

Forschungszentrum Karlsruhe
in der Helmholtz-Gemeinschaft
Wissenschaftliche Berichte
FZKA 6830

Jahresbericht 2002
der Hauptabteilung Sicherheit

Redaktion: M. Urban
Hauptabteilung Sicherheit

Forschungszentrum Karlsruhe GmbH, Karlsruhe
2003

Impressum der Print-Ausgabe:

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

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

**Mitglied der Hermann von Helmholtz-Gemeinschaft
Deutscher Forschungszentren (HGF)**

ISSN 0947-8620

Zusammenfassung

Die Aufgabenstellung der Hauptabteilung Sicherheit umfasst Genehmigungsverfahren sowie 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 2002 erarbeiteten Ergebnisse.

Central Safety Department, Annual Report 2002

Summary

The Central Safety Department is responsible licensing procedures and 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 2002 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

Zusammenfassung	II
1 Hauptabteilung Sicherheit: Aufgaben und Organisation.....	1
1.1 Aufgaben	1
1 Central Safety Department: Duties and Organisation	5
2 Genehmigungsverfahren	9
3 Arbeitssicherheit.....	11
3.1 Organisation und Aufgaben der Gruppe konventionelle Arbeitssicherheit	11
3.2 Unfallgeschehen	11
3.3 Arbeitsplatzüberwachungen	12
3.4 Aus- und Fortbildung	13
3.5 Arbeitsschutzausschuss	13
4 Strahlenschutz	14
4.1 Strahlenschutzorganisation im Forschungszentrum	14
4.2 Administrativer Strahlenschutz	14
4.2.1 Bestellung von Strahlenschutzbeauftragten nach Strahlenschutz- und Röntgenverordnung	14
4.2.2 Umsetzung des atomrechtlichen Regelwerkes	15
4.2.3 Betriebsüberwachung	15
4.2.4 Zentrale Erfassung von nach Röntgen- und Strahlenschutzverordnung zu überwachende Personen	15
4.2.5 Überwachung beruflich strahlenexponierter Personen.....	15
4.2.5.1 Inkorporationsüberwachung im Forschungszentrum	16
4.2.6 Überwachung nicht beruflich strahlenexponierter Personen.....	17
4.2.7 Ergebnisse der Personendosisüberwachung.....	17
4.2.8 Beruflich strahlenexponiertes Personal in fremden Strahlenschutzbereichen	18
4.2.8.1 Fremdfirmen in Strahlenschutzbereichen des Forschungszentrums	18
4.2.8.2 Personen des Forschungszentrums Karlsruhe in Strahlenschutzbereichen fremder Anlagen oder Einrichtungen	19
4.2.8.3 Strahlenpassstelle	19
4.3 Bilanzierung radioaktiver Stoffe	20
4.3.1 Zentrale Buchhaltung zur Erfassung und Meldung von Kernmaterial.....	20
4.3.2 Aufsicht durch Euratom	21
4.3.3 Zentrale Buchhaltung zur Erfassung und Meldung sonstiger radioaktiver Stoffe und Meldung von radioaktivem Abfall	21
4.3.4 Erfassung von Kernmaterialtransporten und Hilfestellung bei Planung und Abwicklung	23
4.4 Einsatzleitung und Einsatzplanung	23
4.4.1 Aufgaben	23
4.4.2 Statistik und Analyse der EvD-Einsätze	24
4.4.3 Übungen der Einsatzdienste	25
4.4.4 Meldepflichtige Ereignisse nach Strahlenschutzverordnung	26
4.5 Operationeller Strahlenschutz	26
4.5.1 Arbeitsplatzüberwachung.....	26

4.5.2	Dosimetrie	30
4.5.2.1	Personenüberwachung	30
4.5.2.1.1	Routine- und Sondermessungen.....	30
4.5.2.1.2	Cs-137-Referenzmessungen.....	33
4.5.2.2	Risiken der Spätfolgen nach der Aufnahme von ²²⁶ Ra in Beagle Hunden.	35
4.5.3	Untersuchungen zur Tritiumrückhaltung in Atemschutzfiltern	38
4.5.4	Die Umsetzung des § 44 der Strahlenschutzverordnung in einer Anlage mit verschiedenen Umgangsgenehmigungen	42
4.5.5	Verhältnis der Aktivität von Plutonium- und Transplutoniumisotopen in den Stuhlausscheidungen im Forschungszentrum Karlsruhe	46
4.5.6	Betrieb der Eichhalle.....	49
4.5.6.1	Routinekalibrierung	49
4.5.6.2	Amtliche Eichabfertigungsstelle	50
4.5.7	Messverfahren	50
4.5.8	Strahlenschutzmesstechnik	50
4.5.8.1	Aufgaben	50
4.5.8.2	Wartung und Reparatur	51
4.5.8.3	Messungen gemäß Arbeitsschutzgesetz	51
4.6	Neue Messgeräte in der Strahlenschutzüberwachung.....	51
4.6.1	Einführung von Ganzkörpermonitoren	51
4.6.2	Umbau und Inbetriebnahme der Freimessanlage RADOS RTM 630 Inc.....	52
4.7	Physikalisches Messlabor	54
4.7.1	Messsysteme	56
4.7.1.1	Alpha-Beta-Messtechnik.....	56
4.7.1.2	Gamma-Spektrometrie	56
4.7.1.3	Alpha-Spektrometrie	56
4.7.1.4	Flüssigszintillationsspektrometrie.....	57
4.7.2	Raumluftüberwachung	57
4.7.3	Dichtheitsprüfungen.....	59
4.8	Chemische Analytik.....	60
4.8.1	Aufgaben.....	60
4.8.2	Radiochemische Arbeiten	62
4.9	Das Freimesslabor.....	64
4.9.1	Physikalische Direktmessverfahren	65
4.9.2	Chemische Arbeiten und Bestimmungen.....	65
4.10	Messstelle für amtlich anerkannte Festkörperdosimetrie.....	66
4.10.1	Amtliche Personendosimetrie	66
4.10.2	Photolumineszenzdosimetrie.....	67
4.10.3	Thermolumineszenzdosimetrie	68
4.10.4	Vergleichsbestrahlungen.....	69
4.10.5	Sonstige Personen- und Ortsdosimeter	71
4.10.6	Ansprechvermögen von LiF-Thermolumineszenz-Detektoren für Röntgen- Strahlungsqualitäten in der Mammographie	72
4.10.7	Erfahrungen mit (n, α)-Konvertern und Kernspurdetektoren bei langzeitigen Neutronen-Ortsdosismessungen.....	73
5	Umweltschutz.....	75
5.1	Administrativer Umweltschutz	75
5.1.1	Beauftragte im Umweltschutz.....	75
5.1.2	Wiederkehrende Prüfungen.....	76

5.1.3	Umsetzung der Gefahrstoffverordnung.....	77
5.1.4	Gefahrguttransporte und Gefahrgutumschlag	77
5.1.5	Abfallwirtschaft.....	80
5.1.6	Immissionsschutz	84
5.1.7	Gewässerschutz	85
5.2	Emissions- und Umgebungsüberwachung	86
5.2.1	Fortluftüberwachung	86
5.2.1.1	Ableitung radioaktiver Stoffe mit der Fortluft im Jahr 2002	90
5.2.1.2	Ableitung nichtradioaktiver Stoffe mit der Fortluft im Jahr 2002	98
5.2.1.2.1	Verbrennungsanlage der Hauptabteilung Dekontaminationsbetriebe.....	99
5.2.1.2.2	Versuchsanlagen TAMARA und THERESA	100
5.2.1.2.3	Fernheizwerk und Blockheizkraftwerk	101
5.2.1.3	Strahlenexposition in der Umgebung des Forschungszentrums Karlsruhe durch die mit der Fortluft abgeleiteten radioaktiven Stoffe im Jahr 2002	101
5.2.1.3.1	Berechnungsgrundlagen	101
5.2.1.3.2	Meteorologische Daten.....	102
5.2.1.3.3	Ausbreitung und Ablagerung	102
5.2.1.3.4	Rechenprogramme.....	102
5.2.1.3.5	Einteilung der radioaktiven Emissionen in Nuklidgruppen und Einzelnuclide ..	103
5.2.1.3.6	Ergebnisse der Dosisberechnung.....	104
5.2.2	Abwasserüberwachung.....	109
5.2.2.1	Ableitung radioaktiver Stoffe mit dem Abwasser 2002.....	111
5.2.2.2	Ableitung nichtradioaktiver Stoffe mit dem Abwasser im Jahr 2002	113
5.2.2.3	Strahlenexposition in der Umgebung des Forschungszentrums Karlsruhe durch die mit dem Abwasser in den Rhein abgeleiteten radioaktiven Stoffe im Jahr 2002.....	115
5.2.3	Umgebungsüberwachung	116
5.2.3.1	Direktmessung der Strahlung	120
5.2.3.2	Radioaktivitätsmessungen	121
5.2.3.3	Messfahrten	124
5.2.3.4	Aktivitätsmessungen auf dem Betriebsgelände des FZK.....	125
6	Werkschutz.....	126
6.1	Anmeldung und Zugang.....	126
6.2	Werkschutzbereiche	127
6.3	Werkfeuerwehr	128
6.4	Verkehrsdienst.....	129
6.5	Schadensaufnahme	130
6.6	Schlüsselverwaltung.....	130
6.7	Technische Sicherungssysteme	131
7	Zentrale Aufgaben.....	132
7.1	Datenverarbeitung der Hauptabteilung Sicherheit	132
7.1.1	Netzwerk	134
7.1.2	Rechner- und Betriebssysteme	135
7.1.3	Windows2000 Domäne	135
7.1.4	Standardsoftware	135

7.1.5	Individualsoftware	136
7.1.5.1	Altanwendung für Strahlen- und Arbeitsschutz	136
7.1.5.2	Zutrittsverwaltung des Werksschutz	136
7.1.5.3	Elektronische Betreiberdosimetrie, Kontrolle der Zugangsberechtigung zu Kontrollbereichen	137
7.1.5.4	Buchführung radioaktiver Stoffe (BURAST) als Web-Anwendung	138
7.1.5.5	Buchführung von Genehmigungen (BUGEN)	139
7.1.5.6	Euratom Buchführung für die Kernmaterialüberwachung (KMÜ)	139
7.1.5.7	Raumluftfilter	139
7.1.5.8	Probenanmeldungen	140
7.1.5.9	Gerätekataster	140
7.1.6	Informationssysteme	140
7.1.6.1	Internet	140
7.1.6.2	Intranet	140
7.1.6.3	HS-Net	141
7.1.7	Aus- und Weiterbildung	141
7.1.8	Datenschutz, IT-Sicherheitskonzept	141
7.1.9	Koordination abteilungsübergreifender Arbeiten	142
7.2	Qualitätsmanagement	142
7.3	Sonderaufgaben	142
7.3.1	Umzug Alarmzentrale	142
7.3.2	Inventur / Gerätewirtschaft	143
8	Veröffentlichungen	144

Verzeichnis der Abkürzungen

ANKA	Ångströmquelle Karlsruhe
AtG	Atomgesetz
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
FIZ	Fachinformationszentrum Karlsruhe
FR2	Forschungsreaktor 2
FTU	Fortbildungszentrum für Technik und Umwelt
HDB	Hauptabteilung Dekontaminationsbetriebe
HS	Hauptabteilung Sicherheit
HS-M	Hauptabteilung Sicherheit, Amtliche Messstelle
HS-TBG	Hauptabteilung Sicherheit, Abteilung Technische Beratung und Genehmigungen
HS-ÜM	Hauptabteilung Sicherheit, Abteilung Überwachung und Messtechnik
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
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
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
MED	Medizinische Abteilung
MZFR	Mehrzweckforschungsreaktor
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
WAK	Wiederaufarbeitungsanlage Karlsruhe

1 Hauptabteilung Sicherheit: Aufgaben und Organisation

1.1 Aufgaben

Die Aufgabenstellung der Hauptabteilung Sicherheit umfasste bisher 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. Eine weitere Kernaufgabe stellt die Bearbeitung und Koordinierung von Genehmigungsverfahren dar.

Am 31. Dezember 2002 waren in der Hauptabteilung Sicherheit 187 wissenschaftliche, technische und administrative Mitarbeiter beschäftigt. Vier Studierende wurden im Rahmen der dualen Ausbildung mit der Berufsakademie Karlsruhe zu Strahlenschutzingenieur ausgebildet. Der Organisationsplan der Hauptabteilung ist auf Seite 4 wiedergegeben.

Abteilung Technisch-Administrative Beratung und Genehmigung (HS/TBG)

Diese Abteilung 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. Als neue Aufgabenschwerpunkte sind die organisatorische und administrative Durchführung der Emissions- und Immissionsüberwachung für alle atomrechtlichen Umgangsgenehmigungen des Forschungszentrums sowie die Planung und Durchführung von Genehmigungsverfahren für den Forschungsbereich mit Ausnahme von Baugenehmigungen.

Der Arbeitsschwerpunkt „Arbeitssicherheit“ ist Ansprechpartner für die Organisationseinheiten des Zentrums und Kontaktstelle zu den Behörden in Fragen der konventionellen Arbeitssicherheit. Sie überwacht die innerbetriebliche Umsetzung entsprechender Auflagen. Sie führt die Bestellung der nach den Unfallverhütungsvorschriften geforderten Beauftragten durch und sorgt für deren Aus- und Weiterbildung. Zur Information der Mitarbeiter des Zentrums werden von der Arbeitsgruppe Informationsmedien zur Verfügung gestellt. Zur Beurteilung des Unfallgeschehens im Zentrum werden die Unfälle analysiert und ausgewertet. Die Erledigung der Arbeiten erfolgt in enger Koordination mit der Stabsstelle „Fachkräfte für Arbeitssicherheit (StFA)“.

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. Als weitere Aufgabe 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 „Umweltschutz“ sind die Abfall-, Gefahrgut-, Immissionsschutz- und Gewässerschutzbeauftragten zusammengefasst, denen die Aufgaben entsprechend gesetzlicher Regelungen übertragen sind. Es sind dies insbesondere Beratungs-, Informations- und Überwa-

chungsaufgaben in den für die Umwelt relevanten Bereichen. Umwelt- und sicherheitsrelevante Informationen werden für die Verantwortlichen in Form von Datenbanken zur Verfügung gestellt. Hierzu gehören u. a. Sicherheitsdatenblätter und Gefahrstoffinformationen. Ein weiterer Schwerpunkt ist 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.

Im Arbeitsschwerpunkt „Einsatzdienste“ sind die rund um die Uhr tätigen, zur Sicherheitsorganisation des Forschungszentrums gehörenden Einsatzleiter vom Dienst zusammengefasst. Es werden Einsatzunterlagen erarbeitet und aktualisiert sowie Alarmübungen in Verbindung mit anderen Organisationseinheiten organisiert.

Abteilung Überwachung und Messtechnik

Die aus der bisherigen Abteilung Strahlenschutz und den überwiegend messtechnisch arbeitenden Teilen der Abteilung Umweltschutz hervorgegangene Abteilung „Überwachung und Messtechnik (HS/ÜM)“ ist im Auftrag der Strahlenschutzbeauftragten tätig, die für den Schutz der mit radioaktiven Stoffen umgehenden oder ionisierender Strahlung ausgesetzten Personen des Forschungszentrums verantwortlich sind. Aus dieser Aufgabenstellung heraus sind viele Mitarbeiter dieser Abteilung dezentral in den Organisationseinheiten des Forschungszentrums tätig. Sie sind dort die 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.

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. 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 Abteilung betreibt 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.

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 Wartungsarbeiten, 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 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 durch Streifen- und Überwachungsdienst für das Gesamtareal des Forschungszentrums Karlsruhe. 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 Sicherungssysteme.

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, sowie beweglichen Feuerlöscheinrichtungen.

Stabsstelle „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.

Stabsstelle „Zentrale Aufgaben“

Um die Erledigung der Querschnittsaufgaben der Hauptabteilung Sicherheit teilweise wahrzunehmen oder zum anderen Teil koordinierend zu unterstützen, wurde die "Stabsstelle Zentrale Aufgaben" eingerichtet.

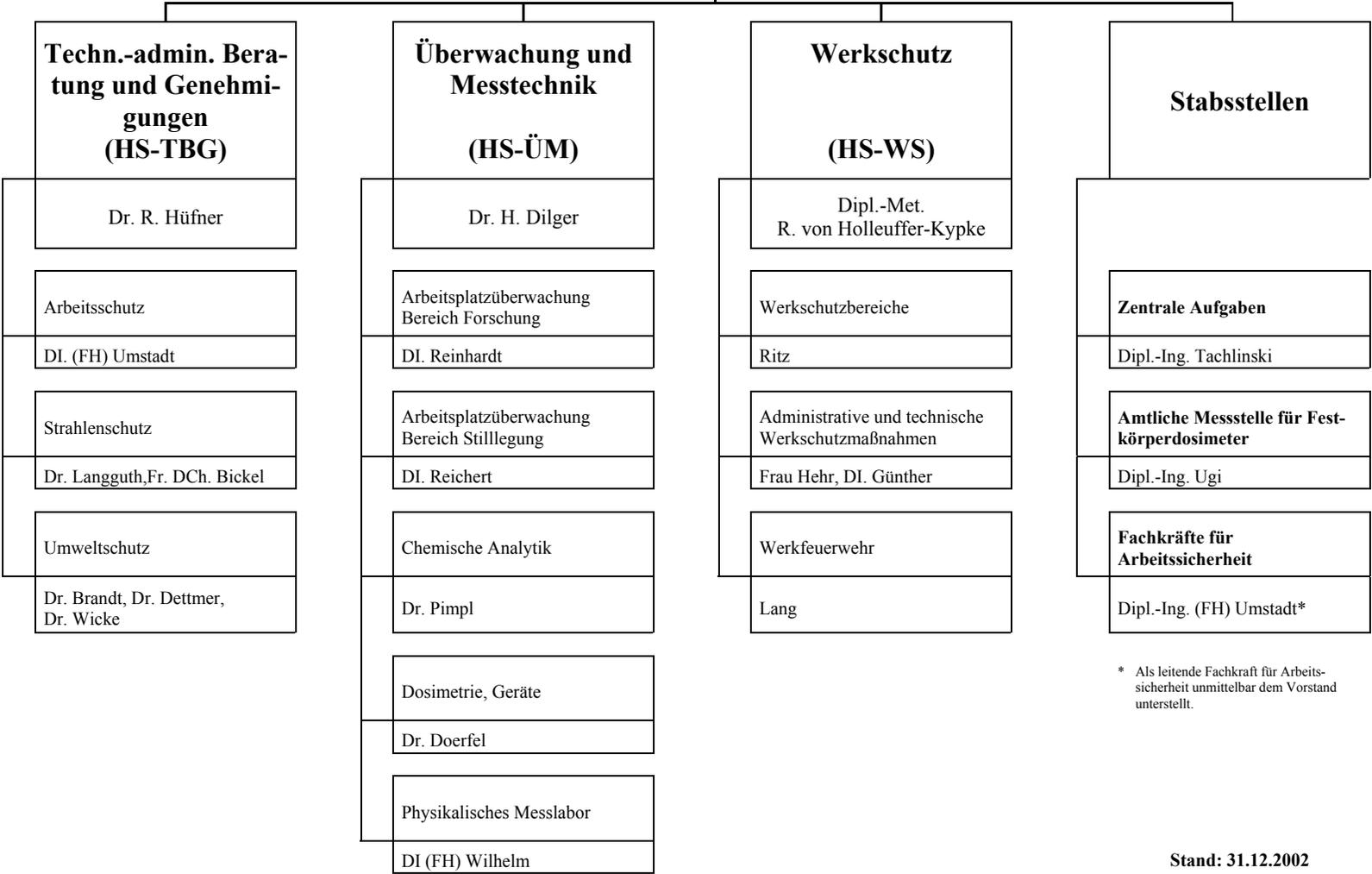
Als Arbeitsschwerpunkte wurden dem Stab der Betrieb der HS-Datenverarbeitung, Zuständigkeiten für Personal- und Budgetplanung, die Koordination von abteilungsübergreifenden Arbeiten und die Ein- und Durchführung qualitätssichernder Maßnahmen übertragen.

Stabsstelle „Fachkräfte für Arbeitssicherheit“

Zur Umsetzung des Arbeitssicherheitsgesetzes im Forschungszentrum Karlsruhe wurde eine Stabsstelle „Fachkräfte für Arbeitssicherheit“ eingerichtet. Hier sind fünf Sicherheitsingenieure tätig, die den Arbeitgeber beim Arbeitsschutz und bei der

Unfallverhütung in allen Fragen der Arbeitssicherheit einschließlich der menschengerechten Gestaltung der Arbeit unterstützen. Ihre besondere Aufgaben ergeben sich aus § 6 des Arbeitssicherheitsgesetzes.

Hauptabteilung Sicherheit (HS)
 Leiter: Priv.-Doz. Dr.-Ing. habil. M. Urban
 Vertreter: N. N.



* Als leitende Fachkraft für Arbeitssicherheit unmittelbar dem Vorstand unterstellt.

Stand: 31.12.2002

1 Central Safety Department: Duties and Organisation

The Central Safety Department is responsible for licensing, 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. As per December 31, 2001, the Central Safety Department employed 187 scientific, technical, and administrative staff members and four students for radiation protection engineers.

Technical and administrative Consulting and Licensing

The Technical and administrative Consulting and Licensing Unit has consulting, controlling, licensing and managing functions in the various fields such as 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. It is also 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 "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 "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 "Environmental Protection Group" combines all officers responsible for waste, hazardous substances, environmental impacts, and protection of water. It controls, co-ordinates and balances the activity discharges into the atmosphere from all facilities on the premises of the Research Centre and determines the radiation exposure of the environment. Samples are regularly taken in the vicinity and counted in the laboratories of the department to determine the radioactivity content of air, water, soil, sediment, fish, and agricultural produce.

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.

Supervision and Monitoring

The Supervision and Monitoring 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. It 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 underrated.

The "Work Place Monitoring Groups" are responsible for the evaluation of 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 workrooms 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 "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. It is also 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.

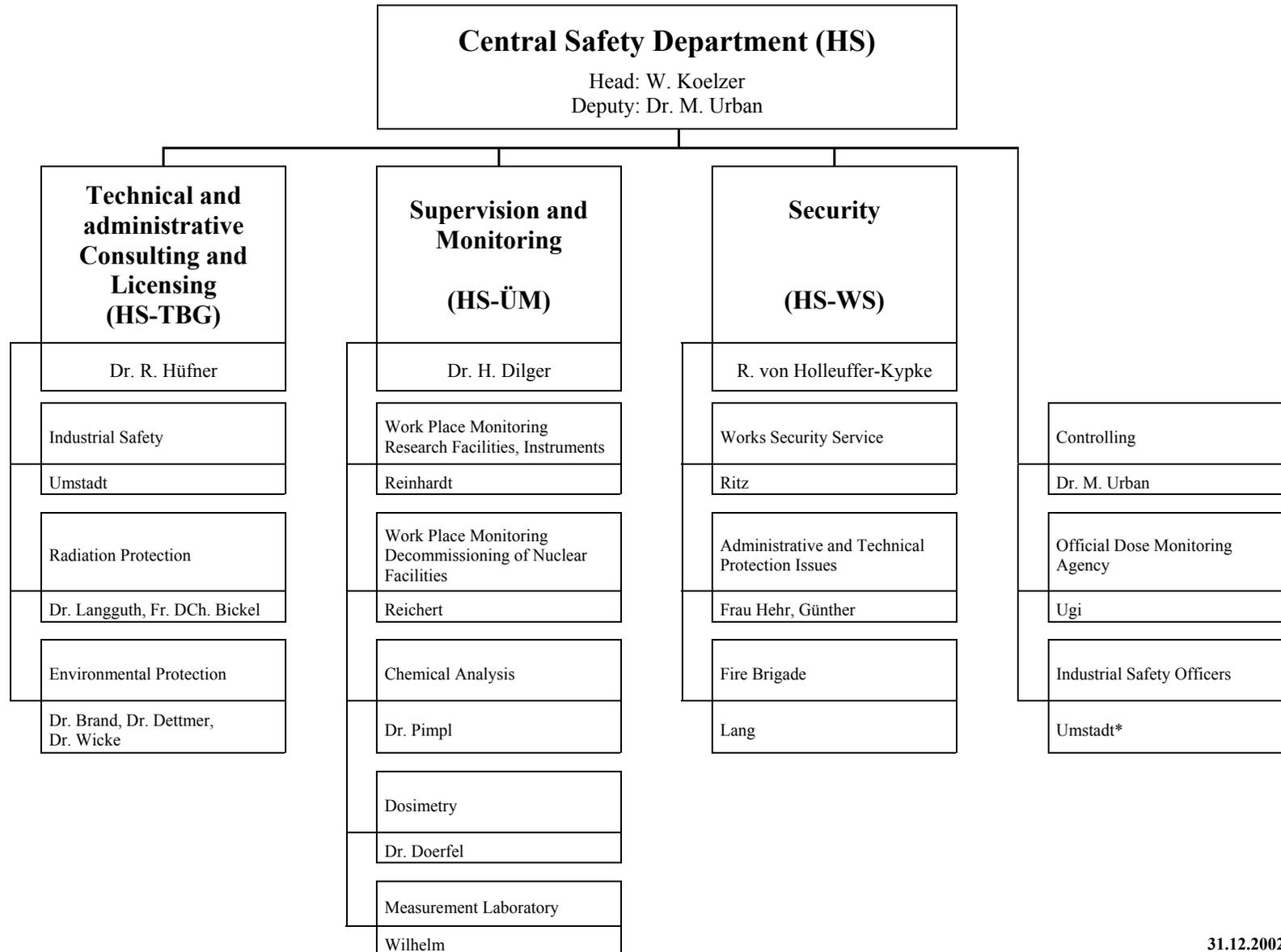
The "Chemical Analysis Group" conducts radiochemical examinations of environmental samples and of samples collected for purposes of liquid and gaseous effluent monitoring and of samples for the clearance measurement laboratory.

The "Measurements Laboratory" 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.

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.



2 Genehmigungsverfahren

A. Bickel, R. Hüfner, G. Scholer

Ein nicht unerheblicher Teil der Forschungsaktivitäten unseres Zentrums bedarf der Genehmigung oder unterliegt zumindest der Aufsicht staatlicher Behörden. Gleiches gilt für die Durchführung vieler Aufgaben aus dem Bereich der Infrastruktur, die die Erfüllung des Forschungsauftrages des Zentrums erst ermöglichen.

Die Arbeit bei der Abwicklung von Genehmigungsverfahren ist durch eine enge Kooperation mit den im jeweiligen Verfahren betroffenen Organisationseinheiten des Forschungszentrums gekennzeichnet. Im Arbeitsablauf selbst gibt es dabei nur wenige rechtsspezifische Besonderheiten, so dass die Aufgaben weitgehend pauschal dargestellt werden können. Wesentliche Punkte sind:

- die Prüfung neuer Vorhaben oder Änderungen in der Nutzung bestehender Anlagen auf ihre genehmigungsrechtliche Erheblichkeit
- die Abstimmung des Antragsumfangs und des Terminplanes zur Abwicklung des Genehmigungsverfahrens
- die Koordinierung der Erstellung der Antragsunterlagen in enger Zusammenarbeit mit den betroffenen Organisationseinheiten
- die Vorprüfung und Verfolgung von Gutachteraufträgen
- die Inhaltliche Prüfung von Gutachten und Behördenbescheiden sowie
- die Abgabe förmlicher Willenserklärungen (Anträge, Rechtsmittel) unter Mitzeichnung durch die Hauptabteilung Recht und Versicherungen (RA)
- die Abgabe von Änderungsanzeigen sowie von Informationen zu technischen Aktualisierungen bei bestehenden Genehmigungen
- die Terminüberwachung bei zeitlich befristeten Genehmigungen und Zulassungen.

Der zeitliche Verlauf von Genehmigungsverfahren kann sich von wenigen Tagen bis zu mehreren Jahren hinziehen. Dementsprechend unterschiedlich ist auch der administrative Aufwand bei der Abwicklung, aber auch bei der Betreuung von Genehmigungen nach ihrer Erteilung.

In der Tab. 2-1 sind die dem Forschungszentrum Karlsruhe erteilten Genehmigungen und Zulassungen zusammengefasst, die am Jahresende 2002 Gültigkeit besaßen. Der größte Teil der Arbeiten im Berichtsjahr beschränkte sich auf die Anpassung, Erweiterung und Aktualisierung bestehender Genehmigungen, wobei hier besonders der fortschreitende Ausbau der Synchrotronstrahlungsquelle ANKA zu erwähnen ist. Die Beantragung neuer Genehmigungen war im wesentlichen nur bei der Beschaffung von Röntgeneinrichtungen und im Rahmen der Projektarbeiten des ITG erforderlich.

Institut/ Abteilung	AtG			StrlSchV						RöV		BlmSchG		GenTG		TierschG				AMG		WHG	Fachbetriebs- zulassung	
	§ 7	§ 9		§ 4*	§ 7		§ 11		§ 12	§ 15	Genehmig.	Anzeige	Genehmig.	Nachtrag Anzeige	Genehmig.	Anzeige	Genehmig.	Nachtrag	Ausnah- me- nehmi- gung	Anzeige	Genehmig.	Zulas- sung		Genehmig.
UVM (Stoffart)	Genehmig.	Genehmig.	Nachtrag	Anzeige	Genehmig.	Nachtrag	Genehmig.	Nachtrag	Anzeige	Genehmig.	Genehmig.	Anzeige	Genehmig.	Nachtrag Anzeige	Genehmig.	Anzeige	Genehmig.	Nachtrag	Ausnah- me- nehmi- gung	Anzeige	Genehmig.	Zulas- sung	Genehmig.	
BTI	1				2						1		2	4									3	3
EKM/QS					1	3																		
FTU					1						2													
FZK		1										1												
HDB													1											
HS		2			1						1													
HVT/HZ		1	3								2	2												
HVT/TLK					4							1												
HZY					2	5	2	6														1	3	
IFIA					2																			
IFP				1	1				1		4	2												
IHM					1						5	1												
IK					2		2					1												
IMB																1					1			
IMF					1						12	6												
IMK				6	4											1								
IMT									1		2													
INE		2			1						2	3												
INT					1						2	3												
IRS				1																				
ISS					1		1																	
ITC/CPV		1	4		1						1	3												
ITC/TAB				1	2	2					4		2	3		1								
ITC/WGT					1	2					1	2												
ITG					3	3										5	3		4					
ITP					1	1					1	3												
MED					1																			

Tab. 2-1 Genehmigungen und Anzeigen der Institute und Abteilungen des Forschungszentrums Karlsruhe, ausgenommen sind die atomrechtlichen Genehmigungen des Bereichs Stilllegung

* § 4 Abs. 1 StrlSchV vom 30.06.89, teilweise i. V. m. § 117 Abs. 7 StrlSchV vom 20.07.01

3 Arbeitssicherheit

K. Umstadt

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

Das Forschungszentrum Karlsruhe trägt als Arbeitgeber die Verantwortung für die Sicherheit und den Schutz der Gesundheit seiner Mitarbeiter. Damit obliegt ihm die Führungsaufgabe, gesundheitsbewahrende Arbeitsverhältnisse und sichere Einrichtungen zu schaffen, den bestimmungsgemäßen Umgang mit ihnen und das Zusammenwirken aller Mitarbeiter entsprechend zu organisieren und sicherzustellen. Dieser Aufgabe wird das Forschungszentrum u. a. dadurch gerecht, dass es nach Maßgabe des Arbeitssicherheitsgesetzes Betriebsärzte und Fachkräfte für Arbeitssicherheit bestellt hat.

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

3.2 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. Unabhängig hiervon werden aus grundsätzlichen Erwägungen jedoch sämtliche Unfälle im Forschungszentrum dem zuständigen Unfallversicherungsträger angezeigt.

Für das Jahr 2002 wurden insgesamt 76 Arbeitsunfälle an den Unfallversicherer gemeldet. Davon waren 43 Unfälle anzeigepflichtig (Betriebsunfälle: 29, Wegeunfälle: 12; Sportunfälle: 2). Einen Überblick über Art der Verletzungen und verletzte Körperteile gibt Tab. 3-1.

Die Summe der anzeigepflichtigen Unfälle hat sich gegenüber dem Vorjahr leicht erhöht, obwohl die Gesamtzahl der gemeldeten Unfälle zurück gegangen ist. Bei den Wegeunfällen – Unfälle auf dem Weg zum und vom Forschungszentrum – lagen die Zahlen exakt auf dem Niveau des Vorjahres. 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.

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. 3 600 Mitarbeitern ergeben sich die in Tab. 3-2 dargestellten Zahlen.

verletzte Körperteile	Jahr		Art der Verletzung	Jahr	
	2001	2002		2001	2002
Kopf	7	1	Prellungen, Quetschungen	8	14
Augen	2	1	Verstauchungen	2	2
Rumpf	4	3	Zerrungen, Verrenkungen	10	4
Beine, Knie	7	8	Wunde, Riss	8	7
Füße, Zehen	3	5	Knochenbruch	5	1
Arme	4	2	Verbrennungen, Verätzungen	2	1
Hände, Finger	10	13	Schnitte	3	4
Wirbel	4	2	Sonstige	2	1

Tab. 3-1: Art der Verletzungen und der verletzten Körperteile bei den Betriebsunfällen

Art der Unfälle	Zahl der anzeigepflichtigen Unfälle je 1 000 Beschäftigte	
	Forschungszentrum Karlsruhe 2002	gewerbliche Wirtschaft 2001*
meldepflichtige Betriebs- u. Sportunfälle	8,1	34,5
meldepflichtige Wegeunfälle	3,3	5,1

* Daten von 2002 liegen noch nicht vor.

Tab. 3-2: Unfälle im Forschungszentrum Karlsruhe 2002 im Vergleich zur gesamten gewerblichen Wirtschaft

3.3 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. 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 Überwachung und Messtechnik 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.

3.4 Aus- und Fortbildung

Im Berichtszeitraum wurden die internen Aus- und Weiterbildungsmaßnahmen des Zentrums in Arbeitsschutz- und Arbeitssicherheitsfragen 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 Unterweisungen hat HS-TBG die vorhandenen Arbeitsschutzfilme aktualisiert und ergänzt. Insbesondere wurde die Auswahl durch weitere intern gedrehte Filme über Arbeitsschutz und Brandschutz erweitert.

3.5 Arbeitsschutzausschuss

Nach § 11 des Arbeitssicherheitsgesetzes hat das Forschungszentrum als Arbeitgeber einen Arbeitsschutzausschuss zu bilden. Die personelle Zusammensetzung und die Aufgaben des Arbeitsschutzausschusses sind im Arbeitssicherheitsgesetz geregelt. Neben den ständigen Tagesordnungspunkten wie Berichte der Betriebsärzte und Fachkräfte für Arbeitssicherheit wurden sicherheitsrelevante Arbeitsunfälle besprochen. Weitere Schwerpunkte während des Berichtszeitraumes waren:

- Aufbringen von zusätzlichen Fahrbahnmarkierungen auf der von Nord nach Süd verlaufenden Straße. Durch diese Maßnahme sollen die Verkehrsteilnehmer nochmals auf die rechts vor links-Regelung hingewiesen werden.
- Analyse der Betriebssicherheitsverordnung und die daraus sich ergebenden Verpflichtungen für das Zentrum. Von den Fachkräften und den Betriebsärzten wurden hierzu Vorschläge erarbeitet.
- In den nächsten Jahren soll im Zentrum ein Arbeitsschutzmanagementsystem aufgebaut werden. Hierzu wurden im Arbeitsschutzausschuss einige grundlegende Aspekte diskutiert.

4 Strahlenschutz

4.1 Strahlenschutzorganisation im Forschungszentrum

Das Forschungszentrum Karlsruhe ist Inhaber einer Vielzahl von atomrechtlichen Genehmigungen. Der Strahlenschutzverantwortliche hat die Wahrnehmung seiner Aufgaben an den Sicherheitsbeauftragten delegiert, der als Strahlenschutzbevollmächtigter fungiert.

Die Hauptabteilung Sicherheit ist zentraler Dienstleister für Fragen des administrativen und des operationellen Strahlenschutzes für die für die einzelnen Genehmigungen bestellten Strahlenschutzbeauftragten. Die Aufgaben des administrativen Strahlenschutzes werden von der Abteilung Technisch-administrative Beratung und Genehmigungen (HS-TBG) und des operationellen Strahlenschutzes von der Abteilung Überwachung und Messtechnik (HS-ÜM) wahrgenommen.

4.2 Administrativer Strahlenschutz

U. Bartmann, A. Bickel, S. Debus, M. Fellhauer, K.-G. Langguth, A. Zieger

4.2.1 Bestellung von Strahlenschutzbeauftragten nach Strahlenschutz- und Röntgenverordnung

Das Forschungszentrum Karlsruhe GmbH ist Inhaber atomrechtlicher Genehmigungen und somit Strahlenschutzverantwortlicher nach Strahlenschutz- und Röntgenverordnung. Der Strahlenschutzverantwortliche hat zur Gewährleistung des Strahlenschutzes bei atomrechtlich relevanten Tätigkeiten die notwendige Anzahl von Strahlenschutzbeauftragten zu bestellen.

Für die mit der Bestellung der Strahlenschutzbeauftragten und ihrer Betreuung verbundenen Aufgaben und die übrigen mit der Umsetzung der atomrechtlichen Bestimmungen verbundenen Arbeiten bedient sich der Strahlenschutzverantwortliche der Hauptabteilung Sicherheit und hier, insbesondere für die administrative Umsetzung, der Abteilung Technisch-administrative Beratung und Genehmigungen (TBG).

Bei der Bestellung ist zu gewährleisten, dass die Aufgaben, die sich aus den atomrechtlichen Bestimmungen und Genehmigungen ergeben, nur Personen zugewiesen werden, die im Besitz einer zur Erfüllung der Aufgaben erforderlichen Fachkunde sind. Seit in Kraft treten der neuen Strahlenschutzverordnung muss der Erwerb dieser Fachkunde von der zuständigen Behörde bescheinigt werden. Weiterhin muss zukünftig jeder Strahlenschutzbeauftragte im 5-Jahres-Rhythmus seine Fachkunde durch Teilnahme an behördlich anerkannten Fortbildungsveranstaltungen aktualisieren. Zur Unterstützung der Organisationseinheiten und der Strahlenschutzbeauftragten werden von TBG die erforderlichen Fachkundebescheinigungen bei den jeweils zuständigen Behörden erwirkt und die Termine zur Fachkundeaktualisierung überwacht.

Bei der Bestellung der Strahlenschutzbeauftragten sind deren Aufgaben und lokalen Zuständigkeitsbereiche so gegeneinander abzugrenzen, dass Doppelverantwortlichkeiten oder Lücken auszuschließen sind. Die Bestellung von Strahlenschutzbeauftragten, ihre Entlastung sowie Änderungen in innerbetrieblichen Entscheidungsbereichen erfolgen schriftlich und müssen der jeweiligen Aufsichtsbehörde mitgeteilt werden.

Die große Zahl der Bereiche des Forschungszentrums, die Vielfalt der erteilten atomrechtlichen Genehmigungen und die ständig erforderlichen Aktualisierungen bedingen einen erheblichen organisatorischen Aufwand. Zur Zeit sind 156 Personen zu Strahlenschutzbeauftragten nach StrlSchV und RöV bestellt, die in 271 eigenständigen innerbetrieblichen Entscheidungsbereichen tätig sind.

4.2.2 Umsetzung des atomrechtlichen Regelwerkes

Der Aufgabenbereich „Strahlenschutz“ sorgt für eine einheitliche Umsetzung des atomrechtlichen Regelwerkes, indem er die Strahlenschutzbeauftragten berät, die Betriebsstätten begeht und an Aufsichtsbesuchen der Behörden teilnimmt. Er unterstützt die Strahlenschutzbeauftragten durch die Bereitstellung des sogenannten Strahlenschutzordners. Dieser Ordner ist eine Arbeitsunterlage für die Strahlenschutzbeauftragten in Form einer Loseblattsammlung, in der alle wesentlichen Gesetze, Verordnungen, Richtlinien sowie das interne Regelwerk des Forschungszentrums enthalten sind. Wesentliche Inhalte dieses Ordners werden auch im Intranet des Forschungszentrums angeboten. Die weitere Umsetzung der Regelungen der neuen Strahlenschutzverordnung zum 1.8.2001 und der Änderungsverordnung zur RöV zum 1.7.2002 führten zu einem vergleichbar großen administrativen Aufwand bei der Aktualisierung des Regelwerkes wie im Vorjahr.

4.2.3 Betriebsüberwachung

Eine der Pflichten des Strahlenschutzverantwortlichen ist die Durchführung einer regelmäßigen Betriebsüberwachung. Diese wird, zusätzlich zur Beratung und zur Bereitstellung interner Regelungen und Anweisungen, durch Begehungen der atomrechtlich relevanten Arbeitsstätten durch Strahlenschutzingenieure sicher gestellt. Bei diesen Begehungen wird überprüft, ob die einschlägigen Bestimmungen wie Atomgesetz, Strahlenschutzverordnung, Röntgenverordnung, Genehmigungsaufgaben sowie das interne Regelwerk des Forschungszentrums beachtet werden. Begehungen können auch als Schwerpunktprüfungen auf Teilbereiche oder Teilaspekte begrenzt werden.

Zu Begehungen werden neben der Leitung der betreffenden Organisationseinheit der Strahlenschutzbeauftragte des Bereiches, die Abteilung Messtechnik und Überwachung, die Medizinische Abteilung und der Betriebsrat eingeladen. Ergebnisse von Begehungen und - soweit erforderlich - die Meldung, dass ein festgestellter Mangel beseitigt ist, werden dokumentiert.

4.2.4 Zentrale Erfassung von nach Röntgen- und Strahlenschutzverordnung zu überwachende Personen

Nach der Röntgen- und der Strahlenschutzverordnung unterliegen Personen der Strahlenschutzüberwachung, wenn sie sich in Strahlenschutzbereichen aufhalten. Die Erfassung dieser Personen ist vorrangig die Aufgabe des jeweils zuständigen Strahlenschutzbeauftragten in enger Zusammenarbeit mit der Abteilung Überwachung und Messtechnik. Die erhobenen Personendaten und die gemessenen Dosiswerte werden an TBG übermittelt. Für die Erfassung, Verarbeitung und Dokumentation dieser Daten wird ein umfangreiches „Personendosisregister“ unterhalten, das auch der Überwachung von Terminen und Dosisgrenzwerten dient.

4.2.5 Überwachung beruflich strahlenexponierter Personen

Für die, gemäß der Definition der jeweiligen Verordnung, beruflich strahlenexponierten Personen werden erfasst: Personendaten, Angaben zum Ort und zur Art des Arbeitsplatzes, Angaben zur möglichen äußeren Strahlenexposition und zur möglichen Strahlenexposition durch Inkorporation sowie Angaben zu den am jeweiligen Arbeitsplatz vorgesehenen Schutzmaßnahmen. Mit der Erfassung unterliegt die betroffene Person je nach Kategorie (A oder B) der routinemäßigen administrativen Strahlenschutzüberwachung. Diese beinhaltet termingerechte arbeitsmedizinische Vorsorgeuntersuchungen nach StrlSchV, termingerechte Strahlenschutzunterweisungen, Ausrüstung mit Dosimetern, Dokumentation der Dosiswerte und Prüfung auf Einhaltung der jeweiligen Dosisgrenzwerte. Die routinemäßige Strahlenschutzüberwachung endet mit der Abmeldung durch den zustän-

digen Strahlenschutzbeauftragten. Die Daten werden entsprechend den gesetzlichen Vorgaben dokumentiert und archiviert.

Im Jahr 2002 wurden 1 090 Personen des Forschungszentrums (Vorjahr 1 083) gemäß Strahlenschutz- und Röntgenverordnung überwacht und die zugehörigen Daten im Personendosisregister dokumentiert. Sofern Änderungen in den Expositionsbedingungen der beruflich strahlenexponierten Person eintraten, und/oder durch Arbeitsplatzwechsel sich der zuständige Strahlenschutzbeauftragte änderte, wurde dies im Personendosisregister durch das Anlegen eines neuen Überwachungsintervalls dokumentiert. Im Jahr 2002 wurden 1 133 (Vorjahr 1 124) Überwachungsintervalle für Mitarbeiter des Forschungszentrums angelegt.

Für beruflich strahlenexponiertes Fremdfirmenpersonal werden nur die nichtamtlichen Dosiswerte aus externer Strahlenexposition sowie die Dosiswerte aus interner Exposition, die auf den Aufenthalt in Strahlenschutzbereichen des Forschungszentrums Karlsruhe GmbH zurückzuführen sind, im zentralen Personendosisregister entsprechend der gesetzlichen Vorgaben verwaltet.

4.2.5.1 Inkorporationsüberwachung im Forschungszentrum

Eine regelmäßige Inkorporationsüberwachung ist bei Personen erforderlich, die mit offenen radioaktiven Stoffen umgehen und wenn nicht ausgeschlossen werden kann, dass die Körperdosis durch Aufnahme radioaktiver Stoffe in den Körper ein Zehntel des Grenzwertes für die effektive Dosis von 20 mSv pro Jahr bzw. ein Zehntel der Organdosiswerte gemäß § 55 Abs. 2 der neuen StrlSchV überschreitet. Zur Bestimmung der Dosis durch Inkorporation können verschiedene Messmethoden angewandt werden, z. B. Messung der Raumluftaktivitätskonzentration am Arbeitsplatz, direkte Messung der Aktivitäten im Körper oder Ausscheidungsanalysen.

Die Notwendigkeit einer regelmäßigen Inkorporationsüberwachung wird in Abstimmung mit der zuständigen Aufsichtsbehörde auf der Grundlage der „Strahlenschutzanweisung des Sicherheitsbeauftragten zur Inkorporationsüberwachung“ festgestellt. Diese Anweisung setzt die Richtlinie des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit für die „Physikalische Strahlenschutzkontrolle bei innerer Exposition“ um.

Im Berichtsjahr war das Erfordernis einer regelmäßigen Inkorporationsüberwachung auf Transurane in keiner Anlage oder Einrichtung des Forschungszentrums Karlsruhe gegeben. Trotzdem wurden bei Mitarbeitern des Forschungszentrums, die Umgang mit offenen Transuranen hatten, Kontrollmessungen in Form von Stuhl- und Urinanalysen durchgeführt.

Sollte zukünftig in bestimmten Bereichen wieder eine regelmäßige Inkorporationsüberwachung erforderlich werden, so wird das Überwachungsverfahren und die Überwachungshäufigkeit in Abhängigkeit vom jeweils zu bestimmenden Radionuklid festgelegt.

Nach außergewöhnlichen Ereignissen (z.B. bei Kontaminationen mit Inkorporationsverdacht) werden weiterhin Inkorporationsmessungen durchgeführt. Bei den im Jahr 2002 durchgeführten Inkorporationsanalysen aufgrund außergewöhnlicher Ereignisse, wurde bei insgesamt 7 Mitarbeitern von Fremdfirmen und des Forschungszentrums eine Dosis aufgrund innerer Exposition berechnet. Die effektive Dosis betrug in zwei Fällen 0,4 mSv, in allen anderen 0 mSv.

4.2.6 Überwachung nicht beruflich strahlenexponierter Personen

In Kontrollbereichen ist – unabhängig von der zu erwartenden Dosis – grundsätzlich die Personendosis zu messen. Personen, die keine beruflich strahlenexponierten Personen der Kategorie A oder B gemäß der Definition in der Strahlenschutzverordnung sind, besitzen kein persönlich zugeordnetes amtliches Dosimeter und werden darum, wenn sie Kontrollbereiche des Forschungszentrums Karlsruhe GmbH betreten, mit einem nichtamtlichen, elektronischen Dosimeter ausgestattet. Dies gilt sowohl für Eigen- als auch für Fremdpersonal. Im zentrumsinternen Personendosisregister werden die Personendaten dieser Personen, ihre Aufenthaltszeiten im Kontrollbereich, die Dosiswerte aus äußerer Strahlenexposition, und gegebenenfalls Dosiswerte aus innerer Exposition erfasst.

