt-C	10	1,5	0,0055
NO <sub>x</sub>	200	112,1	0,43

\* Tageswerte, gemittelt über Betriebszeitraum von 200 Tagen

Tab. 5-2: Emissionsdaten 1999 für die Verbrennungsanlage der Hauptabteilung Dekontaminationsbetriebe

#### 5.1.2.2 Versuchsanlage TAMARA

##### B. Oser (ITC-TAB)

Im Jahr 1999 wurden an der Versuchs-Müllverbrennungsanlage TAMARA drei Versuchskampagnen durchgeführt. 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 % zu normieren, sofern der gemessene Sauerstoffgehalt im Abgas über dem Bezugssauerstoffgehalt liegt. Die letzte Zeile enthält die Emissionsgrenzwerte nach der 17. BImSchV (Tagesmittelwerte).

Emissionsintervalle 1999	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
19.03. – 25.03.	9,49	0,1	0,2	9,0	158	7,0	<1	<0,1
16.04. – 23.04.	9,34	<0,1	0,3	8,0	126	8,7	<1	<0,1
19.07. – 23.07.	10,45	<0,1	0,2	2,1	187	1,9	<1	0,1
Emissionsgrenzwerte (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 1999

#### 5.1.2.3 Fernheizwerk und Blockheizkraftwerk

##### W. Bumiller (BTI-V), K. Scherer (BTI-V)

Das Blockheizkraftwerk wurde insgesamt 5292 Betriebsstunden mit Erdgas betrieben. Ein Heizölbetrieb war nicht erforderlich. Im Fernheizwerk wurden 6 397 h mit Erdgas und 37 h

mit Heizöl „EL“ gefahren. Der Heizölbetrieb ist auf TÜV-Prüfungen des Heizwerkes zurückzuführen. Der Notkessel 4 im Fernheizwerk wurde 1999 nur 1 Stunde betrieben.

Schadstoff	Blockheizkraftwerk Jahresemission in Mg	Fernheizwerk Jahresemission in Mg
NO <sub>x</sub>	61,0	4,6
CO	4,1	0,29

Tab. 5-4: Emissionsdaten der Heizwerke 1999

### 5.1.3 Strahlenexposition in der Umgebung des Forschungszentrums Karlsruhe durch die mit der Fortluft abgeleiteten radioaktiven Stoffe 1999

A. Wicke

#### 5.1.3.1 Berechnungsgrundlagen

Die Dosisberechnung erfolgte auf der Grundlage der monatlich bilanzierten Ableitungswerte der im Jahr 1999 zu berücksichtigenden Emittenten (s. Tab. 5-1). Dabei wurden die Teilkörper- und Effektivdosen 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 Teilkörper- und Effektivdosen sind im folgenden bezeichnet:

- bei äußerer Strahlenexposition die Äquivalentdosen im Bezugsjahr,
- bei innerer Strahlenexposition für Erwachsene die 50-Jahre-Folgeäquivalentdosen und für Kleinkinder die 70-Jahre-Folgeäquivalentdosen.

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 Verzehrgeohnheiten einer Referenzperson aus. Dabei wird angenommen, dass sich diese Person ausschließlich von Nahrungsmitteln ernährt, deren landwirtschaftliche Ausgangsprodukte am Ort der höchsten Kontamination erzeugt wurden. 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 Sektorgrenzen.

Bei der Ermittlung der Ablagerung radioaktiver Stoffe durch Trockendeposition werden die in der AVV angegebenen Depositionsgeschwindigkeiten für Aerosole und elementares Iod berücksichtigt. Bei der Berechnung der Ablagerung durch Niederschlag kommt das standortspezifische Verfahren gemäß Abschnitt 4.2.2.1 der AVV zur Anwendung, wobei der Washoutkoeffizient für jede Niederschlagsintensitätsstufe als proportional zur jeweiligen Niederschlagsintensität angenommen wird. Der Proportionalitätsfaktor  $c$  wird aus Tab. 3 Anhang 7 der AVV entnommen. Sowohl bei der Trockendeposition als auch bei der Ablagerung durch Niederschlag bleiben Effekte durch Abreicherung in der 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 Gamma-Aktivität berech-

net 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.

Die Dosisberechnungen erfolgen auf einem PC unter dem Betriebssystem Windows NT 4.0 mit dem Fortran Compiler Visual Fortran 5.0.

#### 5.1.3.5 Einteilung der radioaktiven Emissionen in Nuklidgruppen und Einzelnuklide

Zur Dosisberechnung ist es erforderlich, für die in Kap. 5.1 angegebenen Nuklidgruppen Leitnuklide oder charakteristische Nuklidgemische festzulegen. Die erforderlichen anlagenspezifischen Festlegungen wurden für 1999 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 Leitnuklid Pb-212 berücksichtigt. Die chemische Form der Aerosolaktivität ist unbekannt. Für die Lungenretentionsklasse und für die Löslichkeit wurden daher konservative Annahmen getroffen.

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

Frühere Analysen von Filtern zeigen, dass bei der Mehrzahl der Institute Pu-239 als Leitnuklid gelten kann. Ausnahmen bilden folgende Institute:

IFIA, Bau 321a:	U-nat. (Restkontaminationen)
IFIA, Bau 341:	Pu-238 (Restkontaminationen)
HZY-KAZ und Boxenabluft, Bau 351:	Ra-226 (Bestrahlungsarbeiten)

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. Diese relativen Aktivitätsanteile 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 nitrosen 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 einschließlich 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 oder die Produktion auf bestimmte Radionuklide:

ITG, 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 IFP/IK 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 oxidiertem 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 berechnete Effektivdosis für Erwachsene am jeweiligen Immissionsmaximum wurde bereits in Tab. 5-1 in der letzten Spalte aufgeführt. Nach Überlagerung der Auswirkungen aller Emittenten ergeben sich - aufgeschlüsselt nach den zu berücksichtigenden Expositionspfaden - für die ungünstigsten Einwirkungsstellen außerhalb des Betriebsgeländes des Forschungszentrums für 1999 die in Tab. 5-5 aufgeführten maximalen rechnerischen Beiträge zur effektiven Dosis.

Die gegenüber dem Vorjahr um rund ein Drittel niedrigere Gesamtdosis wird auch 1999 überwiegend durch den Expositionspfad Ingestion bestimmt. 90 % der Ingestionsdosis wurden von den C-14-Ableitungen der Verbrennungsanlage der HDB hervorgerufen. Da rund 80 % der in den brennbaren Abfällen enthaltenen C-14-Aktivität von Landessammelstellen stammen, verursachen allein diese Anlieferungen rund 60 % der durch die Aktivitätsemissionen mit der Fortluft verursachten Gesamtdosis.

Expositionspfad	Maximale effektive Dosis	
	für Kleinkinder	für Erwachsene
Inhalation	0,03 $\mu\text{Sv}^*$	0,04 $\mu\text{Sv}^{**}$
Ingestion	1,4 $\mu\text{Sv}^*$	0,8 $\mu\text{Sv}^{**}$
Gammastrahlung	0,20 $\mu\text{Sv}$	0,17 $\mu\text{Sv}$
Gammabodenstrahlung	0,03 $\mu\text{Sv}$	0,02 $\mu\text{Sv}$
Summe über alle Expositionspfade	1,7 $\mu\text{Sv}$	1,0 $\mu\text{Sv}$

Tab. 5-5: Maximale rechnerische Effektivdosen in der Umgebung des Forschungszentrums Karlsruhe aufgrund der radioaktiven Ableitungen mit der Fortluft im Jahr 1999 (■ 70\* bzw. 50\*\* Jahre Folgedosis)

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, Gammastrahlung, Betasubmersion 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. 5-5 graphisch in Form von Isodosislinien dargestellt.

Obwohl die in den Tab. 5-6a und Tab. 5-6b angegebenen Werte bereits die Emissionen der WAK mitberücksichtigen, 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 den jeweils ungünstigsten Einwirkungsstellen außerhalb des Betriebsgeländes des Forschungszentrums sind für Kleinkinder und Erwachsene in Tab. 5-7a und Tab. 5-7b zusammengestellt.

Für 1999 ergibt sich rechnerisch eine mittlere Effektivdosis für eine erwachsene Person der Bevölkerung im Umkreis von 5 km um das Forschungszentrum von 0,08  $\mu\text{Sv}$  und von 0,02  $\mu\text{Sv}$  für einen Umkreis von 20 km.

Alle für die ungünstigsten Einwirkungsstellen berechneten Teilkörper- und Effektivdosen liegen selbst nach Summation über alle Expositionspfade deutlich unter 1 % der entsprechenden Grenzwerte in § 45 der Strahlenschutzverordnung.

Körperbereich	Maximale Teilkörper- und Effektivdosen in $\mu\text{Sv}$ für Kleinkinder					
	Inhalation	Ingestion	Gamma-submersion	Gamma-bodenstrahlung	Beta-submersion	Summe
Keimdrüsen	0,015	1,4	0,20	0,025	-	1,6
Brust	0,008	1,4	0,20	0,030	-	1,6
Rotes Knochenmark	0,049	1,4	0,20	0,026	-	1,7
Lunge	0,018	1,4	0,20	0,028	-	1,7
Schilddrüse	0,011	1,5	0,20	0,033	-	1,7
Knochenoberfläche	0,32	1,4	0,20	0,029	-	2,0
Haut*	0,008	1,4	0,20	0,032	0,84	2,5
Sonstige	< 0,05	1,4	0,20	< 0,04	-	< 1,7
Effektive Dosis	0,029	1,4	0,20	0,027	-	1,7
Ungünstigste Einwirkungsstelle**	-565/0	-565/0	-565/0	200/750	-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: Teilkörper- und Effektivdosen an den ungünstigsten Einwirkungsstellen für Kleinkinder aufgrund der radioaktiven Ableitungen mit der Fortluft des Forschungszentrums Karlsruhe im Jahr 1999 (■ 70-Jahre Folgedosis)

Körperbereich	Maximale Teilkörper- und Effektivdosen in $\mu\text{Sv}$ für Erwachsene					
	Inhalation	Ingestion	Gamma-submersion	Gamma-bodenstrahlung	Beta-submersion	Summe
Keimdrüsen	0,017	0,80	0,17	0,021	-	1,0
Brust	0,011	0,79	0,17	0,025	-	1,0
Rotes Knochenmark	0,050	0,82	0,17	0,021	-	1,1
Lunge	0,016	0,79	0,17	0,024	-	1,0
Schilddrüse	0,011	1,1	0,17	0,025	-	1,3
Knochenoberfläche	0,52	1,1	0,17	0,024	-	1,8
Haut*	0,011	0,79	0,17	0,027	0,84	1,8
Sonstige	< 0,05	< 1,1	0,17	< 0,030	-	< 1,4
Effektive Dosis	0,038	0,81	0,17	0,023	-	1,0
Ungünstigste Einwirkungsstelle**	-565/0	-565/0	-565/0	200/750	-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: Teilkörper- und Effektivdosen an den ungünstigsten Einwirkungsstellen für Erwachsene aufgrund der radioaktiven Ableitungen mit der Fortluft des Forschungszentrums Karlsruhe im Jahr 1999 (■ 50-Jahre-Folgedosis)

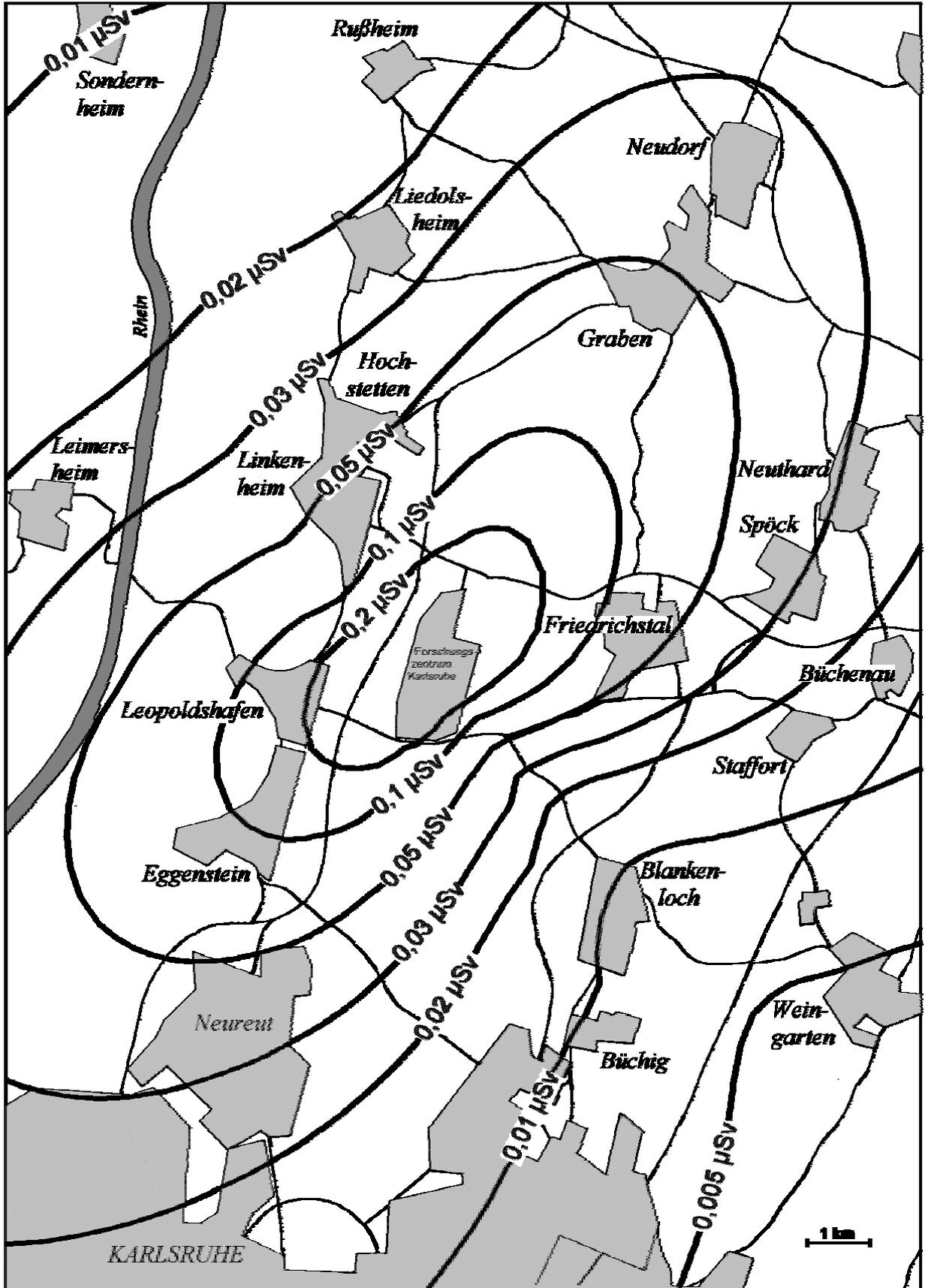


Abb. 5-5: Effektivdosen für Erwachsene in der Umgebung des Forschungszentrums Karlsruhe, 50-Jahre-Folgedosis aufgrund der radioaktiven Ableitungen mit der Fortluft im Jahr 1999

Körperbereich	Maximale Teilkörper- und Effektivdosen in $\mu\text{Sv}$ für Kleinkinder					
	Inhalation	Ingestion	Gamma-submersion	Gamma-bodenstrahlung	Beta-submersion	Summe
Keimdrüsen	0,001	0,002	0,017	0,003	-	0,023
Brust	< 0,001	0,002	0,017	0,004	-	0,023
Rotes Knochenmark	0,005	0,014	0,017	0,003	-	0,039
Lunge	0,002	0,002	0,017	0,003	-	0,024
Schilddrüse	0,002	0,71	0,017	0,004	-	0,73
Knochenoberfläche	0,051	0,036	0,017	0,004	-	0,11
Haut*	< 0,001	0,002	0,017	0,005	0,004	0,028
Sonstige	< 0,005	< 0,02	0,017	< 0,004	-	< 0,04
Effektive Dosis	0,004	0,026	0,017	0,003	-	0,05
Ungünstigste Einwirkungsstelle**	420/1470	420/1470	420/1470	420/1470	420/1470	-

\* 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: Teilkörper- und Effektivdosen an den ungünstigsten Einwirkungsstellen für Kleinkinder aufgrund der radioaktiven Ableitungen mit der Fortluft der WAK im Jahr 1999 (■ 70-Jahre-Folgedosis)

Körperbereich	Maximale Teilkörper- und Effektivdosen in $\mu\text{Sv}$ für Erwachsene					
	Inhalation	Ingestion	Gamma-submersion	Gamma-bodenstrahlung	Beta-submersion	Summe
Keimdrüsen	0,001	0,003	0,014	0,002	-	0,020
Brust	< 0,001	0,003	0,014	0,004	-	0,020
Rotes Knochenmark	0,006	0,028	0,014	0,002	-	0,050
Lunge	0,001	0,003	0,014	0,003	-	0,021
Schilddrüse	0,002	0,78	0,014	0,003	-	0,80
Knochenoberfläche	0,076	0,090	0,014	0,004	-	0,18
Haut*	< 0,001	0,002	0,014	0,004	0,004	0,024
Sonstige	< 0,007	< 0,005	0,014	< 0,004	-	< 0,03
Effektive Dosis	0,005	0,032	0,014	0,003	-	0,05
Ungünstigste Einwirkungsstelle**	420/1470	420/1470	420/1470	420/1470	420/1470	-

\* 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: Teilkörper- und Effektivdosen an den ungünstigsten Einwirkungsstellen für Erwachsene aufgrund der radioaktiven Ableitungen mit der Fortluft der WAK im Jahr 1999 (■ 50-Jahre-Folgedosis)

#### 5.1.4 Dosisberechnungen im Rahmen von atomrechtlichen Genehmigungsverfahren

A. Wicke

##### 5.1.4.1 Potenzielle Strahlenexposition durch den Abriss des Mehrzweck-Forschungsreaktors

Beim Abriss des Mehrzweckforschungsreaktors (MZFR, Bau 901) wird aus den Strukturmaterialien Tritium in Form von HTO freigesetzt werden. Im ungünstigsten Fall könnten über einen Zeitraum von ca. zwei Monaten  $8 \cdot 10^{12}$  Bq Tritium bodennah freigesetzt werden.

Die radiologischen Folgen dieser Freisetzung für die allgemeine Bevölkerung kann auf der Grundlage des Kurzzeit-Ausbreitungsfaktors konservativ abgeschätzt werden. Dabei wird angenommen, dass die Inhalationsdosis dominierend ist und der Ingestionspfad ausgeschlossen werden kann. Bei der Berechnung des Kurzzeit-Ausbreitungsfaktors wurde von folgenden Voraussetzungen ausgegangen:

1. der kürzeste Abstand zwischen Bau 901 und der ungünstigsten Einwirkungsstelle (Zaun) beträgt 240 m,
2. der Wind weht während der Abrissphase ständig in diese Richtung,
3. die Windgeschwindigkeit beträgt im Mittel 1 m/s.

Daraus ergibt sich mit den Ausbreitungsparametern aus der Richtlinie zu § 45 StrlSchV (AVV) ein Kurzzeit-Ausbreitungsfaktor  $\chi_k$  von  $4,2 \cdot 10^{-4}$  s/m<sup>3</sup>. Unabhängig von der Dauer des Abrisses errechnet sich für eine Gesamtfreisetzung von  $8 \cdot 10^{12}$  Bq eine Inhalationsdosis von

18  $\mu$ Sv für Erwachsene und

13  $\mu$ Sv für Kleinkinder.

Aufgrund getroffenen Annahmen ist diese Dosisabschätzung extrem konservativ. Daher wird ihr eine Berechnung unter Anwendung des Langzeit-Ausbreitungsfaktors gegenübergestellt. Die Dosisberechnung erfolgt dann in gleicher Weise wie bei den Prognoserechnungen für den Abluftplan.

Mit der langjährigen Wetterstatistik für das Forschungszentrum Karlsruhe errechnet sich mit dem Fortran-Programm ISOLA der Langzeit-Ausbreitungsfaktor zu  $\chi^G = 3,6 \cdot 10^{-5}$  s/m<sup>3</sup> (der Index G bezieht sich auf das Gesamtjahr). Die auf der Grundlage des o. g. Emissionswertes mit dem Fortran-Programm EFFDOS berechneten Effektivdosiswerte für Inhalation liegen mit

1,1  $\mu$ Sv für Erwachsene und

0,9  $\mu$ Sv für Kleinkinder

um mehr als eine Größenordnung unterhalb der Dosiswerte, die sich bei Verwendung des Kurzzeit-Ausbreitungsfaktors ergeben. Die zu erwartende, potenzielle Strahlenexposition dürfte sowohl für Erwachsene als auch für Kleinkinder zwischen beiden Werten liegen.

#### 5.1.4.2 Potenzielle Strahlenexposition durch eine unterstellte, störfallbedingte Aktivitätsfreisetzung von Ac-227 am Europäischen Institut für Transurane

Dosiswerte, die beim Auslegungstörfall von Kernkraftwerken nicht überschritten werden dürfen, und die nach gängiger Genehmigungspraxis auch für andere kerntechnische Einrichtungen zugrunde gelegt werden, sind in der Strahlenschutzverordnung in § 28, Abs. 3, festgelegt. Sie betragen für die effektive Dosis, die Keimdrüsen und das rote Knochenmark 50 mSv und für die Knochenoberfläche und die Haut 300 mSv. Im Auftrag des Europäischen Instituts für Transurane (ITU) sollte nun für eine unterstellte, störfallbedingte Freisetzung von Ac-227 die Aktivität berechnet werden, bei deren Freisetzung im ungünstigsten Fall die Inhalationsdosis einen der o. g. Werte erreicht.