Besucher und Besuchergruppen, die Kontrollbereiche des Forschungszentrums betreten und keine beruflich strahlenexponierten Personen entsprechend der Definition der Strahlenschutzverordnung sind, unterliegen ebenfalls einer - modifizierten - Überwachung. Die vorgeschriebene Kontrolle und Dokumentation wird von dem zuständigen Strahlenschutzbeauftragten und nicht von HS/TBG vorgenommen.

4.2.7 Ergebnisse der Personendosisüberwachung

In Tab. 4-1 ist für die überwachten Mitarbeiter des Forschungszentrums Karlsruhe GmbH die prozentuale Häufigkeitsverteilung der Jahresdosiswerte, die Anzahl der Personen mit Jahresdosen im jeweiligen Dosisintervall und die höchste für eine Person festgestellte Jahresdosis aus externer Bestrahlung angegeben. Im Jahr 2002 wurden alle beruflich strahlenexponierten Personen mit Phosphatglasdosimetern der amtlichen Messstelle im Forschungszentrum Karlsruhe überwacht. Die angegebenen Dosiswerte sind die Summe aus Photon- und - soweit gemessen - Neutronendosis.

Dosisintervall in mSv				Häufigkeitsverteilungen der Jahresdosiswerte in Prozent [Anzahl der Personen]	
	H	=	0	84,9	[770]
0	<	H	≤ 0,5	10,4	[94]
0,5	<	H	≤ 1,0	2,4	[22]
1,0	<	H	≤ 3,0	1,7	[15]
3,0	<	H	≤ 6,0	0,6	[5]
6,0	<	H	≤ 10,0	0	[0]
10,0	<	H		0	[0]
Anzahl erfasster Monatsdosiswerte				10 872 (Vorjahr 9 527)	
höchste Jahresdosis in mSv				4,5 (Vorjahr 7,4)	

Tab. 4-1: Ergebnisse der Personendosisüberwachung für das Jahr 2002 der mit Dosimetern überwachten Personen des Forschungszentrums Karlsruhe GmbH

Im Jahr 2002 waren insgesamt 906 Mitarbeiter des Forschungszentrums als beruflich strahlenexponiert eingestuft. Die summierte Dosis dieser Personen betrug einschließlich der Dosen aufgrund innerer Exposition 79,2 mSv. Daraus ergibt sich eine durchschnittliche Strahlenexposition von 0,1 mSv. Der höchste für eine Einzelperson festgestellte Jahreswert der Personendosis betrug 4,5 mSv (Vorjahr 7,4 mSv). Er wurde bei einer beruflich strahlenexponierten Person der Kategorie A festgestellt. Auch dieser Maximalwert blieb deutlich unter dem Jahresdosisgrenzwert der neuen Strahlenschutzverordnung von 20 mSv.

4.2.8 Beruflich strahlenexponiertes 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 sein Personal in fremde Anlagen oder Einrichtungen entsendet, als auch der Betreiber dieser Anlagen und Einrichtungen, den Schutz der beschäftigten Person sicherzustellen haben, sind die Strahlenschutzverantwortlichkeiten und die daraus resultierenden Aufgaben zwischen beiden Verantwortlichen genau abzugrenzen. Wer sein Personal in fremden Anlagen oder Einrichtungen beschäftigt oder dort selbst Aufgaben wahrnimmt, bedarf einer Genehmigung nach § 15 StrlSchV (§ 20 StrlSchV_{alt}), wenn dies mit einer beruflichen Strahlenexposition von mehr als 1 mSv pro Jahr verbunden sein kann. Diese Genehmigungen machen zur Auflage, dass zwischen dem Genehmigungsinhaber und dem Betreiber der fremden Anlage oder Einrichtung ein Vertrag über die Abgrenzung der Aufgaben ihrer Strahlenschutzbeauftragten abgeschlossen wird. Diese „Abgrenzungsverträge“ werden für das Forschungszentrum im Aufgabenbereich „Strahlenschutz“ abgeschlossen und verwaltet.

4.2.8.1 Fremdfirmen in Strahlenschutzbereichen des Forschungszentrums

Zum Jahresende 2002 bestanden mit 335 Fremdfirmen gültige Abgrenzungsverträge. Obwohl das Forschungszentrum nicht Adressat der Genehmigungsbescheide nach § 15 StrlSchV_{neu} bzw. § 20 StrlSchV_{alt} ist, folgt das Forschungszentrum der bundesweit üblich gewordenen Praxis, sich diese Genehmigungen der Fremdfirmen vor Abschluss eines Abgrenzungsvertrages vorlegen zu lassen und deren zeitlich begrenzte Gültigkeit regelmäßig zu überprüfen. Dadurch soll, obwohl aktuell noch keine Rechtsverpflichtung besteht, das rechtlich einwandfreie Verhalten der in Strahlenschutzbereichen des Forschungszentrums beschäftigten Fremdfirmen und ein höchstmöglicher Strahlenschutz für deren Mitarbeiter sichergestellt werden.

Die wichtigsten Daten der betroffenen Fremdfirmen, wie Informationen zu Genehmigungen, Vertragsstatus, Zuständigkeiten, Anschriften, Fax- und Telefonverbindung sind online im Intranet des Forschungszentrums Karlsruhe (www.kiss.fzk.de) abrufbar. Durch diesen immer aktuellen Online-Zugriff werden die Strahlenschutzbeauftragten, Strahlenschutzmitarbeiter vor Ort, Einkäufer von Werkvertragsleistungen und Einsatzkräfte für Schadensfälle in ihrer Arbeit mit aktuellen Daten unterstützt.

Entsprechend den Abgrenzungsverträgen wurde 2002 nur noch in den von der Behörde festgelegten Bereichen - HDB, HVT/HZ, HZY, MZFR und KNK -, eine Betreiberdosimetrie durchgeführt. In allen anderen Bereichen war aufgrund des geringen Gefährdungspotentials sowohl für Fremd- als auch Eigenpersonal nur noch die amtliche Dosimetrie erforderlich. Ermittelte nichtamtliche Dosen wurden beim Verlassen des Forschungszentrums in den Strahlenpass des Fremdfirmenmitarbeiters eingetragen. War der Fremdfirmenmitarbeiter in Bereichen ohne Betreiberdosimetrie eingesetzt, so wurde dies an der entsprechenden Stelle des Strahlenpasses vermerkt.

Waren Fremdfirmenmitarbeiter von Zwischenfällen betroffen, die eine Inkorporationsüberwachungsmaßnahme erforderlich machten, wurde ihren jeweiligen Arbeitgebern das Ermittlungsergebnis mitgeteilt. Neben diesen routinemäßigen Mitteilungen an die im Forschungszentrum beschäftigten Fremdfirmen, übernimmt TBG als Kontaktstelle in allen Fragen des Strahlenschutzes auch die aus den Abgrenzungsverträgen resultierenden Informationspflichten des Forschungszentrums gegenüber diesen Fremdfirmen und den jeweils zuständigen Behörden.

4.2.8.2 Personen des Forschungszentrums Karlsruhe in Strahlenschutzbereichen fremder Anlagen oder Einrichtungen

Das Forschungszentrum Karlsruhe verfügt über eine Genehmigung nach § 20 StrlSchV_{alt.} HS/TBG schließt bei Bedarf die erforderlichen Abgrenzungsverträge mit den Betreibern der jeweiligen fremden Anlagen oder Einrichtungen ab, stellt Strahlenpässe aus, aktualisiert sie und dokumentiert die von Fremdinstitutionen übermittelten Daten im Personendosisregister. Von den derzeit zur Strahlenschutzüberwachung angemeldeten Personen besaßen zum Jahresende 2002 112 Personen einen gültigen Strahlenpass.

4.2.8.3 Strahlenpassstelle

Fremdfirmenmitarbeiter, die als beruflich strahlenexponierte Personen Strahlenschutzbereiche des Forschungszentrums Karlsruhe GmbH betreten wollen, müssen sich mit ihrem gültigen, vollständig ausgefüllten Strahlenpass und ihrem amtlichen Dosimeter in der zentralen Strahlenpassstelle des Forschungszentrums anmelden. Sofern die Zugangsvoraussetzungen erfüllt sind (gültige Genehmigung, gültiger Abgrenzungsvertrag, keine Dosisüberschreitungen, erforderliche arbeitsmedizinische Vorsorgeuntersuchungen, gültiger und vollständig ausgefüllter Strahlenpass usw.) werden sie im zentralen EDV-Programm angemeldet. Abhängig vom Einsatzort kann dann zunächst eine Eingang-Inkorporationsmessung im Bodycounter erforderlich sein. Danach erfolgt die Anmeldung beim Strahlenschutz des jeweiligen Bereiches. Die Strahlenpässe verbleiben während des Einsatzes in der Strahlenpassstelle des Forschungszentrums.

Im Jahr 2002 wurden 761 Fremdfirmenmitarbeiter von insgesamt 180 Firmen in der Strahlenpassstelle angemeldet. Während eines Einsatzes konnten diese Personen in mehreren Bereichen des Forschungszentrums tätig sein. Für die 761 Fremdfirmenmitarbeiter wurden insgesamt 1 603 Bereichseinsätze gezählt. Insgesamt 54 Personen verlangten als Sachverständige gemäß § 20 AtG Zutritt zu Kontrollbereichen des Forschungszentrums Karlsruhe.

In der zentralen Strahlenpassstelle wurden 888 Anmeldungen durchgeführt, wovon 136 Mehrfach-Anmeldungen waren. Des Weiteren wurden im Laufe des Jahres 2002 insgesamt 781 Abmeldungen verbucht. Im Berichtszeitraum wurden über 1 500 Strahlenpässe zur Aktualisierung kurzfristig an Fremdfirmen ausgegeben, wobei Strahlenpässe, die mehrfach ausgegeben wurden, auch mehrfach gezählt werden. In sämtliche Strahlenpässe des im Forschungszentrum Karlsruhe tätigen beruflich strahlenexponierten Fremdfirmenpersonals wurden die bei der Tätigkeit ermittelten nichtamtlichen externen Dosen, die durchgeführten Inkorporationsüberwachungsmaßnahmen sowie die daraus resultierenden Dosiswerte eingetragen. Sofern diese Werte beim Verlassen des Forschungszentrums noch nicht vorlagen, wurden sie den Firmen schriftlich nachgereicht.

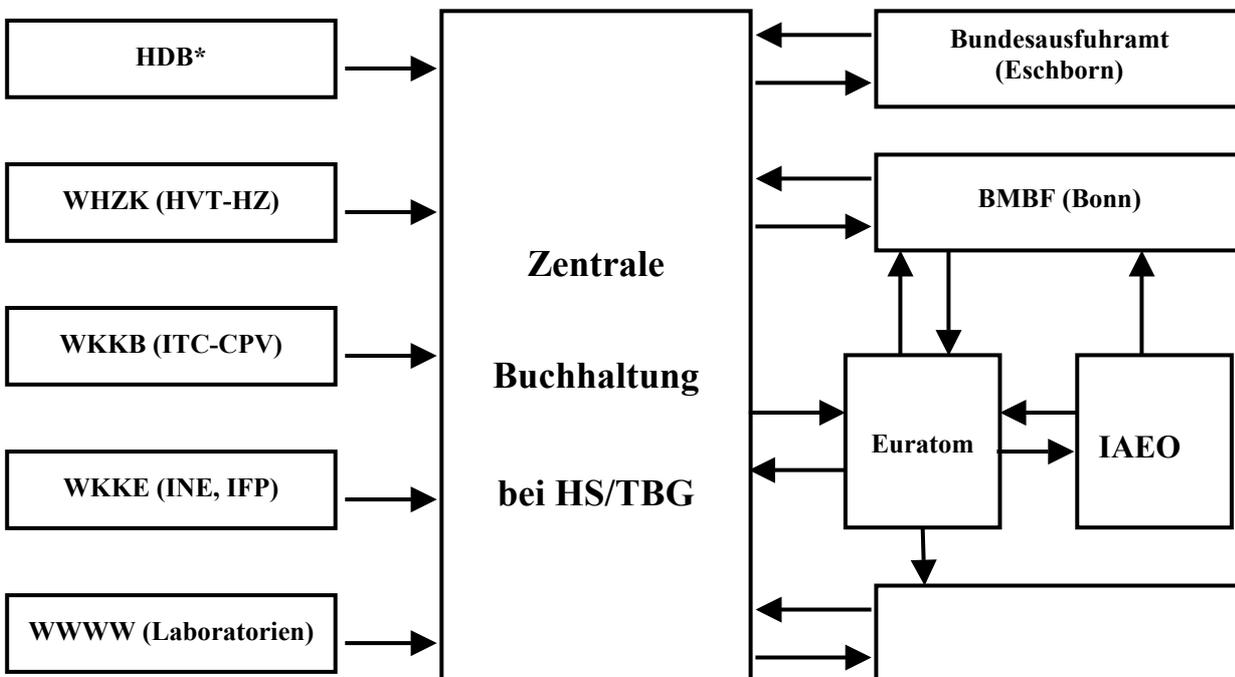
4.3 Bilanzierung radioaktiver Stoffe

W. Burck, A. Zieger

4.3.1 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 Materialbilanz-zonen. 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 Kernmaterialbewegungen innerhalb des Forschungszentrums Karlsruhe erfassen zu können, wurden die in Frage kommenden Betriebsstätten von Euratom in verschiedene Materialbilanz-zonen (MBZ) eingeteilt. Der größere Teil dieser MBZ gilt als abgeschaltet, hier sind keine Bestände an Kernmaterial mehr vorhanden. Am Jahresende 2002 wurden nur noch vier MBZ aktiv genutzt. Weiterhin wird von Euratom die Abgabe von Kernmaterial als Abfall an die Hauptabteilung Dekontaminationsbetriebe kontrolliert und bilanziert. Die Organisationseinheiten des Forschungszentrums melden monatlich alle Bestands- und Chargenänderungen an die zentrale Buchhaltung bei TBG. Hier werden die Meldungen anhand von Lieferscheinen geprüft, verbucht und rechnergestützt erfasst. Auf dieser Grundlage werden dann die monatlichen Bestandsänderungsberichte an die Aufsichtsbehörden erstellt und EDV-gerecht übermittelt. Im Jahr 2002 waren 118 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. 4-1 dargestellt.



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

Abb. 4-1: Materialbilanz-zonen des Forschungszentrums Karlsruhe, Meldeinstanzen und Meldewege zur Kernmaterialüberwachung

4.3.2 Aufsicht durch Euratom

Im Jahr 2002 hat die Direktion Sicherheitsüberwachung von Euratom, Luxemburg, im Forschungszentrum Karlsruhe insgesamt sechs z.T. mehrtägige Inspektionen durchgeführt. Ferner fanden in diesem Zeitraum ebenso viele Buchprüfungen bei HS/TBG statt. Für diese Inspektionen waren die realen Kernmaterialbestände vom jeweiligen Betreiber in enger Zusammenarbeit mit der zentralen Buchhaltung zu erheben.

In sehr vielen Materialbilanzzonen des Forschungszentrums Karlsruhe wurden in den vergangenen Jahren Inspektionen zur Verifikation des Nullbestandes an Kernmaterial durchgeführt. Für diese MBZ konnte die Buchführung und die regelmäßige Berichterstattung eingestellt werden. Allerdings galten sie für Euratom und IAEO nur als abgeschaltet (Status „shut-down“) und wären jederzeit wieder reaktivierbar gewesen.

Aufgrund der Forderungen, die sich aus dem Ausführungsgesetz zum Verifikationsabkommen und zum Zusatzprotokoll (VerifZusAusfG) ableiten lassen, bestand für das Forschungszentrum ein deutliches Interesse, den Bestand an reaktivierbaren oder aktiven MBZ so weit wie möglich zu reduzieren.

Um die bereits abgeschalteten MBZ endgültig in den Zustand „stillgelegt“ (Status „decommissioned“) überführen zu können, wurden in der letzten Woche des Novembers 2002 auf Antrag des Forschungszentrums nochmals Begehungen dieser MBZ durch Euratom und IAEO durchgeführt. Betroffen waren folgende Betriebsbereiche bzw. Anlagen (Bezeichnung der MBZ jeweils in Klammern): MZFR (WMZF), FR2 (WF2K); KNK (WKNK), HIT (WKKT), IRCh (WRCH), INR (WKVS), IK I (WKKF), IKVT (WIKV), FTU (WSUA und WSUR), SUAK (WSUK), IMF III (WKKA), SNEAK (WSNK), STARK (WSRK), IMF I, HZY, IRB, EKS, IRE, IGT und EKM/TAB (alle WCRK). Eine analoge Begehung des ITC-CPV (WKKB) war zu diesem Zeitpunkt bereits im Rahmen einer Jahresinspektion durchgeführt worden.

Ein Bescheid über die Zuerkennung des Status „decommissioned“ wurde für die genannten MBZ bislang noch nicht erteilt. Bereits während der Begehungen wurde klar, dass dies bei den Anlagen MZFR, KNK und FR2, zumindest von Seiten der IAEO, auch auf Vorbehalte stößt. Bei IRCh wurde einvernehmlich festgestellt, dass eine Anerkennung dieses Status' erst nach dem Abbau der Heißen Zelle in Geb. 321a und nach einer erneuten Begehung möglich ist. Bei allen übrigen MBZ wurden keine Zweifel geäußert, dass ihnen der Status „decommissioned“ zuerkannt werden kann.

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

Aufgrund der sich aus der Strahlenschutzverordnung und aus behördlichen Auflagen ergebenden Buchführungs- und Mitteilungspflichten muss das Forschungszentrum im Laufe eines Jahres regelmäßig eine Vielzahl von Berichten und Anzeigen erstellen und den jeweils zuständigen Behörden übersenden. Hauptsächlich muss gemäß § 70 StrlSchV den zuständigen Behörden Gewinnung, Erzeugung, Erwerb, Abgabe und sonstiger Verbleib von radioaktiven Stoffen monatlich, der Bestand an radioaktiven Stoffen mit Halbwertszeiten von mehr als 100 Tagen jährlich mitgeteilt werden. Hierzu sind entsprechende Meldungen der Strahlenschutzbeauftragten der einzelnen Organisationseinheiten an HS/TBG erforderlich, die dann bearbeitet, geprüft und zum Teil rechnergestützt erfasst werden, bevor die zusammenfassenden Mitteilungen an die Behörden versandt werden können. Dazu sind oft Rückfragen sowohl innerbetrieblich als auch bei externen Absendern/Lieferanten erforderlich. Im Berichtsjahr wurden rund 2000 interne und externe Bestandsänderungen bearbeitet, um die in Tab. 4-2 aufgeführten Berichte erstellen zu können.

Art der Berichte	Anzahl der Berichte pro Berichtsempfänger			
	Euratom	Umweltministerium	Gewerbeaufsichtsamt	gesamt
Monatsberichte				
- Erwerb, Erzeugung und Abgabe radioaktiver Stoffe		7	12	19
- Bestände und Bestandsänderungen von Kernmaterial	12			12
- Bestand an Schwerwasser amerikanischen / kanadischen Ursprungs	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 Kernmaterial		1	1	2
- Bestand an Tritium kanadischen Ursprungs		1	1	2
- Eingänge, Abgänge und Bestände von radioaktiven Abfallprodukten		1	1	2
- Bestände und Bestandsänderungen an radioaktivem Abfall	1			1
- Materialbilanzbericht von Kernmaterial nach Inventur	1			1
- Wiederkehrende Prüfungen umschlossener radioaktiver Stoffe		1	1	2
gesamt	42	13	18	73

Tab. 4-2: Umfang der Berichterstattung im Jahr 2002

Bei den umschlossenen radioaktiven Stoffen ist gemäß § 66 StrlSchV in Verbindung mit der „Richtlinie über Dichtheitsprüfungen an umschlossenen radioaktiven Stoffen vom 12.06.1996“ in der Regel jährlich eine Dichtheitsprüfung durchzuführen. Die Wiederholungsprüfungen können entfallen oder in größeren Zeitabständen durchgeführt werden, sofern die entsprechenden Bedingungen aus der o.g. Richtlinie erfüllt sind. Wird hiervon Gebrauch gemacht, so ist der Freistellungsgrund in der Jahresmeldung zu vermerken. Die zur Anfertigung der Jahresmeldung gespeicherten Daten bilden die Grundlage für die Terminüberwachung der Wiederholungsprüfungen an umschlossenen radioaktiven Stoffen. Die Wiederholungsprüfungen selbst werden durch HS/ÜM entsprechend der erteilten Genehmigung durchgeführt. Im Geschäftsjahr 2002 wurden 107 Strahler geprüft, bei diesen Prüfungen wurden keine Undichtigkeiten festgestellt.

4.3.4 Erfassung von Kernmaterialtransporten und Hilfestellung bei Planung und Abwicklung

Zu den Aufgaben von HS/TBG gehört auch die buchmäßige Überwachung von Kernmaterialtransporten und die Hilfestellung bei deren Planung und Abwicklung. Alle externen Transporte des Forschungszentrums Karlsruhe werden bei der Einfahrt in das oder der Ausfahrt aus dem Betriebsgelände der zentralen Buchhaltung bei HS/TBG gemeldet.

Im Jahr 2002 wurden 41 Kernmaterialbewegungen erfasst, davon waren fünf externe Transporte. Den wesentlichen Teil der Kernmaterialbewegungen bildet der innerbetriebliche Transport zwischen einzelnen Organisationseinheiten des Forschungszentrums oder zwischen diesen und Gastinstitutionen auf dem Betriebsgelände.

Grundlage der 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.

4.4 Einsatzleitung und Einsatzplanung

K. Umstadt

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.

4.4.1 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,
- 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.

4.4.2 Statistik und Analyse der EvD-Einsätze

Im Jahr 2002 gingen in der Alarmzentrale des Forschungszentrums eine Vielzahl von Meldungen ein. Hiervon erforderten 175 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. 4-3 zeigt eine Aufschlüsselung der Einsätze.

Jahr	1997	1998	1999	2000	2001	2002
Anzahl der Einsätze	223	225	265	253	213	175
Gesamteinsatzzeit in Stunden *	136	152	189	135	113	75
mittlere Einsatzdauer in Stunden	0,36	0,4	0,42	0,32	0,32	0,25
Anzahl der Einsätze innerhalb Arbeitszeit	77	119	114	133	102	99
Anzahl der Einsätze außerhalb Arbeitszeit	146	106	151	120	111	76
Alarmübungen	7	9	8	9	9	5

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

Tab. 4-3: Einsätze der Einsatzleiter vom Dienst, 1996 bis 2002

Die Ursachen für die EvD-Einsätze sind in Tab. 4-4 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 Raumluftüberwachungsanlagen 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	2001	2002
Feueralarme	134 (davon 119 Fehlalarme)	126 (davon 115 Fehlalarme)
Sonstige Ereignisse	12	7
Gerätestörungen	27	12
Wasserstörungen	19	13
Technische Hilfe	13	15
Sandfangalarme	5 (davon 1 Fehlalarm)	2

Tab. 4-4: 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.

4.4.3 Übungen der Einsatzdienste

Vom Forschungszentrum Karlsruhe werden über 24 Stunden folgende Einsatzdienste vorgehalten:

- Werkfeuerwehr
- Sanitätsdienst
- BTI (Technische Infrastruktur)
- Werkschutz
- EvD

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

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

Im Jahr 2002 wurden 5 Alarmübungen durchgeführt. Übungszwecke waren: Alarmierung, Kommunikation, Zusammenwirken der Einsatzkräfte, Menschenrettung unter schwierigen Bedingungen, Versorgung der Verletzten, Umgang mit Gefahrstoffen, Strahlenschutz- und Messaufgaben. Neben den ständigen Sicherheitsdiensten wurden auch die Einsatztrupps und das Betriebspersonal der betroffenen Institute in die Übungen mit einbezogen.

4.4.4 Meldepflichtige Ereignisse nach Strahlenschutzverordnung

Nach § 51 der am 01.08.2001 in Kraft getretenen neuen Strahlenschutzverordnung ist der Eintritt eines Unfalles, eines Störfalles oder eines sonstigen sicherheitstechnisch bedeutsamen Ereignisses unverzüglich der atomrechtlichen Aufsichtsbehörde anzuzeigen. Die Vorgehensweise zur Unterrichtung der atomrechtlichen Genehmigungs- und Aufsichtsbehörden über Vorkommnisse im Forschungszentrum Karlsruhe sind in einer Melderegelung festgelegt.

Im Jahr 2002 wurde den Aufsichtsbehörden kein sicherheitstechnisch bedeutsames Ereignis der Meldestufe II gemeldet.

10 Vorkommnisse, die von besonderem Interesse für das Ministerium für Umwelt und Verkehr Baden-Württemberg als atomrechtliche Aufsichtsbehörde sein könnten, wurden als sogenannte INFO-Meldungen übermittelt.

4.5 Operationeller Strahlenschutz

H. Dilger

Die Aufgaben des operationellen Strahlenschutzes umfassen die Bereitstellung von Strahlenschutzpersonal einschließlich der Messgeräte zur Durchführung der Arbeitsplatzüberwachung.

Die Gruppen Arbeitsplatzüberwachung, Forschung und Stilllegung 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. Fünf Mitarbeiter der Abteilung nehmen Aufgaben als Strahlenschutzbeauftragte für Teilbereiche im MZFR und in der KNK wahr.

Die Gruppe Dosimetrie betreibt einen Ganzkörper- und verschiedene Teilkörperzähler zum gamma-spektroskopischen Nachweis von Radionukliden im menschlichen Körper. Sie wurde 1997 vom Ministerium für Umwelt und Verkehr Baden-Württemberg Messstelle zur Direktmessung inkorporierter Radionuklide nach § 63 Abs. 6 Strahlenschutzverordnung (alt) bestimmt. 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.

4.5.1 Arbeitsplatzüberwachung

A. Reichert, B. Reinhardt

Bedingt durch die Aufgabenstellung sind die Mitarbeiter der Arbeitsplatzüberwachung dezentral in den einzelnen Institutionen des Forschungszentrums tätig. Nach der räumlichen Lage der zu überwachenden Gebäude gliedern sich die zwei Gruppen in fünf Bereiche (siehe Abb. 4-2 und Tab. 4-5). Im Berichtsjahr wurde die KNK in die Strahlenschutzüberwachung des Forschungszentrums Karlsruhe eingebunden.

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 HVT-HZ und des MZFR und der KNK ein selbstablesbares nicht persönlich zugeordnetes elektronisches Dosimeter. Neben der Personendosis kann mit diesem Dosimetriesystem auch die maximale Dosisleistung und die Aufenthaltszeit pro Begehung ermittelt werden. Weiterhin werden die elektronischen Dosimeter als Alarmdosimeter hinsichtlich Dosisleistung und Dosis verwendet. Die Anzahl der Personen einschließlich Fremdfirmenangehöriger, die strahlenschutzmäßig überwacht werden (Stichmonat Dezember 2002), ist in

Spalte 4 der Tab. 4-5 aufgeführt. Die Gebäude und Anlagen werden routinemäßig durch Oberflächenkontaminations-, Wischproben-, Dosisleistungs- und Raumluftmessungen überwacht. Die Fläche der Überwachungs-, Kontroll- und Sperrbereiche ist in Spalte 5 der Tab. 4-5 angegeben.

Vom Überwachungsbereich werden nur die Bereiche aufgeführt, in denen eine Aktivität oberhalb der Freigrenze gehandhabt wird.

Gruppe	Bereich Überwachte Institutionen	Anzahl der Mitarbeiter der Abteilung Strahlenschutz	Anzahl überwachten Personen	Fläche des überwachten Bereichs in m ²	Anzahl der Arbeitserlaubnisse Strahlenschutz
1	2	3	4	5	6
Arbeitsplatzüberwachung Forschung	Gruppenleiter	1 (1)			
	1. <u>Institute Nord:</u> BTI, HVT-HZ, INE, IRS, IHM, IMF, ITC-CPV	7,5 (7,5)	304 (423)	20800 (20800)	229 (401)
	2. <u>Institute Süd</u> BTI-B, FTU, HS, HVT-TL, HZY, IFIA, IFP, IHM, IK, ITG, PAE	5,5 (6,0)	341 (320)	10300 (10300)	139 (67)
Arbeitsplatzüberwachung Stilllegung	Gruppenleiter	1 (1)			
	3. <u>HDB</u>	14+5 ⁺ (14+5 ⁺)	312 (250)	42500 (42500)	759 (1230)
	4. <u>MZFR</u>	6 (6)	85 (183)	5500 (5500)	450 (324)
	5. <u>KNK</u>	3	174	2100	586

⁺Zweischichtdienst

Tab. 4-5: Anzahl der HS-Mitarbeiter in der Arbeitsplatzüberwachung, strahlenschutzmäßig überwachte Personen (einschließlich Fremdfirmenangehörigen), und Bereichsgröße jeweils Stand Dezember 2002 bzw. Anzahl der Arbeitserlaubnisse im Jahr 2002 (Vorjahreszahlen in Klammern). Der Bereich KNK unterliegt erst seit dem Jahr 2002 der Aufsicht von HS

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 in der HDB, in der KNK, im MZFR und im INE mit Ganzkörpermonitoren mit automatisiertem Messablauf. Die Alarmwerte werden gemäß den vorhandenen Nuklidvektoren gebäudespezifisch nach § 44 StrlSchV festgelegt. Die Alarmwerte sind auf eine Alarmverfehlungswahrscheinlichkeit von 5 % eingestellt.

Die Raumluft in den Kontrollbereichen von Institutionen mit höherem Aktivitätsinventar, das sind die HDB, der MZFR, die KNK und die INE, wird mit einem Netz von stationären Aktivitätssammlern und an Arbeitsplätzen, an denen eventuell mit Freisetzung zu rechnen ist, mit Monitoren überwacht.

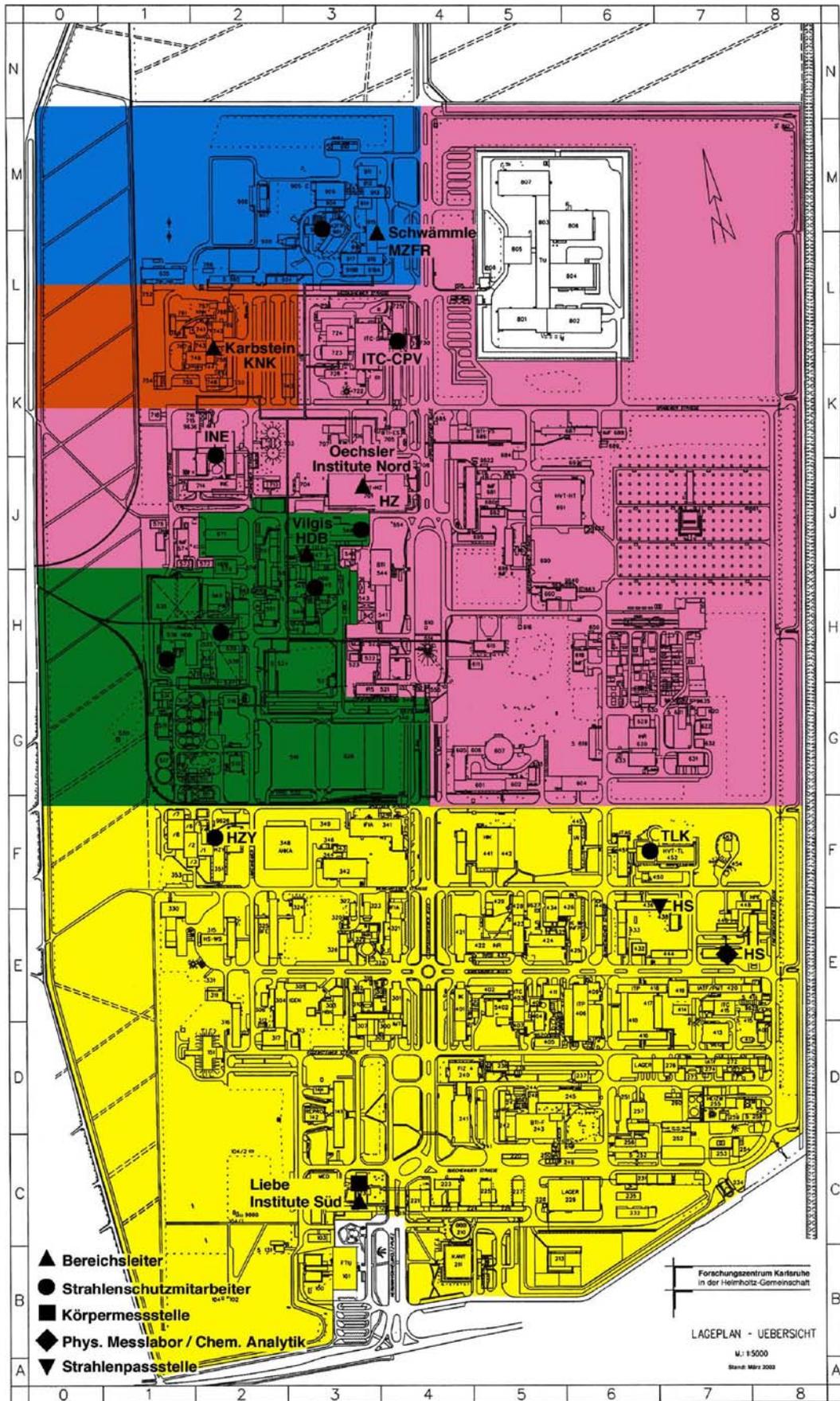


Abb. 4-2: Lageplan des Forschungszentrums Karlsruhe mit Bereichseinteilung

Aus den Dosisgrenzwerten und den Dosiskoeffizienten für beruflich strahlenexponierte Personen der Kategorie A und dem Jahres-Inhalationsvolumen von $2\,400\text{ m}^3$ werden Interventionswerte abgeleitet. So werden in den Anlagen des Forschungszentrums Karlsruhe die Interventionswerte allgemein für α -Aktivitätsgemische auf $0,04\text{ Bq/m}^3$, für β -Aktivitätsgemische auf 40 Bq/m^3 festgelegt. Diese Werte sind abgeleitet aus der alten Strahlenschutzverordnung und werden auf dem seitherigen niedrigen Niveau belassen, obwohl die Dosiskoeffizienten nach der neuen Strahlenschutzverordnung für α -Strahler geringer sind als nach der alten Strahlenschutzverordnung. In Institutionen, in denen mit speziellen Nukliden umgegangen wird, werden die Interventionswerte haus- und nuklid-spezifisch festgelegt. Für I-123 ergibt sich $0,4\text{ kBq/m}^3$ und für HTO 1 MBq/m^3 .

Bei Raumluftaktivitätskonzentrationen oberhalb dieser Interventionswerte dürfen Arbeiten in den Anlagen des Forschungszentrums nur mit den entsprechenden Atemschutzfiltergeräten durchgeführt werden. Oberhalb des 20fachen der abgeleiteten Interventionswerte muss im Falle von aerosolförmigen Raumluftaktivitäten mit Atemschutzisoliergeräten, bei Tritium mit fremdbelüfteten gasdichten Schutzanzügen, oberhalb des 200fachen dieser Werte allgemein mit fremdbelüfteten, gasdichten Schutzanzügen gearbeitet werden.

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 $1,25\text{ Bq}$ für α -Aktivitätsgemische (Leitnuklid Pu-239 löslich) oder von 1250 Bq für β -Aktivitätsgemische (Leitnuklide Sr-90 löslich) überschreiten, werden bei den betroffenen Mitarbeitern Inkorporationsmessungen aus besonderem Grund durchgeführt und eine spezielle Abschätzung der Aktivitätszufuhr vorgenommen.

Die Mitarbeiter der Gruppen Arbeitsplatzüberwachung kontrollieren auf Anforderung des zuständigen Strahlenschutzbeauftragten die Durchführung von Arbeiten mit erhöhtem Kontaminations- oder Strahlenrisiko. Autorisierte Mitarbeiter legen bei der Ausstellung von Arbeitserlaubnissen die Strahlenschutzauflagen fest. Im Jahr 2002 wurden insgesamt ca. 2 160 Vorgänge bearbeitet, eine Aufteilung auf die Bereiche ist der Spalte 6 von Tab. 4-5 zu entnehmen. Weiterhin führen Mitarbeiter die Strahlenschutzkontrolle bei der Ausfuhr von Stoffen 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 2002 wurden insgesamt 198 (Vorjahr 174) formalisierte Vorgänge von der Abteilungsleitung bearbeitet. Diese Zahlen umfassen nicht Vorgänge von Reststoffen, die nach Dekontamination von der HDB direkt abgegeben 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 Strahlenmesstrupp 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 55 Mitarbeiter der Abteilung an Kursen oder Fortbildungsveranstaltungen 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.

4.5.2 Dosimetrie

H. Doerfel

Die Gruppe "Dosimetrie" ist für die personenbezogene Inkorporationsüberwachung durch Direktmessung der Körperaktivität sowie für die betriebliche Inkorporationsüberwachung durch Messung der Aktivitätskonzentration in der Raumluft zuständig. Außerdem beschäftigt sie sich mit der Bereitstellung von biokinetischen und dosimetrischen Modellen zur Interpretation der bei der Inkorporationsüberwachung anfallenden Messdaten und mit der Verbesserung der Messverfahren zur internen Dosimetrie. Im Vordergrund steht hierbei die Direktmessung der Körperaktivität von Aktiniden in Lunge, Leber und Skelett.

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.

4.5.2.1 Personenüberwachung

4.5.2.1.1 Routine- und Sondermessungen

H. Doerfel, G. Cordes, I. Hofmann, U. Mohr, G. Nagel

Die Gruppe Dosimetrie betreibt einen Ganzkörperzähler und verschiedene Teilkörperzähler zum gammaspektroskopischen Nachweis von Radionukliden im menschlichen Körper. Der Ganzkörperzähler besteht aus vier NaI(Tl)-Detektoren, die paarweise oberhalb und unterhalb der zu messenden Person angeordnet sind. Mit dieser Messanordnung können in erster Linie Spalt- und Aktivierungsprodukte mit Photonenenergien zwischen 100 keV und 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 stehen außerdem auch ein kleiner 1"-Phoswich- und ein 1"-NaI(Tl)-Detektor sowie zwei koaxiale HPGe-Detektoren zur Verfügung. Diese Detektoren werden hauptsächlich zur Untersuchung von Schilddrüsen- oder Wunddepositionen eingesetzt.

Die Tab. 4-6 und Tab. 4-7 vermitteln einen Überblick über die im Jahr 2002 mit den Ganz- bzw. Teilkörperzählern durchgeführten Personenmessungen und ihre Verteilung auf die verschiedenen Institutionen. Mit dem Ganzkörperzähler wurden insgesamt 1339 Personen (ohne Referenzpersonen) untersucht. Ein Teil dieser Personen wurde mehrmals untersucht, so dass sich die Gesamtanzahl der Ganzkörpermessungen auf 1868 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 (Institut für Transurane (21 %), Kernkraftwerk-Betriebsgesellschaft (9 %) und Wiederaufarbeitungsanlage Karlsruhe (29 %)) sowie im Auftrag externer Institutionen (5 %).

Institution	Anzahl der überwachten Personen		Anzahl der routinemäßigen Messungen						Anzahl der Inkorporationsmessungen aus besonderem Grund	
			Eingang		Ausgang		wiederkehrende Routine			
		mit Befund		mit Befund		mit Befund		mit Befund		mit Befund
BTI	17	8	10	4	15	4	2	0	0	0
HS	28	14	1	0	2	0	1	0	0	0
HVT	16	4	13	2	5	2	0	0	0	0
HZY	8	4	0	0	5	0	0	0	4	4
IGEN	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
INE	12	2	6	0	9	2	1	0	0	0
INFP	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
INR	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
IMF1	2	1	0	0	1	0	0	0	0	0
ITC-CPV	27	4	17	3	21	2	0	0	2	0
Summe Bereich Forschung	112	38	47	9	59	10	4	0	6	4
HDB	253	78	223	40	226	43	4	0	10	3
KNK	106	59	59	19	77	34	25	2	2	2
MZFR	54	13	44	9	47	8	0	0	1	1
Summe Bereich Stilllegung	413	150	326	62	350	85	29	2	13	6
WAK	472	66	10	1	140	19	388	44	5	0
ITU	290	61	135	17	166	32	97	10	3	1
Fremdauftrag	52	30	0	0	0	0	0	0	1	1
Summe Sonstige	814	157	145	18	306	51	485	54	9	2

Tab. 4-6: Anzahl der Personenmessungen mit dem Ganzkörperzähler im Jahr 2002 (ohne Referenzmessungen und Messungen zur Qualitätssicherung)

Bei etwa 12 % aller untersuchten Personen wurden Cs-137-Inkorporationen nachgewiesen. Bei 158 Personen lag die Cs-137-Körperaktivität über der Erkennungsgrenze für beruflich bedingte Cs-137-Körperaktivitäten, allerdings wurde in vielen dieser Fälle nach Auskunft der Probanden Wildbret oder Pilze verzehrt, so dass auch hier zumeist von keiner beruflich bedingten Inkorporation auszugehen war. Bei 48 Personen wurden Inkorporationen von Co-60 (69 Messungen), Co-58 (2 Messungen), F-18 (4 Messungen) und Tc-99m (2 Messungen) nachgewiesen. In der Mehrzahl der Fälle handelt es sich um länger zurückliegende Aktivitätszufuhren, die bereits bei früheren Messungen festgestellt wurden.

Institution	Anzahl der überwachten Personen	Anzahl der routinemäßigen Messungen			Anzahl der Inkorporationsmessungen aus besonderem Grund
		Eingang	Ausgang	wiederkehrende Routine	
ITC-CPV	1	0	0	0	1
BTI	2	1	0	1	0
HVT-HZ	0	0	1	0	0
Summe Bereich Forschung	3	1	1	1	1
HDB	11	1	0	0	9
MZFR	1	0	0	0	1
Summe Bereich Stilllegung	12	1	0	0	10
WAK	4	0	0	0	4
ITU	119	83	66	9	3
Fremdauftrag	5	0	0	0	5
Summe Sonstige	128	83	66	9	12

Tab. 4-7: Anzahl der Personenmessungen mit den Teilkörperzählern im Jahr 2002 (ohne Messungen zur Qualitätssicherung)

Bei den Messungen aus besonderem Grund wurden mit dem Ganzkörperzähler in vier Fällen Cs-137, in vier Fällen Co-60 und in vier Fällen F-18 nachgewiesen. In fünf Fällen handelt es sich um zwischenfallsbedingte Inkorporationen. Eine der nachgewiesenen Cs-137- und eine der Co-60-Inkorporationen waren bereits bei vorhergehenden Messungen festgestellt worden und demzufolge nicht auf Zufuhren während des Überwachungszeitraums zurückzuführen. Alle festgestellten Aktivitäten lagen unter der Interpretationsschwelle nach der „Richtlinie für die physikalische Strahlenschutzkontrolle“.

Mit dem Teilkörperzähler wurden insgesamt 143 Personen untersucht. Ein Teil dieser Personen wurde mehrmals untersucht, so dass sich die Gesamtanzahl der Messungen auf 187 beläuft. Die Messungen wurden für verschiedene Institutionen des Forschungszentrums (8 %), die Wiederaufarbeitungsanlage Karlsruhe (2 %), das Institut für Transurane (86 %) sowie im Fremdauftrag für andere Firmen bzw. Institutionen (3 %) durchgeführt. Bei etwa 12 % der Teilkörpermessungen han-

delte es sich um Untersuchungen aus besonderem Grund. Neben den genannten Überwachungsmessungen wurden regelmäßige Messungen zur Ermittlung der Cs-137-Körperaktivität der Karlsruher Referenzgruppe vorgenommen (vgl. Kap. 4.5.2.1.2).

Zur Qualitätssicherung wurden zahlreiche Kalibriermessungen, Referenzmessungen sowie Nulleffektmessungen durchgeführt. Mit Ausnahme der täglich erfolgenden Energiekalibrierungen sind alle Messungen in Tab. 4-8 aufgelistet. Die Gesamtanzahl aller im Jahr 2002 durchgeführten Messungen beläuft sich auf 2320.

Messung	Ganzkörperzähler	Teilkörperzähler	
		8"-Phoswich	HPGe-Sandwich
Eingang	518	85	0
Ausgang	715	67	0
Routine	518	10	0
Besond. Grund	28	2	0
Fremdauftrag	89	3	2
Referenz	172	1	0
Nulleffekt	53	49	0
Materialproben	5	0	3
Summe	2098	217	5

Tab. 4-8: Anzahl aller Messungen mit Ganz- und Teilkörperzählern im Jahr 2002 (ohne tägliche Funktionskontrollmessungen)

4.5.2.1.2 Cs-137-Referenzmessungen

H. Doerfel, G. Cordes, I. Hofmann, U. Mohr, G. Nagel

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. 4-3 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.

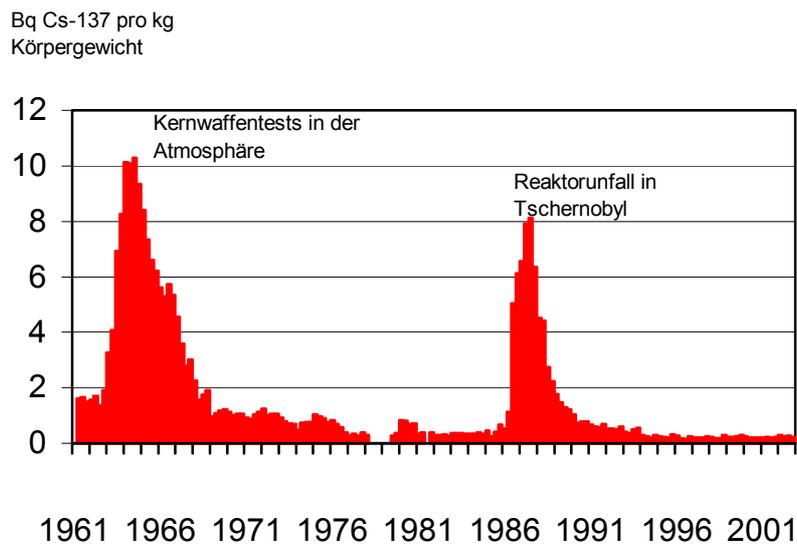


Abb. 4-3: Quartalsmittelwerte der spezifischen Cs-137-Körperaktivität der Karlsruher Referenzgruppe seit 1961

Die Tab. 4-9 zeigt die Monatsmittelwerte der spezifischen Cs-137-Körperaktivität für das Jahr 2002. In den Jahren nach dem Unfall von Tschernobyl konnten die Messergebnisse der Referenzgruppe sehr gut als logarithmische Normalverteilungen interpretiert werden. Aus diesem Grund wurden die Messwerte bis zum Jahr 2000 geometrisch gemittelt. In den letzten Jahren näherten sich die Messwerte allerdings wieder an arithmetische Normalverteilungen an, so dass in diesem Jahr arithmetische Mittelwerte der spezifischen Cs-137-Körperaktivität angegeben werden können. Der auf diese Weise für 2002 gewonnene Jahresmittelwert von 0,26 Bq/kg liegt geringfügig über dem Vorjahreswert von 0,22 Bq/kg.

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. Dies wird durch Tab. 4-9 verdeutlicht. Im Einzelfall lässt sich diese Aussage jedoch nicht immer verifizieren, da auch noch andere Faktoren den Cs-137-Gehalt beeinflussen, wie z.B. Muskel/Fett-Verhältnis, 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.

Die arithmetischen Mittelwerte der absoluten Cs-137-Körperaktivität betragen 24,1 Bq bei den Männern bzw. 13,8 Bq bei den Frauen. Die mittlere arithmetische Standardabweichung beträgt 11,1 Bq bei den Männern bzw. 7,7 Bq bei den Frauen. Folglich liegt die zivilisatorisch bedingte Cs-137-Körperaktivität bei den Männern in 95 % der Fälle unter 42 Bq, während sie bei den Frauen in 95% der Fälle unter 26 Bq liegt. Demnach können in Anlehnung an DIN 25482 die Werte von 42 Bq (Männer) bzw. 26 Bq (Frauen) als Erkennungsgrenzen einer berufsbedingten Cs-137-Körperaktivität angesehen werden. Diese Erkennungsgrenzen werden bei der Interpretation der Messungen im Rahmen der Personenüberwachung (Kap. 4.5.2.1.1) zugrundegelegt.

Monat	Spezifische Cs-137-Körperaktivität in Bq pro kg Körpergewicht		
	Frauen	Männer	Gesamt
Januar	0,29	0,31	0,30
Februar	0,20	0,41	0,31
März	0,24	0,30	0,27
April	0,23	0,38	0,31
Mai	0,22	0,35	0,29
Juni	0,15	0,21	0,18
Juli	0,22	0,27	0,25
August	0,22	0,31	0,27
September	0,34	0,27	0,31
Oktober	0,17	0,20	0,19
November	0,18	0,39	0,29
Dezember	0,17	0,27	0,22
Arithmetischer Mittelwert im Jahr 2002	0,22 ± 0,05	0,31 ± 0,06	0,26 ± 0,04

Tab. 4-9: Monatsmittelwerte der spezifischen Cs-137-Körperaktivität der Karlsruher Referenzgruppe im Jahr 2002

4.5.2.2 Risiken der Spätfolgen nach der Aufnahme von ²²⁶Ra in Beagle Hunden.

E. Polig

Die Aufnahme von Radium aus therapeutischen Gründen oder bei der industriellen Anwendung (Ziffernblatt-Maler) hat zu nachweisbaren Spätfolgen, insbesondere Skelettumoren, geführt. Die Folgen der internen Bestrahlung beruhen hauptsächlich auf der Alpha-Strahlung der Nuklide ²²⁴Ra, ²²⁶Ra und ²²⁸Ra oder ihrer Tochterprodukte.

Im Rahmen der vor Jahrzehnten begonnenen umfangreichen Untersuchungen von Aktiniden in Beagle Hunden wurden deshalb auch die genannten Radiumisotope in die Versuchsprogramme aufgenommen. Dies hatte hauptsächlich zwei Gründe. Zum einen konnte an einem Versuchstier unter kontrollierten Bedingungen der Metabolismus und die Spätfolgen genau untersucht und mit den fragmentarischen und unsystematischen Ergebnissen beim Menschen verglichen werden. Zum andern kann Radium mit seiner bekannten Toxizität beim Menschen als Referenznuclid zur Bestimmung der unbekanntenen Toxizität der Aktinide benützt werden. Letztere sind ebenfalls Alpha-Strahler. Die Idee dabei ist, bei einer Tierspezies (Beagle) das Toxizitätsverhältnis Aktinid/Radium zu bestimmen und dieses dann zusammen mit dem quantifizierten absoluten Risiko von Radium auf den Menschen anzuwenden. Die hier beschriebenen Arbeiten sind ein Teil der Bemühungen, dieses Ziel zu erreichen.

In dieser Studie wurden 117 Beagles in 8 Gruppen mit 0.27 – 384.2 kBq ²²⁶Ra/kg Körpergewicht injiziert. 132 Tiere dienen als Kontrollgruppe die keine Injektionen erhielt.

Die Überlebensdauer aller Beagles wurde mit Hilfe der Produkt-Limit (Kaplan-Meier) Methode analysiert. Diese Methode berücksichtigt konkurrierende Effekte, die zum Tod oder Verlust eines

Individuums führen können (Zensierung). Das Ergebnis ist die Überlebenswahrscheinlichkeit $S(t)$ als Funktion der Zeit für einen betrachteten Effekt (hier Skeletttumore) unabhängig von der Auswirkung anderer Todesursachen.

Die Überlebenswahrscheinlichkeit wird oft in der Form

$$S(t) = e^{-H(t)} \quad (1)$$

ausgedrückt, wobei $H(t)$ die Hazard-Funktion ist. Bei den Kontrolltieren zeigt sich, dass $H(t)$ einer Weibull-Verteilung entspricht:

$$H(t) = \lambda_{call} t^\gamma \quad (\lambda_{call} = 6.49 \cdot 10^{-24}, \gamma = 6.3) \quad (2)$$

Diese Beziehung beschreibt also die Überlebenswahrscheinlichkeit im Hinblick auf alle natürlichen Todesarten.

Die Überlebenswahrscheinlichkeiten $S(t)$ für die Injektionsgruppen sind ebenfalls nach Weibull verteilt. Ihr Formfaktor (γ) ist identisch mit dem Faktor der Kontrollgruppe. Der Skalierungsfaktor (λ_{all}) hängt von der injizierten Aktivität (A) ab, $\lambda_{all} = \lambda_{all}(A)$. Eine Regressionsberechnung ergibt die empirische Beziehung:

$$\begin{aligned} \lambda_{all}(A) &= \lambda_{call} + aA^b + cA^d \\ a &= 1.42 \cdot 10^{-25}; \quad b = 2.16 \\ c &= 1.06 \cdot 10^{-24}; \quad d = 1.07 \end{aligned} \quad (3)$$

Diese Gleichung beschreibt also zusammen mit (1) und (2) die gemeinsame Überlebenswahrscheinlichkeit für alle natürlichen und strahleninduzierten Todesarten.

Eine getrennte Auswertung der Skeletttumore ergibt, dass wiederum alle Formfaktoren den Wert 6.3 haben und nur die Skalierungsfaktoren (λ_{bt}) von der injizierten Aktivität abhängen:

$$\lambda_{bt} = \lambda_{cbt} + aA^b \quad (\lambda_{cbt} = 5.41 \cdot 10^{-26}) \quad (4)$$

Die Größe λ_{cbt} entspricht der sehr geringen Wahrscheinlichkeit von Skeletttumoren bei unbestrahlten Tieren. Die Beagles wurden hauptsächlich wegen dieser geringen Wahrscheinlichkeit als Versuchstiere gewählt. Ein Vergleich von (4) mit (3) zeigt, dass der Term cA^d also allen strahleninduzierten Todesursachen außer Skeletttumoren entspricht.

Dieses empirische Modell erlaubt es, eine Reihe von Voraussagen zu machen, die mit den Beobachtungen verglichen werden können. Das gilt z. B. für den Bruchteil der Individuen, die an Skeletttumoren sterben, für die mittlere Überlebenszeit als Funktion der injizierten Aktivität usw. Insbesondere ist es möglich, eine plausible Extrapolation zu sehr kleinen Aktivitäten (A) durchzuführen, wo aus statistischen Gründen keine experimentellen oder epidemiologischen Daten zur Verfügung stehen.

Der Anteil der Individuen mit Skeletttumoren (f_{bt}) kann z. B. mit

$$f_{bt}(A) = \frac{\lambda_{cbt} + aA^b}{\lambda_{call} + aA^b + cA^d} \quad (5)$$

berechnet werden. Dieser Ausdruck beschreibt sehr gut die beobachteten Fraktionen bei den experimentellen Injektionsgruppen. Für die Gruppe mit der niedrigsten Aktivität (0.27 kBq/kg) ergibt sich eine Tumorstärke von 0.93 %. Beobachtet wurden in dieser Gruppe von 10 Tieren keine Skeletttumore. Um diese geringe Wahrscheinlichkeit mit einem Fehler von 50% experimentell zu bestimmen, wären ca. 430 Versuchstiere nötig gewesen (bei 10%- 10800 Tiere).

Der Ausdruck (5) ist nicht linear in A, im Gegensatz zu der sonst üblichen linearen Extrapolation von hohen Aktivitäten. Für sehr kleine A hat er die Form

$$f_{bt}(A) = c_1 + c_2 A^b \quad (6)$$

wobei $b = 2.16$. Eine lineare Extrapolation wird also in der Regel das Risiko sehr kleiner Aktivitätsmengen überschätzen. Weiterhin ist zu beachten, dass der Risikofaktor

$$\text{Risikofaktor} = \frac{df_{bt}}{dA} = c_2 b A^{b-1} \quad (7)$$

d. h. der Effekt pro Aktivitätseinheit bei der nicht-linearen Extrapolation von der Aktivität abhängt und mit abnehmendem A gegen null geht. Es ist demnach nicht zulässig, einen konstanten Risikofaktor anzunehmen.

Das dargestellte einfache empirische Model zur Beschreibung der Spätfolgen nach ^{226}Ra – Aufnahme wurde für den Fall einer Injektion des Radionuklids abgeleitet. Es kann jedoch für eine beliebige Art der Aufnahme verallgemeinert werden, wenn man die Gl. 4 umschreibt und dabei berücksichtigt, dass die mittlere Dosisleistung \dot{D} im Skelett annähernd konstant und proportional der injizierten Aktivität ist. Die kumulative Dosis bis zur Zeit t ist dann $D = \dot{D}t$ und man erhält als Hazard-Funktion der Skeletttumore:

$$H_{bt}(\dot{D}, D) = \alpha \dot{D}^\beta D^\gamma \quad (8)$$

$$\alpha = 2.88 \cdot 10^{-18}; \beta = -4.43$$

Die Verallgemeinerung besteht nun in dem Postulat, dass (8) immer gelten soll, egal auf welche Art die Radioaktivität in den Körper eintritt und wie die Aufnahme über die Zeitskala verteilt ist. \dot{D} soll dann die mittlere Dosisleistung im Skelett bis zur akkumulierten Dosis D sein, d. h. $D = \dot{D} / t$. Damit kann \dot{D} in (8) eliminiert werden und man erhält:

$$H_{bt}(t, D) = 2.88 \cdot 10^{-18} t^{4.43} D^{1.87} \quad (9)$$

Das Risiko von Skeletttumoren ist also nicht nur einfach von der Dosis abhängig, sondern auch von der Zeit t seit Beginn der Aufnahme. Das explizite Auftreten von t ist ein Konsequenz aus der Tatsache, dass das Tumorrisiko stark von der Dosisleistung abhängt (inverser Dosisleistungs-Effekt), wie man aus (8) ersehen kann.

Im Prinzip lässt sich diese Art der Analyse auch für die epidemiologischen Daten des Menschen durchführen. Dort hat man bei 2357 Personen mit gemessener Körperaktivität von $^{226}\text{Ra}/^{228}\text{Ra}$ 62 Personen mit Skeletttumoren festgestellt. Die natürliche Häufigkeit würde weniger als zwei Personen mit Skeletttumoren entsprechen. Unter der Annahme dass die obigen Gesetzmäßigkeiten auch für den Menschen gelten, ergeben sich also folgende Schlussfolgerungen:

- Dosis-Effekt Beziehungen für Skeletttumore sind nicht linear bezüglich der aufgenommenen Aktivität oder der Strahlendosis im Skelett.
- Dosis-Effekt Beziehungen enthalten neben der Dosis explizit die Zeit. Dies ist eine Folge des inversen Dosisleistungs-Effekts.
- Risikofaktoren sind nicht konstant sondern gehen für abnehmende Aktivitätsmengen gegen null.
- Die lineare Extrapolation zu kleinen Aktivitäten überschätzt das tatsächliche Risiko.

Die meisten dieser Folgerungen widersprechen den z. Zt. üblichen Grundannahmen bei der Interpretation epidemiologischer Daten zur Radiotoxizität im Menschen.

4.5.3 Untersuchungen zur Tritiumrückhaltung in Atemschutzfiltern

F. Aßmann, M. Pimpl, H. Dilger

Beim Rückbau von kerntechnischen Anlagen kommt es zur Freisetzung von Tritium in die Raumluft. Dabei kann davon ausgegangen werden, dass das freigesetzte Tritium ausschließlich in gasförmiger Form als HTO vorliegt und im Wasserdampfanteil der Luft gebunden ist. Zum Schutz vor Inkorporationen werden meist persönliche Schutzausrüstungen mit Fremdbelüftung verwendet, wobei die Atemluft über einen separaten Druckluftschlauch oder aus einem Druckbehälter zugeführt wird. Der Einsatz dieser Schutzausrüstung ist aber durch das Gewicht und insbesondere durch räumliche Gegebenheiten begrenzt, da die Bewegungsfähigkeit doch sehr stark eingeschränkt ist. Die Arbeitsbedingungen könnten bedeutend verbessert werden durch den Einsatz von leichtem Atemschutzgerät in Form von Vollmasken, wenn ein geeignetes Filter zur Tritiumrückhaltung zur Verfügung stünde.

Die Rückhaltung von Wasserdampfanteilen der Luft und des darin enthaltenen HTO an verschiedenen kommerziell erhältlichen, aktivkohlehaltigen Atemschutzfiltern wurde untersucht. Die Auswahl beschränkte sich auf die in Tab. 4-10 aufgelisteten Kombinationsfilter, die im Forschungszentrum Karlsruhe für die verschiedenen Einsatzszenarien verwendet und vorgehalten werden. Ziel der Untersuchung war dabei in erster Linie die Bestimmung der exakten Rückhaltezeiten für HTO unter vorgegebenen, reproduzierbaren Bedingungen. Darüber hinaus sollten aber auch die Ursachen bzw. Effekte herausgefunden werden, die für die Tritiumrückhaltung verantwortlich sind.

Die zur Untersuchung der Tritium- bzw. Wasserrückhaltung in Atemschutzfiltern verwendete Prüfeinrichtung ist in Abb. 4-4 schematisch dargestellt. Sie besteht im Prinzip aus drei Einheiten:

- Wasser- Dosiersystem mit geregelter Verdampfung (Flüssigkeits-Dosiersystem mit geregelter Verdampfung -„CEM“: Controlled Evaporater Mixer der Firma Brockhorst High-Tech B.V.),
- Vorrichtung zur Temperaturstabilisierung, Feuchtemessung und Einrichtung zur Aufnahme der zu prüfenden Filter,
- dem Filter nachgeschalteten Molekularsiebpatronen zur Abscheidung von Luftfeuchte und HTO, sofern diese nicht im Filter zurückgehalten werden.

Filterbezeichnung	Hauptanwendungsbereich
650ST B2-P3 (Dräger)	Anorganische Gase und Dämpfe, Partikel
620ST A2B2E2K2Hg-P3(Dräger)	Organische und anorganische Gase und Dämpfe, saure Gase, Ammoniak, Quecksilber, Partikel
89 Reaktor St (A2P3) (Auer)	Organische Dämpfe, Partikel
K 89/St (Auer)	Ammoniak, Partikel

Tab. 4-10: Für die Untersuchungen verwendete Filter und ihre Anwendungsbereiche

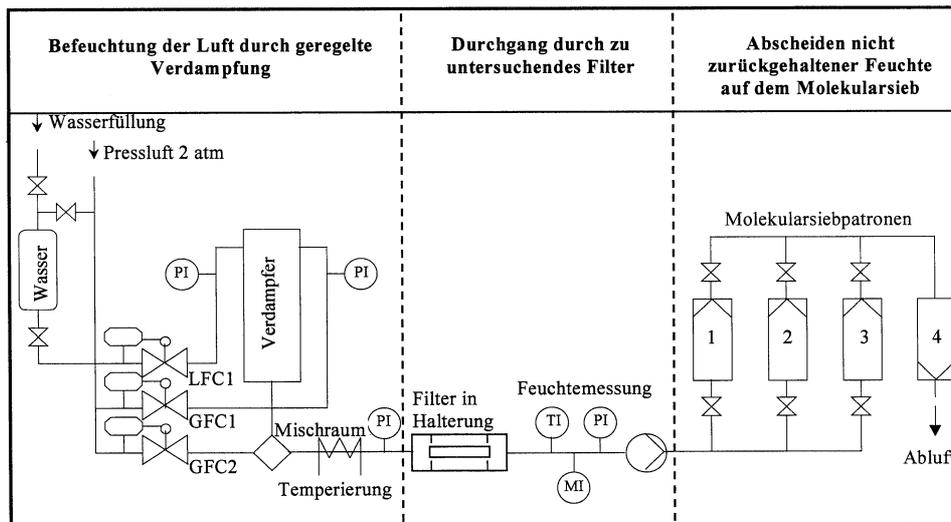


Abb. 4-4: Schema der Apparatur zur Filteruntersuchung

Die zu untersuchenden Filter wurden mit Luft einer definierten Feuchte und bekanntem HTO-Gehalt beaufschlagt. Der Luftdurchsatz wurde auf 2 m³/h festgelegt, was der durchschnittlichen Atemrate eines Erwachsenen bei schwerer körperlicher Arbeit entspricht. Die nicht im Filter abgeschiedene Feuchte und das darin enthaltene HTO wurden auf einer nachgeschalteten Molekularsiebpatrone gesammelt. Die Messung der auf dem Molekularsieb nach Filterdurchtritt adsorbierten Wassermenge erfolgt gravimetrisch. Die Menge des wassergebundenen Tritiums auf dem Molekularsieb wird nach Austausch mit tritiumfreiem Wasser mit Hilfe einer Flüssigszintillationsmessung bestimmt. Aus der Differenz der Wasserbeladung der das Filter anströmenden Luft bzw. dem Tritiumgehalt in dieser Luft und der auf dem Molekularsieb adsorbierten Wasser- bzw. Tritiummenge ergibt sich der auf dem Filter zurückgehaltene Anteil.

Zunächst wurde die Wasseraufnahmekapazität der Filter ermittelt. Je nach Anwendungsbereich weisen die einzelnen Filter im fabrikneuen Zustand einen unterschiedlich hohen Wassergehalt auf, der durch Trocknen der Filter durch Wasseraustreiben mit trockener Luft ermittelt wurde. Die getrockneten Filter wurden dann wieder mit befeuchteter Luft bis zur Überschreitung der Aufnahmekapazität beaufschlagt. Es zeigte sich, dass die Wasseraufnahme nach Trocknung einigermaßen reversibel verläuft. Aufgrund ihres Wassergehaltes können die Filter ABEK und K89/St im Folgenden als „feuchte“ Filter und die Filter B2P3 und Reaktor als „trockene“ Filter bezeichnet werden.

Für die Bestimmung des Tritiumrückhaltevermögens ist in erster Linie der zeitliche Faktor der Beladefähigkeit, die sogenannte „Durchbruchzeit“ des Tritiums, von Interesse. Die „Durchbruch“- oder „Haltezeit“ ist die Zeit, die bis zum Durchtritt von Tritium durch das Filterbett vergeht. Die Beurteilung des Tritiumrückhaltevermögens erfolgte anhand von Durchbruchkurven, die in Abhängigkeit vom Wassergehalt des zu untersuchenden Filters und vom Feuchtegrad der die Filter durchströmenden Luft ermittelt wurden. Abb. 4-5 zeigt die Ergebnisse des Tritiumrückhalteversuchs der einzelnen Filtertypen. Die Haltezeit der Filter in Bezug auf die Tritiumrückhaltung ist bei den „trockenen“ Filtern B2P3 und Reaktor gering. Nennenswerte Rückhaltezeiten zwischen 40 und 70 Minuten sind bei den „feuchten“ Filtern K89/St und ABEK zu beobachten.

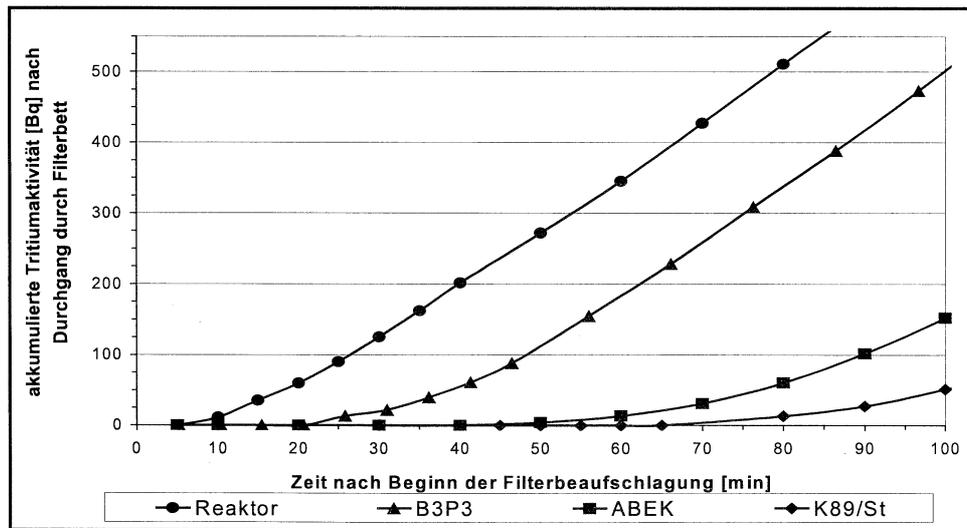


Abb. 4-5: Durchbruch des wassergebundenen Tritiums (Filter unbehandelt, rel. Feuchte 50%)

Die Tatsache, dass der Tritium-Durchbruch umso mehr verzögert wird je höher der Wassergehalt des Filters ist, lässt die Schlussfolgerung zu, dass der Tritiumrückhalteeffekt im Wesentlichen auf den Mechanismus der Ad- und Desorption von Wassermolekülen an der Oberfläche der wassergesättigten Aktivkohle zurückzuführen ist. Der Durchbruch des wassergebundenen Tritiums wird also verzögert, indem ein Austausch der HTO-Moleküle mit den auf der Aktivkohle gebundenen Wassermolekülen erfolgt. Der Effekt der Wasserdampfadsorption auf der Aktivkohle ist nur für die vollständige Belegung der Oberfläche von Bedeutung, spielt jedoch anschließend bei der Tritiumrückhaltung keine Rolle. Dieser Zusammenhang wurde durch weitere Versuche bestätigt. So erfolgten vergleichende Untersuchungen an unbehandelten, trockenen und gesättigten Filtern eines jeweilig zu testenden Filtertyps. Tab. 4-11 gibt einen Überblick über die Haltezeiten der Atemschutzfilter in Abhängigkeit von ihrer Wassersättigung. Dabei erfolgt ein Vergleich zwischen „wassergesättigten“ und „trockenen“ Filtern, unabhängig davon, ob sie im unbehandelten Zustand als diese bezeichnet werden können oder ob sie einer Austrocknung oder Wasserbeladung unterzogen wurden. Die Ergebnisse zeigen deutlich, dass „wassergesättigte“ Filter in Vergleich zu „trockenen“ eine weitaus größere Rückhaltezeit besitzen, die wiederum von der Wassermenge auf dem gesättigten Filter beeinflusst wird.

Filterzustand	Reaktor	B2P3	ABEK	K89/St
„wassergesättigtes“ Filter	15 min	20 min	40 min	70 min
„trockenes“ Filter	5 min	10 min	30 min	30 min

Tab. 4-11: Durchbruchzeiten der Filter in Abhängigkeit von ihrer Wasserbeladung

Die Durchbruchskurven in Abhängigkeit von verschiedenen relativen Luftfeuchten sind beispielhaft für den K89/St-Filter in Abb. 4-6 dargestellt. Tab. 4-12 gibt einen Überblick über die erreichten Haltezeiten der „feuchten“ Filter. Die Versuche erfolgten an unbehandelten Filtern, die relativen Luftfeuchten variierten zwischen 50% und 90%. Die Ergebnisse zeigen deutlich, dass sowohl bei dem ABEK- als auch bei dem K89/St-Filter die Rückhaltezeiten bei einer Erhöhung der relativen Feuchte von 50% auf 90% um 10 bis 30 Minuten verkürzt werden. Bei extrem hohen relativen Luft-

feuchten von über 90% ist davon auszugehen, dass die Haltezeiten der Filter entsprechend noch weiter sinken werden.

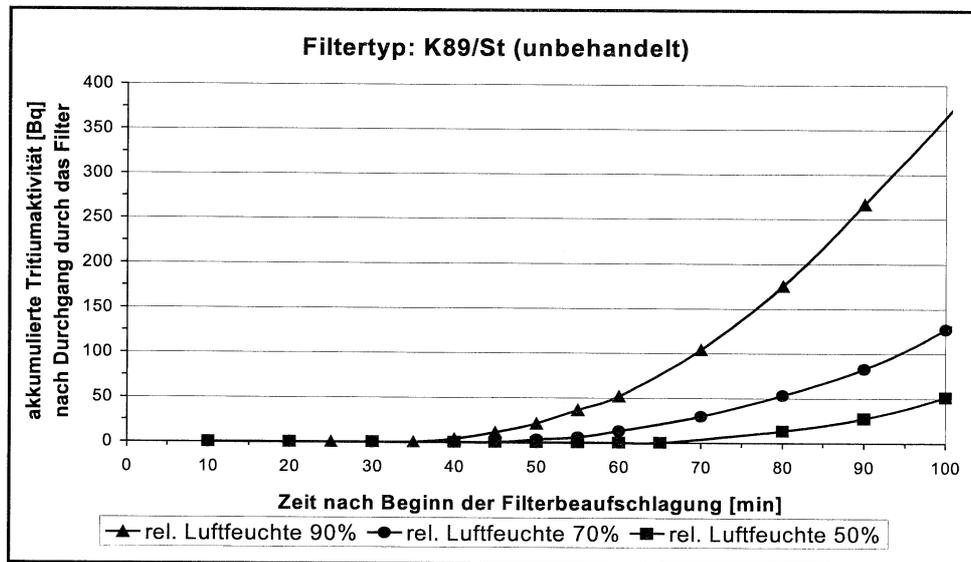


Abb. 4-6: Durchbruch des wassergebundenen Tritiums

Wie die Versuchsergebnisse zeigen, erfolgt eine nennenswerte Tritiumrückhaltung nur in „feuchten“ Aktivkohlefiltern, K89/St- und ABEK-Filter. Dies ist auf die hohen Wassergehalte dieser Filter von etwa 10 - 25 % (bezogen auf das Gewicht der im Filter enthaltenen Aktivkohle) zurückzuführen. Die unter den beschriebenen Bedingungen ermittelten Haltezeiten von maximal 70 Minuten (K89/St bei 50 % relativer Luftfeuchte) sind für einen Einsatz der aktivkohlehaltigen Atemschutzfilter als Schutz vor Tritiuminhalation durchaus akzeptabel. Bei der Bewertung dieser Ergebnisse muss aber berücksichtigt werden, dass die Durchbruchzeiten eine starke Abhängigkeit von der Luftfeuchte zeigen. Sichere Aussagen können nur getroffen werden, wenn die Bedingungen beim Einsatz der Filter in Bezug auf Temperatur und Feuchtgrad der Luft bekannt sind. So geht die Rückhaltezeit des ABEK- Filters bei einer relativen Feuchte von 90 % auf 25 Minuten zurück, was die Einsatzfähigkeit sehr einschränkt, während mit dem K89/St- Filter noch Kurzeinsätze bis circa 40 Minuten möglich sind.

Relative Luftfeuchte unter Normalbedingungen in %	K89/St	ABEK
50	70 min	40 min
70	50 min	40 min
90	40 min	25 min

Tab. 4-12: Haltezeiten der Filter in Abhängigkeit von verschiedenen Luftfeuchten

4.5.4 Die Umsetzung des § 44 der Strahlenschutzverordnung in einer Anlage mit verschiedenen Umgangsgenehmigungen

A. Reichert, H. Dilger

Die Novelle der Strahlenschutzverordnung vom 20.07.2001 legt erstmalig im Deutschen Strahlenschutzrecht nuklidspezifische massen- und oberflächenbezogene Grenzwerte für das Herausbringen von beweglichen Gegenständen aus Kontrollbereichen, in denen offene radioaktive Stoffe vorhanden sind, fest. Insbesondere ist neu, dass nicht wie in früheren Verordnungen für einzelne Radionuklidgruppen separate oberflächenbezogene Grenzwerte einzuhalten sind, sondern dass alle Radionuklide insgesamt in der Summe zu bewerten sind. Damit gewinnt die Feststellung der Häufigkeitsverteilung der Radionuklide (Nuklidvektor) eine entscheidende Bedeutung. Im Forschungszentrum Karlsruhe befinden sich ca. 30 verschiedene Institutionen mit unterschiedlichen Genehmigungen nach dem Atomgesetz oder der Strahlenschutzverordnung. Aus diesem Grund sind die Nuklidvektoren grundsätzlich unterschiedlich und damit ebenso die rechnerisch möglichen Grenzwerte zum Herausbringen der beweglichen Gegenstände. Da im Forschungszentrum Karlsruhe eine weitgehend uneingeschränkte Handhabung dieser Gegenstände nach dem Entfernen aus dem Kontrollbereich möglich sein sollte, wurde versucht, einheitliche Grenzwerte für Oberflächenaktivitäten einzuführen. In der vorliegenden Arbeit werden Verfahren zur Ableitung solcher Grenzwerte beschrieben.

Nach den Ausführungen des § 44 Abs. (3) StrlSchV ist zu prüfen, ob die beweglichen Gegenstände kontaminiert sind. Ein Herausbringen ist nicht erlaubt, wenn die Werte der Anlage III Tabelle 1 Spalte 4 oder 5 überschritten sind. In den meisten Fällen sind die Gegenstände im Forschungszentrum Karlsruhe durch die in den Anlagen vorhandene offenen radioaktiven Stoffe nicht festhaftend kontaminiert. Da bei der Vielzahl der Vorgänge nicht bei jedem aus dem Kontrollbereich herauszubringenden Gegenstand die Nuklidverteilung bestimmt werden kann, werden in den einzelnen Anlagen an repräsentativen Positionen Wischproben entnommen.

In den Anlagen mit Beschleunigern können die herauszubringenden Gegenstände abhängig von den Bestrahlungsbedingungen unterschiedlich aktiviert sein. Deshalb muss hier bei jedem Gegenstand die Nuklidverteilung einzeln bestimmt werden. Dies geschieht im Forschungszentrum bei kleineren Gegenständen im Ganzkörperzähler oder durch repräsentative Probenentnahme, z. B. durch Gewinnung von Bohrspänen mit anschließender Auswertung im Messlabor. Auf diese Einzelfallbetrachtung wird in dieser Arbeit nicht eingegangen.

Die Wischproben werden, soweit γ -emittierende Nuklide vorhanden sein können, γ -spektrometrisch ausgewertet. Im Anschluss daran werden die Wischproben zur Sondernuklidbestimmung physikalisch bzw. radiochemisch aufbereitet und anschließend mittels α - oder β -Spektrometrie ausgemessen. Aus den bestimmten Probenaktivitäten wurde für jede Anlage der Nuklidvektor errechnet. Eine mögliche Nuklidverteilung ist beispielhaft in Tab. 4-13 Spalte 2 dargestellt.

Die ermittelten Nuklidanteile V_i , werden durch die entsprechenden Grenzwerte für die Oberflächenkontamination nach Anlage III Tabelle 1 Spalte 4 StrlSchV dividiert (vergl. Spalten 3 und 4 in Tab. 4-13) und auf 1 normiert (siehe Spalte 5 in Tab. 4-13). Nach den Ausführungen zur Anlage III der StrlSchV brauchen Radionuklide in der Summenbildung nicht berücksichtigt werden, wenn deren Anteil der zugeordneten Verhältniszahlen 10 % der Gesamtsumme nicht überschreitet. Damit müssen nach Spalte 5 nur die Radionuklide Sr-90, Cs-137, Pu-238 und Am-241 weiter betrachtet werden. Die zulässigen Oberflächenwerte A_i ergeben sich durch Multiplikation von Spalte 3 mit Spalte 5 und sind in Spalte 6 aufgeführt. Messtechnisch ergibt sich im Proportionalzähler ein α -Grenzwert von $0,053 \text{ Bq/cm}^2$, da auch Pu-239/240 und Cm-244 mitgemessen wird, und ein β -Grenzwert von $0,49 \text{ Bq/cm}^2$.

Radionuklid	Anteil V_i	O_i in Bq/cm ²	V_i/O_i in 1/Bq/cm ⁻²	V_i/O_i normiert auf 1	A_i in Bq/cm ²
1	2	3	4	5	6
H-3	0,158	100	0,0016	0,0015	
Fe-55	0,003	100	0,0000	0,0000	
Co-60	0,001	1	0,0010	0,0009	0,001
Ni-63	0,009	100	0,0001	0,0001	
Sr-90	0,264	1	0,2640	0,2291	0,229
Cs-137	0,303	1	0,3030	0,2630	0,263
Eu-154	0,002	1	0,0020	0,0017	
Pu-238	0,006	0,1	0,0600	0,0521	0,005
Pu-239	0,002	0,1	0,0200	0,0174	0,002
Pu-240	0,002	0,1	0,0200	0,0174	0,002
Pu-241	0,204	10	0,0204	0,0194	
Am-241	0,043	0,1	0,4300	0,4081	0,041
Cm-244	0,003	0,1	0,0300	0,0285	0,003
Summe	1,000		1,1521	1,0000	
α_{ges} (Prop.-Z.)					0,053
β_{ges} (Prop.-Z.)					0,49

Prop.-Z. Proportionalzähler

O_i Grenzwert für Oberflächenaktivitäten nach Anlage III Tabelle 1 Spalte 4 StrlSchV

Tab. 4-13: Berechnung der zulässigen nuklidspezifischen Oberflächenaktivitäten A_i in der Anlage "Beispiel" für das Herausbringen von beweglichen Gegenständen

Nach der oben beschriebenen Methode wurden für die verschiedenen Anlagen im Forschungszentrum Karlsruhe die Oberflächengrenzwerte ermittelt. In Tab. 4-14 sind diese Werte für Anlagentypen zusammengefasst dargestellt, wobei nur die jeweils relevanten Radionuklide aufgeführt sind.

Es zeigt sich, dass die Grenzwerte sehr unterschiedlich sind und für Kontaminationsmessgeräte α -Grenzwerte von 0,010 bis 0,081 Bq/cm² und β -Grenzwerte 0,18 bis 0,91 Bq/cm² einzuhalten sind. In dem Institut ITG, in dem ausschließlich mit β -Strahlern umgegangen wird, ergibt sich ein sehr viel höherer Wert, als in den anderen Anlagen. Aufgrund der stark unterschiedlichen Grenzwerte musste auf die ursprüngliche angestrebten einheitlichen Werte verzichtet werden. Eine Betrachtung der Werte O_i für die im Forschungszentrum Karlsruhe relevanten Nuklide (vergl. Tab. 4-13 und Tab. 4-14) zeigt, dass für die messbaren β -Strahler O_i durchweg den Wert 1, für die α -Strahler O_i durchweg den Wert 0,1 annimmt. Damit lässt sich für alle Anlagen außer dem ITG folgende Grenzwertbetrachtung machen:

$$10\alpha_{\text{ges}} (\text{Prop.-Z.}) + \beta_{\text{ges}} (\text{Prop.-Z.}) \leq 0,9 \text{ Bq/cm}^2.$$

Alle mit Proportionalzähler nicht messbare β -Strahler ergeben dann einen Summenanteil $V_i/O_i \leq 0,1$ und müssen nicht separat gemessen werden.

	HDB	INE	IMVT/HZ	ITC/CPV	MZFR	HZY	ITG
F-18	0	0	0	0	0	0,91	0
P-32	0	0	0	0	0	0	84
S-35	0	0	0	0	0	0	16
Co-60	0	0	0,013	0	0,434	0	0
Ni-63	0	0	0	0	5,21	0	0
Sr-90	0,027	0,356	0,065	0,230	0,048	0	0
Cs-137	0,066	0,544	0,100	0,274	0,097	0	0
Pu-238	0,031	0,001	0,021	0,030	0	0	0
Pu-239	0,010	0	0,008	0	0	0	0
Pu-240	0,010	0	0,008	0	0	0	0
Am-241	0,030	0,002	0,039	0,015	0,019	0	0
Cm-244	0	0	0	0	0,010	0	0
α_{ges} (Prop.-Z.)	0,081	< EG	0,076	0,045	0,029	< EG	< EG
β_{ges} (Prop.-Z.)	0,093	0,90	0,18	0,50	0,58	0,91	85

HDB	Hauptabteilung Dekontaminationsbetriebe
INE	Institut für Nukleare Entsorgung
IMVT/HZ	Institut für Mikroverfahrenstechnik/Heiße Zellen
ITC/CPV	Institut für Technische Chemie/Chemisch Physikalische Methoden
MZFR	Mehrzweckforschungsreaktor
HZY	Hauptabteilung Zyklotron
ITG	Institut für Toxikologie und Genetik
Prop.-Z.	Proportionalzähler
EG	Erkennungsgrenze (0,010 Bq/cm ²)

Tab. 4-14: Grenzwerte für Oberflächenaktivitäten zum Herausbringen von beweglichen Gegenständen aus den verschiedenen Anlagen des Forschungszentrum Karlsruhe in Bq/cm²

Nach den Ausführungen in § 44 Abs. (3) StrlSchV sind bei Massen größer als 3 kg auch die Einhaltung der massenspezifischen Grenzwerte nach Anlage III Tabelle 1 Spalte 5 zu gewährleisten. Bei einfachen Geometrien kann man die Oberflächenaktivitäten in massenspezifische Aktivitäten umrechnen.

Für flächenhafte Gegenstände ergibt sich die massenspezifische Aktivität A_M aus der flächenbezogenen Aktivität A_F zu:

$$A_M = A_F \frac{2}{\rho d} \quad (1)$$

wobei ρ die Dichte und d die Dicke ist.

Für zylinderhafte Gegenstände, mit der Länge l und dem Durchmesser D , gilt:

$$A_M = A_F \frac{4l + 2D}{\rho D l} \quad (2)$$

falls

$$l=4D \text{ gilt: } A_M = A_F \frac{4,5}{\rho D} \quad (2a)$$

Für kugelförmige Gegenstände, mit dem Durchmesser D gilt:

$$A_m = A_F \frac{6}{\rho D} \quad (3)$$

Um die Grenzwerte einzuhalten, muss gelten:

$$\sum A_M / FG_M \leq 1, \text{ oder}$$

$$\text{nach (1)} \quad \frac{2}{\rho} \sum A_F / FG_M \leq d,$$

$$\text{nach (2a)} \quad \frac{4,5}{\rho} \sum A_F / FG_M \leq D,$$

$$\text{nach (3)} \quad \frac{6}{\rho} \sum \frac{A_F}{FG_M} \leq D$$

wobei FG_M der massenspezifische Freigabegrenzwert nach Anlage III Tabelle 1 Spalte 5 StrlSchV ist.

In Tab. 4-15 sind exemplarisch für die Anlagen HDB und INE die sich für Materialien mit der Dichte 1 g/cm^3 , $2,3 \text{ g/cm}^3$ und $7,8 \text{ g/cm}^3$ ergebenden Dicken oder Durchmesser zusammengestellt, für die das massenspezifische Kriterium anhand des oberflächenspezifischen Kriteriums eingehalten ist.

Nuklid	HDB	INE	FG_M in Bq/g	HDB	INE
	A_F in Bq/cm ²	A_F in Bq/cm ²		A_F/FG_M in cm ⁻² g	A_F/FG_M in cm ⁻² g
Sr-90	0,027	0,356	2	0,013	0,178
Cs-137	0,066	0,544	0,5	0,132	1,088
Pu-238	0,031	0,001	0,04	0,775	0,025
Pu-239	0,010	0,000	0,04	0,250	0
Pu-240	0,010	0,000	0,04	0,250	0
Am-241	0,030	0,002	0,05	0,600	0,040
Summe				2,020	1,331

Dichte ρ in g/cm ³	HDB			INE		
	Platte d in cm	Zylinder l=4D D in cm	Kugel D in cm	Platte d in cm	Zylinder l=4D D in cm	Kugel D in cm
1	> 4,0	> 9,1	> 12,1	> 2,7	> 6,0	> 8,0
2,3	> 1,8	> 4,0	> 5,3	> 1,2	> 2,6	> 3,0
7,8	> 0,5	> 1,2	> 1,6	> 0,3	> 0,8	> 1,0

Tab. 4-15: Exemplarische Berechnung der zulässigen Mindestdicken oder Mindestdurchmesser in zwei Anlagen des Forschungszentrums Karlsruhe

Es ist ersichtlich, dass die Mindestabmessung für die Einhaltung des massenspezifischen Kriterium in der Anlage HDB mit mehr Anteilen an α -Strahlern größer sein müssen, als in der Anlage INE, in der Cs-137 das dominante Radionuklid ist. Bei Zylinder- oder Kugelgeometrie haben Gegenstände

mit Dichten $> 1 \text{ g/cm}^3$, die den Mindestdurchmesser unterschreiten, eine Masse $< 3 \text{ kg}$, d. h. das Oberflächenkriterium reicht immer aus zur Beurteilung. Bei Plattengeometrie muss in der Regel das Massenkriterium überprüft werden.

4.5.5 Verhältnis der Aktivität von Plutonium- und Transplutoniumisotopen in den Stuhlauscheidungen im Forschungszentrum Karlsruhe

H. Dilger, H. Stuhlfauth (Med)

Bei den Dekontaminationsarbeiten in der Hauptabteilung Dekontaminationsbetriebe (HDB) und den Rückbaumaßnahmen im Institut für Technische Chemie, Abteilung Chemisch-Physikalische Verfahren (ITC/CPV) kommt es zu Kontaminationen der Raumluft an den Arbeitsplätzen. In der HDB wird die Inkorporationsüberwachung routinemäßig durch Raumluftüberwachung durchgeführt und von jedem Mitarbeiter einmal im Jahr je eine Stuhl- und Urinprobe zu Vergleichszwecken auf Pu und Am/Cm untersucht. Im ITC/CPV wurden während den Rückbaumaßnahmen in der PUTE¹⁾- und in der MILLI²⁾ von den Mitarbeitern routinemäßig an den Wochenenden eine Stuhlprobe abgegeben und analysiert. Diese vom Referenzverfahren nach abweichende Vorgehensweise war notwendig, weil die Personen überwiegend in fremdbelüfteten Vollschutz arbeiteten und die aus den Raumluftaktivitätskonzentrationen abgeleiteten Aktivitätszufuhren nicht relevant waren. Bei den anfallenden Stuhlproben fiel auf, dass unterschiedliche Verhältnisse von den Pu-Isotopen zu den Transplutonium-Isotopen (Am/Cm) auftraten. Um diesem Befund zu erhellern, wurden die vorliegenden Untersuchungen gemacht.

Die Auswertung umfasst in der HDB die Jahre 1999 und 2000. Insgesamt wurden 146 Stuhlproben an Arbeitstagen gesammelt und nach den in beschriebenen Verfahren auf die Plutonium-Isotope Pu-238 und 239/240, das Americium-Isotop Am-241 und die Curium-Isotope Cm-242 und 244 ausgewertet. Bei 60 Proben wurden für alle Radionuklide keine Aktivitäten oberhalb der Nachweisgrenze von 1 mBq/Probe für die Summe der Pu-Isotope und Summe der Transplutonium-Isotope gefunden, so dass sich der Vergleich auf 86 Proben erstreckt. Der Rückbau der Anlage MILLI fand 1999/2000 statt. Hier lagen insgesamt 289 ausgewertete Proben vor, von denen 258 Messwerte oberhalb der Nachweisgrenzen erbrachten und zum Vergleich herangezogen wurden. Der Rückbau der Anlage PUTE erfolgte in den Jahren 2000 und 2001. Es wurden insgesamt 43 Proben ausgewertet. Diese Anzahlen sind in Tab. 4-16 in den Spalten 2 und 3 zusammengefasst.

Anlage	Anzahl der ausgewerteten Proben	Anzahl der Proben größer NWG	Mittelwert MW von $V = \text{Pu}/\text{TPu}$	Standardabweichung σ von V	Variationskoeffizient σ / MW
1	2	3	4	5	6
HDB 1999/2000	146	86	1,43	0,84	0,59
MILLI 1999/2000	289	258	2,67	1,37	0,51
PUTE 2000/2001	43	43	1,96	0,62	0,32

Tab. 4-16: Statistische Auswertung der Stuhlproben

¹⁾ PUTE Plutonium-Testextraktionsanlage

²⁾ MILLI „Milli-Tonne“, Wiederaufarbeitung im kg-Maßstab nach optimiertem PUREX-Verfahren

Für alle drei Anlagen wurden jeweils die Häufigkeitsverteilung der Verhältnisse der Gesamt- α -Aktivität von Pu zu Am/Cm betrachtet und miteinander verglichen.

In Abb. 4-7 sind die Verhältniszahlen der Aktivitäten der Pu-Isotope zu den Am/Cm-Isotope für die 86 Einzeluntersuchungen in der HDB als Häufigkeitsverteilung dargestellt. Über 75 % der Verhältniszahlen liegen zwischen 0,6 und 1,6; der Mittelwert beträgt 1,4.

Es fällt auf, dass eine merkliche Anzahl von Proben ein deutlich größeres Verhältnis der Pu zu den TPu-Isotopen aufweist, der Maximalwert liegt bei 9,8.

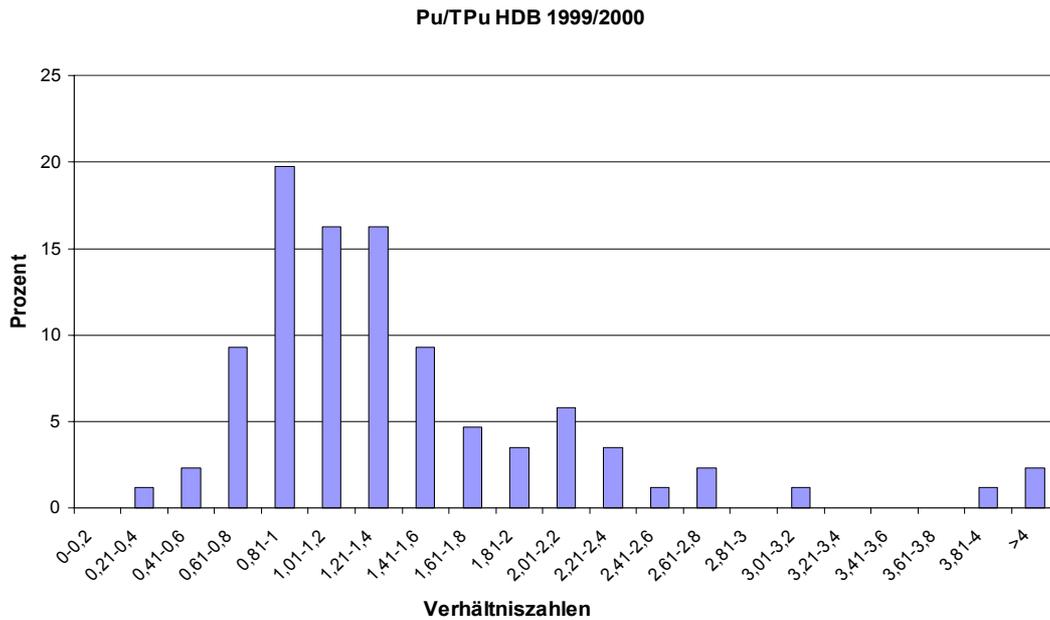


Abb. 4-7: Verhältnis aus Pu- zu TPu-Isotopen in Stuhlproben aus der HDB

Die Abb. 4-8 ist die entsprechende Darstellung für die Häufigkeitsverteilung der Nuklidverhältnisse in den 258 Stuhlproben der Anlage MILLI.

Bei dieser Auswertung fällt die viel größere Streuung der Verhältniszahlen über den gesamten betrachteten Bereich und der deutlich höhere Mittelwert von 2,7 auf, der Maximalwert liegt bei 10,2.

In der Abb. 4-9 sind die Verhältniszahlen für die 43 Stuhlproben der Anlage PUTE dargestellt. Hier ist die Streuung wieder deutlich geringer als in der Anlage MILLI, aber bei einem größeren Mittelwert als bei der HDB. Der Maximalwert des Nuklidverhältnisses liegt bei 3,9.

Die Häufigkeitsverteilungen in den Anlagen HDB und PUTE haben vergleichbare Form bei unterschiedlichen Maxima, was sich durch die Arbeiten in der PUTE mit reinen Plutoniumlösungen erklärt.