Bei der Dosisberechnung gemäß Störfallberechnungsgrundlage wurde unterstellt, dass die Freisetzung innerhalb von acht Stunden in einer Höhe von 30 m bei Wetterkategorie D erfolgt. Als Windgeschwindigkeit in Emissionshöhe wurde nach Anhang 2 der Störfallberechnungsgrundlage ein Wert von 1,4 m/s zugrundegelegt. Für die ungünstigste Einwirkungsstelle im Abstand von 300 m vom Emittenten (Zaun) errechnet sich ein Kurzzeit-Ausbreitungsfaktor  $\chi_k$  von  $8,6 \cdot 10^{-5}$  s/m<sup>3</sup>. Für die Inhalationsdosis durch Ac-227 erweist sich die Knochenoberfläche als das relativ zum Störfalldosiswert von 300 mSv am höchsten belastete Organ. Die mit dem Erreichen dieses Wertes verbundene Aktivitätsfreisetzung liegt bei  $3,3 \cdot 10^8$  Bq.

#### 5.1.5 Vergleichsmessungen zur Überwachung von C-14-Ableitungen am Forschungsstandort Rossendorf

A. Wicke, K. Jansen (VKTA Rossendorf e. V.)

Im Rahmen der Fortluftüberwachung am Forschungsstandort Rossendorf wurde im 2. Quartal 1998 bei allen überwachten Emittenten ein Anstieg der Aktivitätskonzentration von <sup>14</sup>C in der Fortluft registriert. Nachdem Querkontaminationen und – außer <sup>3</sup>H – die Anwesenheit anderer reiner Betastrahler ausgeschlossen werden konnten, wurden im Laufe des Jahres 1999 Vergleichsmessungen mit dem Messsystem des Forschungszentrums Karlsruhe durchgeführt.

Die Überwachung der <sup>3</sup>H- und <sup>14</sup>C-Ableitungen mit der Fortluft am Forschungsstandort Rossendorf erfolgt mit Sammlern der Firma Bonnenberg und Drescher. Mit diesem System wird im Verlaufe eines Vierteljahres ein Fortluftvolumen von ca. 1,5 m<sup>3</sup> durch zwei mit je 500 ml Molekularsieb (1,0 nm) gefüllte Stahlzylinder gepumpt (Hubkolbenpumpe). In der ersten Patrone werden HTO und <sup>14</sup>CO<sub>2</sub> adsorbiert. <sup>3</sup>H und <sup>14</sup>C in anderer chemischer Form wird mittels nachgeschaltetem Katalysator oxidiert und in der zweiten Patrone gesammelt. Im Labor wird das beaufschlagte Molekularsieb (zwei Fraktionen) aufgearbeitet und nach chemischer Trennung werden <sup>3</sup>H und <sup>14</sup>C im Flüssigszintillationsspektrometer ausgemessen.

Bei den im Forschungszentrum Karlsruhe eingesetzten Sammlern wird durch zwei in Reihe geschaltete Patronen mit unterschiedlichem Molekularsieb (0,3 nm und 1,0 nm) zunächst <sup>3</sup>H als HTO und danach <sup>14</sup>C als CO<sub>2</sub> selektiv adsorbiert. Wenn <sup>3</sup>H als HT und <sup>14</sup>C organisch gebunden vorliegt, wird ein Katalysator vorangeschaltet. Durch die Trennung in <sup>3</sup>H und <sup>14</sup>C bei der Sammlung vereinfacht sich die Probenaufarbeitung im Labor erheblich. Der Volumenstrom ist durch Verwendung einer Membranpumpe in Verbindung mit einem Massendurchflussregler sehr konstant.

Beide Sammler wurden in Rossendorf parallel eingesetzt, um die <sup>14</sup>C-Ableitungen mit der Fortluft aus einem Kontrollbereich nach beiden Methoden ermitteln zu können. In einem Vorversuch vom 8. - 24. März 1999 wurde der Sammler aus Karlsruhe zunächst ohne Kataly-

sator betrieben. Der hohe Anteil an organischen  $^{14}\text{C}$ -Verbindungen machte eine Wiederholungsmessung mit Katalysator erforderlich, die vom 24.06. bis zum 20.09.1999 durchgeführt wurde. Die Auswertung der Proben aus dem Rossendorfer Gerät erfolgten im Bundesamt für Strahlenschutz in Neuherberg (BfS), die aus dem Karlsruher Gerät in der Hauptabteilung Sicherheit des Forschungszentrums Karlsruhe.

Die Ergebnisse der Wiederholungsmessung sind in Tab. 5-8 einander gegenübergestellt. Dabei zeigt sich, dass die gesamte mittlere  $^{14}\text{C}$ -Aktivitätskonzentration beim Sammler Karlsruhe rund 20 % höher liegt als beim Sammler Rossendorf. Die angegebenen Messunsicherheiten berücksichtigen sowohl die experimentellen Unsicherheiten bei der Probenaufarbeitung als auch die zählstatistische Unsicherheit der Aktivitätsmessung. Die experimentellen Unsicherheiten sind dominierend und werden beim Sammler Karlsruhe mit maximal 5 % und beim Sammler Rossendorf mit maximal 15 % abgeschätzt. Zu beachten ist, dass bei dem Sammler Karlsruhe rund 2 % der  $^{14}\text{C}$ -Gesamtaktivität auf der  $^3\text{H}$ -Patrone zu finden ist, d. h. die Selektivität der Molekularsiebe ist nicht vollständig. Dieser Fehler ist jedoch für die Praxis vernachlässigbar.

Sammler Karlsruhe		Sammler Rossendorf	
Patrone	Mittlere Aktivitätskonzentration, Bq/m <sup>3</sup>	Patrone	Mittlere Aktivitätskonzentration, Bq/m <sup>3</sup>
$^{14}\text{C}$ -Konzentration in der $^3\text{H}$ -Patrone	11 ± 0,9	$^{14}\text{C}$ -Konzentration in der 1. Patrone	230 ± 40
$^{14}\text{C}$ -Konzentration in der $^{14}\text{C}$ -Patrone	485 ± 25	$^{14}\text{C}$ -Konzentration in der 2. Patrone	180 ± 30
Gesamt- $^{14}\text{C}$ -Konzentration	496 ± 25	Gesamt- $^{14}\text{C}$ -Konzentration	410 ± 50

Tab. 5-8: Ergebnisse der  $^{14}\text{C}$ -Vergleichsmessungen

Unter Einbeziehung weiterer Messunsicherheiten, wie z. B. aufgrund mangelnder Repräsentativität bei der Probenentnahme durch die geringen Volumenströme und aufgrund des intermittierenden Betriebs der Hubkolbenpumpe, ist die Übereinstimmung beider Messergebnisse befriedigend. Weitere Vergleichsmessungen sind beabsichtigt.

## 5.2 Abwasserüberwachung und Spektrometrie

K.-G. Langguth

Die Gruppe „Abwasserüberwachung und Spektrometrie“ ist 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. Die Gruppe nimmt darüber hinaus die Aufgaben eines zentralen Messlabors für die Abteilung Umweltschutz und Aufgaben im Rahmen des Freimesslabors, das gemeinsam von HDB und HS betrieben wird (s. Kap. 5.5), wahr. Hier werden alle Messungen zur Bilanzierung der Ableitung radioaktiver Stoffe mit der Fortluft, alle spektrometrischen Messungen an Umweltproben und für die Freigabe von radioaktiven Reststoffen die  $\alpha$ - und  $\gamma$ -spektrometrischen Messungen sowie die H-3- und C-14-Messungen durchgeführt. Tab. 5-9 gibt eine Übersicht über Herkunft, Art und Anzahl der Proben, die bearbeitet wurden, sowie über Art und Anzahl der daran durchgeführten Einzelmessungen.

Messzweck	Anzahl der Proben	Anzahl der durchgeführten Messungen					
		$\alpha$	$\beta$	Flüssigszintillation		$\alpha$ -Spektrometrie	$\gamma$ -Spektrometrie
				H-3 C-14 S-35 P-32 Fe-55 Ni-63	Spektrometrie		
Abwasserüberwachung							
- Abwassersammelstationen	1467	1482	1482	449	45	10	398
- Endbecken (Einzelproben)	72	73	73	74	67	-	143
- Endbecken (Mischproben)	58	16	16	96	3	14	58
Klärschlammüberwachung (Chemie- und Schmutzwasserklärschlamm)	15	21	21	-	1	-	10
Betriebliche Überwachung der Abwassereinzugssysteme	87	104	104	89	7	3	96
Sondermessungen	148	60	60	67	7	70	73
Überwachung der Fortluft	2487	1752	1752	1145	25	-	1001
Freimesslabor	2587	25	25	1509	204	243	1972
Entwicklungsarbeiten	150	-	-	110	110	40	10
Umgebungsüberwachung	505	-	-	402	-	25	118
Auftragsmessungen							
- Fortluftüberwachung für KBG-KNK	101	35	35	66	-	-	-
WAK	239	-	-	27	-	-	398
- Externe Aufträge	102	-	-	-	-	-	102
Qualitätskontrolle	-	1896	1896	2701	121	1086	432
Ringversuche	7	23	23	27	10	23	46
Training von Gastwissenschaftlern	197	-	-	-	-	197	15

Tab. 5-9: Art und Anzahl der Proben sowie der 1999 in der Gruppe „Abwasserüberwachung und Spektrometrie“ durchgeführten Einzelmessungen

### 5.2.1 Abwasserüberwachung

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

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. Die wasserrechtliche Erlaubnis wurde im Jahre 1997 in Anpassung an die veränderten behördlichen und betrieblichen Anforderungen an die Abwasserbehandlung in den Klärwerken des Forschungszentrums neu gefasst und erlangte zum 1. Januar 1998 ihre Gültigkeit. Die Überwachung nichtradioaktiver Stoffe im Rahmen der Genehmigungen erfolgt durch das „Labor für Wasser und Umwelt“ des BTI-V.

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 (1999 ca. 93.000 m<sup>3</sup>) und das von versiegelten Flächen abfließende Niederschlagswasser (1999 ca. 260.000 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. Abb. 5-12) durch kontinuierliche Probenentnahme überwacht. Das abgeleitete Kühlwasservolumen hat im Vergleich zum Vorjahr erheblich abgenommen (1998 ca. 204.000 m<sup>3</sup>). Dies ist im Wesentlichen darauf zurückzuführen, dass die Zuluftkühlung des Laborgebäudes und die Zuluft- und Abgaskühlung des Prozessgebäudes der WAK von wassergekühlten Durchlaufkühlanlagen auf luftgekühlte Rückkühlanlagen umgestellt wurden.

Die häuslichen Abwässer werden der biologischen Kläranlage zugeführt, in mehreren Verfahrensschritten gereinigt und schließlich in die Speicherbecken für häusliches Abwasser eingeleitet (s. Abb. 5-6). Nach Erreichen eines bestimmten Füllstandes werden die Abwässer dann automatisch in die Leitung zum Vorfluter abgepumpt. Die Abwässer werden gemäß der Eigenkontrollverordnung überwacht.

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 direkte Einleitung in die Chemiekläranlage als Chemieabwasser I oder Einspeisung in die Dekontaminationsanlage als Chemieabwasser III entschieden (s. Abb. 5-6).

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. 5-6).

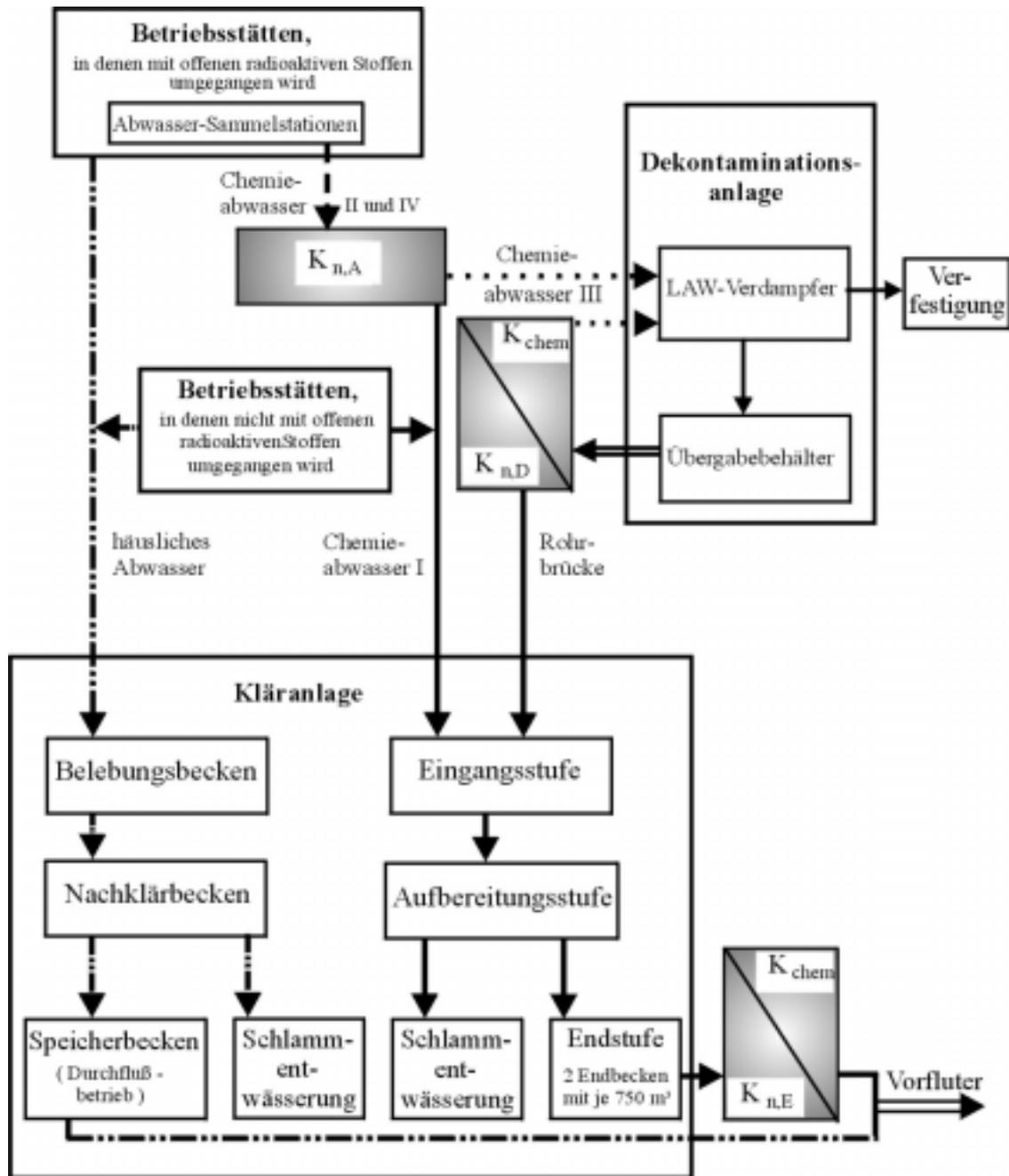


Abb. 5-6: Vereinfachtes Fließschema der Abwässer im Forschungszentrum Karlsruhe ( $K_{n,A}$ ,  $K_{n,D}$  und  $K_{n,E}$ : Kontrollmessungen radioaktiver Stoffe;  $K_{chem}$ : Kontrollmessung nicht-radioaktiver Stoffe)

Im gereinigten Abwasser werden die Konzentrationen der radioaktiven und bestimmter nicht-radioaktiven 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.

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 nuklid-spezifische 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 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  $3,2 \cdot 10^{-5}$ fache der Jahreshöchstwerten  $J_n$  pro Kubikmeter Abwasser begrenzt:

$$K_{n,E} = 3,2 \cdot 10^{-5} J_n / \text{m}^3.$$

Die maximalen Konzentrationen für Abwasserableitungen aus den Behältern der Abwassersammelstationen  $K_{n,A}$  und aus den Übergabebehältern der Dekontaminationsanlage  $K_{n,D}$  in das Klärwerk wurden ebenfalls als Vielfache der Jahreshöchstwerte  $J_n$  festgelegt:

$$K_{n,A} = 2,0 \cdot 10^{-4} J_n / \text{m}^3$$

$$K_{n,D} = 6,3 \cdot 10^{-4} J_n / \text{m}^3.$$

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 und den entsprechenden maximal zulässigen Konzentrationen  $K_n$  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 Mess- und Datenbanksystem zur Erfassung und Weiterleitung von Daten der Abwasserüberwachung

A. Radziwill-Ouf, Chr. Wilhelm

Das System zur Erfassung und Bewertung der Messdaten zur Abwasserüberwachung bei HS-US und zum Austausch dieser Daten mit HDB und BTI-V, die mit der weiteren Behandlung des Abwassers befasst sind, ist schematisch in Abb. 5-7 wiedergegeben.

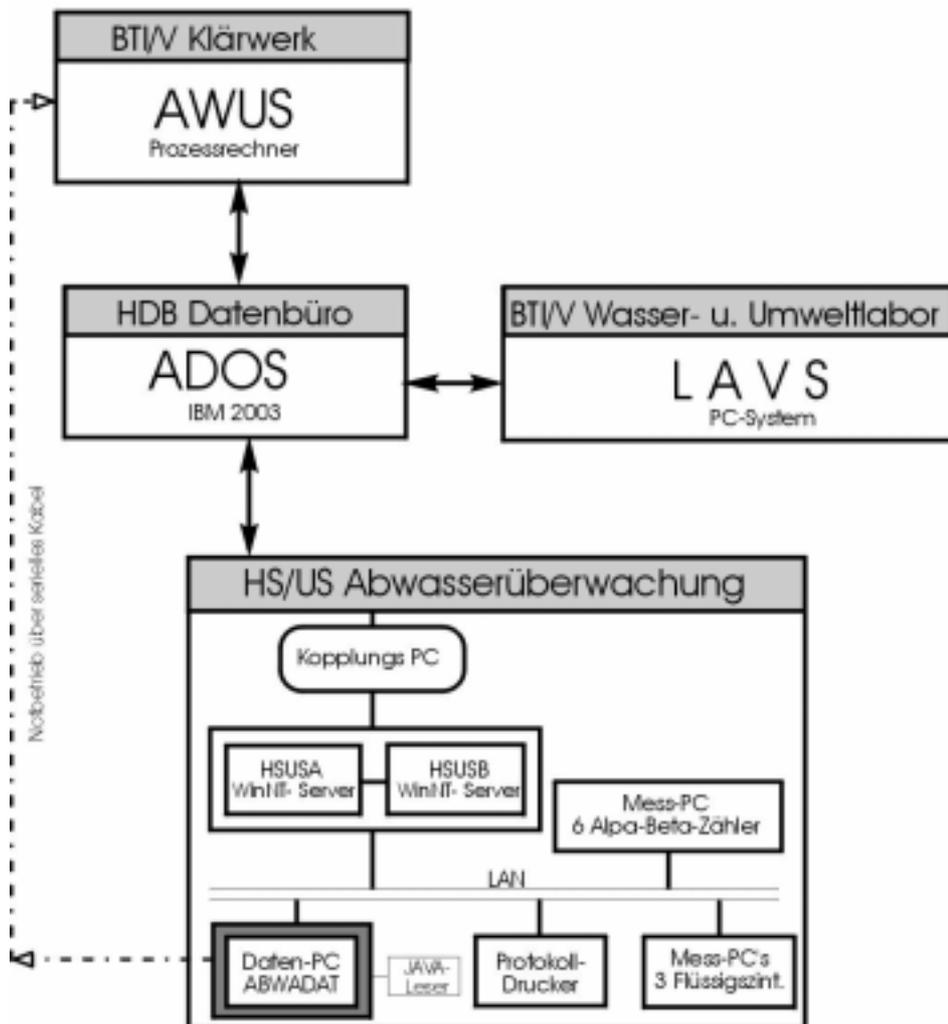


Abb. 5-7: Fließschema der Daten zur Abwasserüberwachung zwischen HDB-, BTI- und HS-Datensystemen

Die Ergebnisse der an den einzelnen Abwasserproben durchgeführten Messungen werden von den Mess-PC über das LAN an das laborinterne **Abwasser-Dateninformationssystem ABWADAT** übergeben.

Für eine Bearbeitung der Probandaten und für die Eingabe der Entscheidung über die Weiterverarbeitung des Abwassers steht ein Daten-PC zur Verfügung. Vor Eingaben in den Daten-PC muss sich der Benutzer über einen JAVA-Chipleser mit dem ihm persönlich zugeordneten JAVA-Button identifizieren. Durch ABWADAT wird dann die Berechtigung für Eingaben entsprechend dem innerbetrieblichen Entscheidungsbereich, der dem Benutzer übertragen wurde, überprüft.

Nach Beurteilung der Analysenergebnisse durch den Benutzer erfolgt eine vorläufige Dokumentation und ein Datensatz mit Entscheid über die Weiterverarbeitung des Abwassers wird automatisch an das Datensystem ADOS der Hauptabteilung Dekontaminationsbetriebe (HDB) weitergeleitet. Dazu kommuniziert der ABWADAT-Daten-PC 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.

Das ADOS-System übermittelt schließlich den Entscheid an das AWUS-System des Prozessrechners, der die Abwasseranlagen auf dem Gelände des Forschungszentrums steuert. Ebenso wie das ABWADAT-System ist auch das Datensystem LAVS des Labors für Wasser und Umwelt des BTI in den Systemverbund eingebunden. Bei Störung des Übertragungsweges zwischen dem Laborsystem bei HS-US und dem Klärwerk werden die Entscheide bezüglich der Weiterverarbeitung der Abwässer über ein zusätzliches serielles Kabel direkt an AWUS übertragen.

Im Jahr 1999 gab es eine Vielzahl von Ausfällen im Datenverbund zwischen den HDB-, BTI- und HS-Datensystemen, die den Laborbetrieb bei HS-US teilweise über mehrere Tage hinweg erheblich störten. Die Verfügbarkeit des Gesamtsystems lag nur bei etwa 70 %. Die meisten Ausfälle waren auf die Jahr-2000-Vorbereitung einzelner Systemkomponenten zurückzuführen. So musste die Software des veralteten Klärwerksrechners AWUS aufgrund der Jahr-2000-Problematik noch nachgerüstet werden, obwohl von BTI ein Nachfolgesystem für ADOS und AWUS bereits in Auftrag gegeben wurde. Auch das Datensystem LAVS des BTI-Wasserlabors musste für die Umstellung auf das Jahr 2000 ertüchtigt werden. Im HDB-Rechenzentrum wurde für ADOS ein neuer Rechner in Betrieb genommen und die Software auf die neueste Version umgestellt.

Bereits ab Mitte Januar 1999 konnte bei HS-US mit dem neuen ABWADAT-Programm zur Erfassung und Weiterleitung der Daten aus der Abwasserüberwachung, das auf der Basis von Windows NT neu entwickelt wurde, gearbeitet werden. Aufbauend auf die Grundfunktionalität der alten Software wurde eine ACCESS 97 Datenbank mit modernisierter Bedienoberfläche integriert. Durch diese Softwareanpassung wurde ABWADAT Jahr-2000-kompatibel gemacht. Die Strukturen der Datenbanken in ABWADAT wurden dem AWUS-Nachfolgesystem im Klärwerk angepasst.

5.2.3 Ableitung radioaktiver Stoffe mit dem Abwasser 1999

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

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 Tab. 5-10 sind die anhand von Monatsmischproben ermittelten Gesamtableitungen radioaktiver Stoffe für 1999 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 Aktivitäts- abgaben in Bq/a	bilanzierte Ableitungen in Bq/a	
		1999	1998
H-3	1,2 E+14	1,2 E+13	2,5 E+12
C-14	4,6 E+10	4,0 E+08	1,1 E+09
Co-60	2,3 E+09	1,2 E+05	1,1 E+05
Sr-89	1,4 E+11	1,5 E+06	2,3 E+05
Sr-90	5,0 E+09	2,7 E+07	4,9 E+07
Cs-137	4,7 E+09	1,9 E+07	2,7 E+07
Pu-238	7,9 E+08	9,4 E+04	9,3 E+04
Pu-239/240	7,0 E+08	6,7 E+05	2,0 E+05
Pu-241	3,6 E+10	8,3 E+06	1,1 E+07
aus dem Forschungs- zentrum abgeleitete Chemieabwasser- menge in m <sup>3</sup>	-	45.100	44.400

Tab. 5-10: 1999 aus dem Forschungszentrum Karlsruhe in den Vorfluter abgeleitete Abwassermenge und –aktivität sowie Genehmigungswerte gemäß atomrechtlicher Genehmigung

Bei den bilanzierten Ableitungen dominiert das in Form von HTO abgeleitete Tritium. Einen Überblick über die Entwicklung der mit dem Abwasser des Forschungszentrums Karlsruhe in den letzten 24 Jahren in den Vorfluter abgeleiteten Tritiumaktivität gibt Abb. 5-8.

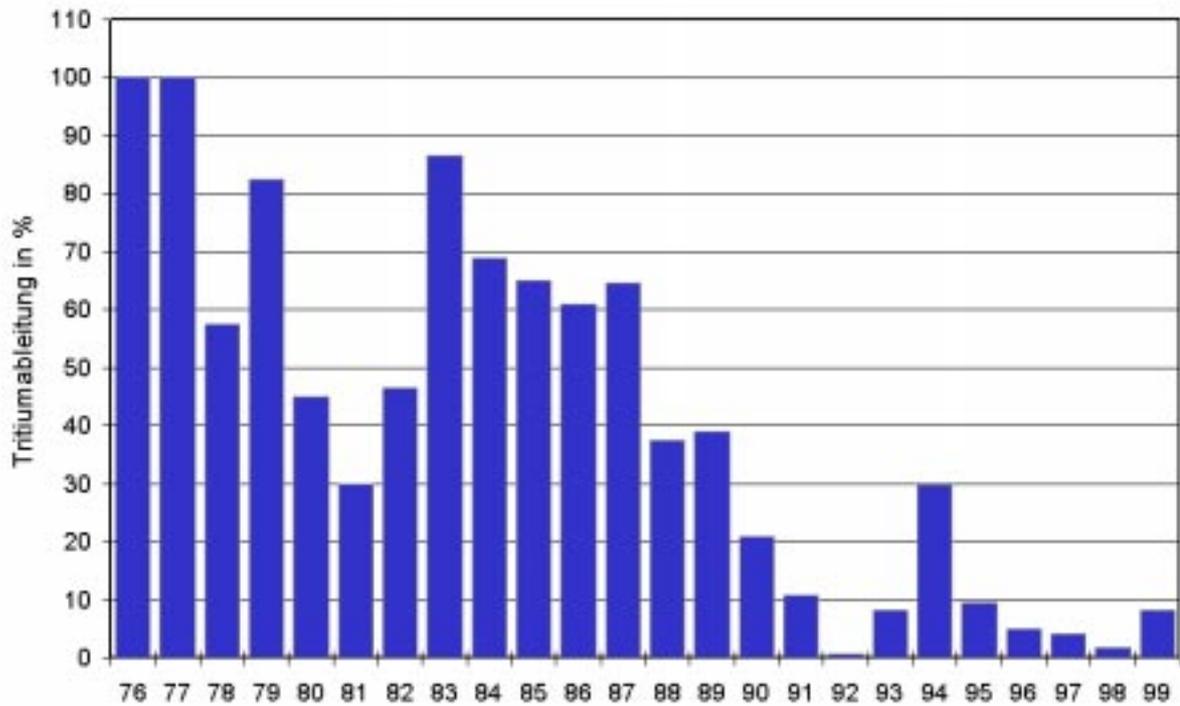


Abb. 5-8: Entwicklung der mit dem Abwasser aus dem Forschungszentrum Karlsruhe jährlich abgeleiteten Tritiumaktivität seit 1976 (1976 = 100 %)

#### 5.2.4 Ableitung nichtradioaktiver Stoffe mit dem Abwasser 1999

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

Die Überwachung der aus der Kläranlage für Chemieabwasser und der Kläranlage für häusliches Abwasser in den Vorfluter eingeleiteten Abwässer hinsichtlich nichtradioaktiver Stoffe (s. Tab. 5-11) wird von BTI-V durchgeführt.

Zur Ermittlung der Jahresabgaben dienen dabei die Ergebnisse der Messungen, die an den einzelnen Endbeckenchargen der Chemiekäranlage gemäß den Vorgaben des wasserrechtlichen Erlaubnisbescheides und an Stichproben aus dem Ablauf der biologischen Kläranlage gemäß der Eigenkontrollverordnung des Landes Baden-Württemberg durchgeführt wurden. Darüber hinaus wurden zahlreiche weitere Stoffe zur Eigenkontrolle in die Überwachung einbezogen. In Tab. 5-11 sind die bilanzierten Ableitungen mit dem Chemieabwasser und dem häuslichen Abwasser sowie die errechneten Jahreskonzentrationsmittelwerte für das Jahr 1999 wiedergegeben. Die Genehmigungswerte wurden in keinem Fall überschritten. Dies bestätigen auch die amtlichen Überwachungsmessungen.

Das Volumen des abgeleiteten Chemieabwassers und des häuslichen Abwassers haben sich auf dem Vorjahresniveau stabilisiert. Bei der Chemiekäranlage erreichte die Ableitung von CSB, KW, AOX, Phosphat, Nitrat und Nitrit ähnliche Werte wie im Vorjahr.

Der in den letzten Jahren erreichte stabile und störungsfreie Betrieb der biologischen Kläranlage konnte auch 1999 aufrechterhalten werden. Aufgrund der optimierten Betriebsweise lag die Nitrat-Fracht wieder bei dem niedrigen Wert des Vorjahres. Bei den Ableitungen von AOX, CSB und Ammonium wurden ähnliche Werte wie im Vorjahr gemessen.

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)	-	-	2,0 E+02	3,8 E+00
Chem. Sauerstoffbedarf (CSB)	1,3 E+03	2,8 E+01	1,9 E+03	3,6 E+01
Adsorbierb. org. Halogenverb. (AOX)	2,4 E+00	5,4 E-02	1,6 E+00	3,1 E-02
Mineralölähnl. Kohlenwasserst. (KW)	8,4 E+00	2,0 E-01	-	-
Flüchtige organ. Halogenverb. (POX)	9,0 E-01	2,0 E-02	-	-
Gesamt-Stickstoff	-	-	6,0 E+02	1,1 E+01
Organisch gebundener Stickstoff	-	-	1,4 E+02	2,9 E+00
Chlorid	1,7 E+04	3,8 E+02	-	-
Nitrat-N	1,4 E+02	3,8 E+00	4,0 E+02	6,6 E+00
Nitrit-N	1,3 E+01	3,0 E-01	9,3 E+00	1,6 E-01
Phosphat-P ges.	1,7 E+01	3,8 E-01	7,4 E+01	1,4 E+00
Sulfat	1,3 E+04	3,0 E+02	-	-
Ammonium-N	2,0 E+02	4,0 E+00	9,2 E+01	1,7 E+00
Cadmium	≤ 3,1 E-01	≤ 7,0 E-03	≤ 2,2 E-01	≤ 5,0 E-03
Chrom	≤ 3,7 E-01	≤ 8,0 E-03	≤ 3,0 E-01	≤ 1,0 E-02
Eisen ges.	2,5 E+01	5,6 E-01	2,7 E+00	5,0 E-02
Quecksilber	≤ 1,0 E-02	≤ 1,0 E-04	≤ 1,0 E-02	≤ 1,0 E-04
Blei	≤ 7,4 E-01	≤ 1,6 E-02	≤ 7,0 E-01	≤ 1,2 E-02
Kobalt	≤ 4,6 E-01	≤ 1,0 E-02	≤ 3,6 E-01	≤ 2,0 E-02
Kupfer	6,7 E-01	1,5 E-02	≤ 7,4 E-01	≤ 2,0 E-02
Mangan	2,7 E+00	5,8 E-02	≤ 5,2 E-01	≤ 2,0 E-02
Nickel	3,3 E+00	7,2 E-02	≤ 5,2 E-01	≤ 1,0 E-02
Zink	1,8 E+00	3,9 E-02	2,2 E+00	4,0 E-02

Tab. 5-11: Bilanzierte Mengen und Jahreskonzentrationsmittelwerte der 1999 mit dem Chemieabwasser (45 100 m<sup>3</sup>) und dem häuslichen Abwasser (52 800 m<sup>3</sup>) in den Vorfluter abgeleiteten nichtradioaktiven Stoffe

### 5.2.5 Strahlenexposition in der Umgebung des Forschungszentrums Karlsruhe durch die mit dem Abwasser abgeleiteten radioaktiven Stoffe 1999

K.-G. Langguth

Die aus den Ableitungen radioaktiver Stoffe mit dem Abwasser des Forschungszentrums Karlsruhe resultierende Strahlenexposition wurde unter Anwendung der Allgemeinen Verwaltungsvorschrift zu § 45 StrlSchV berechnet. Die Berechnung wurde mit Hilfe des Programms STARS durchgeführt. STARS 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. Dabei wurden alle für den Standort des Forschungszentrums Karlsruhe relevanten Expositionspfade berücksichtigt. Als mittlerer Wert für den Durchfluss im Rheinniederungskanal wurde der der Genehmigung zu Grunde liegende Wert von 0,5 m<sup>3</sup>/s verwendet. Tab. 5-12 enthält die Rechenergebnisse für die effektiven Dosen und die Dosen für die jeweils am stärksten exponierten Organe für Erwachsene und Kleinkinder.

Bilanzierte Aktivitätsableitungen 1999		Maximale Körper-Folgedosen in µSv			
		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	1,2 E+13	33		33	
C-14	4,0 E+08	2,6		0,57	
Co-60	1,2 E+05	0,01		0,02	
Sr-89	1,5 E+06	< 0,01	< 0,01 (UD)	< 0,01	0,01 (UD)
Sr-90	2,7 E+07	0,35	1,7 (RK)	0,22	0,93 (RK)
Cs-137	1,9 E+07	1,2		0,95	
Pu-238	9,4 E+04	0,01	0,22 (KO)	< 0,01	0,10 (KO)
Pu-239/240	6,7 E+05	0,09	1,8 (KO)	0,05	0,75 (KO)
Pu-241	8,3 E+06	0,02	0,42 (KO)	0,01	0,14 (KO)
Summe, gerundet		37	-	35	-

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

Tab. 5-12: Maximale Körper-Folge-Äquivalentdosen, berechnet aus den bilanzierten Aktivitätsableitungen mit dem Abwasser 1999

Die Rechenergebnisse zeigen, dass die Dosisgrenzwerte des § 45 der Strahlenschutzverordnung deutlich unterschritten werden.

### 5.2.6 Messsysteme und Messverfahren

K.-G. Langguth, Chr. Wilhelm, A. Radziwill-Ouf, D. Kerl, H. Genzer

In der Gruppe „Abwasserüberwachung und Spektrometrie“ werden für alle Gruppen und Aufgabenbereiche der Abteilung Umweltschutz Messungen durchgeführt. Dazu werden die im folgenden beschriebenen Messsysteme und Messverfahren eingesetzt.

Zur Durchführung von Alpha- und Beta- Gesamtaktivitätsmessungen steht ein im Jahre 1998 vollständig erneuertes Messsystem zur Verfügung, in dem sechs Großflächen-Proportionalzähler integriert sind. Die Proportionalzähler arbeiten mit einem neu entwickelten Elektronikbauteil, dem sogenannten Serial-Micro-Channel. Alle zum Betrieb der Zähler notwendigen Elektronikmodule (Verstärker, Hochspannungsversorgung, Antikoinzidenzlogik, Zähler-Timer-Einheit) sind in diesem Bauteil vereinigt. Ein zentraler Rechner steuert über eine serielle Schnittstelle die Messplätze und dient zur Erfassung der Rohdaten und zu deren Auswertung. In einem Programm mit moderner Bedienungsfläche sind die Messabläufe vollständig automatisiert und die verschiedenen Messfunktionen (Alpha-/Beta-Gesamtaktivitäts-

bestimmung, Aufnahme der Detektorcharakteristik, Wirkungsgradkalibrierung, Messungen zur Qualitätssicherung und Nulleffektmessung) lassen sich einfach und in der von kommerziellen Programmen gewohnten Weise bedienen. Die Datenablage erfolgt in Datenbanken auf dem Abteilungsserver der HS-US.

Neben diesen Detektoren werden zur Messung von Alpha- und Beta-Gesamtaktivitäten zwei zusätzliche Großflächen-Proportionalzähler mit Probenwechslern und Pseudokoinzidenz-Elektronik betrieben. Mit diesen Messplätzen werden die Kontroll- und Bilanzierungsmessungen an Aerosolfiltern zur Fortluftüberwachung durchgeführt. An den Aerosolfiltern werden stets zwei Messungen vorgenommen. Zunächst wird unmittelbar nach Anlieferung die Alpha- und Beta-Gesamtaktivität gemessen, 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 (nach ca. 7 Tagen), erneut gemessen.

Für die Messung von reinen Beta-Strahlern wie H-3, C-14, S-35, P-32, Ni-63 und Fe-55 stehen drei Flüssigszintillationsspektrometer der Fa. Packard zur Verfügung. Um bei annehmbarer Messzeit die geforderten niedrigen Erkennungsgrenzen zu erreichen, können die Geräte in einem speziellen Low-Level-Modus betrieben werden. Eines der Geräte ist zur Reduzierung des Untergrundes zusätzlich mit einem aktiven Schirm ausgerüstet. Die Rohdaten der Geräte werden von PCs übernommen und verrechnet. Die Ergebnisse werden protokolliert. Die Daten werden zusätzlich in Datenbanken auf dem Abteilungsserver der HS-US abgelegt.

Alle in der Gruppe vorhandenen Geräte und Detektoren zur Alpha- und zur Gamma-Spektrometrie werden mit Hilfe eines Mehrplatz-Spektrometriesystems auf Genie-PC-Basis betrieben. Der schematische Aufbau des Systems ist in Abb. 5-9 wiedergegeben. An das Genie-PC-Messsystem sind insgesamt acht Halbleiterdetektoren und zwei Gitterionisationskammern zur Alpha-Spektrometrie angeschlossen sowie 19 Germanium-Detektoren zur Gamma-Spektrometrie, wobei drei Detektoren mit Probenwechslern ausgerüstet sind.

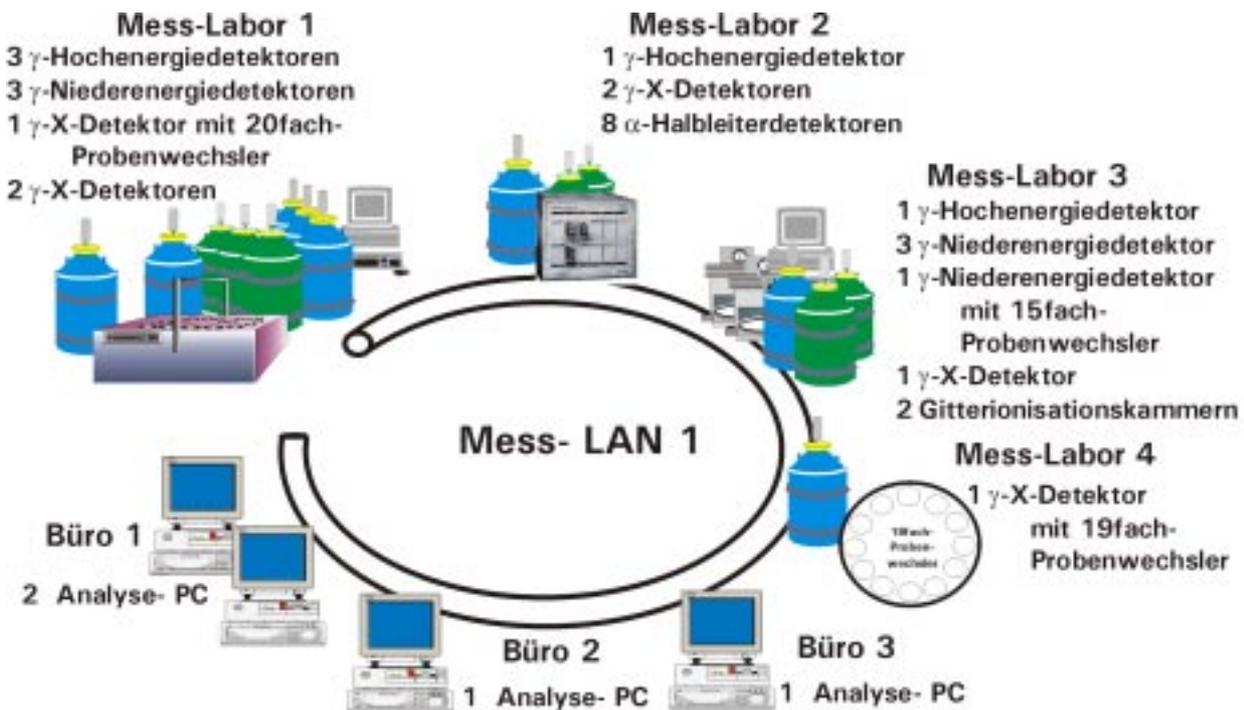


Abb. 5-9: Schematischer Aufbau des Spektrometriesystems

Zur Steuerung des Systems und zur Durchführung von Analysen stehen insgesamt acht PCs 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.

Im Zuge des Rückbaus der WAK wurde das Betriebslabor der WAK aufgelöst. Seit Mai 1999 werden die Bilanzierungsmessungen zur Fortluftüberwachung der WAK von HS-US durchgeführt. Um die zusätzlich anfallenden Proben termingerecht bearbeiten zu können, wurden zusätzlich drei Gamma-Detektoren übernommen und in den routinemäßigen Messbetrieb integriert. Einer dieser Detektoren ist mit einem Probenwechsler ausgestattet, der jedoch nur für eine spezielle Geometrie einsetzbar ist.

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 zwei Messungen erforderlich sind.