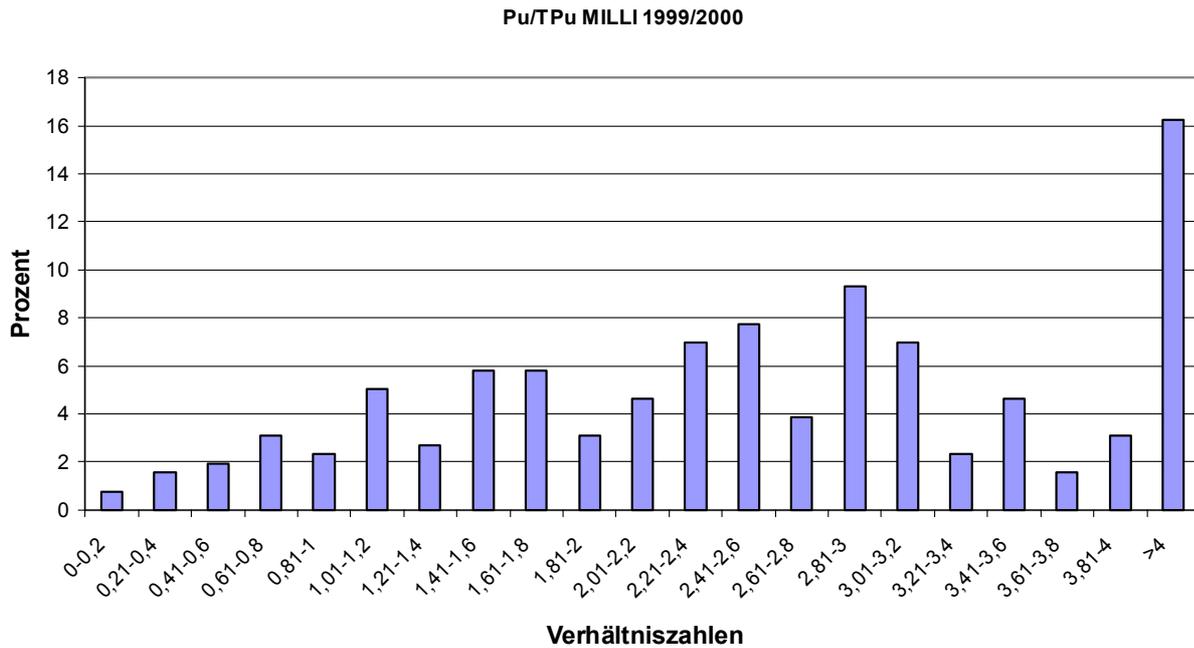


Abb. 4-8: Verhältnis aus Pu- zu TPu-Isotopen in Stuhlproben aus der MILLI

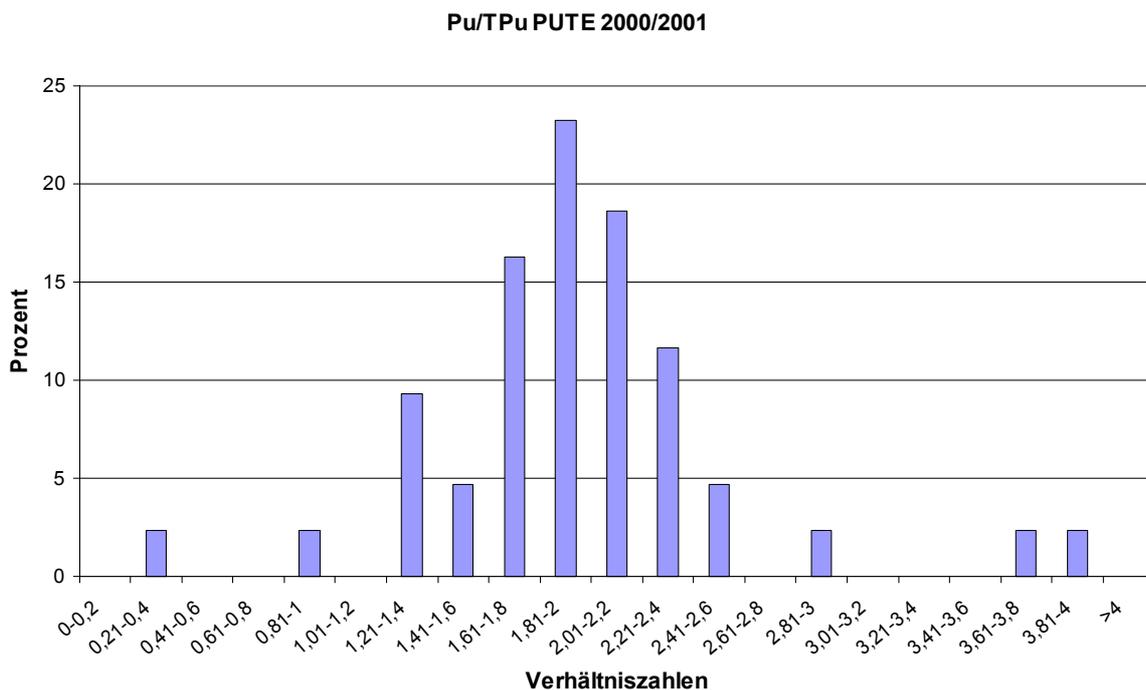


Abb. 4-9: Verhältnis aus Pu- zu TPu-Isotopen in Stuhlproben aus der PUTE

Demgegenüber ist bei der Anlage MILLI nahezu eine Gleichverteilung im betrachteten Bereich der Verhältniszahlen vorhanden. Da die Häufigkeitsverteilung aus Einzelproben verschiedener Mitarbeiter zusammengestellt wurde, könnte diese große Streuung des Pu/TPu-Aktivitätsverhältnisses durch individuelles Ausscheidungsverhalten bedingt sein. Deshalb wurden bei zwei Personen, die aufgrund eines Zwischenfalls beim Rückbau der Anlage MILLI über mehrere Wochen, in denen keine erneuten Inkorporationen stattfinden konnten, Stuhlproben abgeben mussten, diese Verhältniszahlen im zeitlichen Verlauf betrachtet. Die entsprechenden Werte sind in Tab. 4-17 zusammengestellt.

Differenz zwischen Sammelund Zwischenfallstag	13	14	15	16	17	18	19	20	21	28	29	30	MW	σ	σ /MW
Person A	2,9	1,6	1,4	—	—	—	1,7	1,9	2,1	3,5	2,4	3,5	2,3	0,83	0,36
Person B	—	—	2,6	2,7	3,9	2,9	—	—	—	3,5	2,5	4,0	3,2	0,63	0,20

Tab. 4-17: Zeitlicher Verlauf der Verhältniszahlen der Pu- zur T_{Pu}-Aktivität im Stuhl nach einem Zwischenfall in der Anlage MILLI

Die Verhältniszahlen zeigen keinen zeitlichen Trend, individuelle Schwankungen sind vorhanden, aber der Variationskoeffizient bei beiden Personen ist mit 0,20 und 0,36 kleiner als der aus dem gesamten Kollektiv ermittelte Wert von 0,51 (vgl. Tab. 4-16). Diese Auswertung weisen daraufhin, dass schon die Nuklidverteilung bei der Inkorporation größeren Schwankungen unterworfen ist. Aus der Prozessführung der Anlage MILLI ist bekannt, dass die salpetersauren Brennstofflösungen sowohl aus gelöstem Brennstoff als auch kolloidalen Oxiden bestanden. Dadurch werden auch innerhalb der Anlage Unterschiede in dem Aktivitätsverhältnis plausibel, da Pu- und Am-Isotope aufgrund der unterschiedlichen Wertigkeiten auch unterschiedlich zur Kolloidbildung neigen. Der Vergleich aller Anlagen zeigt zusammenfassend, dass die unterschiedlichen Verhältniszahlen eher durch anlagenbezogene als durch individuelle Besonderheiten bedingt sind.

4.5.6 Betrieb der Eichhalle

H. Doerfel

Die Gruppe interne Dosimetrie betreibt die Eichhalle mit einem Neutronen/Gammastrahler-Kalibrierstand und einen Röntgen-/Gamma-Kalibrierstand. Die Kalibrierstände werden für eigene Routinekalibrierungen sowie für Eichungen des Eichamtes Baden-Württemberg benutzt.

4.5.6.1 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 Prüfregele 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 18 Neutronen-Dosisleistungsmessgeräte sowie 13 Neutronen-Dosisleistungsmessgeräte kalibriert. An der Bestrahlungsanlage des Bestrahlungsbunkers wurden im Auftrag einer Fremdfirma ca. 400 Bestrahlungen von Gamma-Zählern durchgeführt. Im Bestrahlungsbunker wurden 359 Dosimeter-Bestrahlungen durchgeführt. Alle Cs-137-Bestrahlungseinrichtungen wurden regelmäßig mit einem Sekundärstandard kontrolliert. Die Überprüfung von 1201 Strahlenschutz-Messgeräten zwecks Eichfristverlängerung erfolgte mit der von der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt zugelassenen stationären Kontrollvorrichtung (SKV). Bei 55 Strahlen-

schutzmessgeräten, meist Reparaturfällen, erschien eine Messprüfung mit der stationären Kontrollvorrichtung sinnvoll, bevor sie der Eichbehörde überstellt wurden. Bei 12 Kontaminationsmonitoren von Kernkraftwerken erfolgte eine Funktionskontrolle. Wenn notwendig und möglich wurden defekte Geräte repariert und kalibriert.

4.5.6.2 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 der Forschungszentrum Karlsruhe GmbH 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 4933 Eichpunkten im Jahr 2002.

4.5.7 Messverfahren

H. Dilger

Die Aufgaben der Abteilung "Überwachung und Messtechnik" umfassen neben der Bereitstellung von Strahlenschutzpersonal auch die messtechnische Auswertung der bei der Arbeitsplatz-, Abwasser-, Fortluft- und Umgebungsüberwachung sowie im Zuge von Freigabeverfahren anfallenden Proben. Hierzu gehört die Beschaffung, Wartung und Reparatur von Messgeräten, der Betrieb eines Messlabors für alle physikalischen Messungen und eines Labors für Chemische Analytik zur Probenaufbereitung und Messung von Sondernukliden.

4.5.8 Strahlenschutzmesstechnik

B. Reinhardt

4.5.8.1 Aufgaben

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:

- Reparatur und Kalibrierung der Dosisleistungs- und Luftüberwachungsanlagen in den Instituten und Abteilungen des Forschungszentrums und in der Umgebung,
- Reparatur sonstiger elektronischer Geräte,
- Erstellung von Prüfanweisungen.

Außerdem werden bei neu beschafften Geräte Eingangskontrollen, und Gerätetest durchgeführt. Die dabei gewonnenen Erfahrungen stehen auch anderen Abteilungen 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.

4.5.8.2 Wartung und Reparatur

J. Burkhardt, B. Reinhardt, T. Wächter

Zur Instandhaltung der von der Abteilung Strahlenschutz betreuten kontinuierlich messenden Raumluf- und Fortluftüberwachungsanlagen, sowie Ortsdosisleistungs-Messstellen und Handgeräte waren tägliche Reparatursätze notwendig.

Der mechanische Umbau und die Ertüchtigung eines Wäschemonitors auf simultane und getrennte Alpha-Beta-Messung, einschließlich Erstellung und Test einer neuen Software, wurden geplant und bis zur Inbetriebnahme betreut. Die nach der Inbetriebnahme im Routinebetrieb festgestellten Fehlfunktionen, deren Analyse und Beseitigung in Zusammenarbeit mit den Herstellerfirmen erfolgten, erforderten einen nicht zu unterschätzenden Zeitaufwand.

Für die Umrüstung von Raumluftfilter-Messplätzen wurde ein Prototyp entwickelt, der dem heutigen Stand der Technik entspricht. Nach abgeschlossener Testphase erfolgte der Umbau der vorhandenen Routinemessplätze, wodurch sich die Messzeit für die Auswertung der Raumluftfilter, bei gleicher Nachweisgrenze, verringert.

Da bei der Alpha-Auswertung von Raumluftfiltern die Stärke der Filterbelegung (Staubschichtdicke) von entscheidender Bedeutung ist, wurde eine Kleinserie von Raumluftsammler gefertigt, bei der eine Differenzdruckdose die Filterbelegung überwacht. Eine Meldung erfolgt, wenn die Staubschicht auf dem Filter zu dick wird. Jede neu installierte Glovebox im Experimentierbereich des Tritiumlabors Karlsruhe muss von zwei Tritiummonitoren überwacht werden. Die Einrichtung von neuen Tritium-Messstellen erfordert Hardware-Erweiterungen des lokalen Messnetzes, sowie die Aktualisierung der Dokumentation.

4.5.8.3 Messungen gemäß Arbeitsschutzgesetz

N. Liebe

Im Berichtszeitraum wurden im Bereich Inst. Süd insgesamt zwei Arbeitsplatzmessungen durchgeführt. Je eine Anforderung bezog sich auf Raumklimamessungen und auf Beleuchtungsmessungen..

4.6 Neue Messgeräte in der Strahlenschutzüberwachung

4.6.1 Einführung von Ganzkörpermonitoren

M. Vilgis, N. Hummel, D. Oechsler

Beim Verlassen von Kontrollbereichen, in denen Umgang mit offenen radioaktiven Stoffen stattfindet, werden Personen gemäß §44(1) StrlSchV auf Kontaminationen hin überwacht. An den Kontrollbereichsausgängen der HDB und des INE wurden die vorhandenen HFK-Monitore durch sieben (HDB) bzw. einen (INE) Ganzkörpermonitor (GKM) vom Typ Rados RTM860TS ersetzt. Der Zugang zum Kontrollbereich erfolgt durch ein Drehkreuz (INE) oder eine Türensleuse, die nur von berechtigten Personen mit kodiertem Ausweis geöffnet werden kann (HDB). Diese Kontrollbereiche können nur nach Messung im Ganzkörpermonitor verlassen werden. Neben der Überwachung der Personenkontaminationen haben die GKM somit auch die Funktion einer Schleuse.

Zur Kontaminationsüberwachung ($\alpha+\beta$) werden 14 gasgespülten Großflächenproportionaldetektoren für die Messpositionen Füße, Hände, Körper und Kopf verwendet. Drei Plastiksintillationsdetektoren dienen der zusätzlichen Überwachung gammastrahlender Radionuklide. Die Detektoren sind als Netzwerk zusammengefasst und werden von einem PC gesteuert, der auch die Messwerterfassung und -verarbeitung vornimmt. Ein Farbdisplay zeigt die Messbereitschaft sowie in einem Kontaminationsfall die betroffene Körperregion und die gemessenen Werte an. Eine Sprachsteuerung führt die Personen durch die Messung, die korrekte Position bei der Personenmessung wird durch Sensoren überwacht. Nur bei Unterschreiten der eingestellten Alarmwerte öffnet sich die Ausgangstür des Monitors und die Person kann den Kontrollbereich verlassen.

Nach dem Aufbau der Monitore wurden Kalibrierungen und ausführliche Tests durchgeführt. Ein fehlerhaftes Bauteil eines Zulieferers verursachte mit zunehmender Betriebsdauer Ausfälle des Detektornetzwerks. Die Messbereitschaft konnte jeweils durch Neustart wieder hergestellt werden. Nach Austausch der Platinen trat der Fehler nicht mehr auf. Die Gerätesoftware wurde an die betrieblichen Anforderungen angepasst. Die Endabnahme mit Gutachterbeteiligung fand im November 2002 statt. Abb. 4-10 zeigt die durchschnittliche Anzahl der täglichen Messungen bei den Ganzkörpermonitoren bei der HDB. Die durch häufige Begehungen bedingte betriebsübliche Abnutzung der Folie und Beschädigungen durch unsachgemäße Benutzung der Monitore führen im zu erwartenden Rahmen zu Ausfallzeiten, so dass die durchschnittliche Verfügbarkeit mit 98% angegeben werden kann.

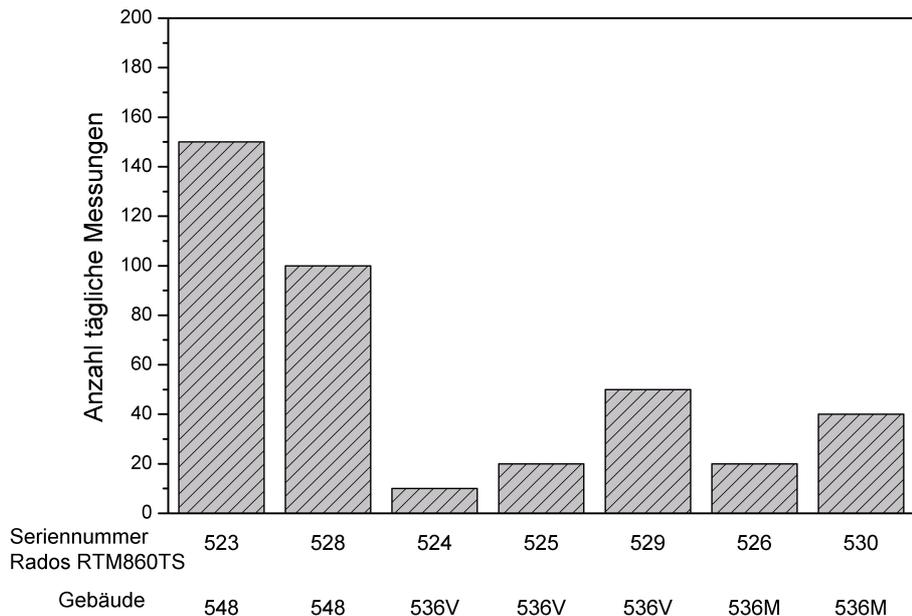


Abb. 4-10: Anzahl der täglichen Messungen bei den Ganzkörpermonitoren

4.6.2 Umbau und Inbetriebnahme der Freimessanlage RADOS RTM 630 Inc

A. Reichert, Chr. Naber, B. Glocker

Seit 1992 wird für die Durchführung von Freigabemessungen eine Freimessanlage (Herfurth H13630) eingesetzt. Da es sich bei dieser Anlage um eine Freimessanlage der ersten Generation gehandelt hat, wurde der Beschluss gefasst, die vorhandene Anlage sowohl gerätetechnisch wie auch softwaremäßig aufzurüsten. Zusammen mit der Firma RADOS (Nachfolgefirma von Herfurth) wurde ein entsprechendes Konzept für die Umrüstung erstellt.

Da der Umbau der Anlage bei der Firma RADOS erfolgen sollte, wurde die Anlage im März 2002 abgebaut und nach Hamburg transportiert. Nach einer Werksabnahme erfolgte der Rücktransport ins Forschungszentrum Karlsruhe.

Der Umbau bestand im wesentlichen aus:

- Erhöhung der Anzahl der Plastiksintillationsdetektoren auf 10 gegenüber 4 Stück
- stirnseitige Türen mit je einem Plastiksintillationsdetektor
- modifizierte Betriebsweise der Freimessanlage
- Kalibrier- und Auswertesoftware entsprechend dem aktuellen Entwicklungsstand.

Die in der ursprünglichen Version enthaltenen Xenondetektoren wurden entfernt, da eine Verwendung nicht mehr sinnvoll erschien. Durch die Aufrüstung auf 10 Plastiksintillationsdetektoren, sowie der Anordnung von je einem Detektor an den Stirnseiten der Messkammer kommt man einer 4π -Messgeometrie sehr nahe, was sich wiederum in der Nachweisempfindlichkeit der Anlage positiv bemerkbar macht.

Durch das Anbringen der beiden stirnseitigen Türen konnte zum einen der Gesamtnulleffekt der Anlage reduziert werden, was sich bezüglich der Nachweisempfindlichkeit positiv auswirkt, zum anderen wurde die Anlage unempfindlicher gegenüber Nulleffektschwankungen durch den HDB-Betrieb (vorbeifahrende Radioaktivtransporte).

Die Modifizierung der Betriebsweise führt dazu, dass die Anlage nun manuell und/oder automatisch betrieben werden kann. Es ist dabei möglich, die Anlage im s. g. „Durchlaufbetrieb“ oder „Einbahnbetrieb“ zu benutzen.

Die neue Kalibrier- und Auswertesoftware setzt dabei auf ein völlig neues Konzept zur Kalibrierung der Messanlage. Ausgangspunkt für die Kalibrierung ist eine Grundkalibrierung zur Ermittlung der detektorspezifischen Parameter, hierzu wird jede Detektorgruppe einzeln betrachtet. Das Kalibrierpräparat (Co-60 Punktstrahler) wird hierzu gegenüber der zu kalibrierenden Gruppe positioniert. Die Grundkalibrierung erfolgt demnach in 6 Einzelschritten. Die Ermittlung der gebindespezifischen Parameter erfolgt durch Höhengruppenkalibrierungen. Für diese Messungen werden 2 Messgutträger verwendet, das 200-l-Reststofffass und die Gitterbox auf Europalette. Für beide Messgutträger stehen Kalibrierdummy's zur Verfügung, die es erlauben, unterschiedliche Füllgrade und Nettomasse zu simulieren. Für eine Höhengruppe, welche aufgrund der Angabe des Füllgrads sowie der Nettomasse eindeutig definiert ist, werden mehrere Kalibriermessungen mit einem Co-60-Flächenstrahler durchgeführt. Im Rahmen dieser Kalibriermessungen wird auch die durch das Messgut bedingte Absenkung des Nulleffekts (Hintergrund) ermittelt. Die Abb. 4-11 zeigt die Gesamtansicht der Freimessanlage mit dem Kalibrierdummy „R-200-Fass“.



Abb. 4-11: Gesamtansicht der Freimessanlage mit dem Kalibrierdummy „R-200-Fass“

Für die Auswertung der Messergebnisse ist es unbedingt erforderlich, dass ein Nuklidvektor hinterlegt ist. Da die Anlage ausschließlich mit Co-60 kalibriert wird, erfolgt die Berücksichtigung anderer γ -emittierender Nuklide über das s. g. Inc-Verfahren (Leitnuklidkorrelation). Für einen Großteil der in Frage kommenden γ -emittierender Nuklide sind hierzu entsprechende Inc-Faktor hinterlegt. Wesentlichen Einfluss nehmen hierbei die Energie der γ -Quanten und deren Emissionswahrscheinlichkeit beim radioaktivem Zerfall.

Aufgrund der gemessenen Impulsrate sowie dem hinterlegten Nuklidvektor, berechnet die Freimessanlage sowohl die Gesamtaktivität für das ausgemessene Gebinde wie auch die nuklidspezifischen Aktivitäten. Auf Basis der gemessenen Nettomasse sowie einer eventuell vorgegebenen Oberfläche des Messgutes wird neben der Gesamtaktivität auch die massenspezifische und oberflächenspezifische Aktivität ausgegeben.

Nach dem die Freimessanlage dem Gutachter zur Prüfung vorgestellt worden war und keine Einwände vorlagen konnte die Anlage im Juni 2002 in den Routinebetrieb übernommen werden.

Die Freimessanlage zeigt eine gute zeitliche Verfügbarkeit. Bis zum Jahresende konnten insgesamt ca. 500 Mg Bauschutt verfüllt in R-200-Fässer ausgemessen werden.

4.7 Physikalisches Messlabor

Chr. Wilhelm

Die Gruppe nimmt die Aufgaben eines zentralen Messlabors für die Hauptabteilung Sicherheit wahr. In diesem Rahmen ist auch das Freimesslabors (s. Kap. 4.9) integriert. Im „Physikalischen Messlabor“ werden alle Messungen an Proben für die Raumluftüberwachung, an Proben zur Dichtheitsprüfung sowie alle Messungen zur Bilanzierung der Ableitung radioaktiver Stoffe mit der Fortluft durchgeführt. Ebenso erfolgen hier alle spektrometrischen Messungen an Umweltproben, an Proben für die Arbeitsplatzüberwachung und an Bilanzierungsproben zur Abwasserüberwachung. Für die Freigabe von radioaktiven Reststoffen werden α - und γ -spektrometrische Messungen sowie die Bestimmung von Betastrahlern mittels Flüssigszintillationsmessung durchgeführt. Einen Überblick über die Anzahl an Proben und der daran durchgeführten Analysen aus den einzelnen Arbeitsgebieten gibt die Tab. 4-18 wieder.

Messzweck	Anzahl der Proben	Anzahl der durchgeführten Messungen				
		α/β	Flüssigszintillation		α -Spektrometrie	γ -Spektrometrie
			H-3 C-14 S-35 P-32 Fe-55 Ni-63	Spektrometrie		
Abwasserüberwachung						
- Innerbetrieblich	710	734	461	29	9	420
- Ableitungen	76	71	84	2	-	79
Umgebungsüberwachung	550	229	195	16	73	165
Überwachung der Fortluft	2341	1492	1050	72	-	944
Überwachung der Raumluft						
- Routine	36038	40200	-	-	-	271
- Sonder	542	600	-	-	-	2
Dichtheitsprüfungen	88	25	9	5	-	61
Freimesslabor	1566	1	1001	125	82	769
Auftragsmessungen						
- Fortluftüberwachung für WAK	504	-	50	-	6	853
- Externe Aufträge	99	-	33	33	8	64
Messungen für Arbeitsplatzüberwachung	305	-	300	50	40	57
Sondermessungen	35	9	3	1	4	29
Entwicklungsarbeiten	-	400	60	30	-	33
Qualitätssicherung	-	2770	2353	139	840	726
Ringversuche	10	14	27	5	20	54
Training von Gastwissenschaftlern	17	-	-	-	17	-

Tab. 4-18: Art und Anzahl der Proben sowie der 2002 in der Gruppe „Physikalisches Messlabor“ durchgeführten Einzelmessungen

Die Gruppe „Physikalisches Messlabor“ ist darüber hinaus zuständig für die Überwachung radioaktiver Stoffe in den Abwassersystemen auf dem Betriebsgelände des Forschungszentrums Karlsruhe. Diese Aufgabe umfasst sowohl die Umsetzung der Auflagen der strahlenschutzrechtlichen Genehmigung in ein Überwachungskonzept, als auch die Durchführung der Aktivitätsmessungen einschließlich der Entscheidung über die Weiterverarbeitung der Abwässer.

4.7.1 Messsysteme

S. Kaminski, A. Radziwill-Ouf

Zur Erfüllung seiner Aufgaben unterhält das „Physikalische Messlabor“ die verschiedensten Messgeräte zur Radioaktivitätsmessung, die mit von Kalibrierdiensten zertifizierten Radionuklidstandards kalibriert wurden. Zur Sicherstellung der Richtigkeit der Messergebnisse werden umfangreiche laborinterne und externe qualitätssichernde Maßnahmen getroffen. Dabei werden die Vorgaben aus allen Regelwerken der verschiedenen Arbeitsgebiete erfüllt. Ebenso nimmt das Labor an verschiedenen Ringversuchen teil, so dass alle Messverfahren mindestens einmal jährlich durch Ringversuche überprüft werden.

4.7.1.1 Alpha-Beta-Messtechnik

Zur Durchführung von Alpha- und Beta-Gesamtaktivitätsmessungen an Abwasser und Umweltproben steht ein Messsystem zur Verfügung, in dem sechs Großflächen-Proportionalzähler integriert sind. Die Proportionalzähler arbeiten einheitlich 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. Die Datenablage erfolgt in Datenbanken auf einem zentralen Server.

Neben diesen Detektoren werden zur Messung von Alpha- und Beta-Gesamtaktivitäten sieben zusätzliche Großflächen-Proportionalzähler mit Probenwechslern und Pseudokoinzidenz-Elektronik betrieben. Mit diesen Messplätzen werden die Kontroll- und Bilanzierungsmessungen an Aerosolfiltern zur Fortluftüberwachung sowie die Messungen an Raumluftfiltern (s. Kap.4.7.2) durchgeführt.

4.7.1.2 Gamma-Spektrometrie

Für die Gammaskpektrometrie stehen in der Gruppe „Physikalische Messlabor“ 19 Reinstgermanium-Detektoren zur Verfügung, deren Auswerteelektronik über ein Messnetz miteinander verbunden ist. Es handelt sich um verschiedene Detektor-Typen: Niederenergie-Detektoren für den Energie-Bereich von 10 keV bis 150 keV, Hochenergie-Detektoren für den Energie-Bereich von 50 keV bis 2000 keV, kombinierte Gamma-X-Detektoren für den Energiebereich von 10 keV bis 2000 keV. Drei der Germanium-Detektoren sind mit Probenwechslern ausgerüstet. Die Auswertung in der Standardroutine erfolgt mit dem Programmpaket Genie 2000 der Firma Canberra Eurisys. Drei Detektoren wurden im Werk von Canberra Eurisys charakterisiert, so dass es an diesen Detektoren möglich ist, mit Hilfe der zugehörigen Software mathematische Effizienzkalibrierungen durchzuführen. Vorteile dieses neuen Verfahrens sind, dass für die Wirkungsgradkalibrierung keine radioaktiven Präparate eingesetzt werden müssen und dass Geometrien nahezu jeder Form, Material und Dichte kalibriert werden können.

4.7.1.3 Alpha-Spektrometrie

Für die Alphaspektrometrie stehen in der Gruppe „Physikalisches Messlabor“ 12 Halbleiter-Detektoren zur Verfügung. Die Alphaspektrometrie wird mit dem integrierten System Alpha-Analyst betrieben. Die Alphaspektrometrie ist in das gleiche Messnetz wie die Gammaskpektrometrie integriert und auch die Auswertung erfolgt mit dem selben Programmpaket.

4.7.1.4 Flüssigszintillationsspektrometrie

Für die Messung von reinen Beta-Strahlern H-3, C-14, S-35, P-32, Ni-63 bzw. des K-Einfangstrahlers Fe-55 stehen drei Flüssigszintillationsspektrometer der Fa. Packard zur Verfügung. Um die geforderten niedrigen Erkennungsgrenzen in annehmbarer Messzeit 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 einem zentralen Server abgelegt. Mit dem in der Gruppe neuentwickelten Programm „LSC-Messungen“, das die Übernahme der Messwerte in die PCs verwaltet, können auch Darstellungen und Bearbeitungen gemessener Probenspektren vorgenommen werden. Ebenso bietet dieses Programm Entfaltungsmethoden, um bei komplexen Multinuklidspektren Einzelaktivitäten abzuschätzen.

4.7.2 Raumlufüberwachung

K. Schultze, Chr. Wilhelm

Im Berichtsjahr wurden die Messplätze für die Raumlufüberwachung komplett überarbeitet. Dabei wurde bis auf die Probenwechselautomatik alles erneuert. Die quadratischen Zählrohre wurden durch runde Dreifach-Zählrohre mit deutlich niedrigerem Untergrund ersetzt. Die Analog-Elektronik wurde mit Berthold Einschub-Modulen aufgebaut und die digitale Erfassung der Impulse erfolgt mittels einer Einsteckkarte im PC. Aufbauend auf die Elektronik wurde eine Software entwickelt, die in einer SQL-Datenbank alle zur Messung notwendigen Daten und Informationen enthält. Die entwickelte Software ist netzwerkfähig, so dass es möglich ist, die Messergebnisse und Zählereinstellungen von einem anderen Arbeitsplatz als dem eigentlichen Messgerät zu betrachten und zu bearbeiten.

Die Dateneingabe für das Messsystem in die SQL-Datenbank erfolgt mit einer Web basierenden Intranet-Anwendung, über die Vorort die Daten zu den Raumluffiltern eingegeben, im Labor aufgerufen und die Ergebnisse hinterlegt werden. Für die Abfrage der Ergebnisse stehen umfangreiche Möglichkeiten zur Verfügung.

Im Jahr 2002 wurden 36 580 Raumluffilter (Vorjahr 33 500) mit Pseudokoinzidenzanlagen auf künstliche α - und β -Aktivität ausgemessen. Aufgrund von Rückbaumaßnahmen an Gebäuden mussten wegen zu hoher Bestäubung oder zur Bestimmung der Radionuklide 273 Filter γ -spektroskopisch untersucht werden. Die Luftstaubaktivitäten sind in Tab. 4-19 prozentual aufgliedert. Die Bestimmung der einzelnen Anteile erfolgte nur an den Filtern ab Juni 2002, da ab diesem Zeitraum das neue Datensystem zur Verfügung stand. Auf eine Auswertung vor Juni 2002 wurde verzichtet.

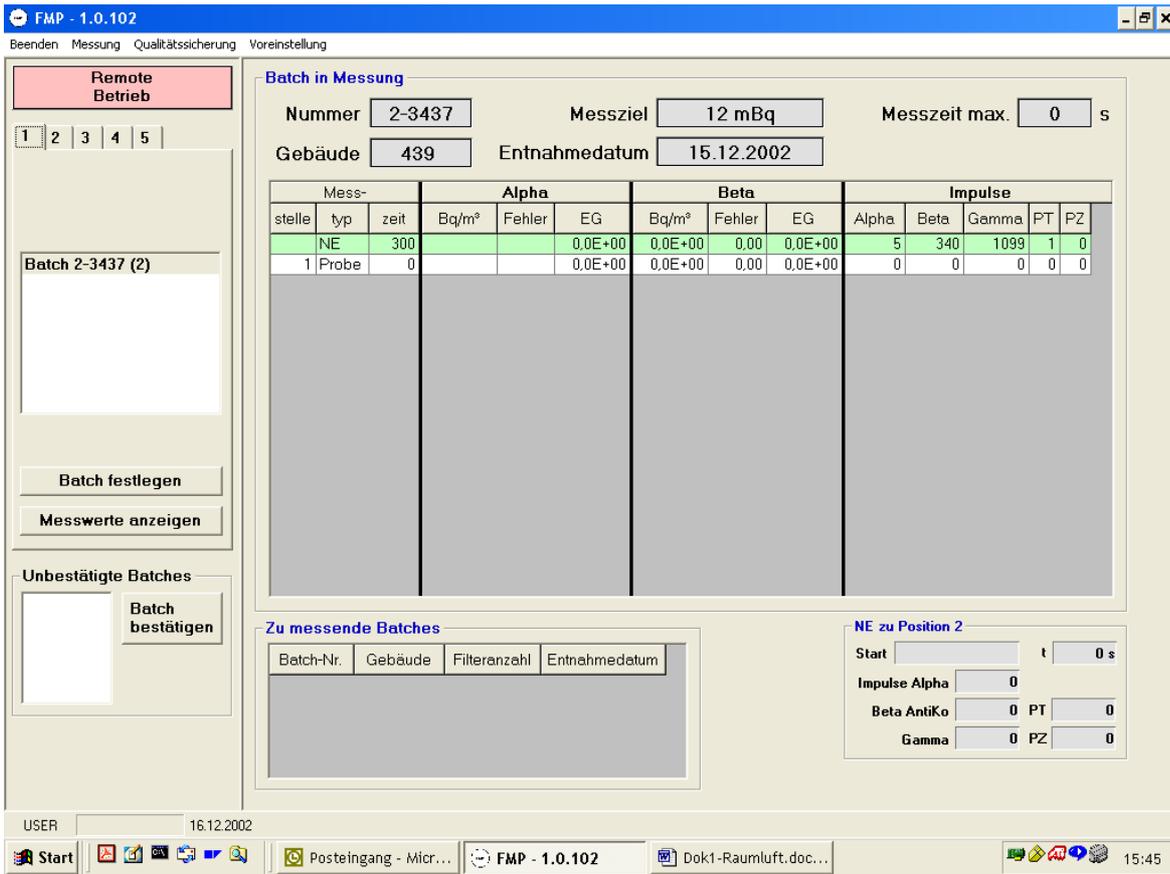


Abb. 4-12: Bildschirmsicht des Messprogramms zur Raumluftüberwachung im Messbetrieb.

Aktivität	Aktivitätsgrenzen in Bq/m ³	Anteil an der Gesamtzahl in %
α-Aktivität	A > 0,8	0,14 (0,08)
	0,8 ≥ A > 0,04	0,37 (0,9)
	0,04 ≥ A ≥ 0,0125	0,47 -
	A < 0,0125	99,02 -
β-Aktivität	A > 800	0 (0,0)
	800 ≥ A > 40	0 (0,0)
	40 ≥ A ≥ 10	0 -
	A < 10	100 -

Tab. 4-19: Häufigkeitsverteilung der Aerosolaktivitätskonzentration in der Raumluft im Jahr 2002 ab Juni. Die in Klammern angegeben Werte sind die des Vorjahres.

In Abb. 4-13 wird der Verlauf der Häufigkeitsverteilung der Aerosolaktivitätskonzentration oberhalb der Messschwelle in der Raumluft relativ zu der im Jahr gemessenen Filteranzahl über die letzten sechs Jahre gezeigt.

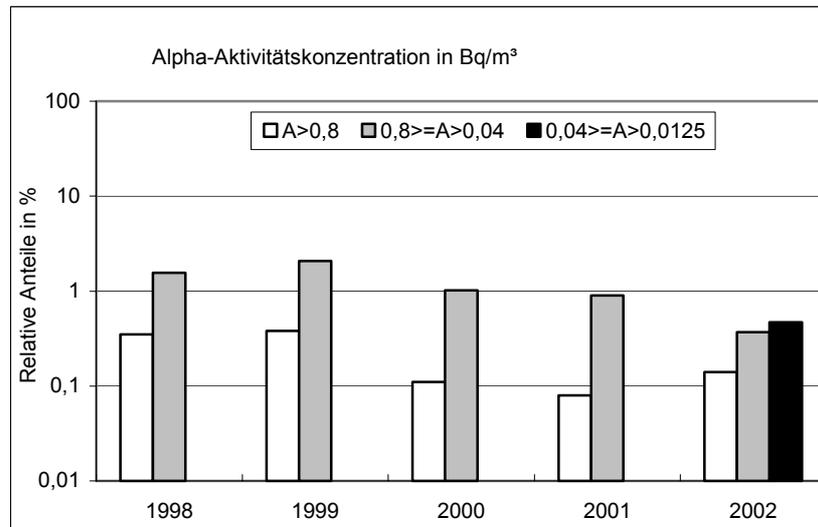


Abb. 4-13: Verlauf der Häufigkeitsverteilung der α -Aerosolaktivitätskonzentrationen in der Raumluft oberhalb der Messschwelle

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 10 % der Grenzwerte für beruflich strahlenexponierte Personen der Kategorie A auftreten. Nach der 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. Als untere Messschwelle wurde bei α -Aktivität $12,5 \text{ mBq/m}^3$ und bei der β -Aktivität 10 Bq/m^3 gewählt. Damit ist bei einem nach der Strahlenschutzverordnung angenommenen Jahres-Inhalationsvolumen von 2400 m^3 , das aber in der Praxis wegen kürzerer Aufenthaltszeiten weit unterschritten wird, eine α - und β -Aktivitätszufuhr nachweisbar, die 10 % des Grenzwertes der Teilkörperdosis für beruflich strahlenexponierte Personen der Kategorie A - bezogen auf Pu-239, löslich, und Sr-90, löslich - entspricht. Dieser Grenzwert wurde im Berichtsjahr in keiner Anlage des Forschungszentrum erreicht.

4.7.3 Dichtheitsprüfungen

K. Schultze

Die Abteilung Überwachung und Messtechnik hat die Aufgabe, an umschlossenen Strahlern, die sich im Besitz des Forschungszentrums befinden, Dichtheitsprüfungen durchzuführen. Die Anzahl der geprüften Strahler ist in Tab. 4-20 nach Nuklid und Institution sortiert aufgeführt. Im Berichtsjahr wurde kein undichter Strahler gefunden.

Das Umweltministerium Baden-Württemberg hat bestätigt, dass die Hauptabteilung Sicherheit eine anerkannte Prüfstelle gemäß § 75 Strahlenschutzverordnung (Fassung vom 30. Juni 1989) ist. Als Prüfgrundlage dient DIN 25 426 Teil 4. Danach müssen alle umschlossenen Strahler oberhalb des 100fachen der Freigrenze jährlich einer Dichtheitsprüfung unterzogen werden. Für Strahler, die geschützt in Apparaturen eingebaut, nur gelagert oder besonders stabil gebaut sind, können Verlängerungen der Prüffristen bei der Aufsichtsbehörde beantragt werden. Als Prüfverfahren werden für die Strahler Wischprüfung, Tauchprüfung oder die Emanationsprüfung angewandt. Die Proben werden je nach Strahlenart im Proportionalzähler (evtl. nach Eindampfung), durch γ -Spektroskopie oder durch Flüssigszintillationsmesstechnik ausgewertet.

	Am-241	Cs-137	Sr-90	Cf-252	Ni-63	α -Gemisch*	Co-60	Pu-239	Pb-210	Fe-55	Co-57	Cd-109	Ba-133	Sm-151	Po-210	Ra-226	Np-237	Ges.
HS-ÜM	3	12	6	2		5	1	3	1								1	34
FTU	5	2	2	2			1		1									13
HDB	4	2					1						1					8
IK I	4		1							1								6
BTI-V					4													4
IK III	5													1				6
HS-Messst.			3															3
IMK	1														1			2
MZFR		1					1											2
EVM										1		1						2
HZY																1		1
HZY-RTM	1																	1
IMF III											1							1
INE				1														1
ITC-TAB	1				2													3
Summe	24	17	12	5	6	5	4	3	2	2	1	1	1	1	1	1	1	87

Tab. 4-20: Anzahl der im Jahr 2002 durchgeführten Dichtheitsprüfungen an umschlossenen Strahlern

4.8 Chemische Analytik

4.8.1 Aufgaben

M. Pimpl

Die Gruppe „Chemische Analytik“ führt die nuklidspezifischen Bestimmungen für die Emissions- und Immissionsüberwachung des Forschungszentrums aus, bei denen radiochemische Analyseverfahren zur Probenpräparation notwendig sind. Darüber hinaus werden im Freimesslabor radiochemische Analysen durchgeführt. Dieses Freimesslabor wurde Anfang 1995 bei der damaligen Abteilung Umweltschutz in Kooperation mit der Hauptabteilung Dekontaminationsbetriebe eingerichtet mit der Aufgabe, alle Aktivitätsmessungen und nuklidspezifischen Analysen durchzuführen, die im Rahmen der Freigabe radioaktiver Reststoffe aller Art erforderlich sind und vor Ort nicht durchgeführt werden können.

Für die Abluft-, Abwasser- und Umgebungüberwachung des Forschungszentrums werden verschiedene Radionuklide im Low-level-Bereich mittels radiochemischer Analyseverfahren aus verschiedenen Probenmaterialien wie Aerosolfiltern, Pflanzen, Böden, Sedimenten und Wasser abgetrennt und nuklidspezifisch gemessen. Routinemäßig werden die Radionuklide Pu-238, Pu-239/240, Pu-241, 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 bei Bedarf radiochemisch bestimmt werden, ebenso Ra-226, Pb-210 und Po-210.

Tätigkeitsgebiet	Art der Analysen	Anzahl der Bestimmungen
Umgebungsüberwachung	Pu-238, Pu-239/240	15
	Sr-89, Sr-90	12
	K-40	105
Abwasserüberwachung	Pu-238, Pu-239/240	4
	Pu-241	4
	Sr-89, Sr-90	5
	C-14, S-35	je 4
	α -Bruttomessungen	7
Fortluftüberwachung	C-14	271
	Sr-89, Sr-90	5
Freimesslabor	U-238, U-235, U-234	12
	Pu-238, Pu-239/240	22
	Pu-241	24
	Am-241, Cm-242, Cm-244	7
	Sr-89, Sr-90	15
	Fe-55, Ni-63	je 11
	C-14	5
	H-3 (Ausheizen)	31
	H-3 (Austausch)	94
Interne Messungen	U-238, U-235, U-234	8
	Pu-238, Pu-239/240	7
	Pu-241	7
	Am-241, Cm-242, Cm-244	5
	Sr-89, Sr-90	8
	Fe-55, Ni-63	je 4
Kalibrierstandards	K-40, Pu-236, U-236, Sr-90, Fe-55, Ni-63	64
Kontroll- und Vergleichsanalysen	Sr-89, Sr-90	13
	Pu (α -Strahler)	18
	Pu-241	18
	U (α -Strahler)	12
	Am-241, Cm-242, Cm-244	11
	C-14, S-35 (Abwasser)	je 2
	C-14 (Abluft)	10
	H-3 (Ausheizen/Austausch)	2/8
	Fe-55, Ni-63	je 6
Blindelektrolysen	147	
Ringversuche	U (α -Strahler)	4
	Am-241	4
	Sr-89, Sr-90	8
	Fe-55, Ni-63	je 4
Entwicklungsarbeiten	Sr-89, Sr-90	40
Gastwissenschaftler	Pu (α -Strahler)	4
	U (α -Strahler)	6
	Sr-89, Sr-90	20
	Ra-226, Po-210	je 4

Tab. 4-21: Arbeiten der Gruppe „Chemische Analytik“ im Jahr 2002

Die Bestimmung des Aktivitätsgehaltes aller interessierenden Radioisotope in einer oder mehreren repräsentativen Probe zur Ermittlung des Nuklidvektors einer Anlage oder eines Instituts gewinnt zunehmend an Bedeutung. In 2002 entfielen etwa 7 % der durchgeführten Arbeiten auf solche interne Messungen, wobei hauptsächlich Alpha-Strahler, Sr-90 und die Aktivierungsnuklide Fe-55 und Ni-63 zu bestimmen waren.

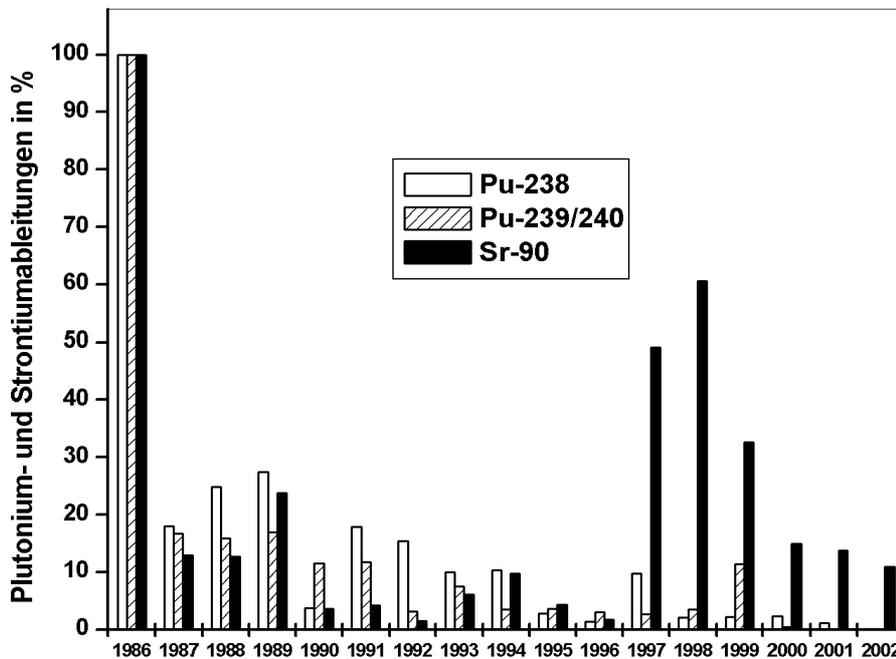


Abb. 4-14: Entwicklung der mit dem Abwasser aus dem Forschungszentrum abgeleiteten Aktivitäten an Pu-238, Pu-239/240 und Sr-90 von 1986 bis 2002 (Ableitungen von 1986 sind gleich 100 % gesetzt)

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 Gruppen „Chemische Analytik“ und „Physikalisches Messlabor“ der Abteilung HS-ÜM. 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 2002 an verschiedenen Ringversuchen und Vergleichsmessungen teilgenommen, wobei durchweg gute Ergebnisse erzielt werden konnten.

4.8.2 Radiochemische Arbeiten

M. Pimpl, U. Malsch (HDB), P. Perchio, P. Steinbach, S. Vater, D. Wanitzek

Die im Laufe des Jahres 2002 insgesamt in der Gruppe „Chemische Analytik“ durchgeführten Laborarbeiten sind in Tab. 4-21 aufgelistet. Abb. 4-15 vermittelt einen Überblick über die Verteilung des zeitlichen Aufwands für die 2002 angefallenen radiochemischen Arbeiten.