Besondere Erwähnung verdient der hohe Arbeitsaufwand für die Durchführung der verschiedenen Ringversuche zur Qualitätskontrolle. Trotz der geringen Zahl an Proben bei Ringversuchen ist wegen der geforderten Mehrfachbestimmungen tatsächlich eine sehr große Anzahl von Messungen auszuführen.

#### 5.2.7 Aufbau einer aktiven Abschirmung für einen Germanium-Detektor

Chr. Wilhelm, T. Lohse

Im Rahmen einer Diplomarbeit wurde für einen Low-Level-Detektor aus dem in Kap. 5.2.6 beschriebenen Messsystem eine einfache aktive Abschirmung zur Reduktion des durch Höhenstrahlung verursachten Untergrundes aufgebaut. Es war das Ziel der Arbeit, herauszufinden, in welcher Weise eine effiziente Abschirmung aufgebaut werden kann und welche Reduktion des Untergrunds dadurch erzielt wird. Die Ergebnisse dieser Arbeit werden nachfolgend vorgestellt.

Als erste einfache Lösung wurde eine aktive Abschirmung aus 3 cm dicken Feststoff-Szintillator-Platten mit einer Fläche von 100 x 90 cm<sup>2</sup> über der Bleiburg des Detektors aufgebaut. Mit diesem einfachen Aufbau ist es möglich, den Untergrund des Germanium-Detektors um 30 % zu reduzieren und dabei nur einen Verlust an Zählausbeute von weniger als 1 % hinnehmen zu müssen. Diese Untergrundreduktion führt zu einer Absenkung der Nachweisgrenze für Am-241 von  $7,5 \cdot 10^{-2}$  Bq/Liter auf  $6,1 \cdot 10^{-2}$  Bq/Liter (Berechnung gemäß DIN 25482, Messzeit: 210 000 Sekunden, Messgeometrie: 2 Liter Blindprobe). Durch diese Absenkung ist nun gewährleistet, dass die für die Abwasserbilanzierung geforderte Nachweisgrenze von  $9,2 \cdot 10^{-2}$  Bq/Liter sicher unterschritten wird.

Als Zweites wurde mit den Szintillator-Platten die Wirkung einer aktiven Abschirmung an den einzelnen Seiten der Bleiburg gemessen. Dabei wurde festgestellt, dass bei seitlicher Abschirmung der Untergrund im Nulleffektspektrum je Seite um bis zu 10 % abgesenkt wird. Daraus lässt sich ableiten, dass mit einer fünfseitigen aktiven Abschirmung bei einer günstigen Geometrie der Bleiburg eine Untergrundreduktion von bis zu 70 % erreicht werden kann.

Wie aus der Literatur bereits bekannt, ist die Innenauskleidung von Bleiburgen durch Kupfer- und Plexiglasplatten zur zusätzlichen Abschirmung in der Low-Level-Gamma-Spektrometrie häufig eher von Nachteil als von Vorteil.

Die Messung des Nulleffekts an dem betrachteten Detektorsystem ergab, dass der integrale Untergrund im Bereich von 39 – 2.200 keV ohne die Kupfer- und Plexiglasschicht um 5 % niedriger lag als der Untergrund mit der zusätzlichen Abschirmung. Allerdings nehmen die Impulsraten der diskreten Blei-Röntgen-Linien nach der Entfernung der Kupfer- und Plexiglasschicht um ca. 2 % zu.

### 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 überwachte Gebiet umfasst eine Fläche von ca. 200 km<sup>2</sup>. Die meisten Mess- und Probenentnahmeorte liegen, wie in Abb. 5-11 dargestellt, innerhalb eines Kreises von ca. 8 km Radius um das Forschungszentrum Karlsruhe. Im betrieblichen Überwachungsbereich - das ist die ca. 2 km<sup>2</sup> große Fläche innerhalb des Zauns - ist das Messstellennetz wesentlich dichter als in der eigentlichen Umgebung. Die Mess- und Probenentnahmeorte innerhalb des Forschungszentrums Karlsruhe sind in Abb. 5-12 dargestellt.

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. Die sehr umfangreiche Zusammenstellung aller Einzelmessergebnisse wird für jedes Quartal den Aufsichtsbehörden zugeleitet.

Insgesamt wurden 1999 an ca. 850 Proben rund 1 500 Radioaktivitätsmessungen durchgeführt. Hinzu kommen noch 250 Messungen der Ortsdosis mit Thermolumineszenzdosimetern. Der größte Anteil der Proben entfällt auf die Überwachung der Aerosole (Abb. 5-10).

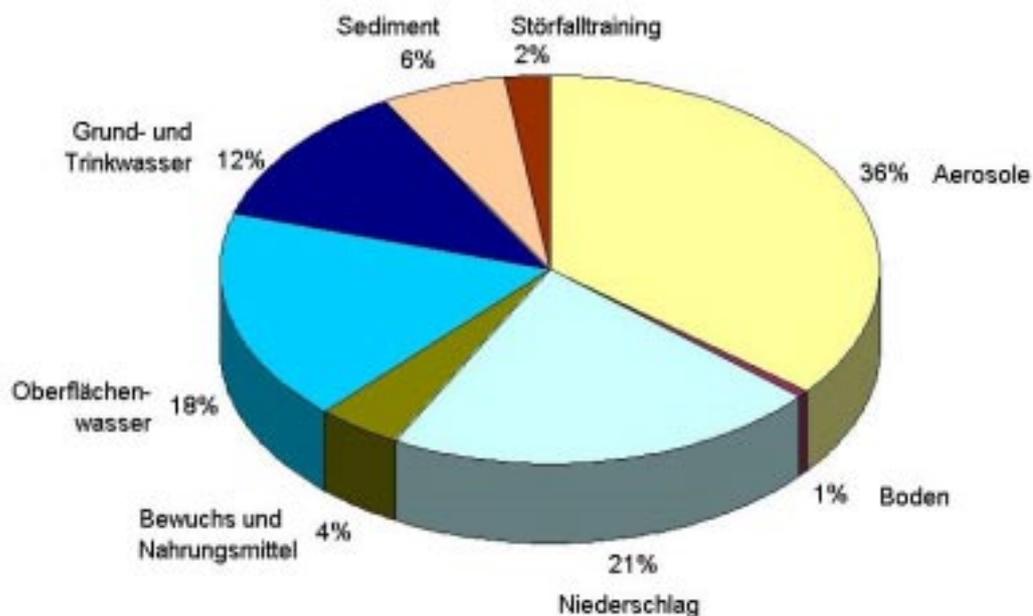


Abb. 5-10: Prozentuale Verteilung der Proben zur Umgebungsüberwachung bezogen auf einzelne Umweltmedien

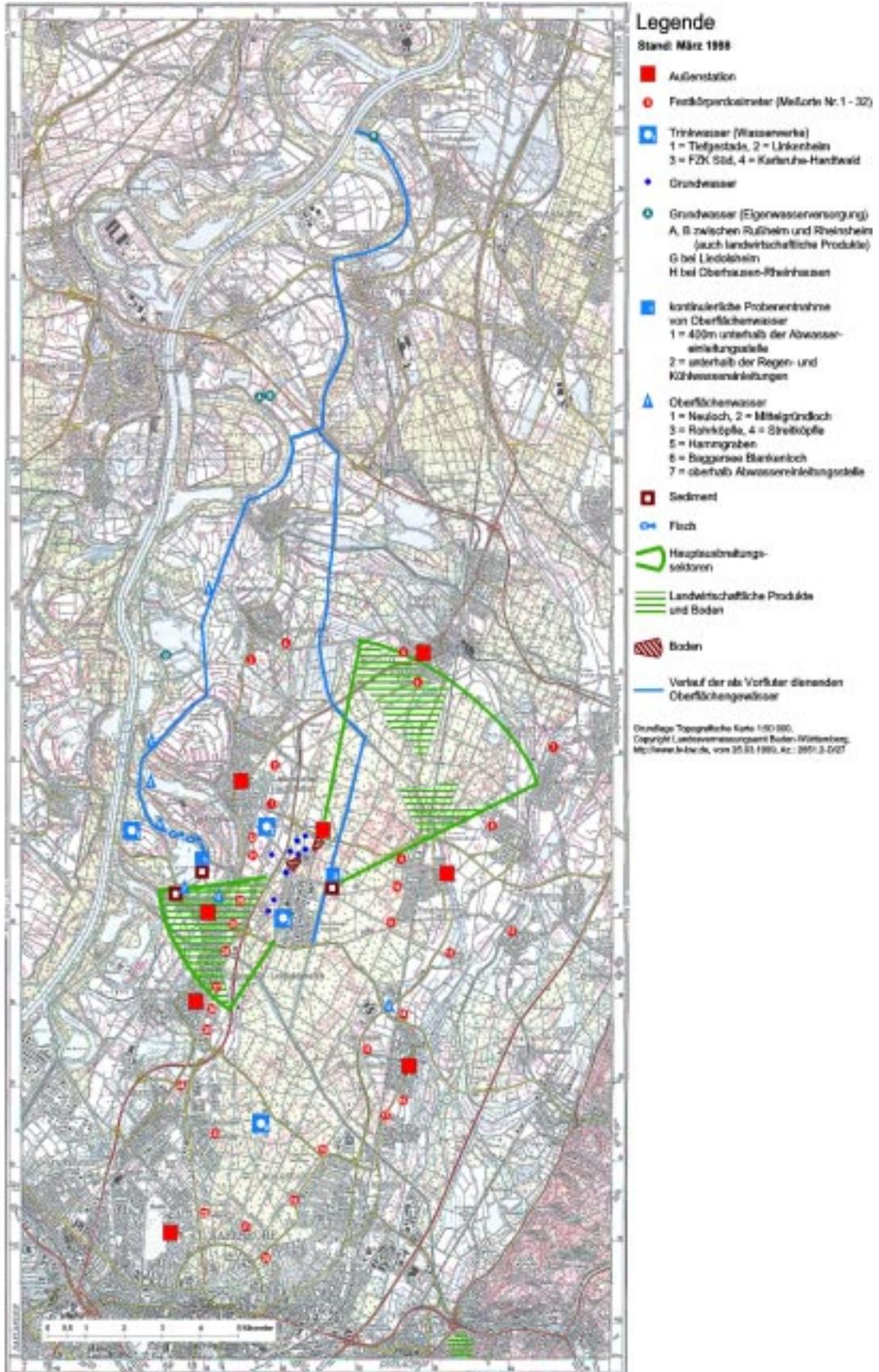


Abb. 5-11: Lageplan der Mess- und Probenentnahmestellen zur Umgebungsüberwachung außerhalb des Forschungszentrums Karlsruhe

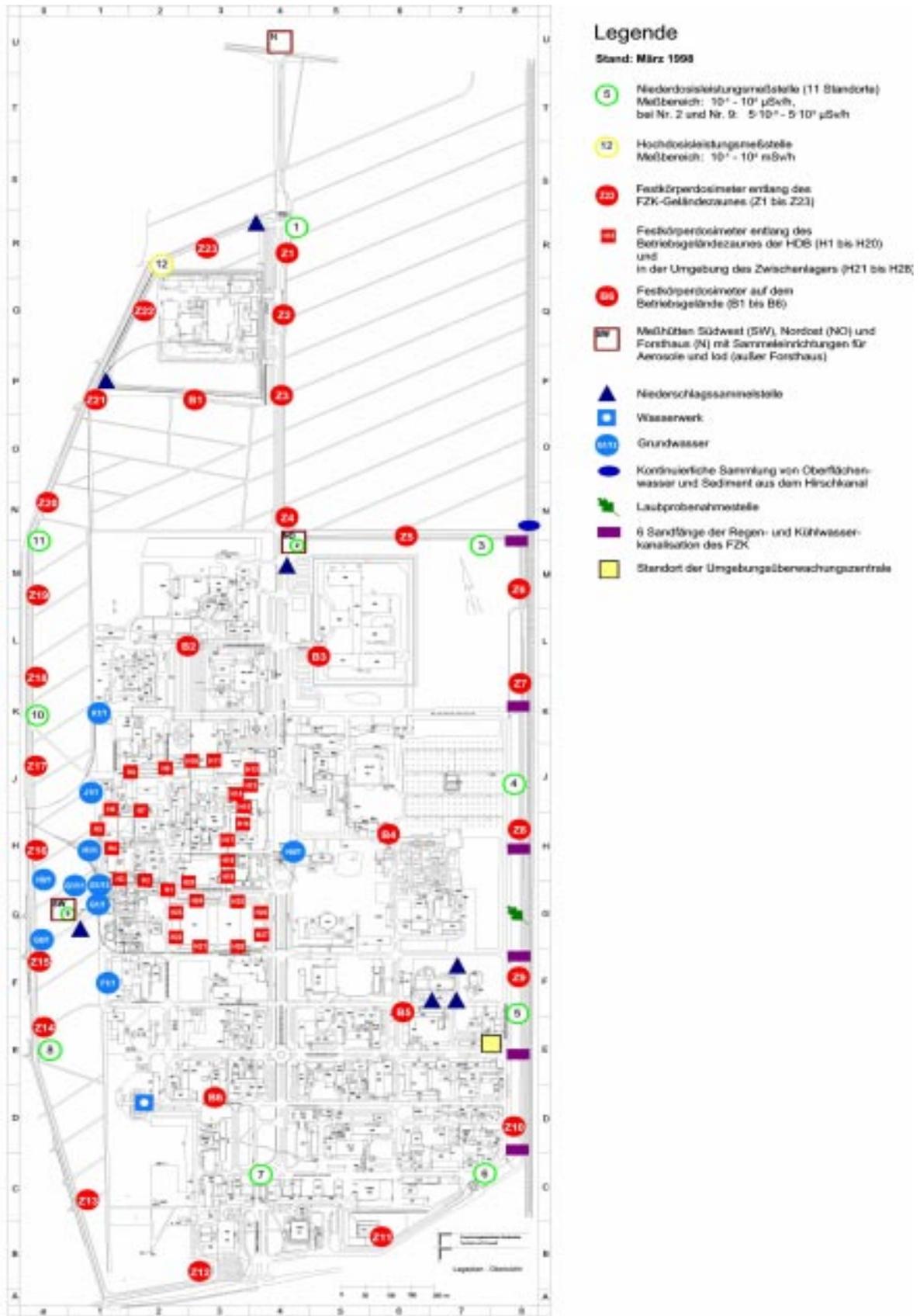


Abb. 5-12: Lageplan der Mess- und Probenentnahmestellen zur Umgebungsüberwachung innerhalb des Forschungszentrums Karlsruhe

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 1999

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 der Ortsdosisleistung entlang des betrieblichen Überwachungsbereichs, das andere System, die sogenannten Außenstationen, dient der Überwachung in den umliegenden Ortschaften. 1999 wurde durch die Monitoranlage keine Überschreitung der Warnschwelle von  $1 \mu\text{Sv/h}$  registriert. Bei den Außenstationen wurden keine erhöhten Dosisleistungsmesswerte registriert. In Abb. 5-13 sind die mittleren wöchentlichen Ortsdosisleistungen 1999 an den Außenstationen der Ortschaften Blankenloch, Friedrichstal und Leopoldshafen und an der Station "Forsthaus" dargestellt. Der Schwankungsbereich der Ortsdosisleistung lag zwischen 66 und 98 nSv/h. Die Wochenwerte für die Ortschaften Eggenstein, Graben-Neudorf, Karlsruhe und Linkenheim, die lediglich aus darstellungstechnischen Gründen nicht in Abb. 5-13 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.

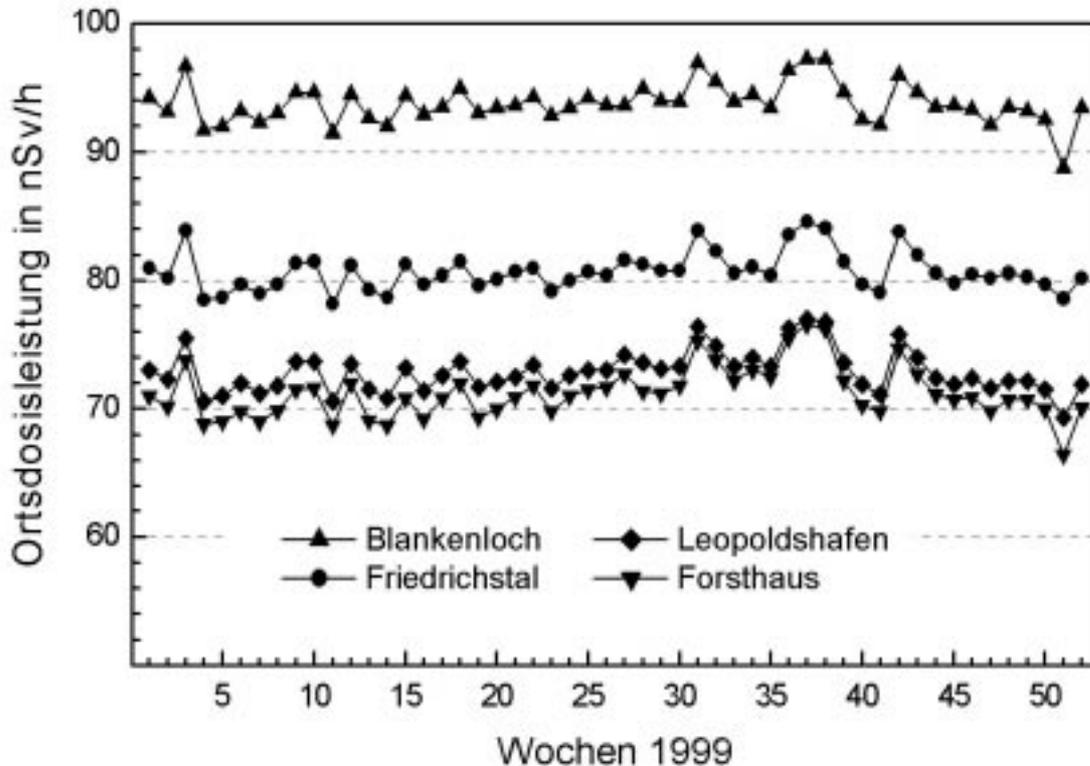


Abb. 5-13: Mittlere wöchentliche  $\gamma$ -Ortsdosisleistung 1999 in den nächstgelegenen Ortschaften und am "Forsthaus"

Die niedrigste Dosisleistung wird am "Forsthaus" (einzelnes Gebäude, von Wald umgeben) gemessen. Dies wird auch durch die Messung der Ortsdosis mittels Thermolumineszenzdosimetern bestätigt. Die Ortsdosis an den 23 Messorten entlang des Zauns des Betriebsgeländes lag im Bereich von 0,55 bis 0,68 mSv/a, bei einem Mittelwert von 0,59 mSv/a (s. Abb. 5-14). Die Messwerte der 32 Umgebungsdosimeter in den umliegenden Ortschaften reichten von 0,52 bis 0,74 mSv/a, bei einem Mittelwert von 0,62 mSv/a. Der hier etwas größere Schwankungsbereich ist auf größere Unterschiede standortspezifischer Parameter zurückzuführen.

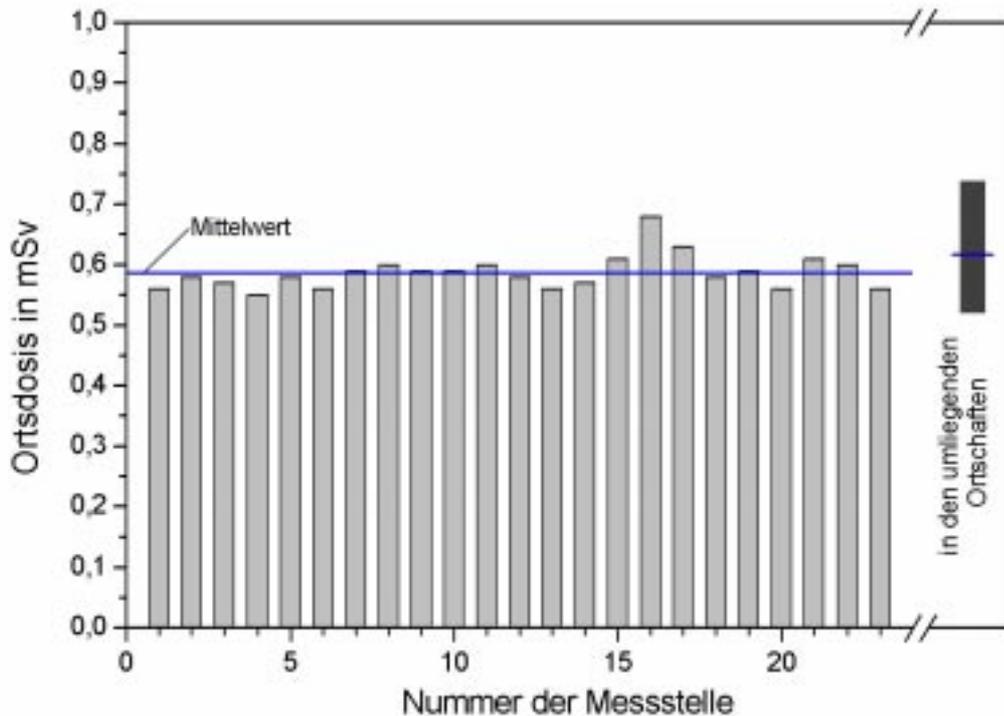


Abb. 5-14: Messwerte der Ortsdosismessungen entlang des Geländezaunes und Schwankungsbereich der Messwerte im Jahr 1999 in den umliegenden Ortschaften

### 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 an Quartalsmischproben der Filter. 1999 lagen alle durch  $\gamma$ -Spektrometrie bestimm-  
ten Aktivitätskonzentrationen künstlicher Radionuklide unter der Nachweisgrenze (z. B. von  
 $8 \mu\text{Bq}/\text{m}^3$  für Cs-137). Die Be-7-Aktivitätskonzentration schwankte zwischen 2,4 und  
 $5,3 \text{ mBq}/\text{m}^3$ . Be-7 ist ein natürliches Radionuklid, das als Leitnuklid für den vertikalen atmo-  
sphärischen Austausch angesehen werden kann und dessen Aktivitätskonzentration je nach  
Jahreszeit schwankt. Im dritten Quartal wurden an den Messhütten Südwest und Nordost auf  
dem Betriebsgelände Plutoniumspuren in der Luft nachgewiesen (Messergebnisse siehe  
Kap. 5.4.1). In allen anderen Quartalsproben lagen die Plutonium-Aktivitätskonzentrationen  
unterhalb der Erkennungsgrenze.