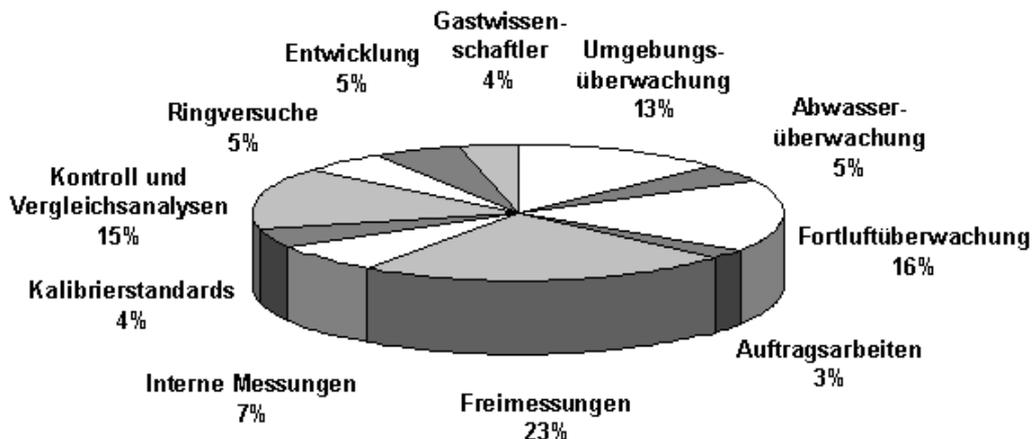


Abb. 4-15: Aufteilung der radiochemischen Arbeiten nach Zeitaufwand im Jahr 2002

Im Berichtszeitraum wurde wöchentlich die Fortluft der Verbrennungsanlage der HDB (Bau 536), der LAW-Eindampfanlage (Bau 545), 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 2002 nur 2 % der nach Abluftplan zulässigen C-14-Ableitungen von 1,4 TBq emittiert, aus den Anlagen zur Gerätedekontamination und Verschrottung lediglich 0,2 % von zulässigen 50 GBq. Aus der LAW-Eindampfanlage und aus dem MZFR wurden 2002 keine messbaren C-14-Aktivitäten mit der Fortluft abgegeben.

Zur Bilanzierung der mit dem Abwasser abgeleiteten radioaktiven Stoffe wurden in Quartalsmischproben aus den Endbecken der Kläranlage Sr-Isotope sowie C-14 und S-35 bestimmt. Wie im Vorjahr wurden auch im Jahr 2002 in den Abwassermischproben keine messbaren Konzentrationen an S-35 und C-14 gefunden. Die Erkennungsgrenze lag für S-35 zwischen 7,2 und 8,1 Bq/l und betrug für C-14 bei allen Messungen 1,7 Bq/l. Die Sr-89-Aktivitätskonzentration lag in allen 4 Quartalsproben unter den erreichten Erkennungsgrenzen, die zwischen 0,02 und 0,06 kBq/m³ lagen.

Nur für Sr-90 wurden Aktivitätskonzentrationen zwischen 0,09 und 0,4 kBq/m³ gemessen. Im Jahr 2002 wurden insgesamt 8,7 MBq Sr-90 mit dem Abwasser abgeleitet. Wie in den Jahren zuvor hat also die Abgabe an radioaktiven Stoffen mit dem Abwasser weiter abgenommen, im Falle von Sr-90 um etwa 20 % gegenüber dem Vorjahr, wie aus Abb. 4-14 ersichtlich ist.

Die Überwachung der Plutoniumkonzentrationen der bodennahen Luft brachte ein mit den Vorjahren vergleichbares Resultat. Die Ergebnisse der Plutoniumbestimmungen der an den Aerosolsammelstellen "Forsthaus", Messhütte "Nordost" und Messhütte "Südwest" je Quartal gesammelten Proben lagen alle unter den erreichten Erkennungsgrenzen, die zwischen 0,05 und 0,07 µBq/m³ lagen.

Die Auftragsarbeiten für kerntechnische Anlagen, die nach einer aufwandsbezogenen Gebührentabelle in Rechnung gestellt werden, nahmen im Jahr 2002 sehr stark ab. Außer den vierteljährlich durchzuführenden Sr-89/90-Analysen von Fortluftfiltern für das Hochtemperatur-Kernkraftwerk Hamm wurden zusätzlich nur einzelne Analysen gegen Verrechnung durchgeführt.

4.9 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 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 Grenzwerten. 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 Gammaskopimetrie erforderlich. In manchen Fällen kann zusätzlich eine nuklidspezifische Analyse von solchen Radionukliden notwendig sein, die durch Gammaskopimetrie 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-ÜM übernimmt in diesem Anforderungskatalog alle Aktivitätsbestimmungen, die nicht vor Ort erfolgen können. Die Anzahl der im Freimesslabor in den Jahren 1995 bis 2002 durchgeführten Analysen zeigt Abb. 4-16.

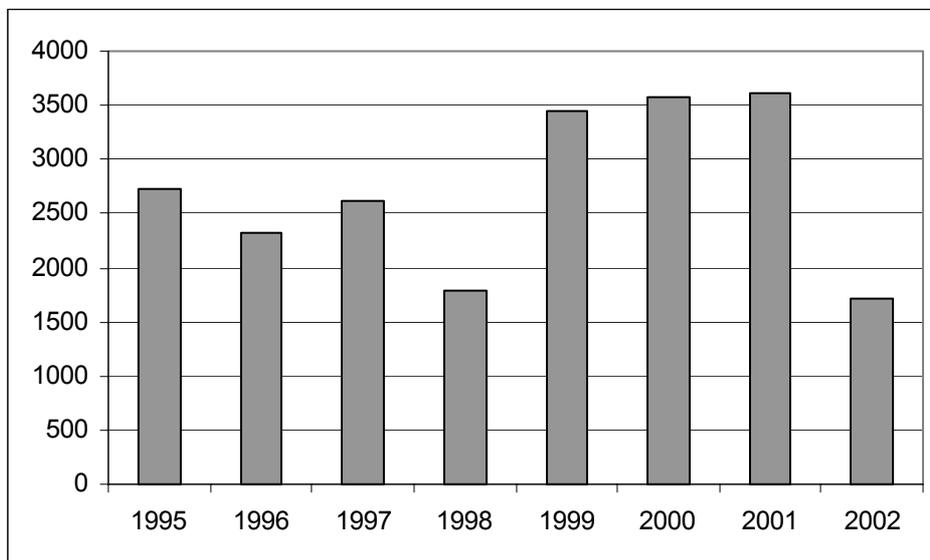


Abb. 4-16: Anzahl der im Freimesslabor durchgeführten Analysen in den Jahren 1995 bis 2002

Im Freimesslabor wurden auch 2002 ausschließlich Aufträge aus dem Forschungszentrum bearbeitet. Etwa ein Drittel der Analysen in 2002 wurde an Proben, die beim Rückbau der kerntechnischen Anlagen MZFR (240 Proben) und KNK (210 Proben) anfielen, durchgeführt. Weitere 90 Proben in denen hauptsächlich Tritium zu Bestimmen war, stammen aus dem Rückbau einer Anlage im IKET. Gut 50 % der Proben fielen aus den Arbeiten in der HDB an, davon entfielen alleine 200 Proben auf

einen Großauftrag. Neben den Proben aus dem Rückbau kerntechnischer Anlagen, sind im ITG 90 Analysen an Proben im Rahmen der Freigaben von konventionellen Reststoffen zur Entsorgung angefallen.

4.9.1 Physikalische Direktmessverfahren

S. Kaminski, Ch. Stickel, R. Maier, F. Milbich-Münzer, H. Genzer

Unter den physikalischen Direktmessverfahren sind solche radiometrische Messverfahren zu verstehen, die keiner chemischen Probenvorbereitung bedürfen. Die im Freimesslabor angewandten Direktmessverfahren sind: Gammaskpektrometrie (50 bis 2 000 keV), niederenergetische Gammaskpektrometrie (10 bis 150 keV), Flüssigszintillationsspektrometrie bei H-3, C-14, P-32 und S-35 in wässrigen Lösungen sowie bei H-3 und C-14 auf Wischtestproben und Alpha-Beta-Gesamtaktivitätsmessungen. Sie werden in der Gruppe „Physikalisches Messlabor“ durchgeführt.

In Tab. 4-22 sind Art und Anzahl der 2002 im Rahmen des Freimesslabors mittels Direktmessverfahren durchgeführten Analysen wiedergegeben.

Analyseverfahren	Anzahl der Analysen im Jahr 2002
Gammaskpektrometrie	
• Standard-Analysen (100 min Messzeit)	74
• Low-Level- Analysen (1000 min Messzeit)	695
Flüssigszintillationsmessungen	
• an Flüssigkeiten	127
• an Wischtests	604
α/β -Gesamt-Aktivitätsmessungen	1

Tab. 4-22: Anzahl der Analysen mittels Direktmessverfahren im Jahr 2002 im Rahmen des Freimesslabors

4.9.2 Chemische Arbeiten und Bestimmungen

U. Malsch (HDB), M. Pimpl, P. Steinbach

Die Zahl der angelieferten Proben, in denen Radionuklide nach radiochemischer Abtrennung nuklidspezifisch zu bestimmen waren, belief sich 2002 auf 85 und lag damit niedriger als im Vorjahr. Hinzu kamen 94 Proben, in denen H-3 in Form von austauschbarem HTO zu bestimmen war. In Tab. 4-23 sind die Probenmaterialien und die angelieferten Stückzahlen zusammengestellt.

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. 4-23 vermittelt eine Übersicht über die zu bestimmenden Radionuklide und die durchgeführten Analysenzahlen.

Zur Absicherung der Ergebnisse wurden auch 2002 zahlreiche Vergleichs- und Blindanalysen durchgeführt, die in den insgesamt in der Gruppe „Chemische Analytik“ durchgeführten Qualitätssicherungsmaßnahmen in Tab. 4-21 in Kapitel 4.4.8 enthalten sind.

Etwa 90 % des zeitlichen Aufwands für radiochemische Bestimmungen im Freimesslabor entfielen 2002 auf Proben aus dem Rückbau kerntechnischer Anlagen (MZFR, WAK, KNK). Nur etwa 10 % des gesamten Zeitaufwands entfielen auf kleinere Aufträge anderer interner Auftraggeber.

Probenmaterialien	Anzahl
Metallische Proben	55 + 8 für H-3 (Austausch)
Bauschutt-Proben	5 + 84 für H-3 (Austausch)
Wischtest-Filter und sonstige Proben	25 + 2 für H-3 (Austausch)
durchgeführte Bestimmungen	Anzahl
H-3 (Ausheizen)	31
H-3 (Austausch)	94
Fe-55 + Ni-63	11
C-14	5
Sr-89/90	15
U (α -Strahler)	12
Pu (α -Strahler)	22
Pu-241	20
Am/Cm	7

Tab. 4-23: Zusammenstellung der untersuchten Probenmaterialien und der durchgeführten Bestimmungen

4.10 Messstelle für amtlich anerkannte Festkörperdosimetrie

4.10.1 Amtliche Personendosimetrie

S. Ugi

Die amtliche Messstelle für Festkörperdosimeter im Forschungszentrum Karlsruhe ist eine von sechs eigenständigen amtlichen Messstellen in Deutschland. Die Karlsruher Messstelle ist von den obersten Landesbehörden von Baden-Württemberg und Hessen beauftragt worden, entsprechend den Richtlinien über Anforderungen an Personendosismessstellen nach StrlSchV und RöV Personendosimeter bereitzustellen, auszugeben und auszuwerten. Die Messstelle informiert, berät und unterstützt ihre Kunden in allen Fragen der Personen- und Ortsdosimetrie mit Festkörperdosimetern.

Als amtliches Personendosimeter für die Überwachung der effektiven Dosis bei Ganzkörperexposition mit Photonen stellt die Karlsruher Messstelle seit 1993 das Photolumineszenz-Phosphatglasdosimeter in der Ausführung als Flachglasdosimeter bereit. 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. Es besitzt unter der Bezeichnung PGD FGD-10 & SC-1 eine Muster-Bauartzulassung für die bisherige Messgröße H_X (PTB-Zulassungszeichen Z23.02/92.05) und die neue Messgröße $H_P(10)$ (PTB-Zulassungszeichen Z23.52/02.03). Für den Einsatz als amtliches Dosimeter zur Messung der Personendosis nach StrlSchV und RöV liegt auch in der neuen Messgröße $H_P(10)$ die Zustimmung der zuständigen Behörden vor.

Im Hinblick auf die Messgröße $H_P(10)$ kann das Flachglasdosimeter also ohne Änderung der Dosimeterkapselung bzw. des Auswerteverfahrens weiterhin eingesetzt werden.

Für die Teilkörperdosimetrie der Hände bietet die Karlsruher Messstelle drei amtliche Fingerringdosimeter aus Edelstahl mit Thermolumineszenzdetektoren an: für Röntgen- und Gammastrahlungsfelder den Typ PHOTONEN, für Mischstrahlungsfelder mit Betastrahlung die Typen BETA-200 und BETA-50. Die Zahl 200 und 50 bezieht sich auf die jeweilige untere Grenze der mittleren Betaenergie, die mit dem Fingerringdosimeter noch nachgewiesen werden kann. Die amtlichen Beta-Fingerringdosimeter erfüllen die Anforderungen an die Messabweichungen bei den jährlichen PTB-Beta-Vergleichsbestrahlungen. Alle drei Fingerringdosimetertypen erhielten im August 2001 die Bauartzulassung für den Photonennachweis in der neuen Messgröße Oberflächen-Äquivalentdosis $H_p(0,07)$: Typ PHOTONEN mit dem Zulassungszeichen Z23.52/01.05; Typ BETA-50 Z23.52/01.06; Typ BETA-200 Z23.52/01.07. Das amtliche Fingerringdosimeter Typ PHOTONEN, das schon seit vielen Jahren ausgegeben wird, ist unter der Bezeichnung KfK-TLD-TD2 auch für die bisherige Messgröße Photonen-Äquivalentdosis H_x zugelassen.

Als weiteres amtliches Dosimeter wird ein am Forschungszentrum Karlsruhe entwickeltes universelles Albedoneutronendosimeter eingesetzt, dessen bundesweiter Einführung vom Länderausschuss für Atomkernenergie 1986 zugestimmt wurde. Das Neutronendosimeter unter der Bezeichnung KfK-TLD-GD2 (PTB-Zulassungszeichen Z23.02/99.03) mit TLD-600 ($^6\text{LiF:Mg,Ti}$)- und TLD-700 ($^7\text{LiF:Mg,Ti}$)-Thermolumineszenzdetektoren dient zur Personenüberwachung in Neutronen-Gamma-Mischstrahlungsfeldern. Für spezielle Überwachungsaufgaben können die Albedodosimeter zusätzlich mit Kernspurätzdetektoren zum getrennten Nachweis schneller Neutronen eingesetzt werden. Seit der PTB-Vergleichsbestrahlung für Neutronen des Jahres 2000 werden die Messergebnisse für die neue Messgröße $H_p(10)$ angegeben, für die das Albedodosimeter der Karlsruher Messstelle erfolgreich bestanden hat (vergleiche Tabelle 3-2). Eine Anpassung des Albedodosimeters an $H_p(10)$ für Photonen ist nicht dringend, da dies nur Auswirkungen in dem hier kaum vorkommenden Energiebereich unter 30 keV hat.

4.10.2 Photolumineszenzdosimetrie

A. Hager, B. Seitz, T. Teclé

Die Anzahl der mit Photolumineszenz-Glasdosimetern überwachten Betriebe erhöhte sich im Berichtszeitraum um über 14%, wobei die Auswertezahlen gegenüber dem Vorjahr um 8 % zunahmen (Tab. 4-24). Während die Auswertezahlen in der Technik erstmals wieder leicht anstiegen, setzte sich die Ausweitung unserer Aktivitäten in den medizinischen Bereich unvermindert stark fort. Die Entwicklung der Auswertezahlen in den letzten siebzehn Jahren ist in Abb. 4-17 dargestellt.

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 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.

amtliche Auswertung	Auswertezahl	Kundenzahl
Phosphatglas-Ganzkörperdosimeter	131 897	402
Thermolumineszenz-Teilkörperdosimeter	27 797	287
Albedo-Neutronen-Ganzkörperdosimeter	14 590	57

nichtamtliche Auswertung		
Phosphatglasdosimeter	2 127	41
Thermolumineszenzdosimeter	6 010	25
Radondosimeter	3 265	26

Tab. 4-24: Serviceleistungen der Karlsruher Messstelle 2002

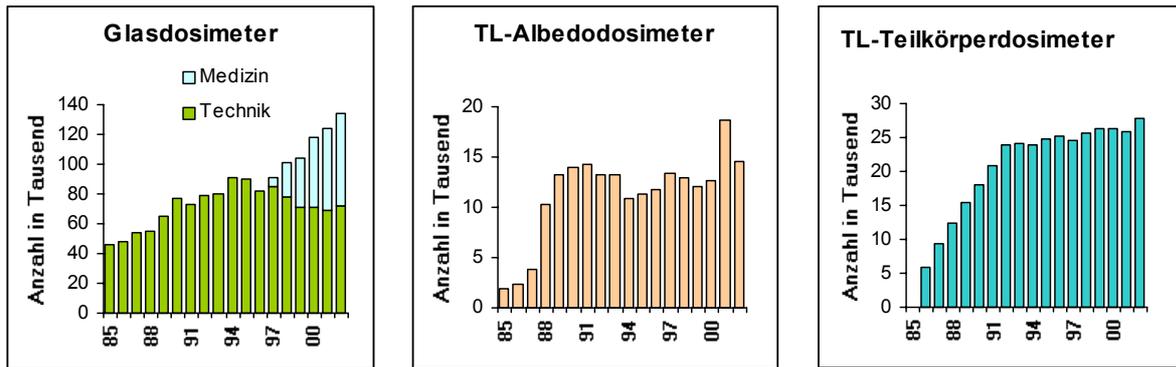


Abb. 4-17: Entwicklung der Auswertezahlen pro Jahr seit 1985

4.10.3 Thermolumineszenzdosimetrie

N. Dollt, S. Volk

Die Auswertezahlen der Teilkörperdosimetrie stieg um etwa 10% auf 2300 im Monat. Die Karlsruher Messstelle bietet zur Zeit bundesweit die einzigen amtlichen Beta-Photonen-Teilkörperdosimeter mit PTB-Bauartzulassung an. Dadurch und durch die Zunahme der medizinischen Anwendung von Beta-Nukliden in der Schmerz- und Brachytherapie erhöhte sich die Nachfrage nach diesen neuen Dosimetern.

Die Anzahl der automatisch ausgewerteten Albedoneutronendosimeter ist durch die Normalisierung bei den durchgeführten Castortransporten auf ca. 1250 Dosimetern pro Monat eingependelt.

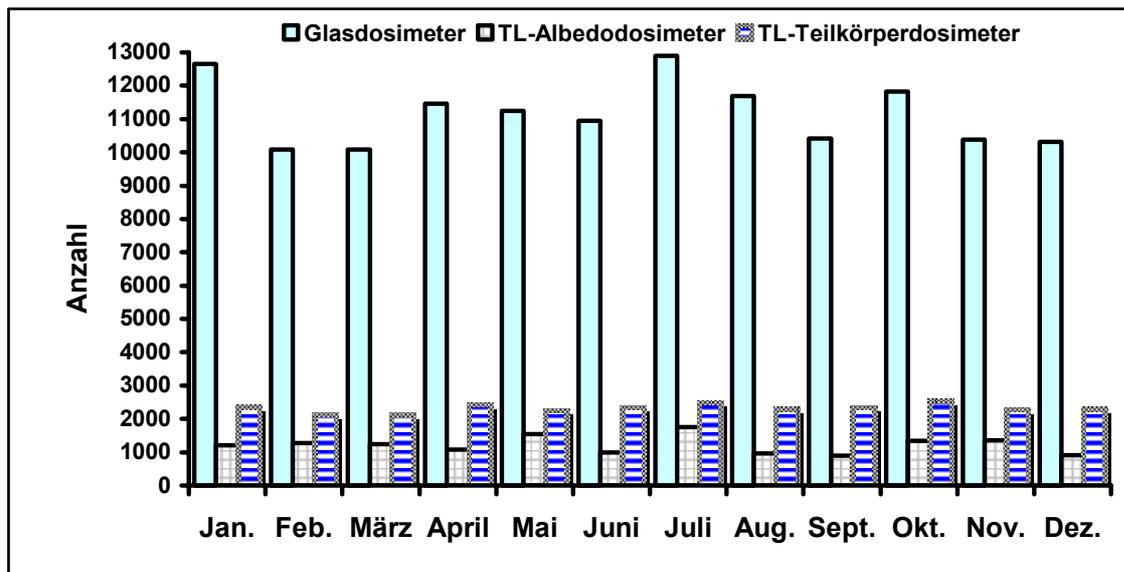


Abb. 4-18: Verlauf der Auswertezahlen pro Monat im Jahr 2002

4.10.4 Vergleichsbestrahlungen

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

Nach den Bestimmungen der Eichordnung und der Richtlinie über Anforderungen an Personendosismessstellen nach StrlSchV und RöV ist für amtliche Dosimeter eine Teilnahme an entsprechenden Vergleichsmessungen der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt erforderlich. Die Ergebnisse unserer Auswertungen, die für die Photonendosimeter im Beisein eines Eichbediensteten durchgeführt wurden, sind in Tab. 4-25 und in wiedergegeben.

In Tab. 4-25 sind für die an PTB-Vergleichsmessungen teilnehmenden Dosimetriesysteme der FZK-Messstelle die Mittelwerte und Standardabweichungen von den jeweiligen Verhältnissen des Messwertes H_{KA} zum PTB-Referenzwert H_{PTB} zusammengestellt.

Abb. 4-19 zeigt das Verhältnis des Messwertes H_{KA} zum PTB-Referenzwert H_{PTB} für das Karlsruher Phosphatglas-Ganzkörperdosimeter (Flachglasdosimeter Typ SC-1) in Abhängigkeit von der Dosis. Die Ergebnisse für die Vergleichsmessung 2002 (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.

Seit 1982 wird im Rahmen des Strahlenschutzforschungsprogramms der Europäischen Kommission in regelmäßigen Abständen eine internationale Vergleichsmessung für Radon und Radonzerfallsprodukte mit passiven Detektoren durchgeführt. 2002 nahmen an diesem durch die NRPB in Großbritannien organisierten Vergleich 39 Laboratorien teil. Die Ergebnisse unserer Auswertungen sind in Tab. 4-26 wiedergegeben.

Dosimeter	H_{KA} / H_{PTB}
Phosphatglas-Ganzkörperdosimeter (H_X)	$1,01 \pm 3,7 \%$
Thermolumineszenz-Teilkörperdosimeter (Photonen $H_p(0,07)$)	$1,19 \pm 11 \%$
Thermolumineszenz-Teilkörperdosimeter BETA 50/200 ($H_p(0,07)$)	$1,16 \pm 7,7 \%$
Albedo-Neutronen-Ganzkörperdosimeter (Photonen H_X)	$1,29 \pm 13,9 \%$
Albedo-Neutronen-Ganzkörperdosimeter (Neutronen $H_p(10)$)	$1,22 \pm 17 \%$

Tab. 4-25: Ergebnisse der Karlsruher Messstelle bei den PTB-Vergleichsmessungen im Jahr 2002

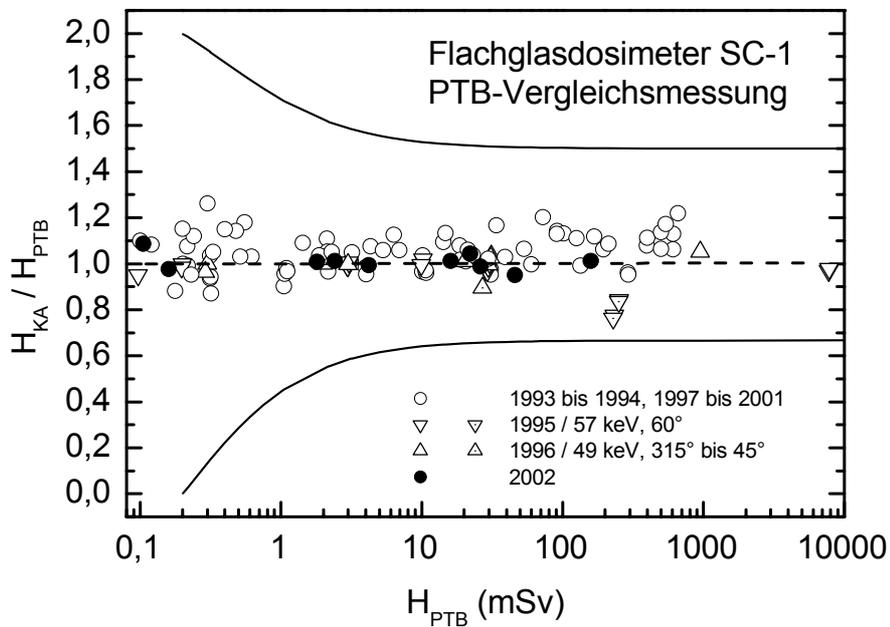


Abb. 4-19: Ergebnisse der PTB-Vergleichsmessungen von Flachglasdosimetern der Karlsruher Messstelle in den Jahren 1993 bis 2002 in der bisherigen Messgröße H_X

Radon Exposition ($\text{kBq m}^{-3} \text{ h}$)	120	1740	346
H / Hr Set 1	$0,71 \pm 12 \%$	$0,91 \pm 6 \%$	$0,89 \pm 8 \%$
H / Hr Set 2	$0,76 \pm 12 \%$	$0,96 \pm 5 \%$	$0,91 \pm 6 \%$

Tab. 4-26: Ergebnisse der FZK-Messstelle bei den EC-Radon-Vergleichsbestrahlungen im Jahr 2002

4.10.5 Sonstige Personen- und Ortsdosimeter

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

Neben den amtlichen Dosimetern wird von der Messstelle eine größere Anzahl an nichtamtlichen Dosimeterauswertungen und Messverfahren angeboten (Tab. 4-24).

Nichtamtliche Überwachung basiert in der Regel auf freiwilligen Zusatzmaßnahmen der Kunden, aber auch auf auflagebedingten Auswertungen. Zur Umgebungsüberwachung kerntechnischer Anlagen werden sowohl Phosphatglas- als auch Thermolumineszenzdosimeter eingesetzt.

Weitere Dosismessungen mit Festkörperdosimetern dienen der Bereitstellung und Einführung von neuen Dosimetern, Geräten und Methoden zum Nachweis von Beta-, Gamma- und Neutronenstrahlung in der Routinedosimetrie.

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 Radondosimeter selbst durchführen.

Folgende Dosimeter werden routinemäßig vorwiegend zur Ortsdosimetrie eingesetzt:

- Thermolumineszenzdosimeter bestehend aus TLD-700-Detektoren in einer Polyäthylenkapsel entsprechend einer Abdeckung von 500 mg/cm^2 zur Umgebungsüberwachung und Ortsdosimetrie in Anlagen.
- Phosphatglasdetektoren in der Flachglaskapselung SC-2 zum praktisch energieunabhängigen Messung der Photonenortsdosis $H^*(10)$ im Energiebereich von 28 keV bis 7 MeV zur Umgebungsüberwachung und Ortsdosimetrie in Anlagen. Es besitzt unter der Bezeichnung OD FGD-10 & SC-2 eine Muster-Bauartzulassung für die neue Messgröße $H_p(10)$ (PTB-Zulassungszeichen Z23.01/92.06. Letztmalig wurde auch noch die Flachglaskapselung SC-1 als Ortsdosimeter zur Messung in der bisherigen Photonenortsdosismessgröße H_X unter der Bezeichnung OD FGD-10 & SC-1 eingesetzt (PTB-Zulassungszeichen Z23.01/92.06).
- 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. Aufgrund von §95 der neuen Strahlenschutzverordnung stieg die Auswertezahl durch die Erstmessung in Wasserwerken.
- 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. Dieses Dosimeter bekommt zunehmend Bedeutung bei den vorgeschriebenen langzeitigen Ortsdosismessungen bei der Lagerung von Castor-Transportbehältern. Die Karlsruher Messstelle konnte als erste Messstelle dieses Verfahren bereit stellen. Aber auch an Anlagen mit gepulster Strahlung (z.B. Karlsruher Synchrotron Strahlenquelle ANKA) dient es dem langzeitigen Vergleich mit stationären Neutronendosisleistungsmessgeräten.
- Thermolumineszenz-Detektoren für spezielle Anwendungen, z. B. Messungen in Phantomen in der Medizin werden auch kurzfristig ausgewertet (siehe z.B. Kapitel 4.10.6).

4.10.6 Ansprechvermögen von LiF-Thermolumineszenz-Detektoren für Röntgen-Strahlungsqualitäten in der Mammographie

B. Burgkhardt; T. Teclé, L. Büermann (PTB Braunschweig)

Zur Qualitätssicherung von Röntgenanlagen in der Mammographie werden auch Phantome mit Thermolumineszenzdetektoren (TLD) eingesetzt, die eine kontrollierende Stelle an Betreiber von Rö-Anlagen zur Exposition unter vorgegebenen Bedingungen verschickt und anschließend ausgewertet (siehe z.B. „European Protocol on Dosimetry in Mammography“; Office for Official Publications of the European Community, 1996). Die Karlsruher Messstelle für Festkörperdosimeter führt die TLD-Auswertungen für eine kontrollierende Stelle durch. Die Kalibrierung der TLD sollte in Einheiten der Luftkerma und mit Rückführbarkeit an einen Primär-Standard erfolgen.

In Zusammenarbeit mit der PTB Braunschweig (Gesch.-Zeichen: 6.203-06/02 I) wurden solche Kalibrierungen frei in Luft und an einem PMMA-Phantom in einem Meter Fokusabstand durchgeführt. Die Ergebnisse sind in der folgenden Tabelle zusammengestellt.

Sie beruhen auf den Mittelwerten der Anzeigen von je drei Detektoren, deren Standardmessunsicherheiten etwa 1% für LiF:Mg, Ti- und 2% für LiF:Mg;Cu,P-Detektoren betragen. Die Regenerierung der LiF:Mg,Ti und LiF:Mg,P,Cu erfolgte nach den Standardverfahren im Ofen bei 400 °C bzw. 240 °C, die Temperung nach Bestrahlung im Ofen bei 100 °C und die Auswertung im Handauswertegerät mit Platin-Planchet bei einer Ausheizrate von 10 °C/s (TOLEDO-Auswertegerät).

Bei der Mammographie werden Röntgenröhren mit Molybdän-Anoden zur Ausnutzung der Fluoreszenzstrahlung des Molybdän (17,5 keV) und Hochspannungen von 28 kV und 30 kV (MV28 und MV30) verwendet. Bei der Kalibrierung wurden sicherheitshalber die angrenzenden Strahlungsqualitäten MV25 und MV35 mit eingeschlossen.

		Relatives Luftkerma-Ansprechvermögen, Bezugsenergie ¹³⁷ Cs				
	Det.Name	TLD700	MTS-7	MTS-6	Mittelwert	MCP-7
	Material	⁷ LiF:Mg,Ti	⁷ LiF:Mg,Ti	⁶ LiF:Mg,Ti	LiF:Mg,Ti	⁷ LiF:Mg,Cu,P
	Größe mm	3 · 3 · 0,9	4,75Ø · 0,8	4,75Ø · 0,8		4,75Ø · 0,8
Freiluft	MV25	1,11	1,09	1,13	1,11	0,69
	MV28	1,11	1,12	1,18	1,14	0,71
	MV30	1,13	1,12	1,16	1,14	0,72
	MV35	1,16	1,14	1,20	1,17	0,76
PMMA-Phantom	MV25-P	1,05	1,02	1,09	1,05	0,66
	MV28-P	1,10	1,07	1,13	1,10	0,71
	MV30-P	1,10	1,08	1,12	1,10	0,70
	MV35-P	1,13	1,10	1,17	1,13	0,74

Tab. 4-27: Relatives Luftkerma-Ansprechvermögen von LiF-TLD für Röntgen-Strahlungsqualitäten in der Mammographie bei Exposition frei in Luft und an einem PMMA-Phantom in einem Meter Fokusabstand, bezogen auf ¹³⁷Cs-Photonen unter Elektronengleichgewicht

Die Ergebnisse zeigen, dass der Einfluss der hier verwendeten Strahlungsqualitäten auf das Ansprechvermögen der TLD wegen der dominanten Fluoreszenzstrahlung gering ist. Das in der Tendenz durchgängig geringfügig geringere Ansprechvermögen am Phantom im Vergleich zu dem der Expositionen frei in Luft kann am geringeren Ansprechvermögen der TLD gegenüber der weichen Rückstreustrahlung vom Phantom liegen. Der Kermaanteil durch Rückstreuung ist in den Referenzwerten am Phantom eingerechnet worden.

Die LiF:Mg;Cu,P-Detektoren zeigen im Vergleich zu den LiF:Mg, Ti- Detektoren erwartungsgemäß bei diesen Strahlungsqualitäten ein anderes Ansprechvermögen.

4.10.7 Erfahrungen mit (n, α)-Konvertern und Kernspurdetektoren bei langzeitigen Neutronen-Ortsdosismessungen

B. Burgkhardt, E. Rückert-Kammerichs

Zur langzeitigen Ermittlung der Neutronen-Äquivalentdosis in der Ortsdosimetrie bietet die Karlsruher Messstelle eine Moderator-Kugel von 30 cm Durchmesser mit einem Detektor für thermische Neutronen im Zentrum an. Zum einen werden LiF-Thermolumineszenzdetektoren (TLD) eingesetzt, in denen neben den Photonen die Reaktion ${}^6\text{Li}(n, \alpha){}^3\text{H}$ zu einem TI-Signal durch Neutronen führt. Genutzt wird aber auch die Kernreaktionen ${}^{10}\text{B}(n, \alpha){}^7\text{Li}$ ($E_\alpha = 1,47$ MeV) in einem dünn-schichtigen Bor-(n,α)-Konverter natürlicher Isotopenzusammensetzung Typ BN-1 der Firma Kodak in Kontakt mit einem Kernspurdetektor Makrofol DE der Firma Bayer zum Nachweis der neutroneninduzierten α-Teilchen unabhängig vom Photonenanteil im Strahlungsfeld. Die Ätzfläche ist größer als die Konverterfläche und ermöglicht so die Trennung der BG-Spuren im Detektor von denen, die vom Konverter verursacht werden.

Konverter		BN1 (Bor-Konverter) KODAK		
		PTB	TU	FZK
Dosimetrielabor		PTB	TU	FZK
Detektor		CR-39	CR-39	Makrofol
Hersteller		TASL	TASL	Bayer
Am-Be-Kalibrierfaktor für Detektoren in einer Kugel	$\mu\text{Sv}\cdot\text{cm}^2$	0,172	0,225	0,481
Spurendichte und Dosis in Kugel im Freien	cm^{-2} (μSv)	1604 (276)	1200 (270)	470 (226)
Spurendichte für 89 Tage außerhalb Kugel in UDO	cm^{-2}	1680	1115	465
BG-Spurendichte und Dosis ohne Konverter	cm^{-2} (μSv)	135 (23)	71 (16)	4,3 (2,1)

Tab. 4-28: Ergebnisse der verschiedenen Kernspurdetektorsysteme mit dem gleichen Konvertertyp BN-1

Beim Einsatz der Neutronenortsdosimeter mit Kernspur-Konverter-Kombinationen zeigten sich zunehmend viel höhere Neutronen-Äquivalentdosen als erwartet.

Zur Klärung wurden in Zusammenarbeit mit der TU Dresden und der PTB in Braunschweig zunächst die Kernspurdetektoren der drei Laboratorien (TU, PTB, FZK) mit jeweils verschiedenen Detektormaterialien und Ätzverfahren in Kontakt mit den BN-1-Konvertern in einem natürlichen

Strahlungsfeld und im Untergrundlabor für Dosimetrie und Spektrometrie der PTB („UDO“, dort vernachlässigbarer Neutronenanteil) für drei Monate exponiert. Die Detektoren waren immer durch eine Alu-Verbundhülle gut gegen Radon geschützt.

Wie die Ergebnisse in Tab. 4-28 zeigen, sind die mit Am-Be-Neutronen kalibrierten Detektoranzeigen der drei unabhängigen Systeme wesentlich höher als der Erwartungswert und fast gleich für die Exposition im UDO und im natürlichen Strahlungsfeld, d. h. die Kernspuren müssen von nicht neutroneninduzierten Teilchen aus den Konvertern stammen.

Die Spurendurchmesserverteilung (Abb. 4-20) der Karlsruher Makrofol-Detektoren nach langzeitigem Kontakt mit den BN-1-Konvertern im Vergleich zu der nach einer kurzzeitigen Kalibrierbestrahlung gibt Hinweise auf ein verändertes Energiespektrum der unerwarteten α -Teilchen als dem Konverter.

Bei Anwendung eines speziellen Ätzverfahrens, dass durch eine längere Vorätzung α -Teilchen mit Energien erst oberhalb 2 MeV nachweist, verschwinden nahezu die Spuren durch α -Teilchen niedriger Energie der ^{10}B -Reaktion, während die langfristig exponierten Detektoren weiterhin eine hohe Spurendichte zeigen. Die Teilchen aus dem BN-1-Konverter müssen also höhere Energien als etwa 2 MeV besitzen.

Daraufhin durchgeführte Langzeitexpositionen aller Bor-Konverter in einer Borabschirmung in der Messstelle ergaben für die meisten einen Background von $4,9 \pm 0,5$ Spuren pro cm^{-2} und Tag, aber nur für wenige den gewünschten Background von $0,3 \pm 0,08 \text{ d}^{-1} \cdot \text{cm}^{-2}$. Mit diesen Konvertern sind offensichtlich die erfolgreichen Langzeitmessungen kleiner Neutronendosen in der Vergangenheit durchgeführt worden.

Zur Ermittlung der α -Aktivität und der α -Energie der BN-1-Konverter wurden acht Silicon-Sperrschichtdetektoren mit einer Detektorfläche von je $2,5 \text{ cm}^2$ gleichzeitig über mehrere Tage eingesetzt. Die Gesamt- α -Aktivität der BN-1-Konverter im α -Energiebereich von 2,5 MeV bis 7,5 MeV betrug für einen Teil der Konverter $10,3 \pm 0,5$ α -Teilchen pro Tag und Quadratzentimeter, für einen zweiten Teil hingegen nur $0,7 \pm 0,04 \text{ d}^{-1} \text{ cm}^{-2}$. Die fast doppelt so hohen Werte im Vergleich zu denen der Ätz-Kernspurdetektoren erklären sich mit dem größeren α -Energiefenster der Sperrschichtdetektoren.

Eine eindeutige Nuklididentifikation gelang nicht über das aufsummierte α -Spektrum aller Messungen, jedoch konnte mit einem untergrundarmen Reinstgermanium- γ -Spektrometriesystem der PTB im Untergrundlabor „UDO“ mit einer Messung über acht Tage mit deutlicher statistischer Signifikanz ^{228}Ra über dessen kurzlebige Folgeprodukte in BN-1-Konverterscheiben nachgewiesen werden. Die Gesamtaktivität an ^{228}Ra in den zwei Konverterscheiben von insgesamt 100 cm^2 betrug $(10 \pm 6) \text{ mBq}$ (erweiterte Standardunsicherheit, $k = 2$). Konzentrationen des natürlichen ^{228}Ra -in der gefundenen Größenordnung finden sich in vielen Materialien.

Bis der Messstelle kontaminationsarme Konvertoren in ausreichender Zahl zur Verfügung stehen, werden LiF-TLD eingesetzt. In Strahlungsfeldern mit geringen Photonenanteil wird damit eine Nachweisgrenze der Neutronen-Äquivalentdosis von etwa $50 \mu\text{Sv}$ bei halbjährlicher Exposition erreicht. Aber auch bei TLD sind für einen Langzeiteinsatz besondere Qualitätsanforderungen zu stellen, denn eine langjährig akkumulierte Dosisanzeige durch Neutronen von nur 50 mSv täuscht durch das im Detektor gebildete Tritium bei einer Exposition von einem Jahr eine Neutronenanzeige von etwa $5 \mu\text{Sv}$ vor.

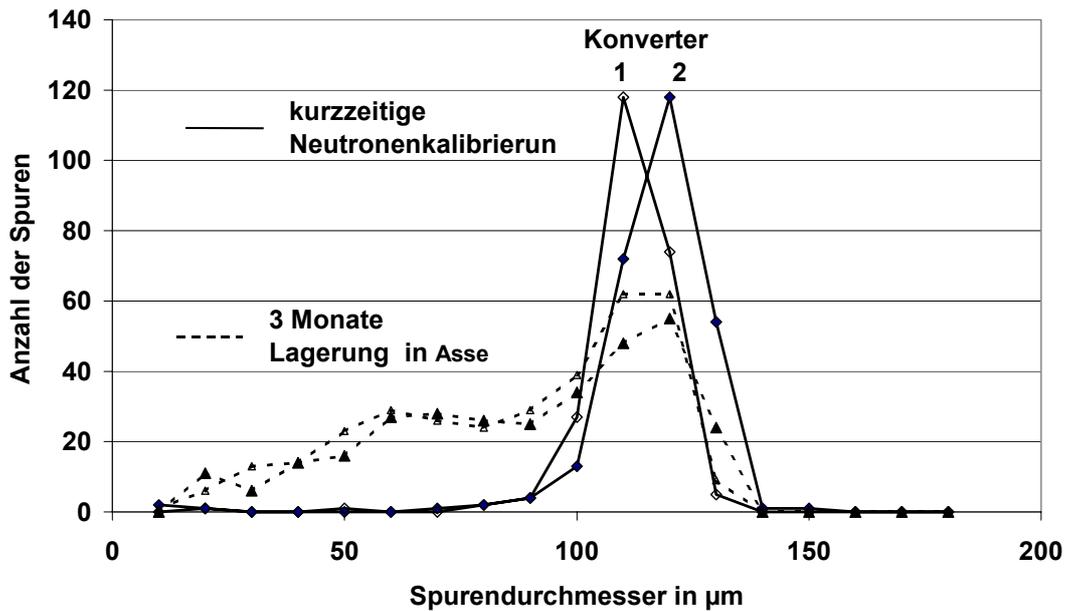


Abb. 4-20: Spurendurchmesseranalyse der unbestrahlten und neutronenbestrahlten Karlsruher Makrofol-Detektoren in Kontakt mit den BN-1-Konvertern

- 5 Umweltschutz
- 5.1 Administrativer Umweltschutz
- 5.1.1 Beauftragte im Umweltschutz

J. Brand, K. Dettmer

Das Forschungszentrum Karlsruhe ist im Bereich des betrieblichen Umweltschutzes zur Bestellung von Betriebsbeauftragten verpflichtet. Es handelt sich um die Beauftragtenfunktionen der Rechtsgebiete Abfall, Gefahrgut, Gewässerschutz und Immissionsschutz. Diese vier Funktionen wurden im Berichtsjahr innerhalb der Gruppe „Beauftragte im Umweltschutz“ der Abteilung „Technisch administrative Beratung und Genehmigungen“ von zwei Mitarbeitern wahrgenommen. Jeweils in Personalunion erfüllen der Gefahrgut- und Abfallbeauftragte sowie der Gewässerschutz- und Immissionsschutzbeauftragte die gesetzlichen Pflichten, die sich insbesondere aus dem Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz (KrW-/AbfG), der Gefahrgutbeauftragtenverordnung (GbV), dem Wasserhaushaltsgesetz (WHG) und dem Bundesimmissionsschutzgesetz (BImSchG) ergeben. Die Gruppe ist organisatorisch in die Hauptabteilung Sicherheit (HS) eingebunden, so dass zum einen der rechtlichen Forderung nach Zusammenarbeit im Arbeits- und Umweltschutzbereich Rechnung getragen wird, zum anderen die Umweltschutzbeauftragten rechtzeitig in genehmigungsrelevante Vorhaben des Forschungszentrums eingebunden sind.

Die gesetzlich geforderten Aufgaben der Betriebsbeauftragten im Umweltschutz betreffen Kontrolle und Überwachung, Beratung, Information und Dokumentation. Zusätzlich werden von den Umweltschutzbeauftragten Aufgaben zur Umsetzung der Gefahrstoffverordnung wahrgenommen sowie die wiederkehrenden Prüfungen innerhalb des Zentrums überwacht.

5.1.2 Wiederkehrende Prüfungen

K. Dettmer, H.-J. Henkenhaf

Um die technische Betriebssicherheit zu gewährleisten, müssen eine Vielzahl von Anlagen, Anlagenteilen, Maschinen und Gegenständen in regelmäßigen Zeitintervallen wiederkehrend geprüft werden. Die Prüferfordernis kann sich beispielsweise aus Rechtsnormen, Unfallverhütungsvorschriften oder aber auch unmittelbar aus Genehmigungsaufgaben ergeben.

Wiederkehrende Prüfungen erfolgen in allen Organisationseinheiten des Zentrums. Die Hauptabteilung Sicherheit war bis Mitte des Berichtsjahres mit sämtlichen übergeordneten Kontroll-, Überwachungs- und Steuerungsaufgaben für die Wiederkehrenden Prüfungen betraut. Ab der zweiten Jahreshälfte 2001 fand eine Trennung und Neuorganisation der mit den Wiederkehrenden Prüfungen zusammenhängenden Aufgaben statt. Den Part der Kontrolle, der Überwachung und des Mahnwesens übernimmt die Hauptabteilung Sicherheit weiterhin, die Aufgaben der Steuerung und der Datenverwaltung wurden dem Bereich Technische Infrastruktur übertragen. Die betrieblichen Änderungen schlossen auch eine komplette Neuprogrammierung des Datenbankprogramms ein. Die Daten wurden in ein SAP-Modul überführt, das bereits seit längerer Zeit für die Steuerung der Wartung und Instandhaltung infrastruktureller Anlagen erfolgreich zum Einsatz kommt.

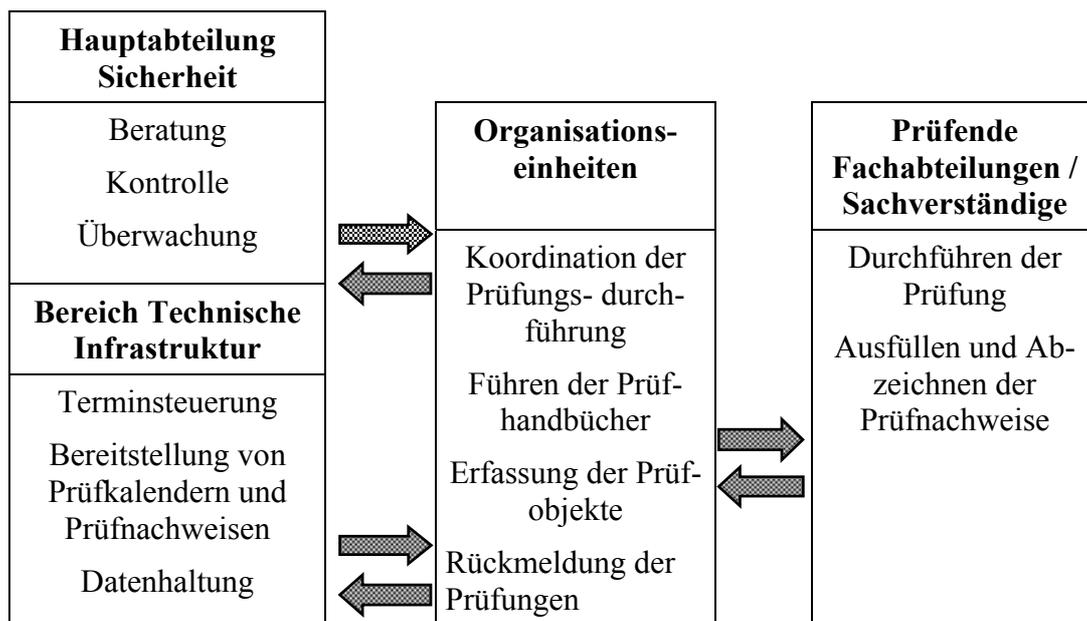


Abb. 5-1: Wiederkehrende Prüfungen – Aufgabenverteilung und Informationsfluss

Das Datenbank-System sichert die Einhaltung der vorgeschriebenen Prüfintervalle sowie die Terminsteuerung und erleichtert die Nachweisführung gegenüber den Behörden. Zur Terminierung und Dokumentation der Prüfungen werden Prüfnachweise erstellt und an die verantwortlichen Organisationseinheiten gesendet. Diese erhalten außerdem jährlich Prüfkalender und werden bei Bedarf monatlich auf überfällige Prüftermine hingewiesen.

In Abb. 5-1 sind die neue Aufgabenverteilung sowie der Informationsfluss bei der Durchführung von wiederkehrenden Prüfungen dargestellt.

Zusätzlich zu den Dokumenten, die mit Hilfe des Systems in Papierform erstellt und über den Postweg verteilt werden können, besteht eine Vielzahl von direkten Auswertungsmöglichkeiten der Datenbank auf elektronischem Wege. Diese Dienste lassen sich dezentral nutzen und ermöglichen Per-

sonen, die in den Organisationseinheiten für die Wiederkehrenden Prüfungen zuständig sind, eine schnelle und zuverlässige Information über anstehende Prüftermine.

Die Einführungs- und Erprobungsphase des neuen Systems konnte im Berichtsjahr erfolgreich durchlaufen werden. Die Qualität der geführten Objekt-Daten ließ sich im Zuge der Neuorganisation verbessern.

5.1.3 Umsetzung der Gefahrstoffverordnung

K. Dettmer, P. Kraft

Die Gefahrstoffverordnung fordert im Rahmen der Ermittlungspflichten des Arbeitgebers die Erstellung und Führung eines Gefahrstoffkatasters. Darüber hinaus sind die Mitarbeiter, die mit Gefahrstoffen umgehen, über deren gefährliche Eigenschaften sowie über die anzuwendenden Schutzmaßnahmen zu unterrichten. In diesem Zusammenhang müssen Sicherheitsdatenblätter bereitgehalten und arbeitsplatz- und stoffbezogene Betriebsanweisungen zu den verwendeten Gefahrstoffen erstellt werden.

In den letzten Jahren wurde durch eine Arbeitsgruppe, die sich aus Mitarbeitern verschiedener Organisationseinheiten zusammensetzte, ein Konzept für die zentrumsweite Erfassung und Buchführung von Gefahrstoffen entwickelt. Mittlerweile steht den Vorgesetzten und Mitarbeitern ein Datenbank-Programm zur Verfügung, das Chemikalien mit gefährlichen Eigenschaften und andere Gefahrstoffe registrieren kann. Die Stoffe werden dazu im Rahmen der Bestellung erfasst und die entsprechenden Beschaffungsanforderungen und Materialentnahmescheine für Lagerentnahmen elektronisch erzeugt. Im Rahmen mehrerer Informationsveranstaltungen wurden die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter über die Anwendung des Werkzeugs unterrichtet. Bei zentrumsweiter Nutzung kann eine Bilanzierung der Stoffe unter sicherheitstechnischen Aspekten zentral für alle Gefahrstoffe in den Organisationseinheiten durchgeführt werden.

Im Berichtszeitraum wurden die Sicherheitsdatenblätter der im Zentrum vorhandenen Stoffe in einer zentralen Datenbank bei HS fortlaufend aktualisiert. Die Datenbank, deren Inhalt aus unterschiedlichen Informationsquellen zusammengestellt wurde, steht neben den kommerziell erhältlichen Datenbanken den Stoffinformationen der Chemikalienhersteller an zentraler Stelle zur Verfügung und kann zur allgemeinen Information über Gefahrstoffe sowie zur Erstellung von gefahrstoff- und arbeitsplatzbezogenen Betriebsanweisungen herangezogen werden. Die EG-Sicherheitsdatenblätter aus dieser Datenbank können von den Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern des Forschungszentrums über das Intranet abgerufen werden. Als zentrale Dienstleistung werden außerdem Gebindekennzeichnungen für den Umgang (Gefahrstoffetiketten) und schriftliche Weisungen für Fahrzeugführer beim Gefahrguttransport (Unfallmerkblätter) erstellt.

5.1.4 Gefahrguttransporte und Gefahrgutumschlag

J. Brand

Das Forschungszentrum ist an der Beförderung gefährlicher Güter in mehreren Funktionen beteiligt. Dies hat zur Folge, dass Pflichten für die Transportvorbereitung (Auftraggeber bzw. Versender, Verpacker, Verlader) und für die Transportnachbereitung (Empfänger) wahrgenommen werden müssen. Die Beförderungen finden mit den Verkehrsträgern Straße, Schiene und Luftverkehr, gelegentlich auch im Seeverkehr statt. Der Versand bezieht sich auf fast alle Klassen gefährlicher Güter, ausgenommen sind die Explosivstoffe der Klasse 1 und die ansteckungsgefährlichen Stoffe der Klasse 6.2.

Aus praktischen Gründen lassen sich die Aktivitäten des Forschungszentrums an der Gefahrgutbeförderung in den Umschlag radioaktiver Gefahrgüter der Klasse 7 und den Umschlag sonstiger nicht-radioaktiver Gefahrgüter unterteilen. Obwohl die Vorschriften für alle Gefahrgutklassen strukturell gleich sind, ist die Beförderung von Gütern der Klasse 7 jedoch aufgrund der besonderen Eigenschaft radioaktiver Stoffe an besondere technische und organisatorische Voraussetzungen geknüpft. In erster Linie sind davon die materiellen Verpackungs- und Versandanforderungen betroffen.

Deshalb wurden im Forschungszentrum alle Tätigkeiten, die mit der Beförderung von Gefahrgut zusammenhängen, auf wenige ausgewiesene Organisationseinheiten bzw. Abteilungen konzentriert. Dies ist nicht zuletzt aufgrund der hohen rechtlichen und sicherheitstechnischen Anforderungen und der notwendigen umfangreichen Fachkenntnisse des am Gefahrguttransport beteiligten Personals sowie dem damit verbundenen Informations- und Schulungsbedarf sinnvoll.

Für die Beförderung radioaktiver Gefahrgüter der Klasse 7 ist die Abwicklung ausgehender Transporte beschränkt auf die Beförderungsleitstelle der Hauptabteilung Dekontaminationsbetriebe (HDB). Die Beförderungsleitstelle organisiert und koordiniert die Versandvorbereitungen und stellt die Einhaltung der das Forschungszentrum betreffenden Pflichten der Gefahrgutvorschriften sicher. Alle Organisationseinheiten, die radioaktive Stoffe versenden wollen, sind angewiesen, dies über die Beförderungsleitstelle der Hauptabteilung Dekontaminationsbetriebe durchzuführen. Hierzu liegen verbindlich anzuwendende Verfahrensanweisungen vor. Lediglich der Versand von radioaktiven Präparaten für die nuklear-medizinische Diagnostik sowie aktivierter Maschinenteile der Hauptabteilung Zyklotron (HZY) wird ohne Beteiligung der HDB-Beförderungsleitstelle durch HZY selbst abgewickelt.

Für Beförderungen radioaktiver Stoffe, die das Forschungszentrum verlassen, werden zuverlässige Transportunternehmen mit - sofern erforderlich - entsprechender Beförderungsgenehmigung beauftragt. Insgesamt wurden von der Hauptabteilung Dekontaminationsbetriebe (HDB) 181 An- und Abtransporte über die Verkehrsträger Straße und Schiene abgewickelt (teilweise mit anschließendem Lufttransport). Durch die Hauptabteilung Zyklotron wurden mehr als 1450 Sendungen von Isotopen oder radioaktiven Maschinenteilen vorbereitet und zur Beförderung übergeben. Diese erfolgten überwiegend auf der Straße mit Pkw oder Kleintransportern zu den Kunden bzw. in bestimmten Fällen zu Flughäfen für die sich anschließende Weiterbeförderung im Luftverkehr.

Der Transport radioaktiver Stoffe innerhalb des Betriebsgeländes ist durch die interne Transportordnung (ITO) als Bestandteil der atomrechtlichen Genehmigung des Forschungszentrums geregelt.

Die Beförderungsvorbereitung und der Versand nicht-radioaktiver Gefahrgüter findet durch die Hauptabteilung Einkauf und Materialwirtschaft (EKM-MW) statt, im Falle von gefährlichen, nicht-radioaktiven Abfällen werden die entsprechenden Tätigkeiten durch die Abfallwirtschaftszentrale (BTI-V) des Forschungszentrums wahrgenommen. Der Empfang von gefährlichen Gütern erfolgt über den Wareneingang beim Chemikalienlager. Von dort werden die Güter ausschließlich in Originalverpackungen unterschiedlicher Größe innerbetrieblich weitertransportiert und verteilt. Eingehende Tanktransporte und Anlieferungen von Druckgasflaschen bedienen direkt die Entladeeinrichtungen bei den Organisationseinheiten.

Die Ausgabe von Feinchemikalien beim Chemikalienlager erfolgt nur, wenn der Abholer einen speziell für den innerbetrieblichen Transport vorgesehenen Behälter verwendet. Dieser kann über das Hauptlager bezogen werden. Nach Nutzung oder Verbrauch fallen in der Regel die meisten der eingebrachten Güter als Abfall oder als Abwasser an. Lediglich ein geringer Teil wird zur direkten internen Weiterverwendung abgegeben. Teilweise findet ein Versand von Gefahrgüter an externe Einrichtungen (Kunden, Messlabors usw.) statt.

Im Berichtsjahr wurden rund 270 Antransporte von Gasen in Druckbehältern oder Tankfahrzeugen und anschließendem Abtransport von leeren ungereinigten Gefäßen oder Tankfahrzeugen (ebenfalls Gefahrguttransporte) abgewickelt. Hinzu kamen etwa 120 Anlieferungen von Feinchemikalien, technischen Chemikalien und Heizöl. Über die Abfallwirtschaftszentrale wurden 33 Abtransporte von gefährlichen Abfällen (als Gefahrgut) durchgeführt. Insgesamt wurden etwa 2800 Mg nicht-radioaktiver Gefahrgüter umgeschlagen.

Im Berichtszeitraum kam es zu einem einzigen Unfall beim Empfang von Schwefelwasserstoffgas in einer Druckgasflasche, von dem mehrere Personen von EKM-MW sowie zwei Fremdfirmenmitarbeiter betroffen waren und medizinisch untersucht werden mussten. Bei der Anlieferung kam es infolge des nicht vollständig geschlossenen Ventils der Druckgasflasche zu einer geringen Freisetzung des sehr giftigen und hochentzündlichen Gases. Durch die Werksfeuerwehr konnte die Ursache unmittelbar behoben werden, der Druckbehälter wurde durch den Hersteller geborgen. EKM-MW hat daraufhin weitere organisatorische Maßnahmen zur Erhöhung der Sicherheit beim Empfang von Gefahrgütern getroffen. Insgesamt wurden im Berichtszeitraum rund 80 Einzelvorgänge zum Gefahrgutumschlag durch den Gefahrgutbeauftragten kontrolliert. Einige besondere Ereignisse oder Mängel wurden bei der Anlieferung bzw. Annahme radioaktiver Stoffe bei der Beförderungsleitstelle bzw. bei nicht-radioaktiven Gefahrgütern bei EKM-MW (Wareneingang) sowie bei innerbetrieblichen Transporten festgestellt. Die Mängel wurden den Verantwortlichen der Hersteller, Lieferanten und Speditionen mit der Maßgabe zur Beseitigung mitgeteilt.

Bei zwei Antransporten zur Hauptabteilung Dekontaminationsbetriebe (HBD) waren Mängel zu beanstanden, die sich auf mangelhafte Ladungssicherung bzw. fehlerhafte Kennzeichnung bezogen. Insgesamt gab es jedoch wenig Anlass zu Beanstandungen. Allgemein ist ein hohes Sicherheitsniveau festzustellen, das zurückgeführt werden kann auf eine transparente Organisation, die intensive Beratungstätigkeit und Informationsvermittlung sowie die intensive und vertrauensvolle Zusammenarbeit der Verantwortlichen (beauftragten Personen) und der ausführenden Mitarbeiter mit dem Gefahrgutbeauftragten.

Die ein- und ausgehenden Beförderungen gefährlicher Güter 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 wurden die Verfahrensanweisungen für die Annahme und den Abtransport radioaktiver Stoffe weiter überarbeitet und angepasst.

Die Aufbauorganisation zur Beteiligung des Forschungszentrums an der Beförderung gefährlicher Güter wird regelmäßig im Jahresbericht des Gefahrgutbeauftragten dokumentiert. Die Ablauforganisation ist überwiegend in Arbeits- und Verfahrensanweisungen festgeschrieben. Soweit keine besonderen Verfahrens- und Arbeitsanweisungen zur Gefahrgutbeförderung existieren, ist die Organisation in Strahlenschutz- bzw. sonstigen Arbeitsanweisungen eingearbeitet.

Auf Grund der sich permanent ändernden Vorschriften für die Beförderung gefährlicher Güter im Straßen-, Schienen- und Luftverkehr wird eine intensive Beratungs-, Informations- und Schulungstätigkeit verfolgt. Aufgrund der größeren strukturellen und inhaltlichen Änderungen der Vorschriften im Berichtszeitraum wurden alle am Gefahrgutumschlag beteiligten Mitarbeiter der Abfallwirtschaftszentrale (BTI-V), von EKM, HZY, HS-ÜM sowie der HDB tätigkeitsbezogen geschult und auf die neuen gefahrgutrechtlichen Anforderungen vorbereitet.

Eine wesentliche Neuerung bei der Beförderung radioaktiver Stoffe besteht in der Forderung, ein Strahlenschutzprogramm zu erstellen und fortzuführen, das die beförderungsrelevanten Strahlenschutzmaßnahmen in systematischer Zusammenstellung enthält. In Zusammenarbeit mit allen betroffenen Organisationseinheiten wurde ein solches Programm erarbeitet, das insbesondere auf die

bestehenden Strahlenschutzmaßnahmen für den Umgang mit radioaktiven Stoffen abgestimmt wurde.

Die ständigen Änderungen und Neuerungen der Regelungen zum Gefahrguttransport werden auch künftig eine intensive Informationstätigkeit erfordern mit dem Ziel, bei allen am Gefahrgutumschlag beteiligten Mitarbeitern ein hohes Maß an Fachwissen und einen Diskussionsrahmen für auftretende Probleme aller Art im Zusammenhang mit dem Gefahrgutumschlag zu gewährleisten.

5.1.5 Abfallwirtschaft

J. Brand

Der Vollzug und die Umsetzung der Vorschriften des Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetzes (KrW-/AbfG) sowie des untergesetzlichen Regelwerkes standen weiterhin im Vordergrund der Tätigkeiten zur Abfallwirtschaft. Von besonderer Bedeutung waren hierbei

- die Abgrenzungsproblematik Abfall und Produkt sowie Verwertung und Beseitigung,
- die Abfallbestimmung nach der europäischen Abfallnomenklatur, insbesondere durch die Vorgaben des europäischen Abfallkataloges und dessen Überführung in deutsches Recht in Form der Abfallverzeichnisverordnung (AVV).
- die Nachweisführung für Abfälle, die von Lieferanten auf Grund einer Rücknahmeverordnung oder auf freiwilliger Basis zurückgenommen werden sowie
- die verwaltungstechnischen Abläufe zu den Nachweisverfahren insbesondere zum Verbleib der besonders überwachungsbedürftigen Abfälle.

Die Organisation der Abfallwirtschaft des Forschungszentrums, mit der Übertragung aller abfallwirtschaftlich relevanten Aufgaben und abfallrechtlich erforderlichen Pflichten auf die Abfallwirtschaftszentrale (Bereich Technische Infrastruktur – Ver- und Entsorgung – BTI-V), hat sich hierbei erneut in besonderer Weise bewährt. Das dort beschäftigte, fachkundige Personal bewältigt die gestellten Aufgaben, insbesondere auch auf Grund der intensiven Zusammenarbeit mit HS-TBG, effektiv 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.

Die Art und Menge der im Berichtszeitraum entsorgten nicht-radioaktiven Abfälle des Forschungszentrums sind nach den Entsorgungsarten Beseitigung und Verwertung in nachstehenden Tabellen aufgeführt.

Im Berichtszeitraum zeigte sich, wie in den Vorjahren, dass durch verbesserte Sortierleistung bei der Erfassung qualitativ hochwertige Verwertungswege, die auch wirtschaftlich sind, eingeschlagen werden konnten. Die Umsetzung der umfangreichen Anforderungen im Bereich des Abfallrechts erforderten im Berichtszeitraum einen hohen Aufwand für den Informationsaustausch und für die Kommunikation mit externen Entsorgern und Behörden.

Die bislang unterschiedlichsten Formen der Abweichung von den vorgeschriebenen Nachweisverfahren, insbesondere bei der Rücknahme ge- bzw. verbrauchter Produkte als besonders überwachungsbedürftige oder überwachungsbedürftige Abfälle zur Verwertung oder Beseitigung (z.B. Altbatterien oder Altchemikalien) sind nun teilweise legitimiert. So ist durch eine entsprechende Änderung der Nachweisverordnung (§ 1 Abs. 3 NachwV) bei einer verordneten Rücknahme oder Rückgabe nach § 24 KrW-/AbfG (z.B. durch BattV) keine Nachweisführung für den Abfallerzeuger mehr erforderlich. Unabhängig davon wird der Verbleib dieser Abfallströme durch den Abfallbeauftragten überwacht.

Abfallbezeichnung	Abfallschlüssel-Nr.	Menge [Mg]
Andere Säuren	06 01 06*	5,9
Abfälle aus der Asbestverarbeitung	06 13 04*	4,7
Entwickler und Aktivatorlösungen auf Wasserbasis	09 01 01*	2,0
Fixierbäder	09 01 04*	1,2
Schlämme aus Öl-/Wasserabscheidern	13 05 02*	6,0
Schlämme aus Einlaufschächten	13 05 03*	1,4
Auskleidungen und feuerfeste Materialien aus nichtmetallurgischen Prozessen mit Ausnahme derjenigen, die unter 16 11 05 fallen	16 11 06	9,9
Anderes Dämmmaterial, das aus gefährlichen Stoffen besteht oder solche Stoffe enthält	17 06 03*	26,7
Dämmmaterial mit Ausnahme desjenigen, das unter 17 06 01 und 17 06 03 fällt	17 06 04	11,0
Asbesthaltige Baustoffe	17 06 05*	32,2
Gemischte Bau- und Abbruchabfälle mit Ausnahme derjenigen, die unter 17 09 01, 17 09 02 und 17 09 03 fallen	17 09 04	174,8
Gemischte Siedlungsabfälle	20 03 01	394,2
Summe		670,0

(*) besonders überwachungsbedürftige Abfälle

Tab. 5-1: Abfälle zur Beseitigung 2002

Im Berichtszeitraum kam es weder zu Unfällen noch zu sonstigen Zwischenfällen, bei denen Personen zu Schaden kamen, oder die Abfallentsorgung grob fehlerhaft durchgeführt wurde. Probleme und Beanstandungen bei der Entsorgungsabwicklung traten gelegentlich im Rahmen von Baumaßnahmen bzw. bei der Überlassung von Abfällen im Rahmen von Wartungsarbeiten auf. Ursachen hierfür waren insbesondere die Nichteinhaltung der organisatorischen Regelungen zur Abfallentsorgung des Forschungszentrums. Die Betroffenen wurden jeweils individuell auf die Notwendigkeit einer zentralen Entsorgung und die Einhaltung der entsprechenden Regularien hingewiesen.

Abfallbezeichnung	Abfallschlüssel-Nr.	Menge [Mg]
Schlämme aus der betriebseigenen Abwasserbehandlung (Fettabscheiderinhalte)	02 02 04	28,6
Sägemehl, Späne, Abschnitte, Holz, Spanplatten und Furniere mit Ausnahme derjenigen, die unter 03 01 04 fallen	03 01 05	2,6
Salpetersäure und salpetrige Säure	06 01 05*	7,4
Quecksilberhaltige Abfälle	06 04 04*	0,4
Halogenorganische Lösemittel, Waschflüssigkeiten und Mutterlaugen	07 01 03*	2,2
Wässrige Waschflüssigkeiten und Mutterlaugen	07 07 01*	2,8
Andere organische Lösemittel, Waschflüssigkeiten und Mutterlaugen	07 07 04*	1,3
Tonerabfälle mit Ausnahme derjenigen, die unter 08 03 17 fallen	08 03 18	0,9
Filme und fotografische Papiere, die Silber oder Silberverbindungen enthalten	09 01 07	0,5
Halogenfreie Bearbeitungsemulsionen und -lösungen	12 01 09*	12,3
Strahlmittelabfälle mit Ausnahme derjenigen, die unter 12 01 16 fallen	12 01 17	10,7
nichtchlorierte Maschinen-, Getriebe- und Schmieröle auf Mineralölbasis	13 02 05*	12,3
Gemischte Verpackungen	15 01 06	24,4
Verpackungen, die Rückstände gefährlicher Stoffe enthalten oder durch gefährliche Stoffe verunreinigt sind (Metall- und Kunststoffbehälter)	15 01 10*	3,3
Aufsaug- und Filtermaterialien (einschließlich Ölfilter a.n.g.), Wischtücher und Schutzkleidung, die durch gefährliche Stoffe verunreinigt sind	15 02 02*	8,4
Altreifen	16 01 03	1,6
Gebrauchte Geräte, die teil- und vollhalogenierte Fluorchlorkohlenwasserstoffe enthalten	16 02 11*	0,3
Gebrauchte Geräte mit Ausnahme derjenigen, die unter 16 02 09 bis 16 02 13 fallen	16 02 14	54,0
Bleibatterien	16 06 01*	36,1
Alkalibatterien (außer 16 06 03)	16 06 04	2,2
Beton	17 01 01	10790,4
Glas (Fensterglas)	17 02 02	38,6

Abfallbezeichnung	Abfallschlüssel-Nr.	Menge [Mg]
Glas, Kunststoff und Holz, die gefährliche Stoffe enthalten oder durch gefährliche Stoffe verunreinigt sind	17 02 04*	3,0
Kohlenteerhaltige Bitumengemische	17 03 01*	51,0
Kabel mit Ausnahme derjenigen, die unter 17 04 10 fallen	17 04 11	4,0
Gemischte Bau- und Abbruchabfälle mit Ausnahme derjenigen, die unter 17 09 01, 17 09 02 und 17 09 03 fallen	17 09 04	68,2
Rost- und Kesselaschen sowie Schlacken mit Ausnahme derjenigen, die unter 19 01 11 fallen	19 01 12	54,5
Sieb- und Rechenrückstände (Kanal- und Sielabfälle)	19 08 01	21,5
Schlämme aus der Behandlung von kommunalem Abwasser	19 08 05	42,2
Schlämme aus einer anderen Behandlung von industriellem Abwasser mit Ausnahme derjenigen, die unter 19 08 13 fallen	19 08 14	65,4
Papier und Pappe/Karton (Altpapier, Kartonagen)	20 01 01	418,1
Glas (Altglas, Laborglas)	20 01 02	21,0
Biologisch abbaubare Küchen- und Kantinenabfälle	20 01 08	10,6
Leuchtstoffröhren und andere quecksilberhaltige Abfälle	20 01 21*	2,1
Holz mit Ausnahme desjenigen, das unter 20 01 37 fällt	20 01 38	168,0
Kunststoffe	20 01 39	27,3
Metalle	20 01 40	549,1
Kompostierbare Abfälle (Gras- und Sträucherabfälle)	20 02 01	274,3
Summe		12821,5

(*) besonders überwachungsbedürftige Abfälle

Tab. 5-2: Abfälle zur Verwertung 2002

Entsprechend der Abfallwirtschaftskonzept- und Abfallbilanzverordnung wurde die Abfallbilanz des Forschungszentrums für das Jahr 2002 erstellt. Diese gemeinsame Bilanz des Forschungszentrums Karlsruhe GmbH, der Wiederaufarbeitungsanlage Karlsruhe Betriebsgesellschaft mbH, des Europäischen Instituts für Transurane und der Interessengemeinschaft Kraftfahrzeuge des Forschungszentrums dokumentiert den Anfall nach Art und Menge sowie die Entsorgung nach Entsorgungsweg und -anlage der besonders überwachungsbedürftigen und überwachungsbedürftigen Abfälle auf dem Betriebsgelände. Das laufende Abfallwirtschaftskonzept des Forschungszentrums für den Zeitraum 2000-2004 ist ebenfalls als gemeinsames Konzept ausgearbeitet.

5.1.6 Immissionsschutz

K. Dettmer

Das Forschungszentrum Karlsruhe betreibt eine Anzahl immissionsschutzrechtlich relevanter Anlagen, die zum Teil der Genehmigungspflicht nach dem Bundesimmissionsschutzgesetz (BImSchG) unterliegen. Letztere sind für den betrieblichen Immissionsschutz von besonderer Bedeutung. Im Berichtszeitraum wurden fünf entsprechende Anlagen betrieben. Es handelt sich dabei um die Verbrennungsanlage der Hauptabteilung Dekontaminationsbetriebe (HDB), die Versuchsverbrennungsanlage TAMARA und die Versuchsverbrennungsanlage THERESA des Instituts für Technische Chemie, das Abfallzwischenlager sowie das Fernheizwerk mit Blockheizkraftwerk.

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 mit Blockheizkraftwerk	-	Änderungsgenehmigung nach § 15 BImSchG

Tab. 5-3: Immissionsschutzrechtlich genehmigungspflichtige Anlagen des Forschungszentrums

Für die drei Verbrennungsanlagen sowie das Abfallzwischenlager fordert der Gesetzgeber die Bestellung eines Immissionsschutzbeauftragten. Die Tab. 5-3 zeigt den im Berichtszeitraum vorliegenden Genehmigungsstatus der Anlagen.

Die Verbrennungsanlage der Hauptabteilung Dekontaminationsbetriebe, bestehend aus einer Schachtofenanlage mit Nachbrennkammer zur Verbrennung von festen und flüssigen Abfällen, erfüllte die Forderungen der 17. BImSchV und hielt die vorgeschriebenen Grenzwerte ein (vergl. Abschnitt 4.2.1.2.1).

Beim Betrieb der Versuchsanlagen TAMARA und THERESA des Instituts für Technische Chemie konnten die vorgeschriebenen Grenzwerte mit Ausnahme des Parameters Kohlenmonoxid (CO) wie auch in den vergangenen Betriebsjahren deutlich unterschritten werden. Im Falle des CO ließ sich der Grenzwert nicht halten, da Regelbetriebszeiten der Anlagen im Vergleich zu den jeweiligen mit einer erhöhten CO-Emission verbundenen Einfahrphasen sehr kurz sind, woraus sich, gerechnet auf die Gesamtbetriebszeit, im Mittel eine höhere CO-Emission ergibt. Ein entsprechender Änderungsantrag zur Berücksichtigung dieses Umstands liegt der Behörde vor (vergl. Abschnitt 4.2.1.2.2).

Die Versuchsanlage zur Verbrennung von Sonderabfällen THERESA befand sich im Berichtszeitraum im kampagnenweisen Abnahmebetrieb. Es wurden Tests mit verschiedenen Brenn- und Zusatzstoffen zur Funktionsprüfung einzelner Anlagenkomponenten und zur Ermittlung der verfahrenstechnischen Merkmale der Anlage durchgeführt.

Die Wärmeversorgungsanlagen des Zentrums, das Fernheiz- und das Blockheizkraftwerk arbeiteten im Berichtszeitraum vorschriftsmäßig und hielten die vorgegebenen Grenzwerte ein. Die Stickoxidemissionen des Blockheizkraftwerks konnten aufgrund von Verbesserungen im Bereich der Eindüsung von Wasser in den Verbrennungsraum im Vergleich zum Vorjahr reduziert werden.

Zur Erfüllung der gesetzlich vorgeschriebenen Kontrollpflichten des Immissionsschutzbeauftragten wurden regelmäßige Begehungen der immissionsschutzrechtlich relevanten Anlagen durchgeführt und Informationen mit den Betreibern über gesetzliche Rahmenbedingungen, Anlagenänderungen und aktuelle Betriebserfahrungen ausgetauscht. Als Grundlage für die Kontrollen dienten die Genehmigungen, Auflagen sowie die vorhandenen gutachterlichen Überwachungsprotokolle.

5.1.7 Gewässerschutz

K. Dettmer

Das Forschungszentrum Karlsruhe betreibt ein umfangreiches Trennkanalisationssystem für häusliches Schmutzwasser, Abwasser aus Werkstätten, Labors und technischen Bereichen sowie Regenwasser. Als Vorfluter für die Ableitung des Regenwassers dient der Hirschkanal. Die beiden erstgenannten Abwasserarten werden in zwei separaten Kläranlagen, der Biologischen und der Chemischen Kläranlage gereinigt. Das gereinigte Abwasser aus den Kläranlagen wurde bis zum Beginn des Berichtsjahrs in den Rheinniederungskanal abgeleitet, wobei hier eine Befristung der Einleiterlaubnis bis zum 31.12.2002 bestand.

Das Forschungszentrum Karlsruhe errichtete für die Ableitung des behandelten Abwassers aus den Kläranlagen eine verlängerte Vorflutleitung in den Rhein. Die Fertigstellung und Freigabe der Vorflutleitung mit ihren erforderlichen technischen Einrichtungen konnte bis Mai 2001 erfolgreich abgeschlossen werden, so dass bereits ab diesem Zeitpunkt keine Einleitung des Forschungszentrums Karlsruhe mehr in den Rheinniederungskanal erfolgte, sondern das Wasser aus den Klärwerken direkt in den Rhein geleitet wurde.

Im Berichtszeitraum konnten die Bedingungen und Auflagen aus der wasserrechtlichen Erlaubnis und Genehmigung ohne Beanstandung eingehalten werden. Es fand außerdem die innerbetriebliche Umsetzung der im Berichtsjahr in Kraft getretenen Novelle der Eigenkontrollverordnung von Baden-Württemberg statt. Die beiden Kläranlagen arbeiteten bestimmungsgemäß. Die routinemäßigen Prüfungen sowie die Wartungs- und Reinigungsarbeiten an den Abwassernetzen wurden entsprechend der Vorschriften durchgeführt.

Neben den Überwachungsaufgaben an den Abwassersystemen fanden im Rahmen des betrieblichen Gewässerschutzes regelmäßige Kontrollen an Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen statt. Es wurden Begehungen von Anlagen sowie wiederkehrende Prüfungen durchgeführt und Maßnahmen zur Umsetzung der rechtlichen Vorgaben getroffen. Ferner wurden Baugesuche und Baugenehmigungen im Hinblick auf den Umgang mit wassergefährdenden Stoffen und auf die korrekte Nutzung der Entwässerungssysteme überprüft.

Die zuständigen Personen der einzelnen Organisationseinheiten erhielten Informationen über aktuelle Änderungen in den gesetzlichen Rahmenbedingungen und deren innerbetriebliche Umsetzung. Neben einem persönlichen Fortbildungsangebot standen den Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern ausführliche Informationen über die Aspekte des betrieblichen Umweltschutzes im Intranet des Forschungszentrums Karlsruhe zur Verfügung.

5.2 Emissions- und Umgebungsüberwachung

Die Überwachungsaufgaben der Hauptabteilung Sicherheit im Bereich „Emissions- und Umgebungsüberwachung“ werden von den Abteilungen „Technisch-administrative Beratung und Genehmigungen“ (HS-TBG) und „Überwachung und Messtechnik“ (HS-ÜM) wahrgenommen. Sie 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 der Koordinierungsstelle Abluft bei HS-TBG koordiniert. Dies erfolgt 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 Fortluftproben in den physikalischen und chemischen Messlabors von HS-ÜM gemessen. Struktur, Umfang und Ergebnisse der routinemäßigen Abluftüberwachung sowie die Ergebnisse der Dosisberechnungen für die Umgebung auf der Grundlage der bilanzierten Ableitungen sind in Kap. 5.2.1 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-ÜM. Die Aktivitätskonzentrationen der aus den einzelnen Abwassersammelstationen gezogenen Abwasserproben werden ebenfalls bei HS-ÜM 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 Speicherbecken der Kläranlage für Chemieabwasser. Über die Ergebnisse der routinemäßigen Abwasserüberwachung und der Berechnung der Strahlenexposition in der Umgebung wird in 5.2.3 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, Sediment, Oberflächenwasser, Grund- und Trinkwasser. Eine zusammenfassende Darstellung des Programms und der Ergebnisse der Umgebungsüberwachung ist in Kap. 5.2.3 gegeben.

5.2.1 Fortluftüberwachung

A. Wicke

Im Rahmen der o. g. Überwachungsaufgaben sind für die Fortluft 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 der Koordinierungsstelle Abluft/HS-TBG 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 zulässigen Jahres-, Wochen- oder Tagesabgaben, aufgeschlüsselt nach Radionukliden oder Ra-

dionuklidgruppen. Die Werte für den Abluftplan 2002 sind so festgelegt, dass die resultierende Strahlenexposition die in § 45 (alt) der Strahlenschutzverordnung vorgeschriebenen Dosisgrenzwerte deutlich unterschreitet.

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

A _{AK}	Aerosole mit kurzlebiger α -Aktivität (Halbwertszeit < 8 Tage)
A _{AL}	Aerosole mit langlebiger α -Aktivität (Halbwertszeit \geq 8 Tage)
A _{BK}	Aerosole mit kurzlebiger β -Aktivität (Halbwertszeit < 8 Tage)
A _{BL}	Aerosole mit langlebiger β -Aktivität (Halbwertszeit \geq 8 Tage)
E	radioaktive Edelgase
G _K	kurzlebige radioaktive Aktivierungsgase
I	radioaktive Iodisotope
H-3	Tritium
C-14	Kohlenstoff-14

Die Einführung von Nuklidgruppen bedeutet keinen Verzicht auf die Bilanzierung der Ableitungen von einzelnen Radionukliden. Sie ist jedoch bei verschiedenen Emittenten notwendig, da bei diesen einerseits das Emissionsspektrum nicht vorhergesagt werden kann, andererseits aber zulässige Ableitungen vorgegeben werden müssen. Die Emittenten-spezifischen Definitionen der Nuklidgruppen werden in Kap. 4.2.2.10 aufgeführt und begründet.

Im Abluftplan für das Jahr 2002 sind Genehmigungswerte für 25 Emittenten ausgewiesen (siehe Abb. 5-2) Dabei ist zu berücksichtigen, dass die Ableitungen über insgesamt 32 Emissionsstellen erfolgen. Die Zahl 25 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 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

Im Zuge der Rückbaumaßnahmen konnte im Berichtsjahr die Fortluftüberwachung von IHM 421 und von WAK 1533 (LABSAN) eingestellt werden. Die Erfassung der Ableitungen der zum Forschungszentrum Karlsruhe GmbH gehörenden Emittenten erfolgt abteilungsübergreifend durch die Mitarbeiter der HS-Abteilungen HS-ÜM und HS-TBG. Dabei werden die zur Bilanzierung benutzten Filter, Iodkohlepatronen, C-14- und Tritiumsammler durch Mitarbeiter des operativen Strahlenschutzes vor-Ort gewechselt und den physikalischen und chemischen Messlabors zur Auswertung zugeleitet (siehe Abb. 5-3) Die Ergebnisse der Messstellen für radioaktive Gase werden vor Ort registriert und der Koordinierungsstelle übermittelt.

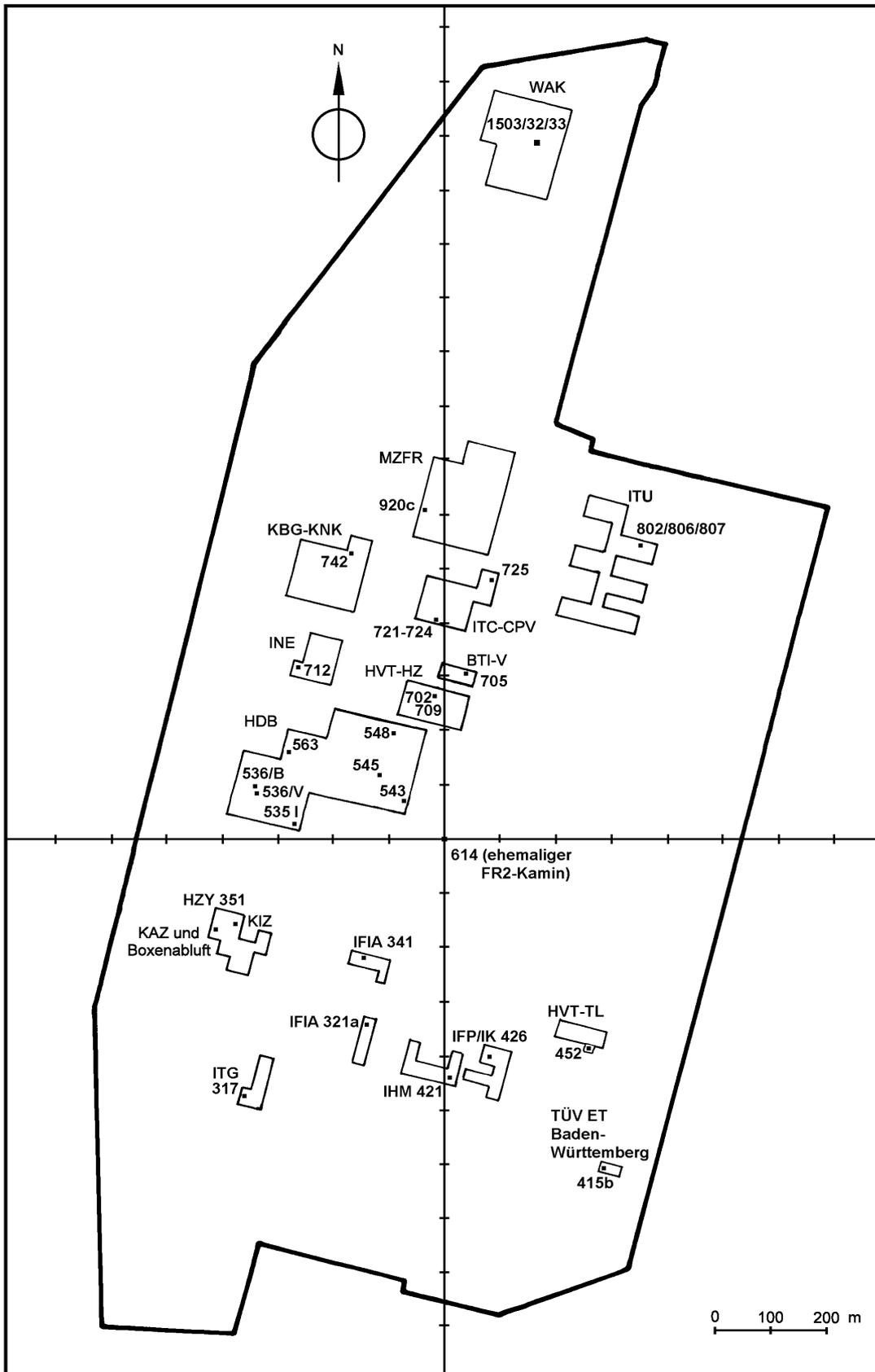


Abb. 5-2: Lageplan der Emittenten des Forschungszentrums Karlsruhe mit Angabe der Gebäudenummern.

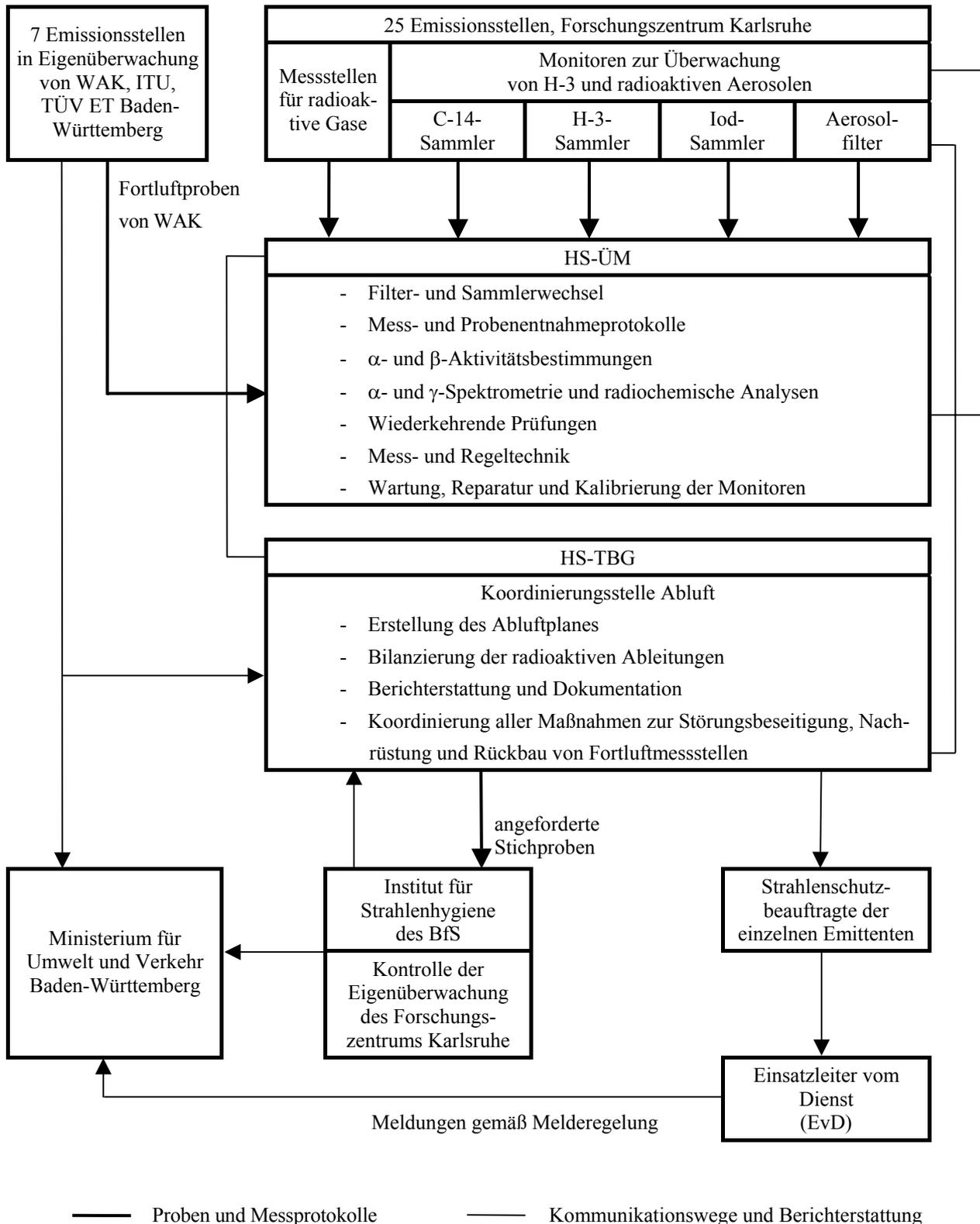


Abb. 5-3: Schematische Darstellung der Fortluftüberwachung im Forschungszentrum Karlsruhe

Wartung, Reparatur und Kalibrierung der für die Fortluftüberwachung eingesetzten Geräte werden von HS-ÜM durchgeführt. Die Fortluftüberwachung der Emittenten am Standort, die nicht vom Forschungszentrum Karlsruhe GmbH betrieben werden, wie WAK, ITU und TÜV ET Baden-Württemberg, erfolgt durch die zuständigen Betreiber. Die Messergebnisse werden der Koordinierungsstelle Abluft als bilanzierende Stelle bei HS-TBG mitgeteilt. Die Fortluftproben der WAK werden im Auftrag bei HS-ÜM ausgewertet.

Einzelheiten zur Messung und Bilanzierung von radioaktiven Ableitungen mit der Fortluft sind aus Kap 4.2.2 ersichtlich. Über die aufgrund dieser Ableitungen in der Umgebung des Forschungszentrums Karlsruhe rechnerisch ermittelte Strahlenexposition wird in Kap. 4.2.2.5 berichtet. Bei der Dosisberechnung wurde die derzeit noch rechtsgültige „Allgemeine Verwaltungsvorschrift zu § 45 Strahlenschutzverordnung (alt)“ angewandt.

Darüber hinaus erfolgt in Kap. 4.2.2.1 eine Berichterstattung über die Ableitungen nichtradioaktiver Stoffe mit der Fortluft für die Anlagen, deren Betrieb nach dem Bundes-Immissionsschutzgesetz zu genehmigen war.

5.2.1.1 Ableitung radioaktiver Stoffe mit der Fortluft im Jahr 2002

B. Messerschmidt, A. Wicke

Die Bilanzierung der radioaktiven Ableitungen erfolgt durch Auswertung der in den Fortluftmessstellen eingesetzten Sammler. Für die Überwachung der Ableitung von Aerosolen werden Glasfaserfilter, von Iod Aktivkohle und von Tritium oder C-14 Molekularsiebe eingesetzt. Eine Ausnahme bilden die radioaktiven Gase, deren Bilanzierung durch Direktmessung erfolgt. Im Jahr 2002 belief sich das Probenaufkommen auf eine Zahl von insgesamt rd. 2550 (siehe Abb. 5-4).

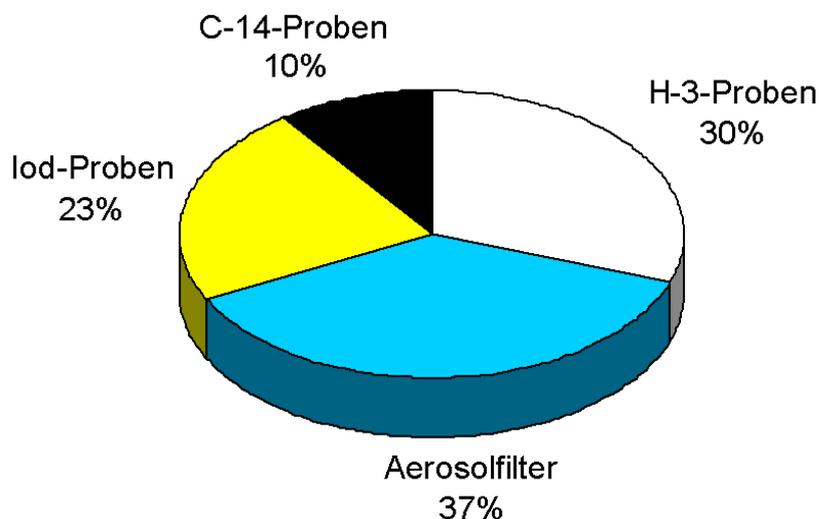


Abb. 5-4: Probenaufkommen in der Fortluftüberwachung im Jahr 2002 (Gesamtzahl 2550)

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. 5-4 werden für die einzelnen Emittenten des Forschungszentrums Karlsruhe, geordnet nach aufsteigenden Gebäudenummern und den jeweils zu berücksichtigenden Nukliden und Nuklidgruppen, die im Jahr 2002 gemäß Abluftplan maximal zulässigen Ableitungen (Wochen- und Jahreswerte) mit den im Berichtsjahr und im Vorjahr bilanzierten Ableitungen verglichen. Die zulässigen Ableitungen wurden in keinem Fall überschritten. Auch die Forderung nach Unterschreitung von 50 % der zulässigen Jahresableitungen in einem beliebigen Zeitintervall von sechs Monaten wurde in allen Fällen eingehalten.