An insgesamt sieben Stellen auf dem Betriebsgelände des Forschungszentrums (s. Abb. 5-12)  
wird Niederschlag zur Überwachung auf Radioaktivität gesammelt. Eine weitere Sammel-  
stelle in Durlach dient als Referenzstelle. 1999 betrug die über alle sieben Sammelstellen ge-  
mittelte Jahresniederschlagsmenge 781 mm. Im Niederschlag wurden bei der  $\gamma$ -spektrome-  
trischen Analyse keine künstlichen Radionuklide nachgewiesen. Die Nachweisgrenze für  
Cs-137 lag bei  $0,03 \text{ Bq}/\text{l}$ . Die H-3-Aktivitätskonzentration schwankte zwischen der Nach-  
weisgrenze von  $2 \text{ Bq}/\text{l}$  und  $30 \text{ Bq}/\text{l}$ .

Tab. 5-13 enthält eine Übersicht über die Schwankungsbereiche der 1998 und 1999 gemesse-  
nen spezifischen Aktivitäten in Boden- und Sedimentproben. Aufgeführt sind außer dem na-  
türlichen Radionuklid K-40 nur solche künstlichen Nuklide, für die in den Jahren 1998 und  
1999 mindestens ein Messergebnis über der Erkennungsgrenze lag.

Gegenüber dem Vorjahr wurde keine erhöhte spezifische Aktivität im Boden oder Sediment festgestellt. Die gemessenen Cs-137-Aktivitäten beruhen zum größten Teil auf dem Fallout des Reaktorunfalls 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 Abb. 5-11) 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 Abb. 5-11) 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-Gammaskopie ermittelt.

Eine Übersicht über die Schwankungsbereiche der 1998 und 1999 gemessenen spezifischen Aktivitäten in Nahrungsmitteln gibt Tab. 5-14. Aufgeführt wurden nur solche künstlichen Nuklide, für die in den Jahren 1998 und 1999 mindestens ein Messergebnis über der Erkennungsgrenze lag. Die untersuchten landwirtschaftlichen Produkte wurden in den beiden Hauptausbreitungssektoren angebaut. Der Fisch stammt aus dem Rheinniederungskanal in der Höhe von Linkenheim. Die spezifische Cs-137-Aktivität der Fischprobe vom 1. Halbjahr 1999 lag mit rund 0,1 Bq/kg Frischsubstanz unter den Werten der Vorjahre. Im zweiten Halbjahr 1999 konnte keine Fischprobe zur Messung zur Verfügung gestellt werden.

Überwachtes Medium	Nuklid	Spezifische Aktivität in Bq/kg Trockensubstanz			
		1999		1998	
		Minimum	Maximum	Minimum	Maximum
Boden (0-5 cm)	K-40	520	610	470	490
	Cs-134	0,23	<0,40	<0,20	<0,30
	Cs-137	9,7	53	10	24
	Sr-90	0,35	2,3	0,38	1,6
	Pu-238	0,01	0,14	<0,01	0,44
	Pu-239/240	0,11	0,61	0,14	1,0
Boden (In-situ-Gamma-Spektrometrie)	K-40	300	340	270	340
	Cs-134	<1,9	<2,1	<2,0	<2,1
	Cs-137	10	15	5,6	10
Sediment (Rheinniederungskanal unterhalb Einleitung)	K-40	350	450	320	350
	Cs-134	<1,4	<1,9	<1,3	<2,0
	Cs-137	19	39	35	64
	Pu-238	0,15	0,83	0,1	0,85
	Pu-239/240	0,37	1,1	0,37	1,3
Sediment (Hirschkanal)	K-40	330	610	330	590
	Co-60	1,6	<4,9	2,8	<7,0
	Cs-134	1,6	<3,5	2,2	<5,6
	Cs-137	290	400	240	380
	Am-241	7,2	<16	11	<30

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

Überwachtes Medium	Nuklid	Spezifische Aktivität in Bq/kg Frischsubstanz			
		1999		1998	
		Minimum	Maximum	Minimum	Maximum
Wurzelgemüse	K-40	32	110	26	84
	Cs-137	<0,02	<0,04	<0,02	<0,04
	Sr-90	0,03	0,19	<0,01	0,02
Getreide	K-40	93	110	78	110
	Cs-137	<0,05	<0,07	<0,04	<0,07
	Sr-90	0,25	0,71	0,29	0,42
Blattgemüse	K-40	31	110	47	127
	Cs-137	<0,02	<0,09	<0,02	0,06
	Sr-90	0,10	0,47	0,14	0,25
Fisch	K-40	63	63	76	76
	Cs-137	0,12	0,12	0,33	0,33

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

Zur Überwachung des Grundwassers im Nahbereich der HDB werden im Rahmen des Umgebungsüberwachungsprogrammes zahlreiche Beobachtungspegel beprobt. Diese Pegel befinden sich innerhalb und außerhalb des Betriebsgeländes in Grundwasserfließrichtung. Die H-3-Aktivitätskonzentrationen schwankten 1999 zwischen der Nachweisgrenze (2 Bq/l) und 52 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 4 Bq/l. Die Einzelmesswerte der H-3-Aktivitätskonzentration des Trinkwassers aus dem Wasserwerk Linkenheim sind mit ca. 3 bis 4 Bq/l weiter rückläufig (siehe Abb. 5-15). Die Werte des Trinkwassers aus dem Wasserwerk Tiefgestade lagen 1999 auf dem Niveau der Werte des Trinkwassers von der Referenzstelle Karlsruhe-Hardtswald.

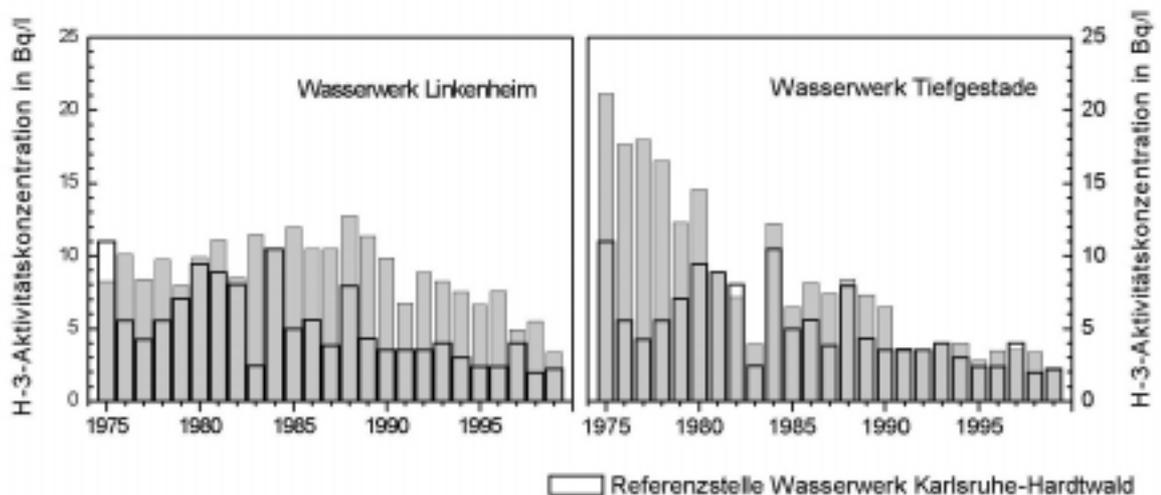


Abb. 5-15: Verlauf der H-3-Aktivitätskonzentration im Trinkwasser aus benachbarten Wasserwerken von 1975 bis 1999

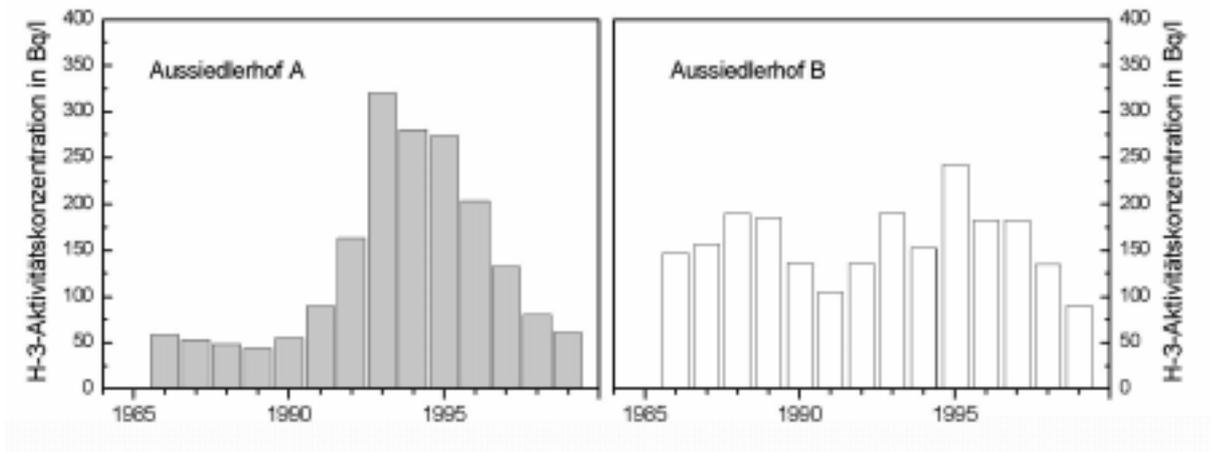


Abb. 5-16: Verlauf der H-3-Aktivitätskonzentration im Grundwasser von Trinkwassereigenversorgungen entlang des Rheinniederungskanals von 1986 bis 1999

Im Grundwasser aus Trinkwassereigenversorgungen von den Standorten der Aussiedlerhöfe in der Nähe des Rheinniederungskanals (siehe Abb. 5-11) bei Liedolsheim (G) und zwischen Rußheim und Rheinsheim (Abb. 5-16, A und B) wird vierteljährlich die H-3-Aktivitätskonzentration bestimmt. Die H-3-Aktivitätskonzentrationen schwankten 1999 zwischen der Nachweisgrenze und 110 Bq/l. Bei den Aussiedlerhöfen A und B ist die H-3 Aktivitätskonzentration gegenüber den Vorjahren weiter gesunken (Abb. 5-16). Die Werte des Aussiedlerhofes G liegen bei ca. 2 Bq/l (Messungen seit 1993). Die Probenentnahmestelle nördlich von Oberhausen-Rheinhausen (H) (siehe Abb. 5-11) war 1999 nicht mehr zugänglich und konnte deshalb nicht mehr beprobt werden.

Die Kühl- und Regenwässer des Forschungszentrums werden über die Sandfänge 1 bis 6 in den Hirschkanal abgeleitet (siehe Abb. 5-12). Das Oberflächenwasser des Hirschkanals unterhalb von Sandfang 6 wird kontinuierlich beprobt. Die H-3-Aktivitätskonzentration lag im Jahresdurchschnitt bei 9,3 Bq/l.

Unterhalb der Einleitungsstelle für die Abwässer des Forschungszentrums werden Wasserproben aus dem Rheinniederungskanal kontinuierlich gesammelt. Die Wochenwerte der H-3-Aktivitätskonzentration schwankten 1999 zwischen 2 und 6100 Bq/l. In Abb. 5-17 ist der zeitliche Verlauf der H-3-Aktivitätskonzentration im Rheinniederungskanal dargestellt. Die Jahresmittelwerte der H-3-Aktivitätskonzentration im Rheinniederungskanal sind seit 1985 rückläufig (Abb. 5-18). 1999 lag der Jahresmittelwert mit 590 Bq/l bei ca. 12 % des Wertes von 1985.

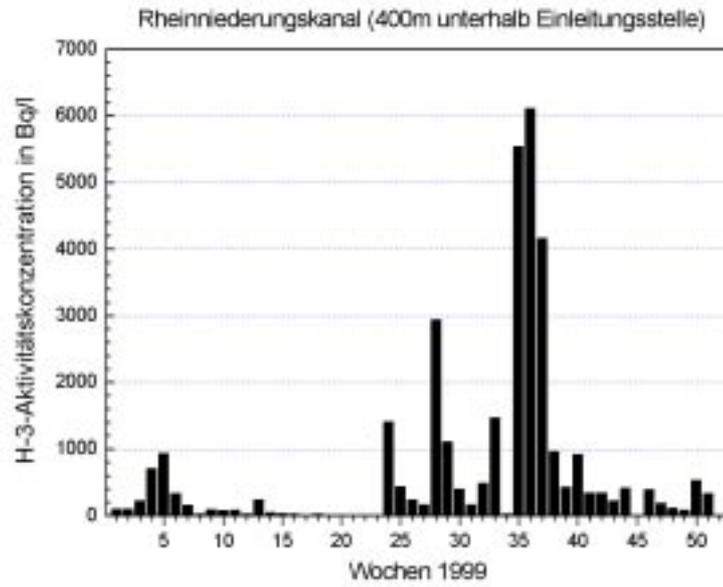


Abb. 5-17: Wochenwerte 1999 der H-3-Aktivitätskonzentration im Rheinniederungskanal

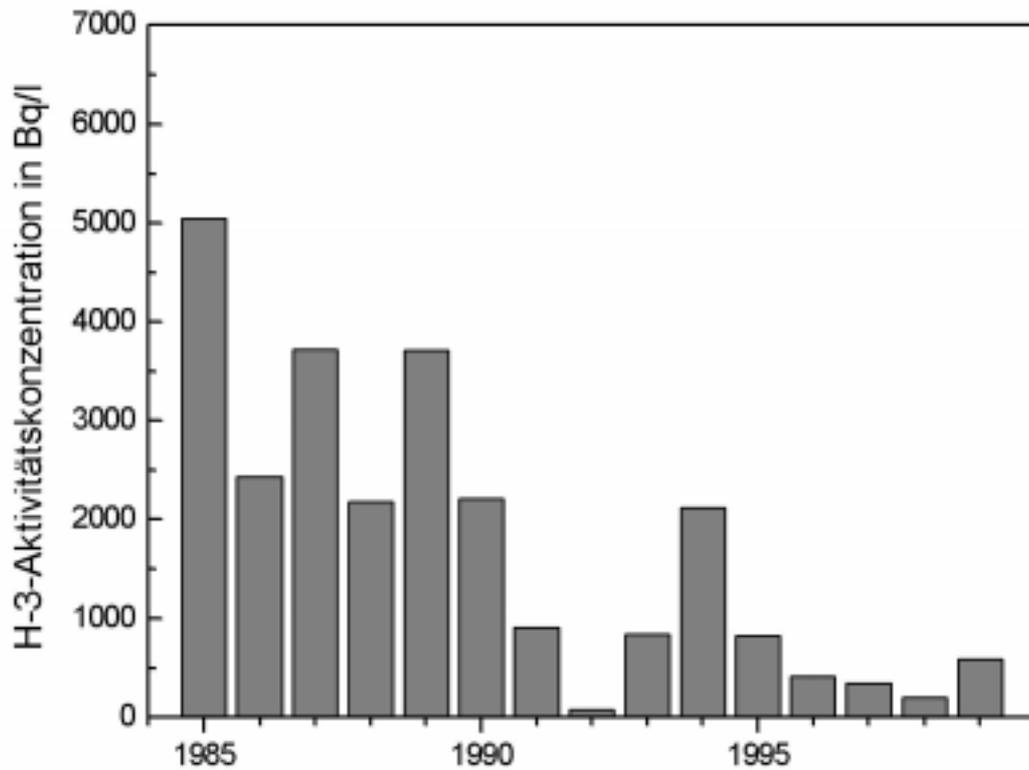


Abb. 5-18: Jahresmittelwerte der H-3-Aktivitätskonzentration im Rheinniederungskanal

Vierteljährlich werden außerdem vier Baggerseen und zwei kleinere Gewässer beprobt, die zum Teil eine direkte Verbindung zum Rheinniederungskanal haben. Ihre H-3-Aktivitätskonzentrationen schwankten 1999 zwischen 2 und 87 Bq/l.

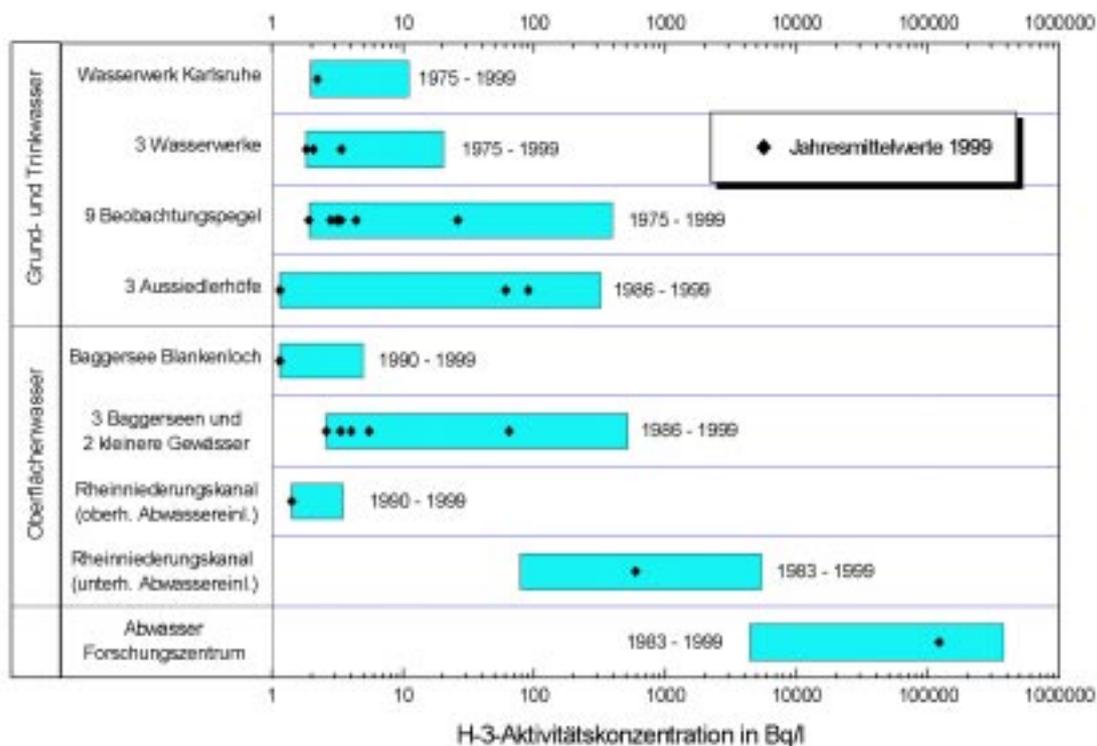


Abb. 5-19: Schwankungsbereiche der Jahresmittelwerte der H-3-Aktivitätskonzentration von Grund- und Trinkwasser, Oberflächenwasser und Abwasser des Forschungszentrums

Die horizontalen Balken in Abb. 5-19 zeigen die Schwankungsbereiche der Jahresmittelwerte der H-3-Aktivitätskonzentration der Wasserarten von Probenentnahmestellen im Bereich des Rheinniederungskanals (s. Abb. 5-11). Da die Probenentnahmestellen zu unterschiedlichen Zeitpunkten in das Umgebungsüberwachungsprogramm aufgenommen wurden, ist jeweils der Zeitraum, für den die Werte dargestellt sind, angegeben. Für fast alle Wasserarten ist gegenüber dem Vorjahr ein Rückgang der Werte festzustellen. Der Jahresmittelwert im Rheinniederungskanal unterhalb der Abwassereinleitungsstelle war 1999 höher als im Vorjahr, da auch das dort eingeleitete Abwasser des Forschungszentrums Karlsruhe eine höhere mittlere H-3-Aktivitätskonzentration aufwies.

### 5.3.1.3 Messfahrten

Im Rahmen des Störfalltrainingsprogramms werden monatliche Messfahrten zu wechselnden Mess- und Probenentnahmeorten durchgeführt. Die in der Zentralzone (Abb. 5-20) 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.