Emittent Bau-Nr. Emissions- höhe	Nuklid/ Nuklid- gruppe	zulässige Ableitungen gemäß Abluftplan 2002		bilanzierte Ableitungen		Effektivdosis am Immissi- ons- maximum des Emittenten μSv
		Bq/Woche	Bq/a	2002 Bq	2001 Bq	
ITG Bau 317 14 m	A _{BL}		1,0 E06	4,6 E03	4,9 E03	< 0,001
IFIA Bau 321a 15 m	A _{AL}		2,0 E05	1,4 E03	2,0 E03	< 0,001
	A _{BL}		2,0 E08	1,8 E04	1,9 E04	
	H-3		1,0 E13	1,4 E08	5,7 E09	
IFIA Bau 341 15 m	A _{AL}		1,0 E05	4,3 E02	4,0 E03	< 0,001
	A _{BL}		1,0 E07	3,0 E04	5,5 E04	

„0“ = alle gemessenen Werte lagen unterhalb der Erkennungsgrenze

„-“ = keine Ableitungen

Tab. 5-4: Ableitungen radioaktiver Stoffe der einzelnen Emittenten des Forschungszentrums Karlsruhe in die Atmosphäre in den Jahren 2002 und 2001

Emittent Bau-Nr. Emissions- höhe	Nuklid/ Nuklid- gruppe	Zulässige Ableitungen gemäß Abluftplan 2002		Bilanzierte Ableitungen		Effektivdosis am Immissions- maximum des Emittenten
				2002	2001	
		Bq/Woche	Bq/a	Bq	Bq	µSv
HZY Bau 351 KIZ 36 m	A _{AK}		1,0 E05	-	-	0,017
	A _{AL}		1,0 E05	-	-	
	A _{BK}		5,0 E09	-	-	
	A _{BL}		5,0 E07	-	0	
	E+G _K		1,0 E13	2,7 E11	1,2 E11	
	I-123		1,0 E10	-	-	
I-126		5,0 E06	-	-		
HZY Bau 351 KAZ 15 m und Boxenabluft 11 m	A _{AL}	5,0 E03	1,0 E05	5,3 E01	8,8 E01	0,63
	A _{BK}	5,0 E08	1,0 E10	4,4 E04	3,3 E04	
	E+G _K	1,0 E12	2,0 E13	6,0 E12	7,6 E12	
	I-123	5,0 E08	1,0 E10	3,8 E08	7,6 E08	
	I-124	5,0 E06	1,0 E08	-	1,2 E05	
	I-125	5,0 E05	1,0 E07	4,5 E04	1,1 E05	
	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	1,8 E03	0	< 0,001
IHM Bau 421/423 5 m	E+G _K H-3		2,0 E10	-	-	-
			2,0 E12	-	-	
IFP und IK Bau 424-426 und 434 10 m	E H-3		3,0 E11	4,0 E04	4,0 E04	< 0,001
			2,0 E11	4,0 E03	4,0 E03	
HVT-TL Bau 452 50 m	H-3	2,0 E12	4,0 E13	1,1 E11	1,7 E11	0,007

„0“ = alle gemessenen Werte lagen unterhalb der Erkennungsgrenze

„-“ = keine Ableitungen

Tab. 5-4: Ableitungen radioaktiver Stoffe der einzelnen Emittenten des Forschungszentrums Karlsruhe in die Atmosphäre in den Jahren 2002 und 2001 (Fortsetzung)

Emittent Bau-Nr. Emissions- höhe	Nuklid/ Nuklid- gruppe	zulässige Ableitungen gemäß Abluftplan 2002		bilanzierte Ableitungen		Effektivdosis am Immissions- maximum des Emittenten
				2002	2001	
		Bq/Woche	Bq/a	Bq	Bq	µSv
HDB Bau 535 I 16,5	H-3		1,0 E11	1,2 E07	1,9 E07	< 0,001
HDB Bau 536/V (Ver- brennungs- anlage) 70 m	A _{AL}	2,0 E06	4,0 E07	1,1 E03	6,2 E03	0,21
	A _{BL}	1,0 E09	2,0 E10	1,6 E06	5,4 E05	
	H-3	2,0 E12	4,0 E13	1,8 E11	3,3 E11	
	C-14	7,0 E10	1,4 E12	2,8 E10	1,9 E10	
	I-125	1,5 E07	3,0 E08	0	0	
	I-129	1,5 E07	3,0 E08	8,0 E03	8,4 E04	
	I-131	2,0 E07	4,0 E08	0	0	
HDB Bau 536/B (Betriebs- räume) 16,5 m	A _{AL}		1,0 E05	0	0	0,001
	A _{BL}		2,0 E07	0	0	
	H-3		5,0 E10	1,1 E09	2,6 E09	
	I-125		8,0 E05	0	0	
	I-129		1,0 E06	0	0	
HDB Bau 543 8 m	A _{AL}		4,0 E05	7,1 E02	7,9 E01	< 0,001
	A _{BL}		4,0 E07	4,1 E03	9,8 E02	
	H-3		1,0 E10	7,4 E05	0	
	I-129		1,0 E04	1,5 E01	0	
HDB Bau 545 20 m	A _{AL}	1,0 E05	2,0 E06	0	7,7 E02	0,004
	A _{BL}	5,0 E07	1,0 E09	6,1 E03	8,0 E04	
	H-3	2,0 E11	4,0 E12	3,9 E10	2,0 E10	
	C-14	5,0 E09	1,0 E11	0	0	
	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 _{AK}	5,0 E07	1,0 E09	-	1,1 E07	0,006
	A _{AL}	1,5 E05	3,0 E06	0	1,9 E04	
	A _{BL}	2,0 E07	4,0 E08	6,3 E05	5,9 E05	
	H-3	2,0 E12	4,0 E13	2,3 E10	1,0 E11	
	C-14	2,5 E09	5,0 E10	9,5 E07	1,0 E08	
	I-125	4,0 E06	8,0 E07	0	0	
	I-129	1,0 E06	2,0 E07	0	8,8 E03	
	I-131	4,0 E06	8,0 E07	0	0	
E	5,0 E10	1,0 E12	1,5 E10	9,9 E09		

„0“ = alle gemessenen Werte lagen unterhalb der Erkennungsgrenze

„-“ = keine Ableitungen

Tab. 5-4: Ableitungen radioaktiver Stoffe der einzelnen Emittenten des Forschungszentrums Karlsruhe in die Atmosphäre in den Jahren 2002 und 2001 (Fortsetzung)

Emittent Bau-Nr. Emissions- höhe	Nuklid/ Nuklid- gruppe	zulässige Ableitungen gemäß Abluftplan 2002		bilanzierte Ableitungen		Effektivdosis am Immissions- maximum des Emittenten μSv
				2002	2001	
		Bq/Woche	Bq/a	Bq	Bq	
HDB Bau 563 14 m	A _{AL} A _{BL} H-3		1,0 E06 1,0 E07 8,0 E11	0 0 4,3 E09	0 0 5,0 E09	0,001
HVT-HZ Bau 702 60 m und Bau 709 60 m	A _{AL} A _{BL} H-3	2,0 E06 5,0 E07 5,0 E12	4,0 E07 1,0 E09 1,0 E14	0 0 8,3 E10	2,9 E02 0 1,4 E11	0,002
BTI-V Wäscherei Bau 705 5,5 m	A _{AL} A _{BL}		1,0 E06 1,0 E08	1,7 E03 1,6 E04	1,7 E03 1,6 E04	0,001
INE Bau 712 60 m	A _{AL} A _{BL} H-3 E I-125 I-126 I-129 I-131		1,0 E06 1,0 E08 1,0 E11 2,0 E11 2,0 E07 2,0 E07 1,0 E06 3,0 E07	0 3,7 E03 0 - - - - -	0 0 5,2 E09 - - - - -	< 0,001
ITC-CPV Bau 721- 724 60 m	A _{AL} A _{BL}		3,0 E06 3,0 E08	0 1,9 E03	0 0	< 0,001
ITC-CPV Bau 725 10 m	A _{AL} A _{BL}		1,0 E05 1,0 E07	0 3,0 E03	0 0	< 0,001
KNK Bau 742 99 m	A _{BL} H-3		5,0 E07 5,0 E11	0 5,2 E10	0 1,2 E11	0,006

„0“ = alle gemessenen Werte lagen unterhalb der Erkennungsgrenze

„-“ = keine Ableitungen

Tab. 5-4: Ableitungen radioaktiver Stoffe der einzelnen Emittenten des Forschungszentrums Karlsruhe in die Atmosphäre in den Jahren 2002 und 2001 (Fortsetzung)

Emittent Bau-Nr. Emissions- höhe	Nuklid/ Nuklid- gruppe	zulässige Ableitungen gemäß Abluftplan 2002		bilanzierte Ableitungen		Effektivdosis am Immissions- maximum des Emittenten μSv
				2002	2001	
		Bq/Woche	Bq/a	Bq	Bq	
ITU Bau 802, 806, 807 50 m	A _{AK}	1,6 E09	3,2 E10	-	-	< 0,001
	A _{AL}	5,0 E04	1,0 E06	4,8 E03	3,9 E03	
	A _{BL}	2,0 E07	4,0 E08	3,0 E04	7,9 E04	
	E	2,0 E12	4,0 E13	5,6 E11	4,4 E11	
	C-14	1,0 E09	2,0 E10	-	-	
	I-129	5,0 E04	1,0 E06	-	-	
	I-131	1,0 E06	2,0 E07	-	-	
	H-3	5,0 E10	1,0 E12	1,1 E10	6,7 E09	
MZFR Bau 920c 99,5 m	A _{AL}	5,0 E04	1,0 E06	3,2 E03	3,4 E04	0,011
	A _{BL}	5,0 E07	1,0 E09	0	9,6 E04	
	H-3	4,0 E12	8,0 E13	4,2 E11	5,7 E11	
	C-14		1,0 E10	0	0	
WAK Bau 1503/ 1532/1533 60 m	A _{AL}		7,4 E07	9,9 E04	1,0 E05	0,06
	A _{BL}		3,7 E09	1,2 E06	1,2 E06	
	E		1,0 E12	1,0 E11	1,0 E11	
	H-3	9,0 E11	1,8 E13	1,9 E10	2,1 E10	
	I-129	5,0 E06	1,0 E08	2,6 E06	2,6 E06	
	I-131	3,1 E07	6,2 E08	6,9 E06	7,5 E06	

„0“ = alle gemessenen Werte lagen unterhalb der Erkennungsgrenze

„-“ = keine Ableitungen

Tab. 5-4: Ableitungen radioaktiver Stoffe der einzelnen Emittenten des Forschungszentrums Karlsruhe in die Atmosphäre in den Jahren 2002 und 2001 (Fortsetzung)

In den Abb. 5-5 a-g sind die monatlichen Radioaktivitätsableitungen mit der Fortluft im Jahr 2002 graphisch dargestellt. Es wird – aufgeschlüsselt nach Nuklidgruppen – unterschieden zwischen den Genehmigungsinhabern ITU, WAK und Forschungszentrum Karlsruhe GmbH.

Für die Einrichtungen des Forschungszentrums Karlsruhe GmbH sind die Ableitungen für den Emissionsschwerpunkt HDB (7 Emittenten) und die 16 übrigen Emittenten getrennt dargestellt. Die Ableitungen des TÜV ET Baden-Württemberg, Bau 415b, wurden der Gruppe „Übrige“ zugerechnet (nur I-131).

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.

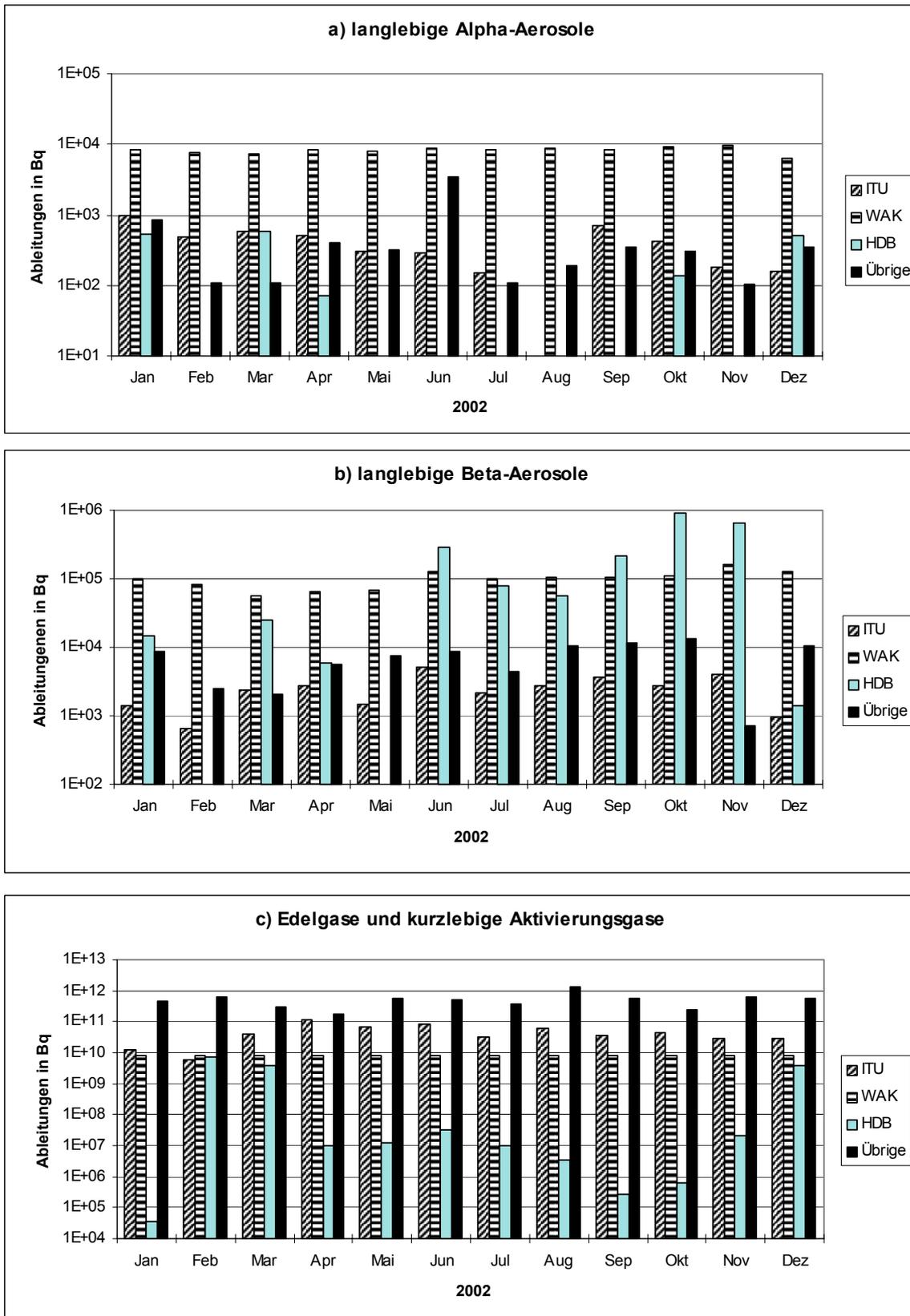


Abb. 5-5 a-c: Monatliche radioaktive Ableitungen mit der Fortluft am Standort Forschungszentrum Karlsruhe im Jahr 2002

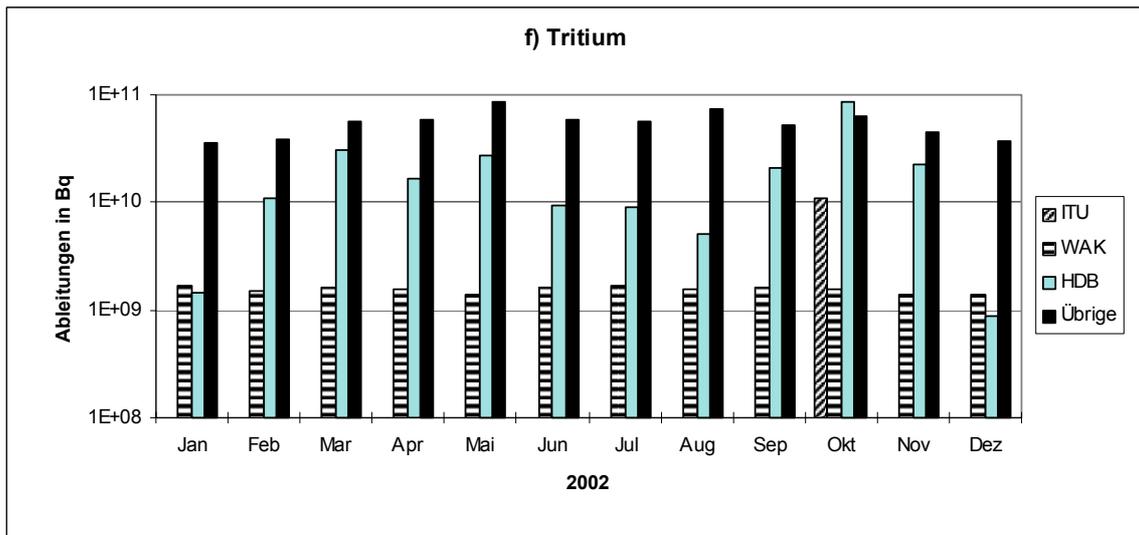
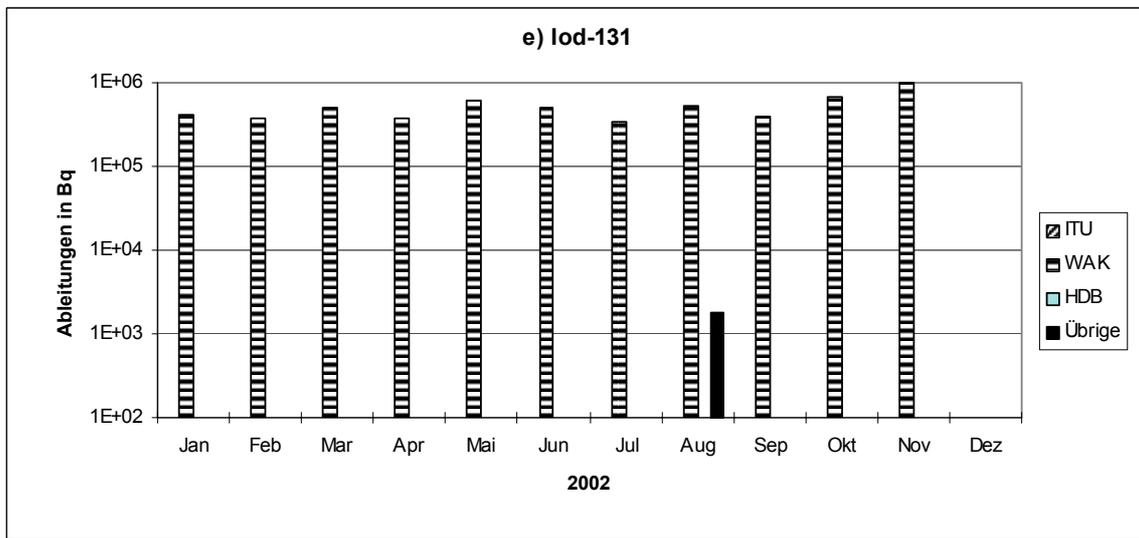
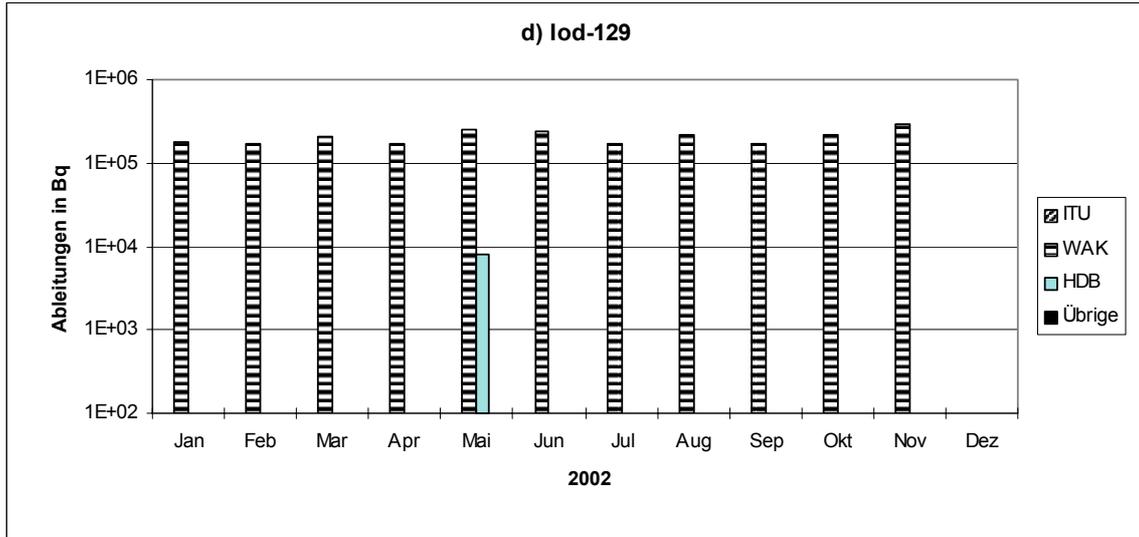


Abb. 5-5 d-f: Monatliche radioaktive Ableitungen mit der Fortluft am Standort Forschungszentrum Karlsruhe im Jahr 2002

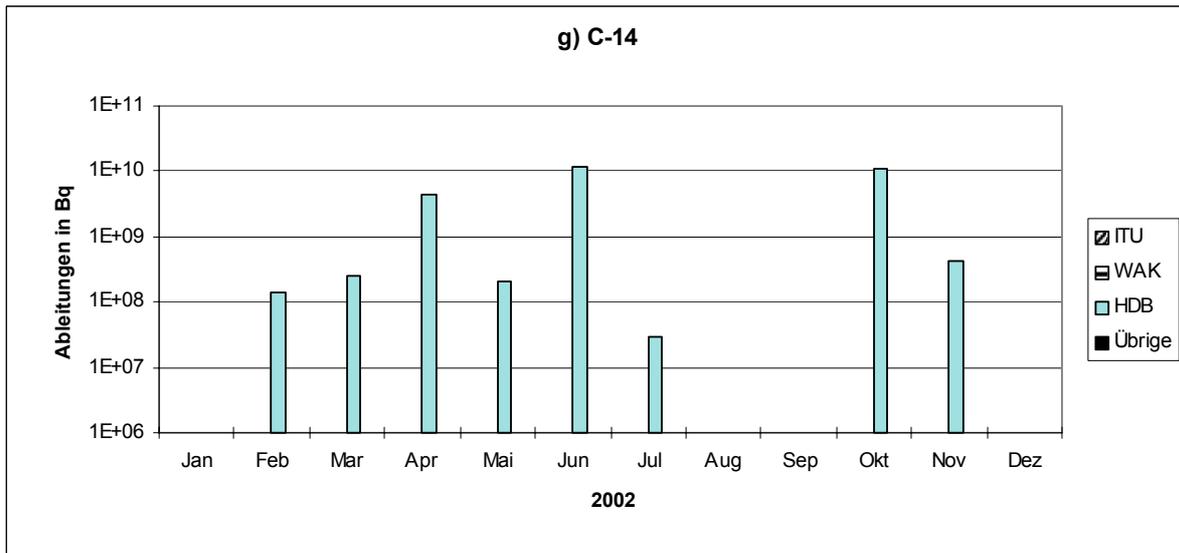


Abb. 5-5 g: Monatliche radioaktive Ableitungen mit der Fortluft am Standort Forschungszentrum Karlsruhe im Jahr 2002

5.2.1.2 Ableitung nichtradioaktiver Stoffe mit der Fortluft im Jahr 2002

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.
- Die Testanlage zur Thermischen Entsorgung Spezieller Abfälle aus Produktion, verbrauchter Produkte und Altlastensanierung (THERESA). Auch diese Anlage wird vom ITC-TAB betrieben.
- Das Heizwerk des Forschungszentrums Karlsruhe, bestehend aus drei Einzelkesselanlagen (Fernheizwerk) und einem Blockheizkraftwerk (Gasturbinenanlage mit Abhitzeessel). Die gesamte installierte Feuerungswärmeleistung beträgt etwa 76 MW. Das Heizwerk wird vom Bereich Technische Infrastruktur betrieben.

Die Genehmigungsbescheide enthalten Auflagen zur Überwachung der Emissionen. Die Informationen und die Emissionsdaten für die folgenden Tabellen wurden von den betreibenden Organisationseinheiten zur Verfügung gestellt.

5.2.1.2.1 Verbrennungsanlage der Hauptabteilung Dekontaminationsbetriebe

U. Hoepfener-Kramar (HDB)

Die bei der HDB angelieferten und erzeugten brennbaren festen und flüssigen radioaktiven Reststoffe wurden im Jahr 2002 in der Anlage VP 10 verbrannt. Dabei wurden 1556 m³ α- und β-kontaminierte Feststoffe und parallel dazu 5,9 m³ α- und β-kontaminierte Öle und Lösemittel in 3409 Betriebsstunden verarbeitet.

Die Emissionsüberwachung von nicht-radioaktiven Stoffen 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 Betriebs- und Anlagenzustände enthalten sind.

Tab. 5-5 gibt einen Überblick über die zulässigen Schadstoffkonzentrationen, die beim Betrieb im Jahre 2002 gemessenen Konzentrationen sowie über die Gesamtableitung. Neben den in Tab. 5-5 aufgeführten Messungen wurde gegen Ende des Jahres 2002 eine Dioxin-Emissionsmessung an der Anlage durchgeführt. Die Messergebnisse lagen unter 0,028 ng/m³ ITE-Äquivalent. Ergänzend wurden auch Schwermetallmessungen durchgeführt. Die gesamte Anlage zur Messung der chemischen Emissionen wurde im Berichtsjahr neu kalibriert.

Schadstoff	Konzentrationsgrenzwert nach 17. BImSchV ¹⁾ mg/Nm ³	gemessene Konzentration mg/Nm ³	Emissionsfracht Mg
HCl	10	1,2*	0,005
SO ₂	50	1,0*	0,004
CO	50	20,0*	0,057
Staub	10	0,4*	0,002
Gesamt-C	10	2,1*	0,007
NO _x	200	114,6*	0,514
HF	1	<0,1**	-
PCDD/PCDF	0,1 ng/Nm ³	0,011** ng/Nm ³	-
Hg	0,05	0,014**	-
Staubinhaltsstoffe Cd und Tl	0,05	<0,0014**	-
Staubinhaltsstoffe Sb, As, Pb, Cr, Co, Cu, Mn, Ni, V, Sn	0,5	0,008**	-

¹⁾ Tagesmittelwerte

* Monatsmittelwerte

** gemittelt über 2-3 Tage

Tab. 5-5: Emissionsdaten im Jahr 2002 für die Verbrennungsanlage der Hauptabteilung Dekontaminationsbetriebe

5.2.1.2.2 Versuchsanlagen TAMARA und THERESA

H.-G. Dittrich (ITC-TAB)

Im Jahr 2002 wurden an der Versuchs-Müllverbrennungsanlage TAMARA drei Versuchskampagnen durchgeführt. In Tab. 5-6 sind die über alle drei Versuchskampagnen gemittelten Massenkonzentrationen der emittierten Schadstoffe aufgeführt. An der Versuchs-Müllverbrennungsanlage THERESA wurden zwei Versuchskampagnen durchgeführt. In Tab. 5-6 sind entsprechend die Mittelwerte über diese beiden Kampagnen 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 zweite Spalte der Tabelle enthält die Emissionsgrenzwerte nach der 17. BImSchV (Tagesmittelwerte). Die CO-Werte und die C_{org}-Werte liegen bei beiden Anlagen über den Grenzwerten. Dies rührt daher, dass beim Anfahren der kalten Anlagen über längere Zeit keine ausreichenden Verbrennungstemperaturen erreicht und damit zwangsweise hohe Mengen an CO und unverbranntem C_{org} (in erster Linie Erdgas) emittiert werden. Da das ungünstige zeitliche Verhältnis von Anfahr- zu Regelbetrieb ein spezifischer Nachteil kleinerer Versuchsanlagen ist, die nur kampagnenweise betrieben werden, wurde vom Forschungszentrum Karlsruhe GmbH eine Ausnahmegenehmigung beantragt, die diesem Umstand Rechnung trägt. Diesem Antrag wurde noch nicht entsprochen, so dass hier die Anfahrvorgänge bei der Mittelwertbildung zu berücksichtigen waren. Alle anderen Emissionen liegen unter den vorgeschriebenen Grenzwerten.

Schadstoff	Konzentrationsgrenzwert nach 17. BImSchV ¹⁾ mg/Nm ³	Schadstoffkonzentration in mg/Nm ³ trocken, normiert auf 11 % O ₂ *	
		TAMARA	THERESA
HF	1 mg/Nm ³	0,05	0,04
HCl	10 mg/Nm ³	0,05	0,10
SO ₂	50 mg/Nm ³	15,3	0,30
NO ₂	200 mg/Nm ³	120	90
CO	50 mg/Nm ³	67	69
C _{org}	10 mg/Nm ³	34	52
Staub	10 mg/Nm ³	≤1,0	1,4
PCDD/PCDF	0,1 ng/Nm ³	≤0,01 ng/Nm ³	≤0,01 ng/Nm ³
Hg	0,05 mg/Nm ³	≤0,01	≤0,01
Staubinhaltsstoffe Cd und Tl	0,05 mg/Nm ³	≤0,01	≤0,01
Staubinhaltsstoffe Sb, As, Pb, Cr, Co, Cu, Mn, Ni, V, Sn	0,5 mg/Nm ³	≤0,1	≤0,1

¹⁾ Tagesmittelwerte * gemäß 17. BImSchV nur, wenn O₂-Gehalt > 11% n.n. bedeutet „nicht nachweisbar“

Tab. 5-6: Emissionsdaten der Versuchsanlagen TAMARA und THERESA im Jahr 2002

5.2.1.2.3 Fernheizwerk und Blockheizkraftwerk

W. Noll, (BTI-V)

Das Blockheizkraftwerk wurde insgesamt 4444 Betriebsstunden mit Erdgas und überwiegend mit Eindüsung von vollentsalztem Wasser betrieben. Der Betrieb mit Heizöl war nicht erforderlich. Die drei Kessel im Fernheizwerk wurden insgesamt 7616 h betrieben, davon wurden 7610 h mit Erdgas und 6 h mit Heizöl „EL“ gefahren. Die Betriebsweise mit Öl ist auf TÜV-Prüfungen und Einstellarbeiten an den Brennern und Kesseln zurückzuführen.

Schadstoff	Blockheizkraftwerk Jahresemission in Mg	Fernheizwerk Jahresemission in Mg
NO _x	31,936	7,190
CO	1,926	0,356

Tab. 5-7: Emissionsdaten der Heizwerke im Jahr 2002

5.2.1.3 Strahlenexposition in der Umgebung des Forschungszentrums Karlsruhe durch die mit der Fortluft abgeleiteten radioaktiven Stoffe im Jahr 2002

A. Wicke

5.2.1.3.1 Berechnungsgrundlagen

Die Dosisberechnung erfolgte auf der Grundlage der monatlich bilanzierten Ableitungswerte der im Jahr 2002 zu berücksichtigenden Emittenten (s. Tab. 5-4). Für die Ausbreitungsrechnungen wurden die monatlichen Wetterstatistiken des Standorts verwendet. Die Teilkörper- und Effektivdosen wurden noch gemäß der noch rechtsgültigen „Allgemeinen Verwaltungsvorschrift“ (AVV) zu § 45 der Strahlenschutzverordnung (alt) 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 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.

5.2.1.3.2 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 σ_y und σ_z werden entsprechend Anhang 7 der AVV aus den dort angegebenen Ausbreitungskoeffizienten ermittelt.

5.2.1.3.3 Ausbreitung und Ablagerung

Bei der Ausbreitungsberechnung wird - abweichend von der AVV - eine azimutale Gleichverteilung nicht der Aktivitätskonzentration, sondern der Windrichtungshäufigkeit innerhalb eines Sektors angenommen. Das ist sachlich richtiger und vermeidet Sprünge an den Sektorgrenzen. Bei der Ermittlung der Ablagerung radioaktiver Stoffe durch Trockendeposition werden die in der AVV angegebenen Depositionsgeschwindigkeiten für Aerosole und elementares Iod berücksichtigt. Bei der Berechnung der Ablagerung durch Niederschlag kommt das standortspezifische Verfahren gemäß Abschnitt 4.2.2.1 der AVV zur Anwendung, wobei der Washoutkoeffizient für jede Niederschlagsintensitätsstufe als proportional zur jeweiligen Niederschlagsintensität angenommen wird. Der Proportionalitätsfaktor c wird aus Tab. 3 Anhang 7 der AVV entnommen. Sowohl bei der Trockendeposition als auch bei der Ablagerung durch Niederschlag bleiben Effekte durch Abreicherung in der Abluftfahne unberücksichtigt. Die Berechnung der Ausbreitungs- und Washoutfaktoren erfolgt auf der Grundlage der monatlichen Ableitungswerte und der monatlichen meteorologischen Statistik. Bei der Ingestion wird die auf der Pflanze abgelagerte Aktivität nur im Sommerhalbjahr berücksichtigt.

5.2.1.3.4 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-Submersionsdosis nicht so vorgegangen werden. Hier muss für jeden Aufpunkt die Gammadosis als Summe der Dosisbeiträge der im Raum verteilten Gamma-Aktivität ermittelt werden. Das FORTRAN-Programm WOLGA errechnet die Gammadosis für einen beliebigen Aufpunkt in der Umgebung eines oder mehrerer Emittenten als Summe der Dosisbeiträge der Aktivität im Raum. Diese Berechnung wird unter Berücksichtigung der Gamma-Energien der dosisrelevanten Radionuklide durchgeführt.

Die Dosisberechnungen selbst erfolgten auf einem PC unter dem Betriebssystem Windows mit dem FORTRAN Compiler Visual Fortran 5.0.

5.2.1.3.5 Einteilung der radioaktiven Emissionen in Nuklidgruppen und Einzelnuclide

Zur Dosisberechnung ist es erforderlich, für die in Kap. 5.2.1 angegebenen Nuklidgruppen Leitnuclide oder charakteristische Nuklidgemische festzulegen. Die erforderlichen anlagenspezifischen Festlegungen wurden für das Jahr 2002 überprüft und aktualisiert:

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

Die Ableitung kurzlebiger Rn-220-Folgeprodukte durch HDB 548 und ITU wurde durch das Leitnuclide Pb-212 berücksichtigt. Die chemische Form der Aerosolaktivität ist unbekannt. Für die Lungenretentionsklasse und für die Löslichkeit wurden daher konservative Annahmen getroffen.

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

Die Analysen von Filtern zeigten, dass bei der Mehrzahl der Institute Pu-239 als Leitnuclide gelten kann. Ausnahmen bilden folgende Institute, bei denen aufgrund bekannter Restkontaminationen oder vom Umgang her bestimmte Leitnuclide in Frage kommen:

IFIA, Bau 341: Pu-238 (Restkontaminationen)
HZY-KAZ und Boxenabluft, Bau 351: Ra-226 (Bestrahlungsarbeiten)

Für die HDB wurde aufgrund der Handhabung α -kontaminierter Reststoffe aus der Wiederaufarbeitung ein konservatives Gemisch aus Pu-238 (34 %), Pu-239 (7 %), Pu-240 (9 %), Am-241 (38 %) und Cm-244 (12 %) 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 14 Jahren berechnet. Es wird eine Ableitung in nitroser Form angenommen. Bei der Verbrennungsanlage der HDB (Bau 536) und bei der Wäscherei (BTI-V, Bau 705) wird eine Ableitung als Chlorid oder Hydroxid angenommen.

Bei der Festlegung des Nuklidspektrums für die WAK wurde davon ausgegangen, dass sich die Ableitungen in ihrer Zusammensetzung immer mehr dem Nuklidgemisch der Ableitungen der Lagerungs- und Verdampfungsanlage (LAVA) annähern. Daher wird für die Dosisberechnung das insgesamt konservative Gemisch der LAVA zugrundegelegt.

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

Die Ableitung kurzlebiger β -Aktivität ist nur für das Zyklotron (HZY) von Bedeutung. Es werden produktionsbedingt folgende Leitnuclide angenommen:

HZY-KIZ, Bau 351: Re-186
HZY-KAZ und Boxenabluft, Bau 351: F-18

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

Bei Einrichtungen, die sich im Rückbau befinden, bei denen kernbrennstoffhaltige Reststoffe verarbeitet (HDB) oder bei denen mit kernbrennstoffhaltigen Restkontaminationen zu rechnen ist, wird grundsätzlich Cs-137 als Leitnuklid angenommen. Ausnahmen bilden folgende Einrichtungen:

IFIA 341: Zusammensetzung entspricht gemessenen Kontaminationen in den Lüftungskanälen

HDB 545: Leitnuklid Ru-106

ITU: Zusammensetzung der Emissionen entspricht der eines β -aktiven Spaltproduktgemisches nach KORIGEN unter Annahme eines mittleren Abbrandes von 30 000 MWd/t und einer Kühlzeit > 3 Jahren

WAK: Bei der Festlegung des Nuklidspektrums für die Ableitungen der WAK wird analog zur Nuklidgruppe A_{AL} das Emissionsspektrum der LAVA zugrundegelegt

Bei wenigen Instituten beschränkt sich der Umgang bzw. die Produktion auf bestimmte Radioisotope:

ITG, Bau 317: S-35, org.

HZY-KIZ, Bau 351: Be-7

- 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 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 konservativ 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 konservativ ebenfalls eine Ableitung in vollständig oxidiert Form angenommen.

- C-14

Es wird eine Ableitung in Form von $^{14}\text{CO}_2$ zugrundegelegt. Bei der Dosisberechnung wurden die Inhalations-Dosisfaktoren für CO_2 und die Ingestions-Dosisfaktoren für organische Verbindungen angewendet.

5.2.1.3.6 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. 5-8 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 die in Tab. 5-8 aufgeführten maximalen rechnerischen Beiträge zur effektiven Dosis.

Expositionspfad	maximale effektive Dosis	
	für Kleinkinder	für Erwachsene
Inhalation	0,004 μSv^*	0,005 μSv^{**}
Ingestion	0,39 μSv^*	0,24 μSv^{**}
Gammasubmersion	0,78 μSv	0,65 μSv
Gammabodenstrahlung	0,003 μSv	0,003 μSv
Summe über alle Expositionspfade	1,2 μSv	0,9 μSv

Tab. 5-8: Maximale rechnerische Effektivdosen in der Umgebung des Forschungszentrums Karlsruhe aufgrund der radioaktiven Ableitungen mit der Fortluft im Jahr 2002 (70*- bzw. 50**,- Jahre Folgedosis)

Die Gesamtdosis hat sich gegenüber dem Vorjahr nicht wesentlich verändert. Vershoben haben sich allerdings die relativen Beiträge der verschiedenen Expositionspfade. So ist der Dosisbeitrag „Inhalation“ deutlich zurückgegangen, wohingegen – bedingt durch erhöhte C-14-Ableitungen der HDB-Verbrennungsanlage – der Beitrag bei „Ingestion“ zugenommen hat.

Die Einzelergebnisse für die betrachteten Expositionspfade - aufgeschlüsselt nach den in Tab. X2 der Strahlenschutzverordnung (alt) aufgeführten Organen und Geweben - sind für Kleinkinder und Erwachsene in Tab. 5-9 und Tab. 5-10 zusammengestellt. 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. 5-6 in Form von Isodosislinien dargestellt. Obwohl die in den Tab. 5-8 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 errechneten Körperdosen sind für Kleinkinder und Erwachsene in Tab. 5-11 und Tab. 5-12 zusammengestellt.

Aus den Emissionen aller Emittenten im Jahr 2002 ergibt sich rechnerisch eine mittlere Effektivdosis für eine erwachsene Person der Bevölkerung im Umkreis von 5 km Radius um das Forschungszentrum von 0,03 μSv und von 0,008 μSv für einen Umkreis von 10 km Radius. Alle für die ungünstigsten Einwirkungsstellen berechneten Teilkörper- und Effektivdosen liegen selbst nach Summation über alle Expositionspfade deutlich unter 1 % der entsprechenden Grenzwerte in § 47 der Strahlenschutzverordnung.

Körperbereich	maximale Teilkörper- und Effektivdosen in µSv für Kleinkinder					
	Inhalation*	Ingestion*	Gamma-submersion	Gamma-Bodenstrahlung	Beta-submersion	Summe
Keimdrüsen	0,003	0,38	0,78	0,003	-	1,2
Brust	0,003	0,38	0,78	0,004	-	1,2
Rotes Knochenmark	0,006	0,38	0,78	0,003	-	1,2
Lunge	0,004	0,38	0,78	0,003	-	1,2
Schilddrüse	0,007	1,3	0,78	0,003	-	2,2
Knochenoberfläche	0,043	0,38	0,78	0,004	-	1,2
Haut ¹	0,003	0,38	0,78	0,004	2,5	3,7
Sonstige	< 0,04	< 0,4	0,78	< 0,004	-	< 1,4
effektive Dosis	0,004	0,39	0,78	0,003	-	1,2
ungünstigste Einwirkungsstelle ²	420/1470	200/750	-640/-370	200/750	-640/-370	-

¹ gemäß Anlage X StrlSchV kein Beitrag zur effektiven Dosis

² x/y-Koordinaten im m, bezogen auf den ehemaligen FR2-Kamin

Tab. 5-9: Körperdosen für Kleinkinder (*70-Jahre-Folgedosis) durch die radioaktiven Ableitungen mit der Fortluft des Forschungszentrums Karlsruhe im Jahr 2002, ungünstigste Einwirkungsstellen

Körperbereich	maximale Teilkörper- und Effektivdosen in µSv für Erwachsene					
	Inhalation*	Ingestion*	Gamma-submersion	Gamma-Bodenstrahlung	Beta-submersion	Summe
Keimdrüsen	0,004	0,23	0,65	0,002	-	0,9
Brust	0,004	0,23	0,65	0,003	-	0,9
Rotes Knochenmark	0,007	0,23	0,65	0,002	-	0,9
Lunge	0,005	0,23	0,65	0,003	-	0,9
Schilddrüse	0,005	1,33	0,65	0,003	-	2,0
Knochenoberfläche	0,065	0,25	0,65	0,003	-	1,0
Haut ¹	0,004	0,23	0,65	0,004	2,5	3,4
Sonstige	< 0,03	< 0,3	0,65	< 0,003	-	< 1,0
effektive Dosis	0,005	0,24	0,65	0,003	-	0,9
ungünstigste Einwirkungsstelle ²	200/750	200/750	-640/-370	200/750	-640/-370	-

¹ gemäß Anlage X StrlSchV kein Beitrag zur effektiven Dosis

² x/y-Koordinaten im m, bezogen auf den ehemaligen FR2-Kamin

Tab. 5-10: Körperdosen für Erwachsene (*50-Jahre-Folgedosis) durch die radioaktiven Ableitungen mit der Fortluft des Forschungszentrums Karlsruhe im Jahr 2002, ungünstigste Einwirkungsstellen

Körperbereich	maximale Teilkörper- und Effektivdosen in µSv für Kleinkinder					
	Inhalation*	Ingestion*	Gamma-submersion	Gamma-Bodenstrahlung	Beta-submersion	Summe
Keimdrüsen	0,001	0,001	0,015	0,001	-	0,02
Brust	< 0,001	0,001	0,015	0,003	-	0,02
Rotes Knochenmark	0,004	0,006	0,015	0,001	-	0,03
Lunge	0,001	0,001	0,015	0,002	-	0,02
Schilddrüse	0,003	1,12	0,015	0,002	-	1,1
Knochenoberfläche	0,041	0,018	0,015	0,003	-	0,08
Haut ¹	< 0,001	0,001	0,015	0,003	0,004	0,02
Sonstige	< 0,004	< 0,01	0,015	< 0,003	-	< 0,03
effektive Dosis	0,003	0,036	0,015	0,002	-	0,06
ungünstigste Einwirkungsstelle ²	420/1470	420/1470	0/1290	420/1470	420/1470	-

¹ gemäß Anlage X StrlSchV kein Beitrag zur effektiven Dosis

² x/y-Koordinaten im m, bezogen auf den ehemaligen FR2-Kamin

Tab. 5-11: Körperdosen für Kleinkinder (*70-Jahre-Folgedosis) durch die radioaktiven Ableitungen mit der Fortluft der WAK im Jahr 2002, ungünstigste Einwirkungsstellen

Körperbereich	maximale Teilkörper- und Effektivdosen in µSv für Erwachsene					
	Inhalation*	Ingestion*	Gamma-submersion	Gamma-Bodenstrahlung	Beta-submersion	Summe
Keimdrüsen	0,001	0,002	0,013	0,001	-	0,02
Brust	< 0,001	0,001	0,013	0,002	-	0,02
Rotes Knochenmark	0,005	0,011	0,013	0,001	-	0,03
Lunge	0,001	0,001	0,013	0,001	-	0,02
Schilddrüse	0,002	1,22	0,013	0,002	-	1,24
Knochenoberfläche	0,061	0,040	0,013	0,003	-	0,12
Haut ¹	< 0,001	0,001	0,013	0,003	0,004	0,02
Sonstige	< 0,006	< 0,003	0,013	< 0,003	-	< 0,03
effektive Dosis	0,004	0,041	0,013	0,002	-	0,06
ungünstigste Einwirkungsstelle ²	420/1470	420/1470	0/1290	420/1470	420/1470	-

¹ gemäß Anlage X StrlSchV kein Beitrag zur effektiven Dosis

² x/y-Koordinaten im m, bezogen auf den ehemaligen FR2-Kamin

Tab. 5-12: Körperdosen für Erwachsene (*50-Jahre-Folgedosis) durch die radioaktiven Ableitungen mit der Fortluft der WAK im Jahr 2002, ungünstigste Einwirkungsstellen

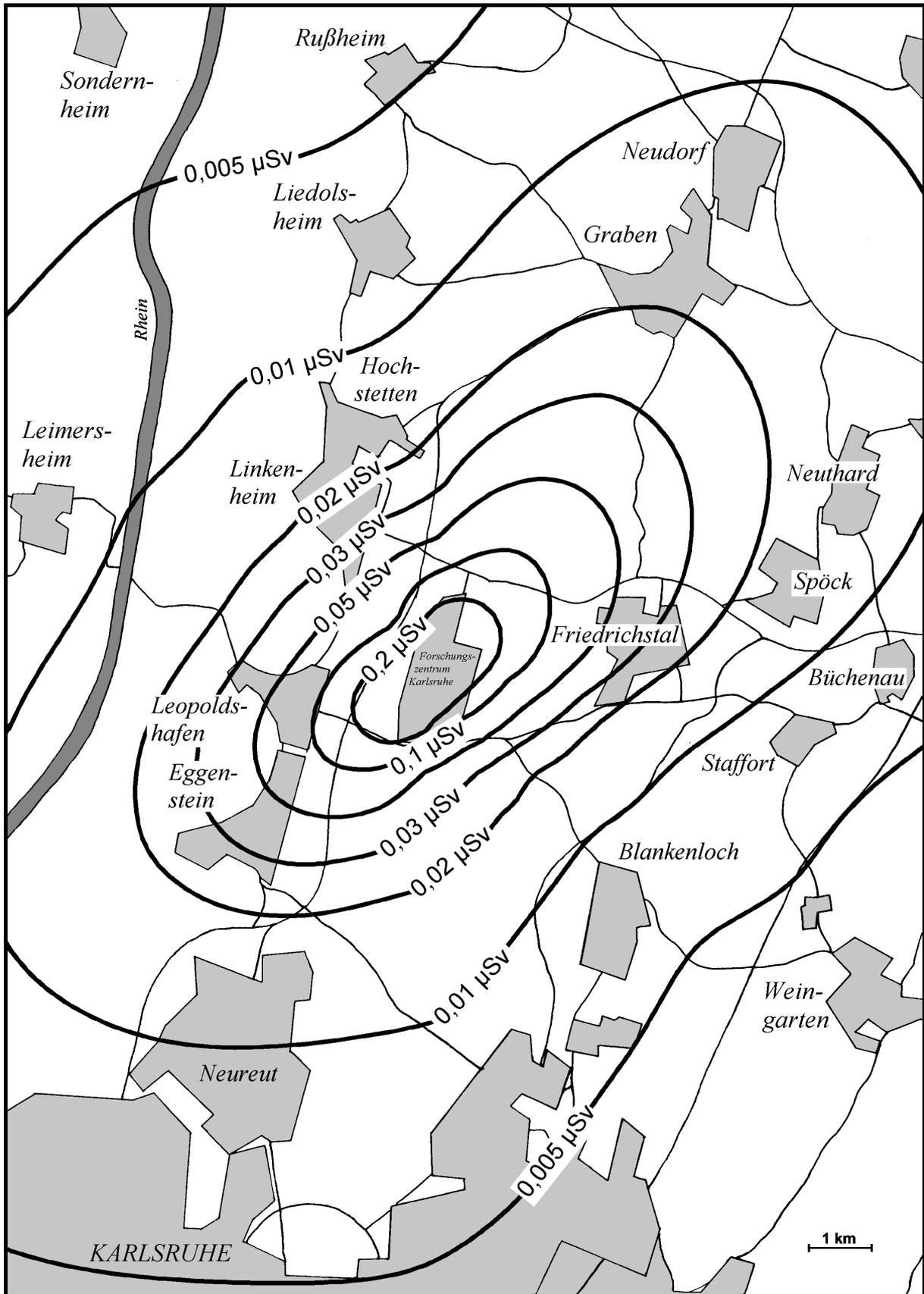


Abb. 5-6: Effektivdosen für Erwachsene in der Umgebung des Forschungszentrums Karlsruhe, 50-Jahre-Folgedosis aufgrund der radioaktiven Ableitungen mit der Fortluft im Jahr 2002

5.2.2 Abwasserüberwachung

Chr. Wilhelm, A. Radziwill-Ouf, K.-G. Langguth

Die Überwachung des auf dem Betriebsgelände des Forschungszentrums Karlsruhe anfallenden Abwassers erfolgt im Rahmen wasserrechtlicher Erlaubnisbescheide und atomrechtlicher Genehmigungen, die von den zuständigen Behörden des Landes Baden-Württemberg erteilt wurden. Der 1997 neu gefasste wasserrechtliche Bescheid wurde im Jahre 2000 ergänzt und zusammen mit der atomrechtlichen Genehmigung neu erteilt. Mit dem neuen Bescheid und der neuen Genehmigung wurde die Einleitung des geklärten Abwassers in den Rhein zugelassen. Die Überwachung nicht-radioaktiver Stoffe im Rahmen der Genehmigungen erfolgt durch das „Labor für Wasser und Umwelt“ des BTI-V.