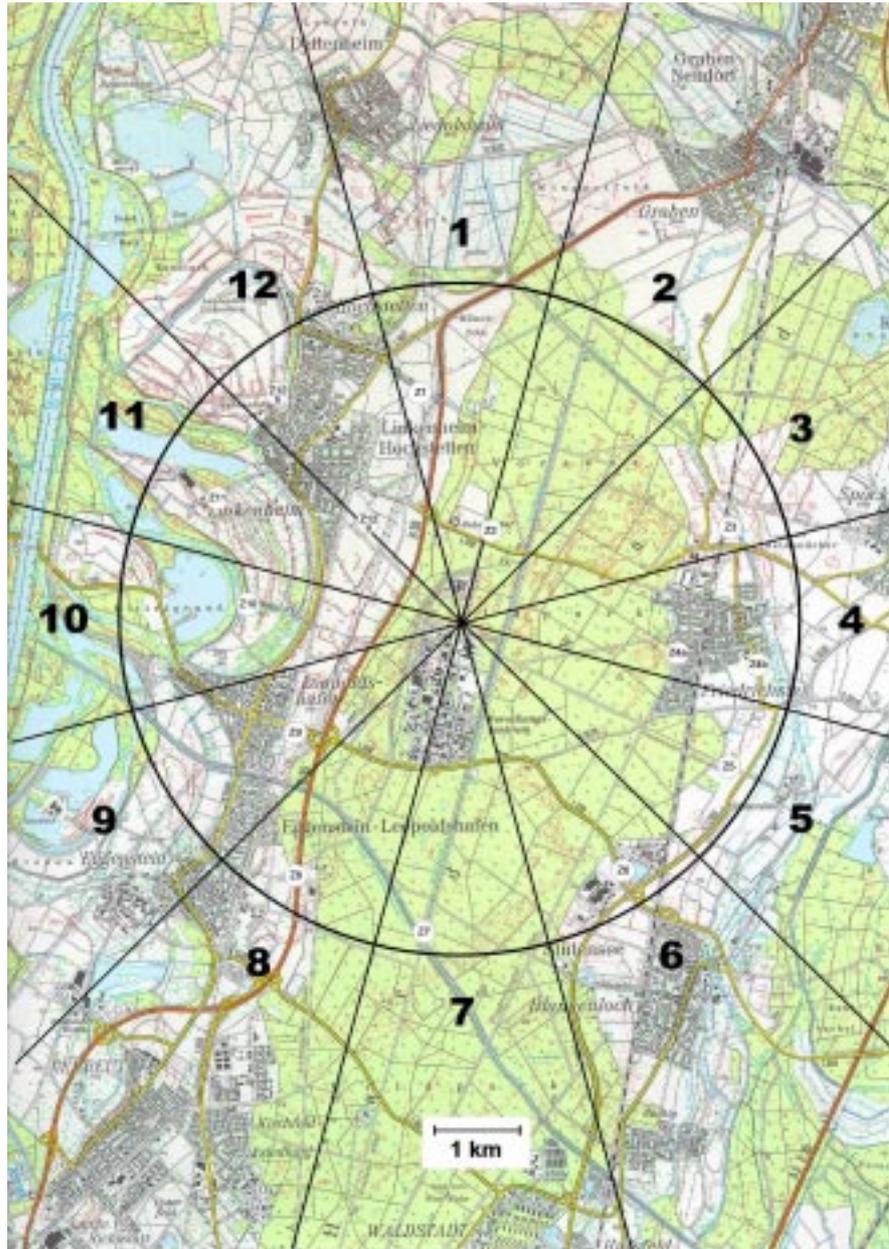


Abb. 5-20: Mess- und Probenentnahmeorte in den Sektoren der Zentralzone gemäß dem "Besonderen Katastropheneinsatzplan für das Forschungszentrum Karlsruhe"

#### 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 Abb. 5-12), die in den Vorjahren erhöht war, blieb im Jahr 1999 mit maximal 52 Bq/l im Bereich der Werte des Vorjahres.

### 5.3.2 Untergrundmessungen der $\gamma$ -Ortsdosis im Nahbereich von ANKA

M. Vilgis

Im Bereich des Baugeländes der ANKA wurde bereits 1997 mit Untergrundmessungen der  $\gamma$ -Ortsdosis begonnen. An insgesamt 8 Messorten (siehe Abb. 5-21) wurden Festkörperdosimeter ausgelegt. Die Dosimeter wurden zusammen mit den Dosimetern entlang des HDB-Zaunes (siehe auch Abb. 5-12) vierteljährlich gewechselt und ausgewertet, so dass bis Ende 1999 für jeden Messort insgesamt 10 Messwerte vorlagen. In Tab. 5-15 sind Minima, Maxima und Mittelwerte der Quartalswerte für den Zeitraum von 1997 bis 1999 aufgelistet. Am Messort A2 traten in drei Quartalen leicht erhöhte Messwerte bis 0,32 mSv auf, da dieser Messort gegenüber dem Südtor des Zwischenlagers für radioaktive Abfälle (Bau 526) liegt. Die Maxima bei den Messorten A7 und A8 wurden im 4. Quartal 1999 durch Probebetrieb der ANKA verursacht und stellen somit keine Untergrundmesswerte mehr dar. Wegen der Nähe aller acht Dosimeterstandorte zu Gebäuden und Straßen sind die Jahresortsdosiswerte im Vergleich zu den Standorten der Dosimeter entlang des Betriebsgeländezaunes generell um ca. 20 % höher (siehe Abb. 5-14).

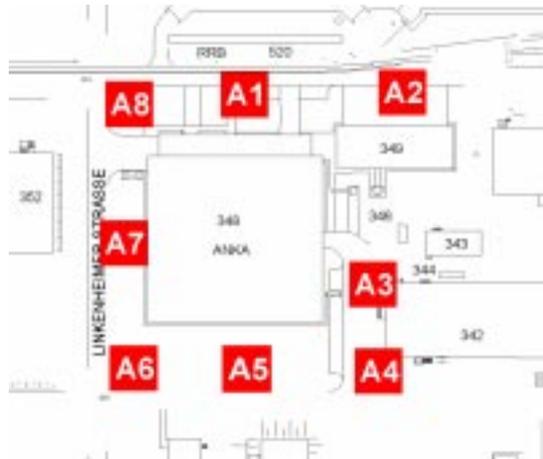


Abb. 5-21: Standorte der Dosimeter um ANKA

Messort	Quartalswerte der $\gamma$ -Ortsdosis in mSv			Mittlere Jahresortsdosis in mSv
	Minimum	Maximum	Mittelwert	
A1	0,16	0,19	0,17	0,70
A2	0,17	0,32	0,22	0,89
A3	0,17	0,22	0,19	0,75
A4	0,17	0,20	0,18	0,73
A5	0,18	0,20	0,19	0,75
A6	0,17	0,19	0,17	0,69
A7	0,16	0,28	0,19	0,74
A8	0,17	0,24	0,20	0,79

Tab. 5-15: Minima, Maxima und Mittelwerte der Quartalswerte der  $\gamma$ -Ortsdosis im Bereich von ANKA für den Zeitraum 1997 bis 1999 und mittlere Jahresortsdosis

## 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. Darüber hinaus 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 nuklid-spezifischen 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. Zur Überprüfung von Geräten und Methoden hat die Gruppe auch 1999 an verschiedenen Ringversuchen und Vergleichsmessungen teilgenommen, wobei durchweg sehr gute Ergebnisse erzielt werden konnten.

### 5.4.1 Radiochemische Arbeiten

M. Pimpl, U. Götz (HDB), U. Malsch (HDB), P. Perchio, B. Rolli, S. Vater,  
D. Wanitzek (HDB)

Die im Laufe des Jahres 1999 insgesamt in der Gruppe „Chemische Analytik“ durchgeführten Laborarbeiten sind in Tab. 5-16 aufgelistet. Abb. 5-22 vermittelt einen Überblick über den zeitlichen Aufwand für die 1999 angefallenen radiochemischen Arbeiten.

Im Berichtszeitraum wurde wöchentlich die Fortluft der Verbrennungsanlage der HDB (Bau 536), der LAW-Eindampfanlage (Bau 545), der stillgelegten MAW-Eindampfanlage (Bau 555), der Anlagen zur Gerätedekontamination und Verschrottung der HDB (Bau 548 Ost und West) und des MZFR (Bau 920c) auf C-14 überwacht. Aus der Verbrennungsanlage wurden im gesamten Jahr 1999 nur 4,8 % der nach Abluftplan zulässigen C-14-Ableitungen von 1,4 TBq emittiert, aus den LAW- und MAW-Eindampfanlagen nur 0,01 % von 100 GBq. Aus den Anlagen zur Gerätedekontamination und Verschrottung wurden 1999 nur 2,4 % der nach Abluftplan zulässigen C-14-Ableitungen von 50 GBq abgegeben, aus dem MZFR nur 1,2 % von 10 GBq.

Tätigkeitsgebiet	Art der Analysen	Anzahl der Bestimmungen
Umgebungsüberwachung	Pu-238, Pu-239/240	23
	Sr-89, Sr-90	15
	K-40	190
Abwasserüberwachung	Pu-238, Pu-239/240	12
	Pu-241	12
	Sr-89, Sr-90	37
	C-14	12
	S-35	12
	$\alpha$ -Bruttomessungen	17
Fortluftüberwachung	C-14	306
	Sr-89, Sr-90	3
Freimesslabor	U-238, U-235, U-234	9
	Pu-238, Pu-239/240	32
	Pu-241	31
	Sr-89, Sr-90	10
	Fe-55, Ni-63	31
	C-14	6
	H-3 (Ausheizen)	61
	H-3 (Austausch)	276
Kalibrierstandards	K-40, Pu-236, Pu-241, Sr-90	24
	Am-241, J-131, Ra-226	
	LSC (Fe-55, Ni-63)	30
Kontroll- und Vergleichsanalysen	Sr	22
	Pu ( $\alpha$ -Strahler)	38
	Pu-241	2
	Am-241, Cm-242, Cm-244	4
	C-14, S-35	je 2
	H-3 (Ausheizen)	4
	Fe-55, Ni-63	7
	Blindelektrolysen	228
Ringversuche	U	8
	Pu	14
	Am	10
	Sr	8
	Fe-55, Ni-63	4
	Pb-210, Ra-226	je 8
Entwicklungsarbeiten	Am	18
	Photometrie	180
Gastwissenschaftler	Pu	34
	U	27
	Sr	20
	Ra-226, Po-210	je 6

Tab. 5-16: Arbeiten der Gruppe „Chemische Analytik“ im Jahr 1999

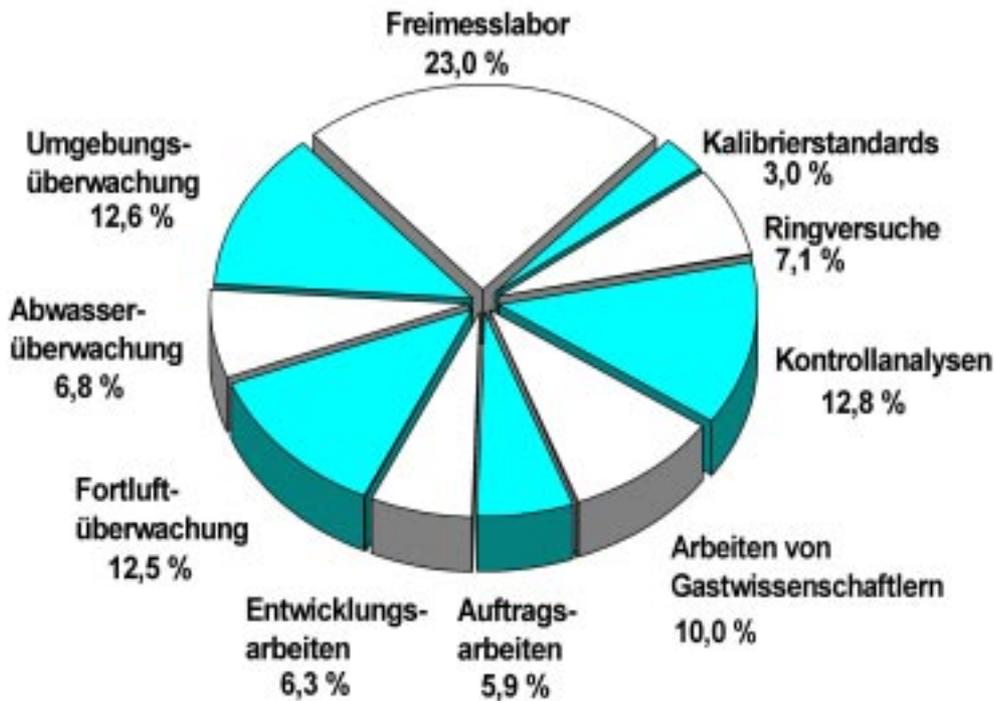


Abb. 5-22: Aufteilung der radiochemischen Arbeiten nach Zeitaufwand im Jahr 1999

Zur Bilanzierung der 1999 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. Für S-35 konnten nur Werte unterhalb der Erkennungsgrenze ermittelt werden, die zwischen 5,3 und 6,3 Bq/l lag. Wie im Vorjahr wurden auch 1999 in den Monatsmischproben messbare Konzentrationen an C-14 gefunden. Die Konzentrationen stiegen von 3,3 Bq/l im Januar auf 73,9 Bq/l im Juni an und fielen dann bis Oktober auf 2,3 Bq/l ab. Im November und Dezember konnten nur Werte unter der Erkennungsgrenze gemessen werden, die bei allen Messungen 1,7 Bq/l betrug. Die Überwachung der Plutoniumkonzentrationen der bodennahen Luft brachte ein mit 1998 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 0,03 und 0,07  $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$  lagen. An der Sammelstelle "Südwest" wurden im dritten Quartal 1999 Plutoniumwerte gemessen, die etwa um den Faktor 10 über der Erkennungsgrenze liegen, und zwar 0,66  $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$  für Pu-238 und 0,39  $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$  für Pu-239/240. Im gleichen Quartal wurde auch an der Sammelstelle "Nordost" Pu-239/240 nachgewiesen, und zwar 0,13  $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$ , während sich hier für Pu-238 nur ein Wert unter der Erkennungsgrenze von 0,07  $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$  ergab.

Zusätzlich wurden Auftragsarbeiten für kerntechnische Anlagen durchgeführt, die nach einer aufwandsbezogenen Gebührentabelle in Rechnung gestellt wurden. Im Jahr 1999 entfielen auf Auftragsarbeiten folgende Analysen: Monatliche Sr-89/90-Analysen von Abwasserproben des Kernkraftwerks Obrigheim sowie vierteljährliche Sr-89/90-Analysen und Alphabruttomessungen von Abwasserproben des Gemeinschaftskernkraftwerks Neckar. In einer zusätzlichen Abwassermischprobe des Gemeinschaftskernkraftwerks Neckar wurden die Alphabruttoaktivität und Sr-89/90 bestimmt, in drei weiteren Proben nur die Alphabruttoaktivitäten. Ab Herbst 1999 wurden für das Hochtemperatur-Kernkraftwerk Hamm vierteljährliche Sr-89/90-Analysen von Fortluftfiltern aufgenommen.

5.4.2 Plutonium- und Strontiumableitungen mit dem Abwasser des Forschungszentrums Karlsruhe 1999

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 der Kläranlage 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 1999 erfolgten monatlichen Aktivitätsabgaben von Plutonium und Sr-90 mit dem Abwasser des Forschungszentrums in den Vorfluter sind Tab. 5-17 zu entnehmen. Abb. 5-23 gibt einen Überblick über die Entwicklung der Plutonium- und Strontiumableitungen in den Vorfluter seit 1986. Die Strontiumableitungen haben sich gegenüber 1998 nahezu halbiert.

Monat	Emissionsraten in MBq/Monat			
	Pu-238	Pu-239/240	Pu-241	Sr-90
Januar	< 0,006	< 0,006	< 0,5	3,8
Februar	0,010	< 0,011	0,9	2,5
März	< 0,013	< 0,013	< 2,2	2,1
April	< 0,024	< 0,024	< 2,1	1,9
Mai	0,011	< 0,014	< 1,3	1,1
Juni	0,023	0,015	1,8	2,4
Juli	0,030	< 0,021	1,9	4,1
August	< 0,016	< 0,015	1,2	1,8
September	0,011	< 0,015	< 1,2	3,4
Oktober	0,010	0,008	< 0,9	1,5
November	< 0,010	0,52	2,5	1,3
Dezember	< 0,019	0,13	< 1,5	0,23

Tab. 5-17: Emissionsraten mit dem Abwasser des Forschungszentrums 1999

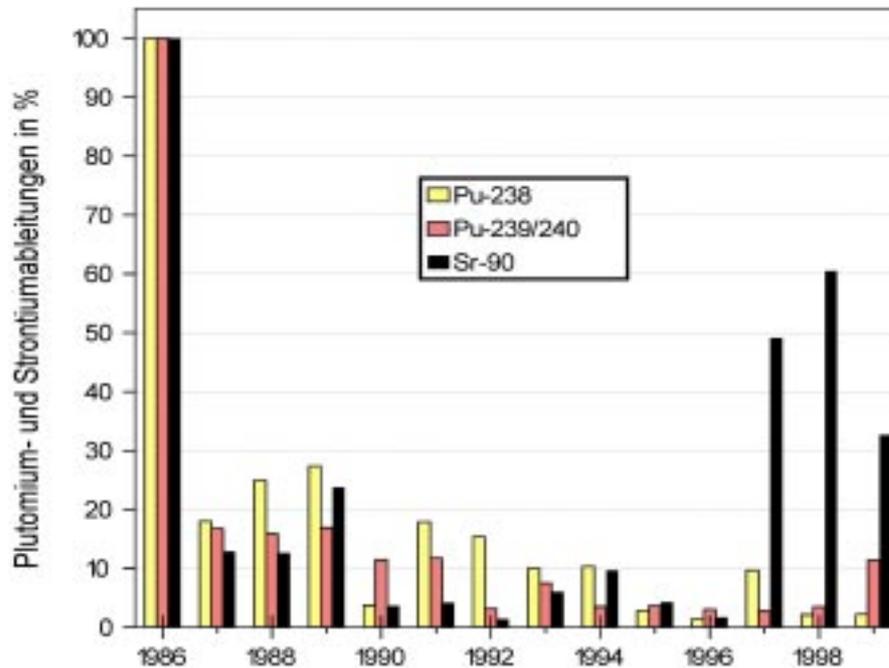


Abb. 5-23: Entwicklung der mit dem Abwasser aus dem Forschungszentrum abgeleiteten Aktivitäten an Pu-238, Pu-239/240 und Sr-90 von 1986 bis 1999 (Ableitungen von 1986 sind gleich 100 % gesetzt)

## 5.5 Das Freimesslabor

Chr. Wilhelm, M. Pimpl

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, oder aber es ist eine nuklidspezifische Aktivitätsbestimmung mittels Gammaskopie erforderlich. In manchen Fällen kann auch zusätzlich eine nuklidspezifische Analyse von solchen Radionukliden notwendig sein, die durch Gammaskopie nicht erfasst werden. Beispielsweise müssen Alpha-Strahler und reine Beta-Strahler nach Aufschluss von repräsentativen Proben radiochemisch abgetrennt, gereinigt und zur Messung präpariert werden, ehe ihr Aktivitätsgehalt im Probenmaterial durch Alpha- bzw. Beta-Aktivitätsmessung ermittelt werden kann.

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 1999 durchgeführten Analysen zeigt Abb. 5-24.

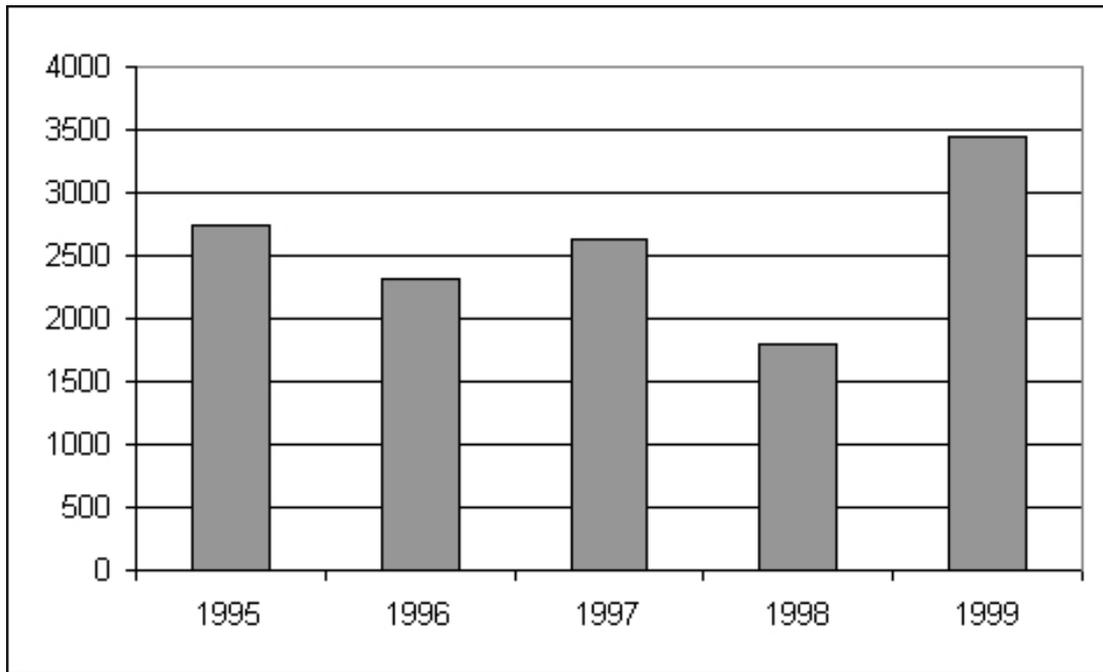


Abb. 5-24: Anzahl der im Freimesslabor durchgeführten Analysen in den Jahren 1995 - 1999

Im Freimesslabor wurden 1999 ausschließlich forschungszentrums-interne Aufträge bearbeitet. Beim Rückbau der kerntechnischen Anlage MZFR fiel wiederum eine große Anzahl von Bauschuttproben an, die einer Freigabemessung zu unterziehen waren. Weitere nuklid-spezifische Bestimmungen waren 1999 beim Rückbau der Anlage zur MAW-Eindampfung der HDB nötig. Zusätzlich wurde von HDB eine größere Anzahl Proben zur Analyse geliefert, die im Rahmen des Rückbaus von KNK und WAK angefallen waren.

#### 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. Die im Freimesslabor angewandten Verfahren sind: Gammaskpektrometrie (50 bis 2 000 keV), niederenergetische Gammaskpektrometrie (10 bis 150 keV), Flüssigszintillationsspektrometrie bei H-3, C-14, P-32 oder S-35 in wässrigen Lösungen sowie bei H-3 oder C-14 auf Wischtestproben und Alpha-Beta-Gesamtaktivitätsmessungen. Sie werden in der Gruppe „Abwasserüberwachung und Spektrometrie“ durchgeführt. Da in dieser Gruppe ebenfalls die Analysen für die Emissions- und Immissionsüberwachung durchgeführt werden, kann bei der Analyse von Freimessproben größtenteils auf die bereits vorhandenen Kalibrierungen zurückgegriffen werden.

In Tab. 5-18 sind Art und Anzahl der im Jahr 1999 im Rahmen des Freimesslabors mittels Direktmessverfahren durchgeführten Analysen wiedergegeben.

Analyseverfahren	Anzahl der Analysen im Jahr 1999
Gammaspektrometrie	
• Schnellanalysen (100 min Messzeit)	91
• Low-Level- Analysen (1000 min Messzeit)	1881
Flüssigszintillationsmessungen	
• an Flüssigkeiten	100
• an Wischtests	129
$\alpha/\beta$ -Gesamt-Aktivitätsmessungen	16

Tab. 5-18: Anzahl der Analysen mittels Direktmessverfahren im Jahr 1999 im Rahmen des Freimesslabors

### 5.5.2 Chemische Arbeiten und Bestimmungen

U. Götz (HDB), U. Malsch (HDB), M. Pimpl, D. Wanitzek (HDB)

Die Zahl der angelieferten Proben, in denen Radionuklide nach radiochemischer Abtrennung nuklidspezifisch zu bestimmen waren, belief sich 1999 auf 124 und lag damit etwa 45 % niedriger als im Vorjahr. Hinzu kamen 1014 Proben, hauptsächlich Bauschutt und Metallspäne, in denen lediglich H-3 in Form von austauschbarem HTO zu bestimmen war. In Tab. 5-19 sind die Probenmaterialien und die angelieferten Stückzahlen zusammengestellt.

Probenmaterialien	Anzahl
Metallische Proben	63 +142 für H-3 (Austausch)
Bauschutt-Proben	45 +827 für H-3 (Austausch)
Wischtest-Filter	13
Isolierwolle	3 + 45 für H-3 (Austausch)
durchgeführte Bestimmungen	
H-3 (Ausheizen)	61
H-3 (Austausch)	1014
Fe-55 + Ni-63	23
C-14	4
Sr-89/90	8
U ( $\alpha$ -Strahler)	3
Pu ( $\alpha$ -Strahler)	25
Pu-241	23

Tab. 5-19: Zusammenstellung der untersuchten Probenmaterialien und der durchgeführten Bestimmungen

Da die Bestimmung von austauschbarem H-3 sehr einfach und hinsichtlich des Zeitaufwands mit den Bestimmungsverfahren anderer Radionuklide nicht vergleichbar ist, sind diese Messungen separat ausgewiesen. Tab. 5-19 vermittelt zudem eine Übersicht über die zu bestimmenden Radionuklide und die durchgeführten Analysenzahlen.

Zur Absicherung der Ergebnisse wurden auch 1999 zahlreiche Vergleichs- und Blindanalysen durchgeführt, die in den insgesamt in der Gruppe "Chemische Analytik" durchgeführten Qualitätssicherungsmaßnahmen in Tab. 5-16 in Kapitel 5.4.1 enthalten sind.

Etwa 95 % des zeitlichen Aufwands für radiochemische Bestimmungen im Freimesslabor entfielen 1999 auf Proben aus dem Rückbau kerntechnischer Anlagen (MZFR, WAK, KNK). Nur etwa 5 % des gesamten Zeitaufwands entfielen auf kleinere Aufträge anderer interner Auftraggeber.

## 5.6 Radon am Arbeitsplatz

J. Schmitz, R. M. Nickels, R. Fritsche

### 5.6.1 Radon in Wasserwerken

Nachdem die Übersichtsmessungen in baden-württembergischen Wasserwerken mit ca. 80 Betrieben abgeschlossen und die höher exponierten Betriebe auf der Landeskarte markiert waren, ergaben sich eine Reihe von Radonanomalien. In einem kleineren Nachfolgeprogramm wurden dann gezielt aus diesen Bereichen noch etwa 20 Wasserwerke neu ausgemessen, von denen sich 15 als höher exponiert erwiesen mit den beiden höchsten Betrieben in Baden-Württemberg. Aus den insgesamt 100 Datensätzen wurde versucht, eine Konturenkarte der Radonexposition mit Linien gleicher Intensität darzustellen. Diese Isolinienkarte wurde auf die hydrogeologische Karte von Baden-Württemberg übertragen. Jetzt ergab sich eine Reihe von Gebieten mit voraussichtlich höher exponierten Betrieben, sogenannte radonbelastete Gebiete (Abb. 5-25).

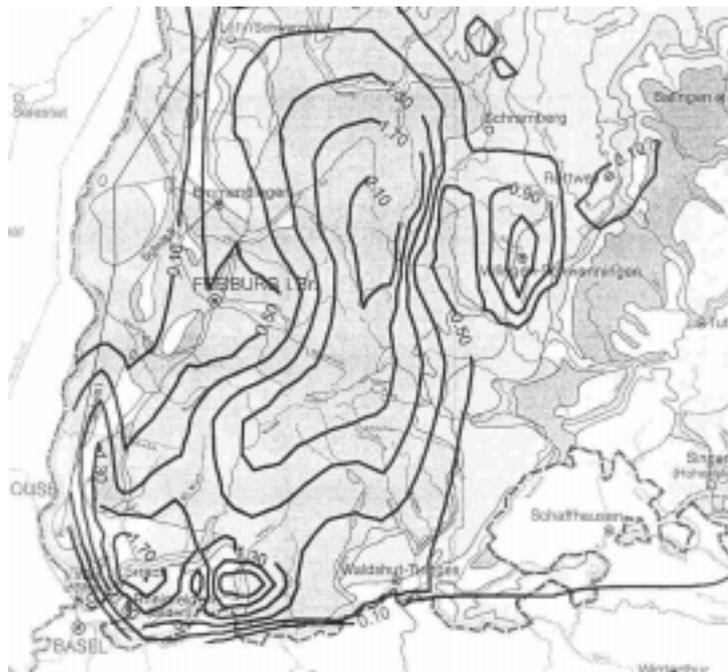


Abb. 5-25: Ausschnitt aus hydrogeologischer Karte Baden-Württemberg mit Linien gleicher Exposition in Wasserwerken (Working Level)

Daraufhin wurden die leider nur teilweise zur Verfügung stehenden hydrogeologischen Gutachten der in diesen Gebieten genutzten Wasservorkommen ausgewertet, woraus sich eine Reihe eindeutiger Zuordnungen ergab.

Die Nutzung von Quellwässern aus paläozoischen, speziell granitischen Formationen im mittleren und südlichen Schwarzwald, bringen den Wasserwerken hohe Radonwerte. Der gleiche Effekt tritt auf bei Wasserentnahme aus den alluvialen granitischen Schottern der südwärts gerichteten Schwarzwaldtäler. Ähnlich hohe Werte wurden in Anlagen gemessen, die im weiten Rheintal Wasserhorizonte in alluvialen, evtl. granitischen Sanden und Kiesen anschneiden, die sich linsenförmig aus den weiter entfernten, flacheren, westlich gerichteten Zuflüssen des Rheins gebildet haben. Bemerkenswert ist die Tatsache, dass das Radon aus dem unmittelbaren Umkreis der Brunnen stammen muss. Bei einer Fließgeschwindigkeit von ca. 1 m/Tag und einer Halbwertszeit von 3,8 d kann das Gas nur aus einem Bereich von ca. 100 m stammen. Für die Herkunft aus linsenförmigen Aufschüttungen spricht, dass benachbarte Brunnen, deren Abstand im gleichen Aquifer etwa 200 m beträgt, reproduzierbar über einen längeren Zeitraum bis zum Faktor 5 unterschiedliche Radonwerte zeigen.

Im zweiten Schwerpunkt fördern Wasserwerke mit hohem Radonwert ihr Wasser aus dem Bereich des nördlich der Schwäbischen Alb liegenden Keupersandsteins. Hier wird speziell der gut wasserdurchlässige Stubensandstein durch zahlreiche Bohrungen erschlossen. Der geschichtete grobe Sandstein hat seinen Ursprung im kristallinen Grundgebirge, und praktisch alle Betriebe, die mit dem Stubensandstein verbunden sind, zeigen Hochwerte.

Die dritte Anomalie betrifft das Taubertal. Quellwässer aus dem Bereich der Hangsohlen werden zur Trinkwassergewinnung herangezogen und haben eine auffällige Erhöhung der Radonwerte zur Folge. Alle Quellen stammen aus dem unteren Muschelkalk, während die weiter außen liegenden Brunnenbohrungen in den mittleren Muschelkalk niedergebracht wurden und kein Radon zeigen. Beide Formationen sind für ihren niedrigen Urangehalt bekannt. Als Grund für den höheren Radonaustrag aus dem unteren Muschelkalk kämen aufsteigende Wässer in den bis zu mehreren 10 m mächtigen, aber vertikal geklüfteten Formationen aus dem darunterliegenden Buntsandstein infrage. Letzterer ist für seine kleinräumigen Urankontaminationen bekannt.

Im Gegensatz zu den radonbelasteten, hydrogeologisch eingrenzbaaren Gebieten können alle Einrichtungen, die Oberflächenwässer nutzen, als unbelastet angesehen werden. Wie in feinsandigen Wasserleitern das Verhältnis großer emanierender Oberflächen zu geringem wasserführendem Porenraum die Radonfracht im gewonnenen Wasser auf hohe Werte ansteigen lässt, so resultiert bei Seen, Talsperren und größeren Fließgewässern aus dem Verhältnis kleine Oberfläche zu großem Wasservolumen eine sehr geringe Radonkontamination. Beachtet man, dass die Wasserversorgung aus derartigen Anlagen in Südwestdeutschland eine besondere Rolle spielt (z. B. Bodenseewasserversorgung), so konnte eine ganze Reihe von Wasserwerken als sehr gering belastet eingestuft werden.

Neben dem Quellterm „Radon im Rohwasser“ als Grund für die erhöhte Exposition an Arbeitsplätzen sind Anlagen- und Gebäudeparameter für Ausbreitung des aus Wasserflächen austretenden Radons verantwortlich. Hierzu gehören Wegsamkeiten über Durchbrüche, Kabelkanäle und vor allem Überläufe, die häufig energetisch günstige Luftverbindungen zwischen Hochbehälter und übrigen Gebäude darstellen. Auch Temperaturunterschiede, Druckdifferenzen und Tiefbauweise tragen erheblich zur Radonausbreitung und Anreicherung innerhalb der Gebäude bei.

Unter dem Aspekt, dass die Beschäftigten in der Trinkwassergewinnung sehr hohen Radonkonzentrationen ausgesetzt sein können und als Konsequenz aus den Forderungen der Euratom-Grundnormen bzw. der neuen Strahlenschutzverordnung müssen einige tausend Wasser-

werke in der Bundesrepublik in einem adäquaten Zeitraum gemessen und bewertet werden. Eines der Ziele der beschriebenen Vorhaben war, Kriterien für eine Vorauswahl der vermutlich höher belasteten Betriebe zu finden bzw. andere, sicher unbelastete Wasserwerke, zurückzustellen. So können die Ergebnisse zu einem ökonomischen Einsatz der vorhandenen Mittel beitragen.

### 5.6.2 Exposition an Untertage-Arbeitsplätzen

In den vergangenen zehn Jahren führte die Hauptabteilung Sicherheit des Forschungszentrums Karlsruhe Erhebungs- und Detailmessungen in Untertage-Arbeitsplätzen der alten Bundesländer durch, die möglicherweise durch höhere Radonkonzentrationen belastet waren. In diesem Zeitraum wurden insgesamt 195 Untertagebetriebe erfasst, die sich aus dem Bergbau (ohne Kohle), Besucherbergwerken, Schauhöhlen und sonstigen Untertagebetrieben zusammensetzten. 1999 wurde eine weitere Grube neu erfasst und ein Besucherbergwerk nach Aufwältigungsarbeiten nachgemessen.

Die höher exponierten Betriebe wurden in enger Absprache mit den jeweiligen Bergämtern detaillierter untersucht, um damit umfangreiches Datenmaterial über die tatsächliche Exposition an untertägigen Arbeitsplätzen zu erhalten und gleichzeitig Empfehlungen zur Reduzierung der Radonexposition in Zusammenarbeit mit Bergbehörde und Betreiber zu geben. Die Ergebnisse und Daten zu den einzelnen Betrieben wurden in Listen zusammengefasst, die von den jeweiligen Bergämtern bezüglich der Betriebsdaten ergänzt, korrigiert und aktualisiert wurden.

Von den 195 unter Bergaufsicht stehenden Betrieben sind 187 reine Untertagebetriebe mit insgesamt ca. 3200 Beschäftigten. 33 Betriebe mit 275 Beschäftigten überschreiten die Obergrenze des Normalbereichs von  $1000 \text{ Bq m}^{-3}$  (Einbeziehungsbereich), und 27 Betriebe mit 211 Beschäftigten überschreiten den Grenzwert von  $3000 \text{ Bq m}^{-3}$  (Tab. 5-20). Da die daraus resultierende Exposition auf 2000 Arbeitsstunden bezogen wird, ist die tatsächliche Aufenthaltszeit in dieser Arbeitsplatzkonzentration ausschlaggebend. Führer und Helfer von Besuchergruben und Höhlen erreichen im Normalfall nur einige hundert Stunden pro Jahr. Deshalb betreffen die Grenzwerte im wesentlichen die Gruben im Vollschieftbetrieb.

	Gesamtzahl		>1000 Bq m <sup>3</sup>		>3000 Bq m <sup>3</sup>	
	Betriebe	Beschäftigte	Betriebe	Beschäftigte	Betriebe	Beschäftigte
Bergbau (ohne Kohle)	52 + 17*	2448	10	92	3	17
Besucherbergwerke	59 + 6*	405	13	116	15	118
Schauhöhlen	43 + 2*	282	10	47	9	76
Sonstige (Forschung, Zivilschutz usw.)	6 + 2*	55	3	20	-	-
Untertage insgesamt (ohne Kohle)	160 + 27*	3190	36	275	27	211

Tab. 5-20: Radon an Untertage-Arbeitsplätzen in den alten Bundesländern, Stand 9.99

\* = aufgelassen bzw. nicht belegt

In Gruppen zusammengefasst lassen sich folgende allgemeinen Aussagen treffen:

- Bergwerke

Von den 69 Produktionsgruben ergaben sich 13 als höher exponiert, 16 Gruben wurden seit 1990 stillgelegt. In Produktionsgruben mit Dieselförderung wird wegen der notwendigen intensiveren Bewetterung ein mögliches Radonproblem gelöst. In einigen Fällen konnte mit kontinuierlichen Messungen über einige Tage gezeigt werden, dass die Wettermenge zwar ausreichend war, die Bewetterung aber zeitlich ungünstig oder räumlich falsch geführt wurde.

Im Steinsalz- und Kalibergbau sowie bei den angeschlossenen UT-Deponien werden durchweg sehr niedrige Radonkonzentrationen gemessen. Auch die Kohlegruben der Ruhrzechen, die von der MPA Dortmund gemessen wurden, liegen alle im Normalbereich, da sie wegen der Schlagwettergefahr mit einer sehr effektiven Bewetterung ausgelegt sind.

Im allgemeinen richtet sich die zu erwartende Radonexposition nicht nach einem bestimmten Fördergut oder der Radonexhalation des Nebengesteins, sondern eher nach dem Grubentyp und die darauf zugeschnittene Wettertechnik.

- Besucherbergwerke

In 28 von insgesamt 65 Besucherbergwerken der alten Bundesländer wurden erhöhte Radonwerte  $>1000 \text{ Bq m}^{-3}$  gemessen; fünf davon erreichten sogar Werte von 10 bis  $37 \text{ kBq m}^{-3}$ . Diese Hochwerte kommen dadurch zustande, dass ehemalige große Grubengebäude nur noch teilweise genutzt werden und dass sie ohne die Bewetterungstechnik einer Produktionsgrube auskommen müssen. Spitzenreiter in der Radonkonzentration sind die in Herrichtung befindlichen Stollen, denen eine Zwangsbewetterung bei Aufwältigungsarbeiten empfohlen wurde, und dass Arbeiten, die zur Verbesserung der Wetterführung beitragen, bevorzugt durchgeführt werden sollen. Jedoch finden die Aufwältigungsarbeiten meist an den Wochenenden statt, so dass es wegen der relativ kurzen Arbeitszeit zu keiner erhöhten Exposition kommt.

Zu den Besucherbergwerken werden statistisch auch die Asthma-Therapiestationen gezählt, sie spielen eine besondere Rolle bei den UT-Arbeitsplätzen. Bei Werten bis zu  $6 \text{ kBq m}^{-3}$  erfolgt teilweise eine intensive Therapiebetreuung, so dass in einem Fall eine zweijährige Überwachung mit Personendosimetern während der Saison zu einer Arbeitszeitbeschränkung und der Installation einer Fernsehüberwachung der Patienten führte. Im allgemeinen ist in Therapiestollen mit höheren Radonkonzentrationen zu rechnen, weil die pollen- und allergenfreie Luft nur durch lange Wetterwege im alten Bergbau gewährleistet wird, was aber zu einem erhöhten Radoneintrag führt.

- Besucherhöhlen

Von den 45 Besucherhöhlen der alten Bundesländer liegen 19 oberhalb des Einbeziehungswertes von  $1000 \text{ Bq m}^{-3}$  Radon, mit einem höchsten Wert von  $14 \text{ kBq m}^{-3}$ . Hohe Werte treten vor allem im Sommer auf, da durch die hohen Außentemperaturen kein Luftaustausch in den meist tiefer gelegenen Höhlen stattfindet. Technische Maßnahmen zur Radonreduktion sind bei Höhlen nur bedingt möglich, jedoch wird eine Exposition von 2000 Stunden x  $0,1 \text{ WL}$  pro Beschäftigtem selten erreicht, da die Führertätigkeiten in der Hauptsaison auf mehrere Mitarbeiter der Höhlenvereine verteilt sind.

- Sonstige Arbeitsplätze

Zu den sonstigen Arbeitsplätzen zählen die Sole- und  $\text{CO}_2$ -Gewinnung, Kavernenkraftwerke und Gärkeller, die vor allem wegen ihrer guten Belüftung radonfrei sind. Lediglich in Forschungsstollen wurden Werte bis  $100 \text{ kBq m}^{-3}$  gemessen, jedoch wurden durch Stilllegung oder technische Verbesserungen höhere Expositionen vermieden. Auch in einigen Zivil-

schutzeinrichtungen wurde die Obergrenze des Normalbereiches überschritten. Die Wartungsarbeiten nehmen jedoch nur maximal 200 Stunden pro Jahr in Anspruch.

Die Radonuntersuchungen im Untertagebereich in den alten Bundesländern sind damit abgeschlossen. Den zuständigen Bergämtern wurden mit den aufgelisteten Daten und Detailmessergebnissen ihrer zu überwachenden Gruben eine fundierte Arbeitshilfe übergeben, mit der sie die Anforderungen der neuen Strahlenschutzverordnung zunächst erfüllen können. Da die Durchführungsbestimmungen zur Einbeziehung und Überwachung radonbelasteter Arbeitsplätze noch fehlen, ist eine Aufstellung noch erforderlicher Arbeiten nicht möglich.

## 6 Werkschutz

### von Holleuffer-Kypke

Im Jahr 1999 ereigneten sich außerhalb der Routinearbeiten liegende Vorkommnisse erst im letzten Monat des Jahres.

Am Sonntag, dem 19.12.1999, erfolgte massiver Schneefall, der im vorhandenen Baumbestand nicht unerhebliche Schäden durch Schneebruch verursachte. Der entstandene Baum- und Astbruch war so sicherheitsgefährdend, dass für den Landkreis Karlsruhe – und damit auch für den Bereich des Forschungszentrums – eine Sperrung der Straßen und Wege in Waldgebieten bis zur Beseitigung der Gefährdungen ausgesprochen wurde. Da es Sonntag war, ergaben sich für das Forschungszentrum nur geringfügige Beeinträchtigungen und zum Beginn der neuen Arbeitswoche waren die Gefährdungen auf den Hauptverkehrswegen des Forschungszentrums durch den Einsatz der Werkfeuerwehr beseitigt worden.

Am Sonntag, dem 26.12.1999 (zweiter Weihnachtsfeiertag), fegte Sturm „Lothar“ über Süddeutschland hinweg. Es kam erneut zu beträchtlichem Baum- und Astbruch, aber auch zu Gebäudeschäden. Die sichernden Notmaßnahmen zur Verhinderung weiterer Schäden wurden wiederum von der Abteilung Werkschutz unverzüglich durchgeführt, so dass zum Jahresende die Sicherheit wieder gewährleistet war.

Das bundesweit vehement diskutierte Y2k-Problem für computergestützte Systeme führte nach eingehender Analyse der Thematik zu keiner besonderen Maßnahme im Bereich der Abteilung Werkschutz, da alle vorhandenen Systeme entweder Jahr-2000 geeignet waren oder Zeitdifferenz-unabhängig arbeiten.

### 6.1 Anmeldung und Zugang

Im Jahr 1999 wurden 5 646 neue Betriebsausweise ausgestellt und 5 880 Betriebsausweise eingezogen. Zum Stichtag 31.12.1999 befanden sich damit 10 321 Betriebsausweise im Umlauf. Die Verteilung der Betriebsausweise nach den einzelnen Einrichtungen ist in Tab. 6-1 aufgelistet.

Da nur Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter des Forschungszentrums Karlsruhe GmbH und die ihnen gleichgestellten Personen der anderen wissenschaftlichen Einrichtungen auf dem Gelände rund-um-die-Uhr Zutritt haben, wurden von den Organisationseinheiten 2 987 Anträge für Zutritt/Arbeiten außerhalb der Regelarbeitszeit für Fremdfirmenangehörige bearbeitet.

Im Berichtszeitraum erstellte das Personal der Anmeldung 40 440 Besucherausweise (1998: 34 878) und 408 Gruppenpassierscheine (1998: 447) für den Zutritt zum Gelände. Dazu kommen 116 Sonderzutritte (1998: 112) für Kinder unter 16 Jahren, die von den zuständigen Verantwortlichen der besuchten Organisationseinheit erteilt wurden. Für kurzfristig im Forschungszentrum eingesetzte Fremdfirmenangehörige wurden 847 befristete Ausweise (1998: 1 862) ausgestellt. Über Kurse im Fortbildungszentrum für Technik und Umwelt kamen 2 293 Gäste (1998: 2 125) ins Gelände. Durch die Stabsabteilung Öffentlichkeitsarbeit und andere Organisationseinheiten wurden 270 Besuchergruppen (1998: 447) angemeldet und betreut.

An der Lieferzufahrt wurden im Berichtszeitraum für Fremdfirmen und Anlieferer 20 020 Warendurchlasspassierscheine ausgestellt sowie 2 112 Anlieferungen/Abholungen von Kernbrennstoffen und sonstigen radioaktiven Stoffen bearbeitet. Die im Forschungszentrum tätigen Fremdfirmen hielten sich weitgehend an die Ordnungs- und Kontrollbestimmungen.

Einrichtung	Personenstatus	
	aktiv	Ruhestand
Forschungszentrum	3 756	1 791
BFE	54	26
FIZ	284	39
ITU	256	76
KBG	41	125
KHG	25	0
Universität	258	0
WAK	271	102
Gäste	86	0
Fremdfirmen	3 131	0

Tab. 6-1: Betriebsausweise

Gemäß den atomrechtlichen Auflagen wurden die Anträge für Zuverlässigkeitsüberprüfungen, bei der Aufsichtsbehörde eingereicht. Die zuständige Behörde hat bis auf wenige Einzelfälle dem Zutrittsersuchen stattgegeben.

Bei der Anmeldung wurden im Berichtsjahr 10 Fundgegenstände abgegeben. Davon konnten zwei Gegenstände den rechtmäßigen Besitzern ausgehändigt werden. Die nicht abgeholt Fundsachen wurden der zuständigen Gemeindeverwaltung übergeben.

## 6.2 Werkschutzbereiche

Zur Gewährleistung der Ordnung und Sicherheit für den Betrieb und die Belegschaft unterhält das Forschungszentrum Karlsruhe einen Werkschutz. Der Werkschutz kontrolliert den Zugang an den Toren, bestreift die Gebäude und die nicht zu kerntechnischen Inseln gehörenden Lagerbereiche bzw. Freigelände.

In der Streifentätigkeit beobachtet 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. Bei Störungen oder Ausfall der Experimentieranlage wird, gemäß der Handlungsvorgabe der zuständigen Versuchsleiter verfahren.

In der Alarmzentrale sind im Berichtsjahr 2 145 Alarm- und Störmeldungen eingegangen und bearbeitet worden. Im Einzelnen waren es folgende Meldungen, getrennt nach Auslösungsursache:

allgemeine Meldungen	1 250	technische Überwachungen	568
Brandmelder	196	Objektsicherung	111
Strahlenschutz	12	Alarm-Übungen	8

Dies führt zu insgesamt 2 781 Einsätzen von Einsatzgruppen. Im Einzelnen waren es folgende Einsatzgruppen, die gerufen wurden:

Wartung	810	Betriebsverantwortliche	596
Werkschutz	459	Einsatzleiter vom Dienst	268
Feuerwehr	277	Rufbereitschaften	132
Sankra-Deko	173	Strahlenschutz	66

Alle in der Alarmzentrale eingesetzten Mitarbeiter wurden weiterhin praxisbezogen weitergebildet, so dass in diesem Bereich stets ein fachkundiger Umgang mit den hochentwickelten technischen Systemen gewährleistet ist. 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.

### 6.3 Werkfeuerwehr

Zum vorbeugenden und abwehrenden Brandschutz sowie zur Behebung akuter Notsituationen unterhält die Forschungszentrum Karlsruhe GmbH eine Werkfeuerwehr, deren Stärke 24 Mitarbeiter 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. Reicht die anwesende Mannschaftsstärke der Werkfeuerwehr nicht aus, wird die Rufbereitschaft der Werkfeuerwehr alarmiert oder Überlandhilfe angefordert.

Im Berichtszeitraum kam es zu 372 feuerwehrtechnischen Einsätzen. Der Anteil der Einsätze an einem Brand war dabei nur 4,3 %. Im Einzelnen waren es folgende Einsätze:

Technische Hilfeleistung	144	Brandmeldealarme	146
Personenbefreiung aus Aufzügen	57	Einsätze zur Tierrettung	2
Brandeinsätze	16	Hilfeleistung bei Verkehrsunfällen	7

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

Handfeuerlöcher	2 321	Überflurhydranten	298
Wandhydranten	184	Personen- u. Lastenaufzüge	240

Im Rahmen des vorbeugenden Brandschutzes wurden 103 Orts- und Arbeitsschutzbegehungen durchgeführt. Dazu kamen noch Überwachungen und Kontrollen von 318 Erlaubnisscheinen für Schweiß-, Schneid-, Löt- und Auftauarbeiten innerhalb des Geländes in feuergefährdeten Bereichen.

In der Atemschutzzentrale der Werkfeuerwehr wurden die Atemschutzgeräte aus Instituten und Abteilungen des Forschungszentrums, dem ITU und der KBG gewartet und geprüft sowie bedarfsweise desinfiziert. Im Einzelnen wurden folgende Stückzahlen erreicht:

Atemschutzmasken gereinigt, desinfiziert, gewartet und geprüft	26 613
Preßluftatmer gewartet und geprüft	1 361
Lungenautomaten gewartet und geprüft	703
Druckluftflaschen (Volumen < 50 l) gefüllt	2 978
Druckluftflaschen zur wiederkehrenden Prüfung vorgeführt und gefüllt	855

Auf dem Gebiet des Arbeitsschutzes, hier ist die Werkfeuerwehr für das Vorhalten des notwendigen Materials zuständig, wurden 183 Beschaffungsaufträge und 519 Materialentnahmescheine bearbeitet. Für Wartungs- und Instandsetzungsarbeiten an über tausend Dienstfahrzeugen des Forschungszentrums wurden von der Werkfeuerwehr 897 Stunden aufgebracht.

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. Hinzu kommt die feuerwehrspezifische Ausbildung in der forschungszentrumseigenen Atemschutzübungsanlage. Es wurden folgende Übungen und Kurse durchgeführt:

Alarmübungen	8
Ausbildung zur Brandverhütung und Brandbekämpfung mittels Handfeuerlöcher (mit insgesamt 227 Teilnehmern)	18
Atemschutzkurse (mit insgesamt 388 Teilnehmern)	32
Ausbildung in der Atemschutzübungsanlage	905

Im Rahmen der Aus- und Weiterbildung der Mitarbeiter der Werkfeuerwehr wurden Kurse zur Qualifizierung des Einsatzpersonals u.a. an der Landesfeuerweherschule in Bruchsal besucht. Nachfolgende Qualifikationen konnten im Berichtszeitraum erworben werden.

Strahlenschutz I	7	Kranführer u. Anschläger	3
Prüfung zum Feuerwehrmann	5	Fachlehrgang Löschwassertechnik	2
Truppmann	2	Atemschutzgerätewart/Gerätewart	2
Truppführer	2	Umweltschutz I	1
Einführung Strahlenschutz	2	Fortbildung Gruppen- u. Zugführer	1
Gruppenführer im Gefahrguteinsatz	1		

#### 6.4 Verkehrsdienst

In Anlehnung der Bestimmungen der Straßenverkehrsordnung wird im Forschungszentrum der ruhende Verkehr überwacht. Diese Maßnahme dient der Unfallverhütung und richtet sich schwerpunktmäßig gegen hindernde, gefährdende oder im Parkverbot abgestellte Fahrzeuge. Ein Rückgang von 189 Beanstandungen im Jahr 1998 auf 102 im Jahr 1999 lässt die Einsicht und das Verantwortungsbewusstsein der Fahrzeugführer erkennen.

Mit 61 Verkehrsunfällen verringerte sich die Zahl der aufgenommenen und bearbeiteten Verkehrsunfälle gegenüber dem Vorjahr um einen Fall, siehe Tab. 6-2. Bei 23 Unfällen entstand nur leichter Sachschaden, während bei 38 Unfällen der geschätzte Schaden über 1 000 DM lag. Darüber hinaus waren sechs Unfälle mit Verletzungen von Personen zu bearbeiten. Bei fünf Verkehrsunfällen haben sich die Unfallverursacher durch unerlaubtes Entfernen von der Unfallstelle der Unfallaufnahme entzogen. Die Verursacher konnten in zwei Fällen ausfindig gemacht werden, so dass in den anderen Fällen der Schaden von den Geschädigten selbst getragen werden musste.

Monat	Anzahl der Verkehrsunfälle			Sachschaden < 1 000 DM	Sachschaden > 1 000 DM	Personenschäden
	1997	1998	1999			
Januar	5	3	3	2	1	1
Februar	14	0	9	3	6	1
März	9	11	4	2	2	0
April	9	4	3	1	2	1
Mai	3	2	2	0	2	0
Juni	6	8	6	2	4	1
Juli	9	6	4	2	2	0
August	4	3	6	1	5	1
September	7	5	6	2	4	1
Oktober	5	6	6	2	4	0
November	14	9	8	3	5	0
Dezember	5	5	4	3	1	0

Tab. 6-2: Verkehrsunfälle 1999

### 6.5 Schadensaufnahme

Die Zahl der gemeldeten Sachschäden liegt im Berichtszeitraum mit 110 Fällen (1998: 79) weit über dem Niveau des Vorjahres, siehe Tab. 6-3. Die höhere Schadenssumme mit 1 094 TDM (1998: 529 TDM) ergibt sich aus einem Wasserschaden mit Folgeschäden durch kontaminiertes Abwasser und einem Kurzschluss mit Folgeschäden in einer Trafostation.

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

Die Anzahl der gemeldeten Diebstähle betrug im Berichtszeitraum 25 Fälle, wobei sich der Verlust an Sachwerten auf ca. 23 700 DM beläuft. Da die Anzeigen viel zu spät bei der Schadensaufnahme eingingen, konnte kein Delikt aufgeklärt werden.

### 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 28 010 Schließzylindern und 98 458 Einzel- u. Gruppenschlüsseln (1998 97 635). Nach der Neukonzeption von Schließanlagen, die sich wegen der Errichtung von

Neubauten oder durch Änderungen in Arbeitsabläufen ergaben, mussten 165 Schließzylinder (1998 363) und entsprechende Schlüssel neu beschafft werden. Eine große Anzahl von Schließzylindern und Schlüsseln war defekt oder abgenutzt und musste erneuert oder ausgetauscht werden.

beschädigte Gegenstände	Jahr	bekannt gewordene Fälle	aufgeklärte Fälle	geschätzter Schaden in TDM
Kabelschäden	1997	4	4	4
	1998	1	1	2
	1999	7	6	28
Lichtmasten	1997	2	2	10
	1998	1	1	5
	1999	2	2	10
Tore, Einzäunungen, Schranken	1997	3	3	27
	1998	3	3	14
	1999	2	2	2
Gebäude, Sachschäden	1997	12	9	36
	1998	21	16	337
	1999	26	23	827
Dienst-Kfz	1997	34	31	40
	1998	21	21	85
	1999	32	31	86
Verschiedenes (Fenster, Türen, Bedachungen, Transport- und Sturmschäden)	1997	14	14	27
	1998	13	13	76
	1999	25	24	134
Fahrbahnverunreinigung durch Öl- u. Kraftstoffspuren	1998	19	7	10
	1999	16	6	7
Summe	1997	69	63	144
	1998	79	62	529
	1999	110	94	1 094

Tab. 6-3: Sachschäden: Einsatz der Schadensaufnahme

## 6.7 Technische Sicherungssysteme

Die technischen Sicherungssysteme in verschiedenen sicherungsrelevanten Einrichtungen des Forschungszentrums wurden in Zusammenarbeit mit anderen Organisationseinheiten vervollständigt. Für ein Institut wurde eine neue Beschreibung der gesicherten Bereiche mit den noch vorgesehenen Maßnahmen, sowohl technischer wie auch organisatorischer Art, erstellt und den Gutachtern und Genehmigungsbehörden zur Zustimmung vorgelegt.

In der Alarmzentrale wurde die nach 18 Jahren Betriebsdauer störanfällig gewordene unterbrechungsfreie Stromversorgung (USV) gegen eine dem aktuellen technischen Stand entsprechende USV-Anlage, bestehend aus Akkumulatoren, Gleichrichter und Wechselrichter Mitte Dezember 1999 ausgetauscht. Durch gute Vorbereitung und zügige Montage konnte der Austausch innerhalb weniger Stunden bewältigt werden.

An den Gebäudetüren verschiedener Organisationseinheiten des Zentrums sind Ausweisleser installiert, die in Verbindung des Betriebsausweises als Schlüsselersatzsystem bei Berechtigung die Tür freigeben. Da die technischen Komponenten dieser Zutrittskontrollsysteme bereits über 15 Jahre auf dem Markt sind und die Jahr -2000- Umstellung nur mit großem Aufwand hätte realisiert werden können, wurde hier ein Austausch mit dem Nachfolgesystem

Interflex IF 6010 vorgenommen. Das Zutrittskontrollsystem IF 6010 basiert auf einem PC als Zentraleinheit mit einer grafischen Benutzeroberfläche für das Betriebssystem Windows NT.

Durch den Austausch der Zeiterfassungsanlage im Forschungszentrum mussten die Betriebsausweise ebenfalls angepasst werden. Der Betriebsausweis für die Angehörigen des Forschungszentrums ist weiterhin mit zwei unterschiedlichen Codierungen ausgestattet. Zum einen für die Steckleser der Zutrittskontrollanlagen und zum anderen für die berührungslosen Leser der Zeiterfassungsanlage. Im Zuge der anstehenden Gültigkeitsverlängerung der Betriebsausweise sowie der Integration des neuen Codiermediums für die Zeiterfassung wurde ebenfalls ein neues Ausweisbedruckungsgerät in Betrieb genommen. Der vom Ausweishersteller gelieferte PVC-Ausweisrohling im EC-Format wird mit der Technologie des 4-Farb-Thermosublimationsdruckes mit den zuvor digital aufbereiteten Bild- und Stammdaten bedruckt und abschließend mit einer Schutzfolie versehen. Die Auflösung von 300 dpi bietet eine sehr gute Druckqualität bei einer Druckzeit von 45 Sekunden je Ausweis. Durch diese effiziente Art Ausweise zu produzieren, konnten einschließlich aller organisatorischen Belange ab November 1999 innerhalb 6 Wochen 2 800 Betriebsausweise bearbeitet und ausgegeben werden, so dass die geplante Nutzung der neuen Zeiterfassungsanlage ab 3. Januar 2000 allen an der Zeiterfassung teilnehmenden Zentrumsangehörigen ermöglicht wurde.

## 7 Veröffentlichungen

### 7.1 Veröffentlichungen, die gedruckt vorliegen

BEDNAR, J.; BURGKHARDT, B.; TUREK, K.; Registration efficiency of alpha particles in Makrofol treated by three-step chemical and electrochemical etching. *Radiation Measurements*, 29 (1998) S. 453-60

BEUTMANN, A.; FRENZEL, E.; GEISLER, M.; HAUG, TH.; HEINEMANN, K.; NEU, A.; RÜHLE, H.; VILGIS, M.; WICKE, A.; WINTER, M.; Emissionsüberwachung nicht-kern-technischer Anlagen und Einrichtungen. Hilfestellung für Planung, Ausrüstung und Betrieb; Fachverband für Strahlenschutz, Loseblattsammlung des Arbeitskreises Umweltüberwachung, FS-78-15-AKU (Oktober 99)

DILGER, H.; REICHERT, A.; Die Wischprüfung: Probleme und Grenzen der Kontaminationskontrolle bei Versandstücken. *Strahlenschutzpraxis*, 5 (1999) Nr. 2, S. 18-20

HIGGY, R. H.; KHATER, A.; EL-TAHAWNY, M. S.; PIMPL, M.; Fallout radioactivity in some Egyptian lakes bottom sediments. *Proc. of the International Conference on Hazardous Waste, Sources, Effects and Management*, Cairo, ET, December 12-16, 1998, Vol. II S. 587-93

HIGGY, R. H.; PIMPL, M.; Natural and man-made radioactivity in soils and plants around the research reactor of Inshass. *Applied Radiation and Isotopes*, 49 (1998) S. 1709-12

KHATER, A. E.; HIGGY, R. H.; PIMPL, M.; Natural radioactivity in Abu-Tartor phosphate deposits and the surrounding region, New Valley, Egypt. *Proc. of the International Conference on Hazardous Waste, Sources, Effects and Management*, Cairo, ET, December 12-16, 1998 Vol. II S. 479-88

KOELZER, W.; [HRSG.]; Jahresbericht 1998 der Hauptabteilung Sicherheit. *Wissenschaftliche Berichte*, FZKA-6230 (Mai 1999), <http://www.fzk.de/hs/jb/jb1998>

LEE, M. H.; PIMPL, M.; Development of a new electrodeposition method for Pu-determination in environment samples. *Applied Radiation and Isotopes*, 50 (1999) S. 851-58

MANDL, B.; Viele Wege, ein Ziel. (GbV-Schulung). *Der Gefahrgut-Beauftragte*, 10 (1999) Nr. 11, S. 1-2

NARROG, J.; KUKLA, W.; NEU, A.; RIETSCHEL, M.; ROSE, E.; VILGIS, M.; WINTER, M.; Berichterstattung gemäß der Richtlinie zur Emissions- und Immissionsüberwachung kern-technischer Anlagen. Empfehlungen zur Überwachung der Umweltradioaktivität; Fachverband für Strahlenschutz, Loseblattsammlung des Arbeitskreises Umweltüberwachung, FS-78-15-AKU (Januar 1999)

WINTER, M.; Die Umgebungsüberwachungsprogramme in der deutschen Richtlinie zur Emissions- und Immissionsüberwachung kerntechnischer Anlagen. Fachverband für Strahlenschutz, Loseblattsammlung des Arbeitskreises Umweltüberwachung, FS-78-15-AKU (Januar 1999)

7.2 Veröffentlichungen, die nicht in gedruckter Form vorliegen

BATTISTI, P.; CASTELLANI, C. M.; DOERFEL, H.; TARRONI, G.; Problems in defining the minimum detectable activity in lung measurement of low-energy photon emitters. International Workshop In Vivo Monitoring for Internal Contamination: New Techniques for New Needs, Mol, B, May 25-28, 1999

KOELZER, W.; Mit 20 Millisievert ins Jahr 2000. Vortrag: Kolloquium, Berufsakademie Karlsruhe, 24. September 1999

MARTINI, E.; FIGEL, M.; BURGKHARDT, B.; Fingerringdosimetrie in gemischten  $\beta/\gamma$ -Strahlungsfeldern. Fortbildungstagung 'Dosimetrie externer Strahlung - Aktuelle Entwicklungen', Tabarz, 24.-26. Februar 1999