Das auf dem Gelände des Forschungszentrums anfallende 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 und das von versiegelten Flächen abfließende Niederschlagswasser 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 durch kontinuierliche Probenentnahme überwacht.

Die häuslichen Abwässer werden der biologischen Kläranlage zugeführt, in mehreren Verfahrensschritten gereinigt und schließlich in die Speicherbecken für häusliches Abwasser eingeleitet (s. Abb. 5-7). 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 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 und die gemäß der atomrechtlichen Genehmigung zu überwachen sind (Chemieabwasser II), werden am Anfallort in sogenannten Abwassersammelstationen gesammelt. Anhand der im physikalischen Messlabor 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. 5-7).

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 Speicherbecken für Chemieabwasser mit je 750 m³ Fassungsvermögen gesammelt (s. Abb. 5-7).

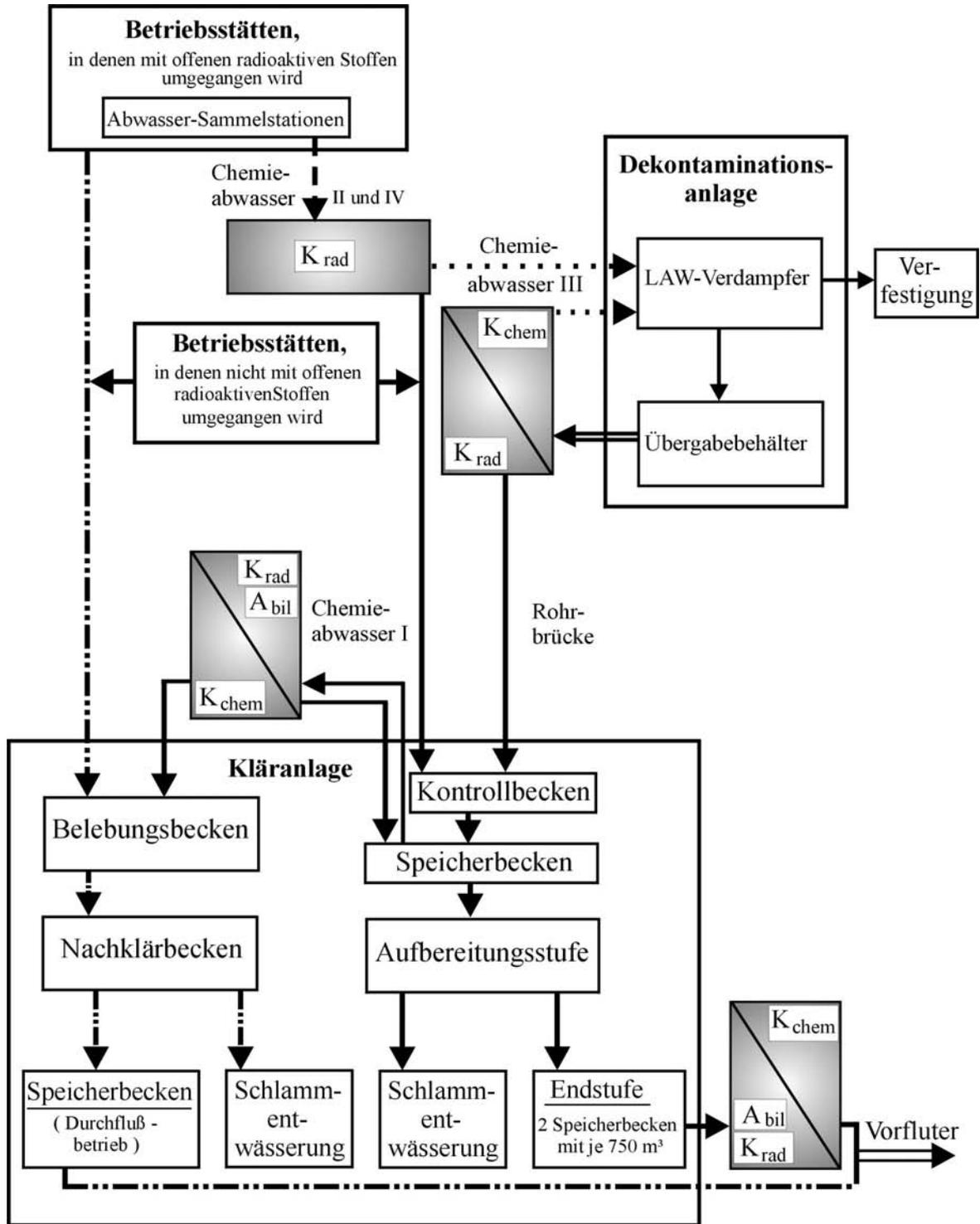


Abb. 5-7: Vereinfachtes Fließschema der Abwässer im Forschungszentrum Karlsruhe (K_{rad}: Kontrollmessung radioaktiver Stoffe; K_{chem}: Kontrollmessung nichtradioaktiver Stoffe, A_{bil}: Bilanzierung der Ableitung radioaktiver Stoffe)

Im gereinigten Abwasser werden die Konzentrationen der radioaktiven und bestimmter nicht-radioaktiver Stoffe ermittelt. Anhand der atomrechtlichen Genehmigung und der wasserrechtlichen Erlaubnis wird über die Ableitung entschieden. Über eine 6,7 km lange Rohrleitung werden die Abwässer – zusammen mit den geklärten Abwässern der Gemeinde Eggenstein-Leopoldshafen - in den Rhein eingeleitet.

Zusätzlich zu den Entscheidungsmessungen, die vor Abgabe des Abwassers aus den Abwassersammelstationen, der Dekontaminationsanlage und den Speicherbecken durchzuführen sind, wird die mit dem Abwasser des Forschungszentrums abgeleitete Aktivität durch nuklidspezifische Analysen von Monats- und Quartalsmischproben, die mengenproportional aus Teilmengen der einzelnen abgeleiteten Abwasserchargen herzustellen sind, bilanziert. Die bilanzierte Aktivität darf die ebenfalls in der atomrechtlichen Genehmigung festgelegten Jahresableitungsgrenzwerte für Aktivitätsabgaben mit dem Abwasser nicht überschreiten. Die genehmigten Jahresableitungsgrenzwerte und zulässigen Konzentrationen radioaktiver Stoffe im Abwasser wurden im Zuge der Antragstellung zur Erteilung der atomrechtlichen Genehmigung durch einen von der Aufsichtsbehörde bestellten Gutachter überprüft.

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 Monats- und Quartalsmischproben durchgeführt.

5.2.2.1 Ableitung radioaktiver Stoffe mit dem Abwasser 2002

A. Radziwill-Ouf, Chr. Wilhelm, H. Genzer, B. Quan

Die Ableitung radioaktiver Stoffe mit dem Abwasser wird anhand von Mischproben bilanziert. Dazu werden mengenproportionale Proben der einzelnen Speicherbeckenfüllungen zu Monats- und Quartalsmischproben vereinigt und am Ende des Sammelzeitraumes analysiert. Neben der Bestimmung der Aktivität von Tritium werden bei Monatsmischproben auch nuklidspezifische Messungen mittels Gamma-Spektroskopie durchgeführt. Bei Quartalsmischproben werden diese Messungen durch eine Gesamt-Alpha-Aktivitätsmessung und durch eine chemische Aufbereitung der Proben zur Bestimmung der Konzentration von Strontiumisotopen sowie von C-14 und S-35 ergänzt. Bei einer Gesamt-Alpha-Aktivität $\geq 0,5$ kBq/m³ müssen zusätzlich die folgenden Radionuklide radiochemisch bestimmt werden: Pu-238, Pu-239/240, Pu-241, Am-241 und Am-243. Da im Jahr 2002 bei allen Quartalsmischproben die Gesamt-Alpha-Aktivität $< 0,5$ kBq/m³ war, konnte auf die radiochemische Bestimmung der Plutonium- und Americiumisotope verzichtet werden. Aufgrund von Rückbauarbeiten in der WAK kam es dieses Jahr zu geringen Ableitungen von Am-241, das über die gammaspektrometrische Analyse der Monatsmischproben nachgewiesen werden konnte. Das Verhältnis zwischen der abgeleiteten Fracht und dem Genehmigungswert von Am-241 beträgt nur 0,00038.

In Tab. 5-13 sind die anhand von Monats- und Quartalsmischproben ermittelten Gesamtableitungen radioaktiver Stoffe für 2002 wiedergegeben. Zum Vergleich sind für die im Jahre 2002 abgeleiteten Radionuklide die Vorjahreswerte und die Genehmigungswerte 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 oder höchstens gleich 1 ist (0,021 in 2002).

Radionuklid	Genehmigungswerte J _n für die Aktivitäts- abgaben in Bq/a	bilanzierte Ableitungen in Bq/a	
		2002	2001
H-3	8,0 E+13	1,2 E+12	6,9 E+11
Be-7	2,0 E+10	3,4 E+05	0
Co-57	2,0 E+10	2,9 E+05	1,9 E+06
Co-60	1,0 E+09	3,7 E+04	1,5 E+05
Sr-90	3,0 E+09	8,7 E+06	1,1 E+07
Cs-137	3,0 E+09	7,9 E+06	5,4 E+06
Am-241	4,0 E+08	1,5 E+05	0
aus dem Forschungs- zentrum abgeleitete Chemieabwasser- menge in m ³	-	38.900	41.700

Tab. 5-13: 2002 aus dem Forschungszentrum Karlsruhe abgeleitete Abwassermenge und -aktivität sowie Genehmigungswerte gemäß atomrechtlicher Genehmigung

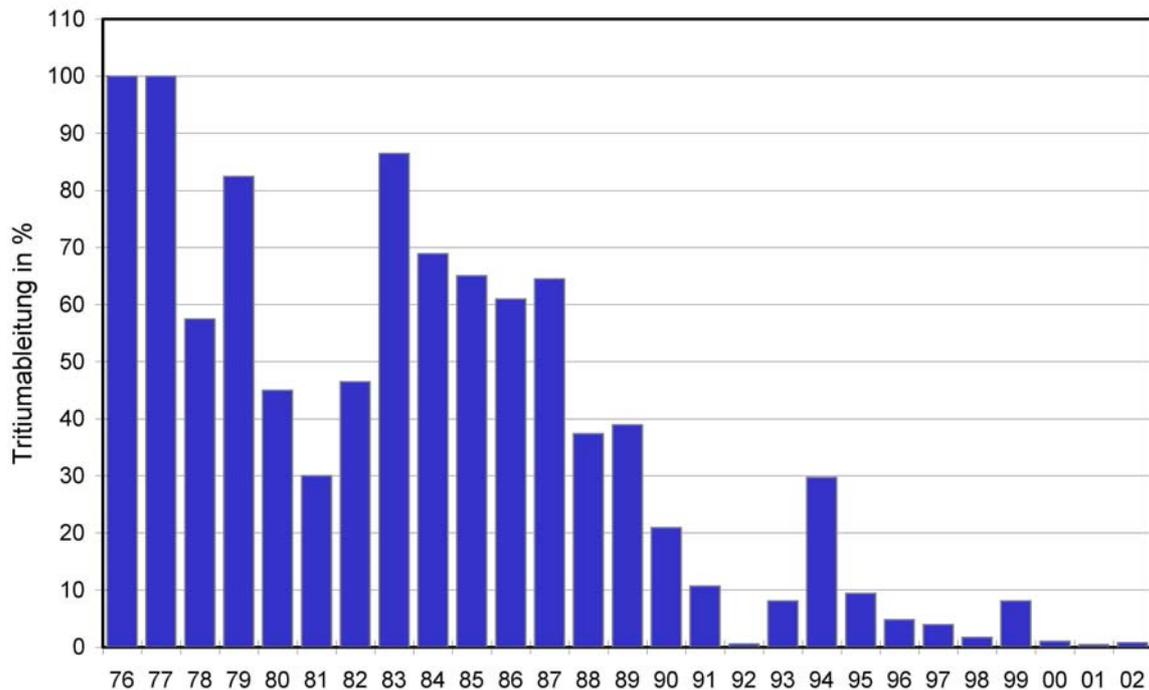


Abb. 5-8: Entwicklung der mit dem Abwasser aus dem Forschungszentrum Karlsruhe jährlich abgeleiteten Tritiumaktivität seit 1976 (1976 = 100 %)

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 27 Jahren in den Vorfluter abgeleiteten Tritiumaktivität gibt Tab. 5-13.

5.2.2.2 Ableitung nichtradioaktiver Stoffe mit dem Abwasser im Jahr 2002

W. Bumiller (BTI-V), Chr. Wilhelm

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

Zur Ermittlung der Jahresabgaben dienen dabei die Ergebnisse der Messungen, die an den einzelnen Speicherbeckenchargen der Chemiekäranlage gemäß den Vorgaben des wasserrechtlichen Erlaubnisbescheides und an qualifizierten 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. 5-14 sind die bilanzierten Ableitungen mit dem Chemieabwasser und dem häuslichen Abwasser sowie in Tab. 5-15 die errechneten Jahreskonzentrationsmittelwerte für das Jahr 2001 wiedergegeben. Die Genehmigungswerte wurden in keinem Fall überschritten. Dies bestätigen auch die amtlichen Überwachungsmessungen.

Bei der Chemiekäranlage erreichte die Ableitung von CSB, KW, AOX und Phosphat ähnliche Werte wie im Vorjahr. Bei der Schmutzwasserkläranlage mit vorgeschalteter Denitrifikation konnte die Nitratfracht wieder bei dem niedrigen Wert des Vorjahres gehalten werden, jedoch kam es aufgrund unerlaubter Einleitungen zu einer leichten Frachterhöhung.

Parameter	Chemieabwasser [kg/a]	Häusliches Abwasser [kg/a]
Chem. Sauerstoffbedarf (CBS)	922,24	2411,8
Biochem. Sauerstoffbedarf (BSB ₅)	-	129,5
absorbierbare organische Halogenverbindungen (AOX)	1,25	2,32
flüchtige organische Halogenverbindungen (POX)	0,72	-
mineralöhlhaltige Kohlenwasserstoffe (KW)	4,83	-
Gesamtstickstoff (N ges.)	-	383,8
organ. gebundener Stickstoff (N org.)	-	212,58
Chlorid	7026,8	-
Nitrat - N	15,1	339,6
Nitrit - N	3,88	13,4
Phosphat - P ges	7,14	124,1
Sulfat	6927,1	-
Ammonium - N	46,05	184,13
Cadmium	≤ 0,5	≤ 0,5

Chrom	≤ 0,5	≤ 0,5
Eisen	8,8	2,9
Quecksilber	≤ 0,01	≤ 0,01
Blei	≤ 0,5	≤ 0,5
Kobalt	≤ 0,5	≤ 0,5
Kupfer	≤ 0,5	≤ 0,5
Mangan	≤ 1,0	≤ 0,5
Nickel	0,68	≤ 0,5
Zink	0,56	1,6

Tab. 5-14: Bilanzierte Mengen der im Jahr 2002 mit dem Chemieabwassers und dem häuslichen Abwasser in den Vorfluter abgeleiteten nichtradiaktiven Stoffe

Parameter	Mittelwert Chemiekläranlage [mg/l]	Mittelwert Schmutz- wasserkläranlage [mg/l]
pH-Wert	7,3	7,10
absetz. Stoffe	0,1	-
absorbierbare organische Halogenverbindungen (AOX)	0,063	0,028
flüchtige organische Halogenverbindungen (POX)	0,0034	-
mineralöhlhaltige Kohlenwasserstoffe (KW)	0,23	-
Biochem. Sauerstoffbedarf (BSB ₅)	-	3,48
chem. Sauerstoffbedarf (CSB)	46,1	31,46
Phenol-Index	-	-
Cadmium	≤ 0,010	≤ 0,01
Chrom	≤ 0,010	≤ 0,01
Eisen gesamt	0,4	0,20
Quecksilber	≤ 0,001	≤ 0,0001
Blei	≤ 0,010	≤ 0,01
Kobalt	≤ 0,010	≤ 0,01
Kupfer	0,010	≤ 0,01
Mangan	0,004	≤ 0,040
Nickel	0,037	≤ 0,010

Zink	0,029	0,218
Calcium	171,4	-
Magnesium	12,4	-
Aluminium	0,034	-
Barium	0,044	-
Ammonium-N	2,2	2,54
Chlorid	337	161,98
Sulfat	326	91,89
Cyanid frei	≤ 0,005	-
Cyanid gesamt	≤ 0,005	-
Fluorid	0,52	-
Nitrat-N	2,5	4,17
Nitrit-N	0,19	0,162
Phosphat-P ges.	0,33	1,49

Tab. 5-15: Jahreskonzentrationsmittelwerte der im Jahr 2002 mit dem Chemieabwasser und dem häuslichen Abwasser in den Vorfluter abgeleiteten nichtradioaktiven Stoffe.

5.2.2.3 Strahlenexposition in der Umgebung des Forschungszentrums Karlsruhe durch die mit dem Abwasser in den Rhein abgeleiteten radioaktiven Stoffe im Jahr 2002

K.-G. Langguth

Die aus den Ableitungen radioaktiver Stoffe mit dem Abwasser des Forschungszentrums Karlsruhe in den Rhein resultierende Strahlenexposition wurde unter Anwendung der Allgemeinen Verwaltungsvorschrift zu § 45 StrlSchV vom 30.06.1989 berechnet. Die Berechnung wurde mit Hilfe des Programms STARS durchgeführt. Dabei wurden die Effektivdosen und die Dosen des relativ am stärksten exponierten Organs - jeweils für Erwachsene und Kleinkinder - als 50-Jahre-Folgeäquivalentdosen ermittelt. Die Berechnung erfolgte mit den Parametern und den Expositionspfaden, die auch im Gutachten im Auftrag des UVM zum Antrag des Forschungszentrums auf Einleitung des Abwassers in den Rhein zur Anwendung kamen. Als mittlerer Abfluss MQ an der Einleitungsstelle wurde dabei von 1.260 m³/s ausgegangen. Die berechneten effektiven Dosen und die Dosen für die jeweils am stärksten exponierten Organe für Erwachsene und Kleinkinder für die Ableitung in den Rhein sind in Tab. 5-16 wiedergegeben.

Bilanzierte Aktivitätsableitungen 2002		Maximale Körper-Folgedosen in μSv			
		Erwachsene		Kleinkinder	
Nuklid	Aktivität in Bq	Effektive Dosis	Dosis für das am stärksten expo- nierte Organ	Effektive Dosis	Dosis für das am stärksten expo- nierte Organ
H-3	1,2 E +12	0,013		0,013	
Be-7	3,4 E +05	< 0,001		< 0,001	
Co-57	2,9 E +05	< 0,001		< 0,001	
Co-60	3,7 E +04	< 0,001		< 0,001	
Sr-90	8,7 E +06	< 0,001	0,003 (RK)	< 0,001	0,002 (RK)
Cs-137	7,9 E +06	0,002		< 0,001	
Am-241	1,5 E +05	< 0,001	0,002 (KO)	< 0,001	< 0,001 (RK)
Summe*, gerundet		0,015	-	0,014	-

* Die Summenbildung erfolgte mit den Originaldaten.

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

Tab. 5-16: Maximale Körper-Folgeäquivalentdosen, berechnet aus den bilanzierten Aktivitätsableitungen mit dem Abwasser in den Rhein im Jahr 2002

Die Rechenergebnisse zeigen, dass für die Ableitung radioaktiver Stoffe mit dem Abwasser in den Rhein die Dosisgrenzwerte der Strahlenschutzverordnung (Grenzwert für die effektive Dosis: 300 $\mu\text{Sv}/\text{Jahr}$) deutlich unterschritten werden.

5.2.3 Umgebungsüberwachung

M. Vilgis, A. Wicke, F. Milbich-Münzer, W. Bohn, B. Messerschmidt, C. Schiele

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. 150 km^2 . Die meisten Mess- und Probenentnahmeorte liegen, wie in Abb. 5-9 dargestellt, innerhalb eines Bereichs von ca. 6 km Radius um das Forschungszentrum Karlsruhe. Die Mess- und Probenentnahmeorte innerhalb des Forschungszentrums Karlsruhe sind in Abb. 5-10 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.

Das derzeit gültige Umgebungsüberwachungsprogramm trat im Mai 2001 mit Beginn der direkten Einleitung der gereinigten Abwässer des Forschungszentrums Karlsruhe in den Rhein in Kraft. Damit ergibt sich für das Jahr 2002 im Vergleich zum Vorjahr eine veränderte Probenanzahl und Probenverteilung. Insgesamt wurden an ca. 570 Proben rund 920 Radioaktivitätsmessungen durchgeführt, wobei der größte Anteil der Proben weiterhin auf die Überwachung der Umweltbereiche Luft (Aerosole) und Niederschlag entfällt (Abb. 5-9).

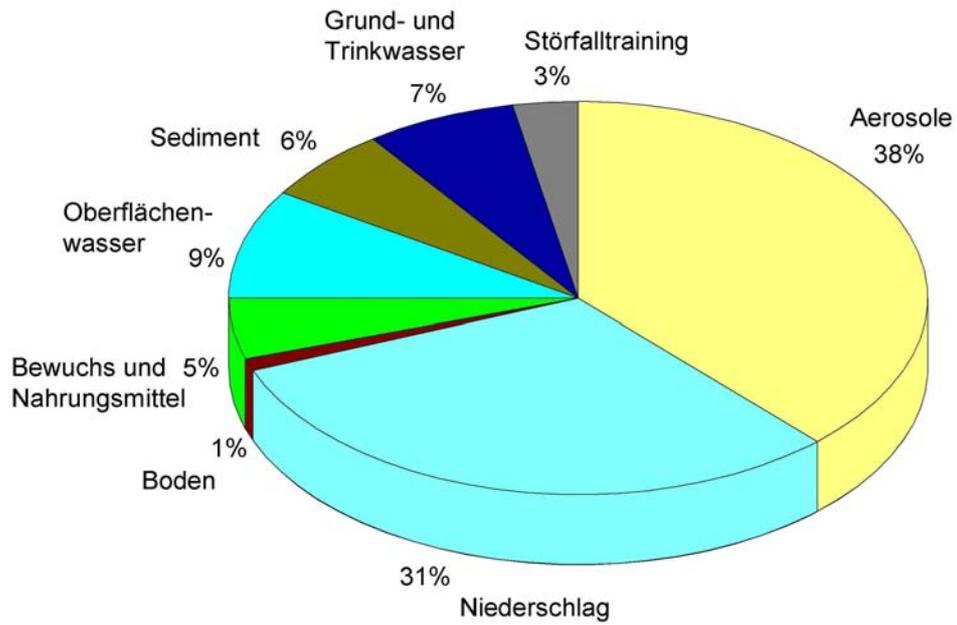
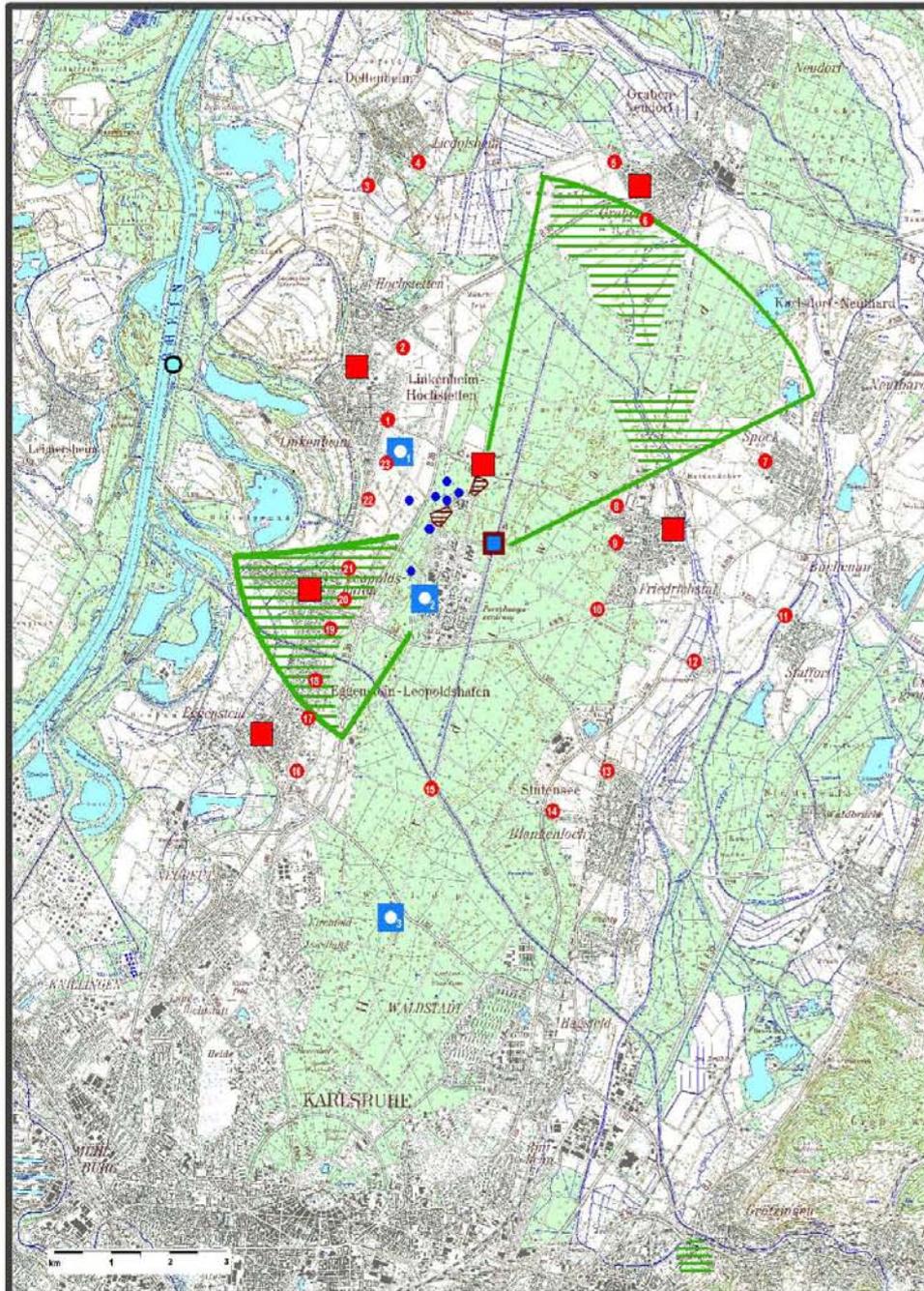


Abb. 5-9: Prozentuale Verteilung der Proben zur Umgebungsüberwachung bezogen auf einzelne Umweltmedien



Legende

Stand: Mai 2001

Grundlage: Topografische Karte 1:50 000,
Copyright Landesvermessungsamt Baden-Württemberg
(<http://www.lv-bw.de>), 21.03.2002, Az.: 2851.2-D/27

- | | |
|--|--|
|  Außenstation |  Hauptausbreitungssektoren |
|  Festkörperdosimeter (Messorte Nr.1 - 23) |  Landwirtschaftliche Produkte und Boden |
|  Trinkwasser (Wasserwerke)
1 = Linkenheim, 2 = FZK Süd, 3 = Karlsruhe-Hardtwald |  Boden |
|  Grundwasser |  Gemeinsame Einleitungsstelle für die Abwässer der Gemeinde
Eggenstein-Leopoldshafen und des
Forschungszentrums Karlsruhe bei Rhein-km 373,74 |
|  kontinuierliche Sammlung von Oberflächenwasser und
Sediment unterhalb der Regen- und Kühlwassereinleitungen | |

Abb. 5-10: Lageplan der Mess- und Probenentnahmestellen zur Umgebungüberwachung außerhalb des Forschungszentrums Karlsruhe

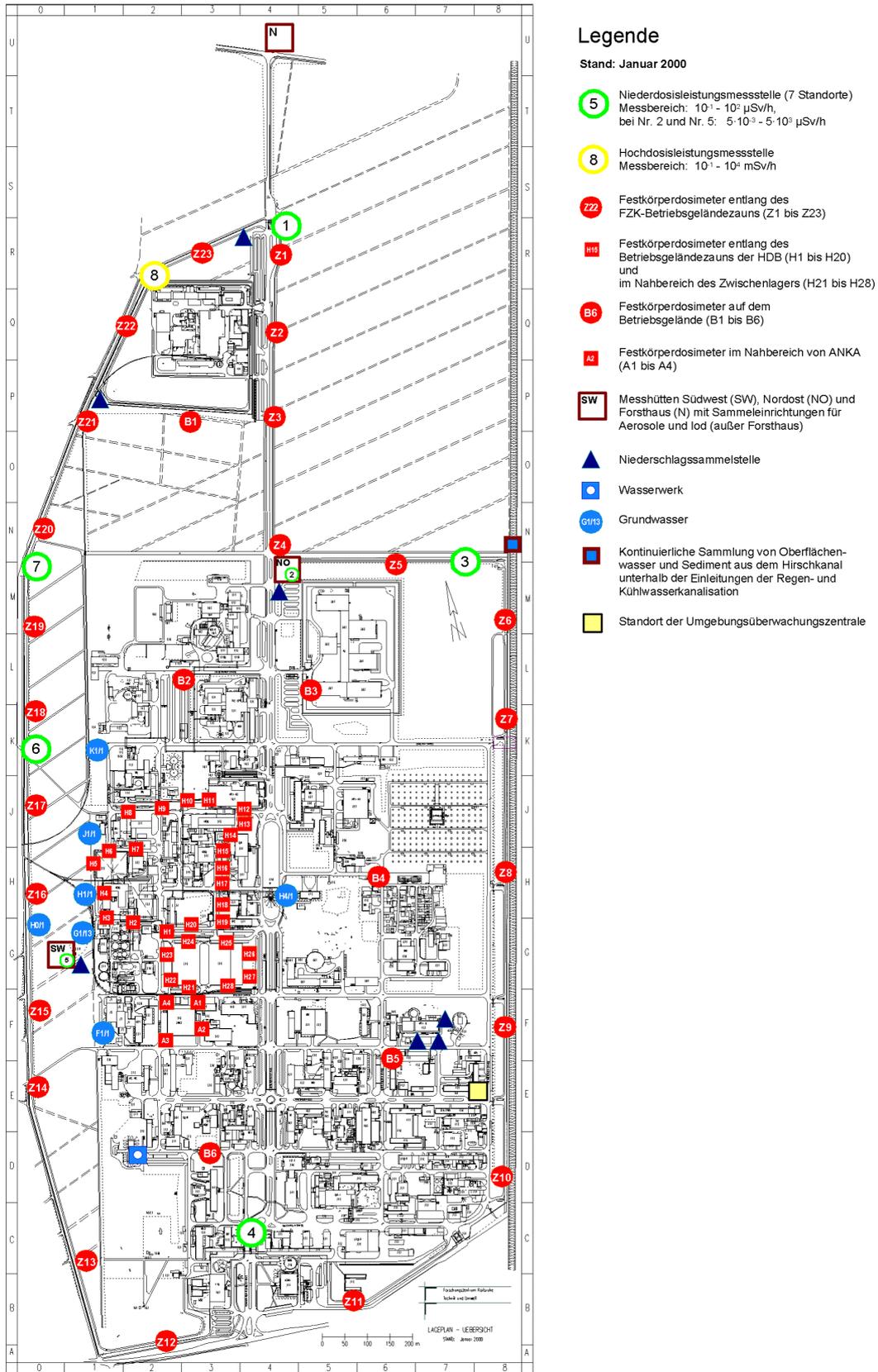


Abb. 5-11: Lageplan der Mess- und Probenentnahmestellen zur Umgebungsüberwachung innerhalb des Forschungszentrums Karlsruhe

Das Routineüberwachungsprogramm zur Überwachung der Umgebung hat folgende Struktur:

Direktmessung der Strahlung

- Außenstationen
- Monitoranlage zur Überwachung des Betriebsgeländes einschließlich WAK
- Festkörperdosimeter

Messfahrten

- γ -Ortsdosisleistung
- Aerosole
- Bodenoberfläche
- Boden

Radioaktivitätsmessungen

- Luft
- Niederschlag
- Boden
- Bodenoberfläche
- Bewuchs
- Pflanzliche Nahrungsmittel
- Oberflächenwasser
- Sediment
- Grund- und Trinkwasser

5.2.3.1 Direktmessung der Strahlung

Zur Direktmessung der Strahlung befinden sich zwei Online-Systeme im Einsatz. Das eine System, die Monitoranlage, dient der Überwachung der Ortsdosisleistung entlang des Betriebsgeländezauns, das andere System, die Außenstationen, dient der Überwachung in den umliegenden Ortschaften. Im Jahr 2002 wurde durch die Monitoranlage keine Überschreitung der Warnschwelle von $0,5 \mu\text{Sv/h}$ registriert. Die gemessene Ortsdosisleistung bei den Außenstationen folgte den natürlichen Schwankungen (keine signifikanten Erhöhungen). Abb. 5-12 sind die Wochenmittelwerte der γ -Ortsdosisleistung im Jahr 2002 an den Außenstationen der nächstgelegenen Ortschaften und an der Station „Forsthaus“ dargestellt. Der Schwankungsbereich der Ortsdosisleistung lag zwischen 63 und 94 nSv/h . Die geringen Unterschiede des Strahlungspegels werden im wesentlichen durch standortspezifische Parameter bestimmt. Die niedrigste Dosisleistung wird am „Forsthaus“ (einzelnes Gebäude, von Wald umgeben) gemessen.

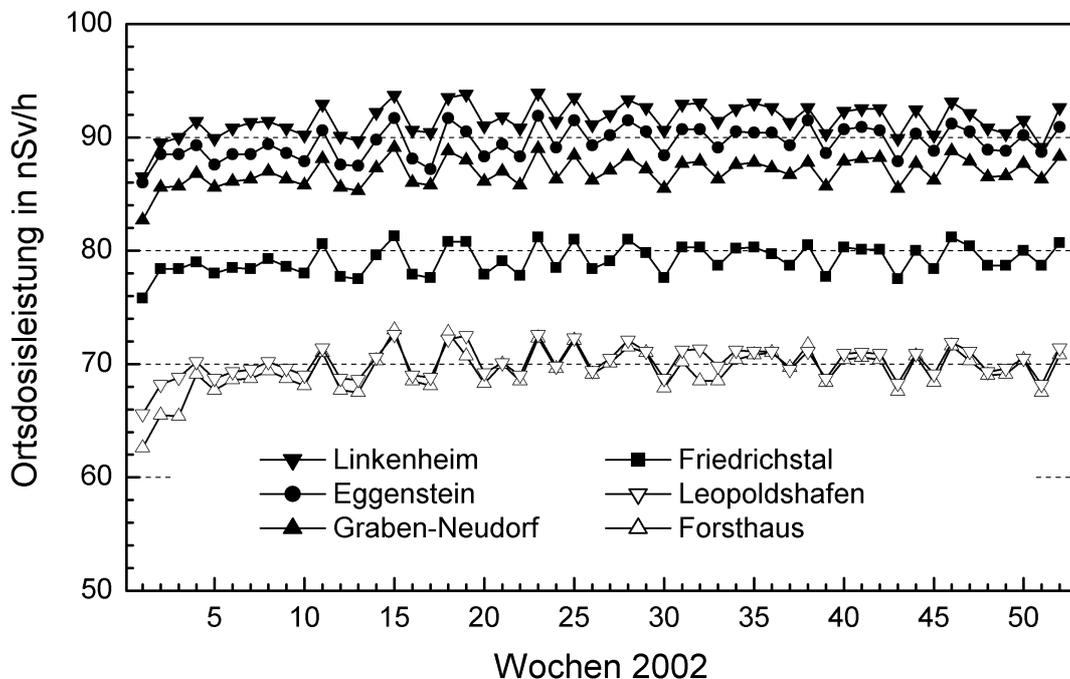


Abb. 5-12: Wochenmittelwerte der γ -Ortsdosisleistung im Jahr 2002 in den nächstgelegenen Ortschaften und am „Forsthaus“

Die Direktstrahlung wird auch als Jahresortsdosis mit integrierenden Thermolumineszenzdosimetern gemessen. An den 23 Messorten entlang des Zauns des Betriebsgeländes lag die Ortsdosis,

wie im Vorjahr, im Bereich von 0,56 bis 0,72 mSv/a, bei einem Mittelwert von 0,6 mSv/a (s. Abb. 5-13). Dabei finden sich die höheren Werte im Bereich der HDB. Die Messwerte der 23 Umgebungsdosimeter in den umliegenden Ortschaften reichten von 0,55 bis 0,92 mSv/a, bei einem Mittelwert von 0,61 mSv/a. Der hier etwas größere Schwankungsbereich ist auf größere Unterschiede standortspezifischer Parameter zurückzuführen.

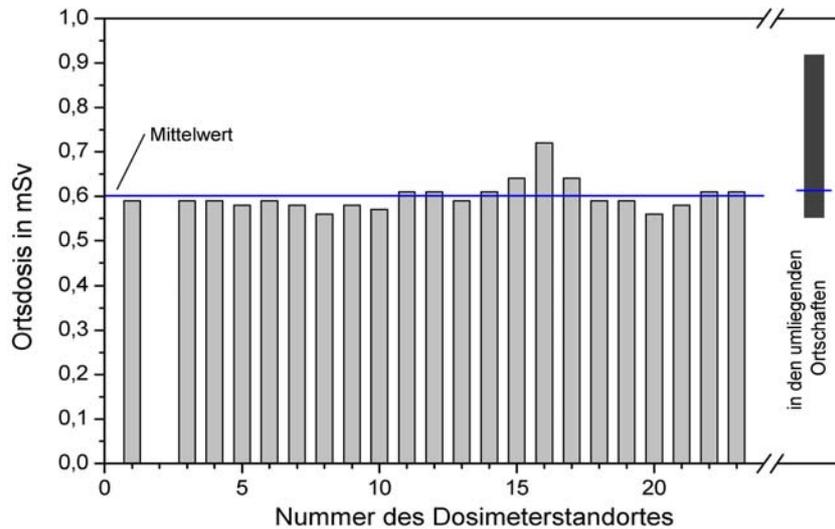


Abb. 5-13: Messwerte der Ortsdosis entlang des Betriebsgeländezaunes und Schwankungsbereich der Messwerte im Jahr 2002 in den umliegenden Ortschaften

5.2.3.2 Radioaktivitätsmessungen

An den drei Messhütten werden Aerosolfilter kontinuierlich bestaubt und wöchentlich gewechselt. Neben der Messung der langlebigen α - und β -Gesamtaktivität aller Einzelfilter erfolgen vierteljährlich γ -spektrometrische Untersuchungen und Plutoniumanalysen an Quartalsmischproben der Filter. Im Jahr 2002 lagen alle durch γ -Spektrometrie bestimmten Aktivitätskonzentrationen künstlicher Radionuklide unter der Erkennungsgrenze (z. B. $7 \mu\text{Bq}/\text{m}^3$ für Cs-137). Die Aktivitätskonzentration des natürlichen Radionuklids Be-7 schwankte zwischen 2,2 und $4,8 \text{ mBq}/\text{m}^3$. Bei der Untersuchung der Plutonium-Aktivitätskonzentrationen lagen ebenfalls alle Messergebnisse unterhalb der Erkennungsgrenze.

An insgesamt sieben Stellen auf dem Betriebsgelände des Forschungszentrums (s. Abb. 5-11) wird Niederschlag zur Überwachung auf Radioaktivität gesammelt. Eine weitere Sammelstelle in Durlach dient als Referenzstelle. Im Jahr 2002 betrug die über alle sieben Sammelstellen gemittelte Jahresniederschlagsmenge 945 mm. Im Niederschlag wurden bei der γ -spektrometrischen Analyse keine künstlichen Radionuklide nachgewiesen. Die Nachweisgrenze für Cs-137 lag bei $0,01 \text{ Bq}/\text{l}$. Die H-3-Aktivitätskonzentration schwankte zwischen der Nachweisgrenze von $3 \text{ Bq}/\text{l}$ und $13 \text{ Bq}/\text{l}$.

Tab. 5-17 enthält eine Übersicht über die Schwankungsbereiche der in den Jahren 2001 und 2002 gemessenen spezifischen Aktivitäten in Boden- und Sedimentproben. Aufgeführt sind außer dem natürlichen Radionuklid K-40 nur solche künstlichen Nuklide, für die in den Jahren 2001 und 2002 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.

Zur Bestimmung der spezifischen Aktivität im Boden wurden in den Hauptausbreitungssektoren der WAK (braun umrandete Sektoren in Abb. 5-10) 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. 5-10) wurden von den Anbauflächen der überwachten Nahrungsmittel (siehe Tab. 5-18) 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. 5-17). Außerdem wurde die spezifische Aktivität im Boden an vier Stellen durch In-situ-Gammaspektrometrie ermittelt.

Das Sediment aus dem Hirschkanal wird kontinuierlich in einem sogenannten Sediment-sammelkasten aufgefangen, der monatlich geleert wird. Die im Jahr 2002 gemessenen spezifischen Cs-137-Aktivitäten zeigen keine Veränderung zu den Ergebnissen des Vorjahres.

Eine Übersicht über die Schwankungsbereiche der in den Jahren 2001 und 2002 gemessenen spezifischen Aktivitäten in Nahrungsmitteln gibt Tab. 5-18. Aufgeführt wurden nur solche künstlichen Nuklide, für die in den Jahren 2001 und 2002 mindestens ein Messergebnis über der Erkennungsgrenze lag. Die untersuchten landwirtschaftlichen Produkte wurden in den beiden Hauptausbreitungssektoren angebaut.

überwachtes Medium	Nuklid	spezifische Aktivität in Bq/kg Trockensubstanz			
		2002		2001	
		Minimum	Maximum	Minimum	Maximum
Boden (0-5 cm)	K-40	450	590	400	590
	Cs-134	< 0,21	< 0,23	< 0,31	< 0,49
	Cs-137	18	45	13	100
	Sr-90	0,34	1,03	1,8	3,8
	Pu-238	< 0,02	0,25	0,21	0,54
	Pu-239/240	0,06	0,74	0,37	1,7
Boden (0-20 cm)	K-40	520	530	510	510
	Co-60	< 0,29	< 0,31	< 0,22	< 0,24
	Cs-134	< 0,23	< 0,24	< 0,18	< 0,21
	Cs-137	7,1	17	7,8	21
Boden (In-situ-Gamma- spektrometrie)	K-40	385	440	310	390
	Cs-134	< 2,2	< 2,5	< 2,1	< 2,3
	Cs-137	8,8	16,4	5,6	13
Sediment (Hirschkanal)	K-40	510	620	540	660
	Co-60	< 1,7	< 2,3	< 2,4	< 3,5
	Cs-134	< 1,4	< 2,1	< 2,1	< 2,8
	Cs-137	140	160	140	200
	Am-241	< 12	6,4	< 12	17

Tab. 5-17: Schwankungsbereiche der spezifischen Aktivität in Boden und Sediment

überwachtes Medium	Nuklid	spezifische Aktivität in Bq/kg Frischsubstanz			
		2002		2001	
		Minimum	Maximum	Minimum	Maximum
Wurzelgemüse	K-40	34	77	23	79
	Cs-137	< 0,021	< 0,032	< 0,02	< 0,03
	Sr-90	0,14	0,19	0,026	0,028
Getreide	K-40	83	130	93	110
	Cs-137	< 0,048	< 0,093	< 0,06	< 0,07
	Sr-90	0,22	0,39	0,50	0,52
Blattgemüse	K-40	46	117	42	71
	Cs-137	< 0,023	0,066	< 0,03	0,063
	Sr-90	< 0,023	0,12	0,10	0,15

Tab. 5-18: Schwankungsbereiche der spezifischen Aktivität in Nahrungsmitteln

Die Kühl- und Regenwässer des Forschungszentrums werden über die Sandfänge 1 bis 6 in den Hirschkanal abgeleitet (siehe Abb. 5-10). Das Oberflächenwasser des Hirschkanals wird unterhalb von Sandfang 6 im Teilstrom gesammelt und wöchentlich ausgewertet. Die H-3-Aktivitätskonzentration lag, außer im Monat Februar, unterhalb der Erkennungsgrenze von 1,8 Bq/l.

Zur Überwachung des Grundwassers im Nahbereich der HDB werden im Rahmen des Umgebungsüberwachungsprogramms zahlreiche Beobachtungspegel beprobt. Diese Pegel befinden sich innerhalb und außerhalb des Betriebsgeländes in Grundwasserfließrichtung. Die H-3-Aktivitätskonzentrationen schwankten im Jahr 2002 zwischen Messergebnissen unterhalb der Erkennungsgrenze und einem Maximalwert von 35 Bq/l, der im ersten Halbjahr am Beobachtungspegel H 0/1 innerhalb des Betriebsgeländes gemessen wurde. Insgesamt sind die Werte weiter rückläufig.

Die H-3-Aktivitätskonzentrationen von Grund- und Trinkwasser aus den Wasserwerken Linkenheim und des Forschungszentrums lagen im Vergleich zum Vorjahr wieder geringfügig oberhalb der Nachweisgrenze von 3,3 Bq/l (Maximum: 5,3 Bq/l) und damit auch minimal über dem allgemeinen Niveau der Referenzstelle (siehe Abb. 5-14). Die H-3-Aktivitätskonzentrationen der Beobachtungsbrunnen zwischen dem Forschungszentrum und Linkenheim lagen bei maximal 5 Bq/l und sind im Vergleich zu den Vorjahren weiter rückläufig.

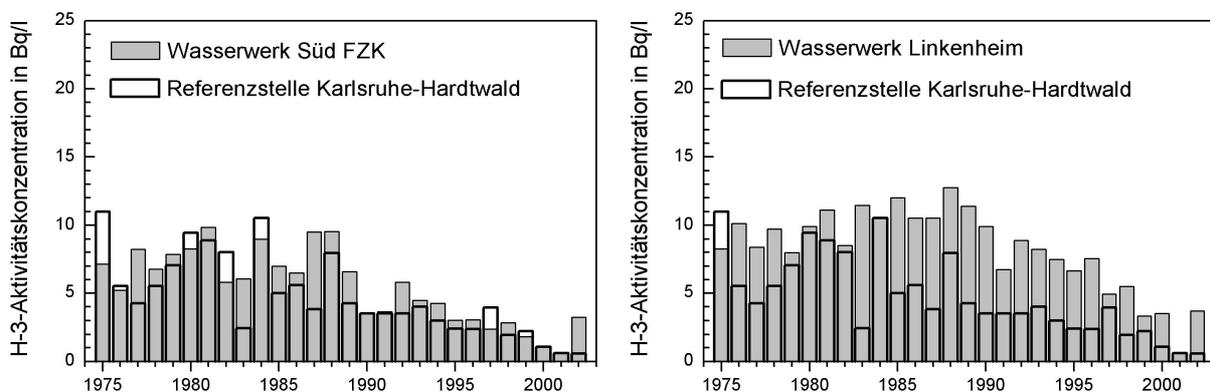


Abb. 5-14: Verlauf der H-3-Aktivitätskonzentration im Trinkwasser aus benachbarten Wasserwerken von 1975 bis 2002

5.2.3.3 Messfahrten

Im Rahmen des Störfalltrainingsprogramms werden monatliche Messfahrten zu wechselnden Mess- und Probenentnahmeorten durchgeführt. Die in der Zentralzone (Abb. 5-15) anzufahrenden Stellen wurden gemäß dem Katastropheneinsatzplan des Regierungspräsidiums Karlsruhe für die Wiederaufarbeitungsanlage Karlsruhe und das Institut für Transurane festgelegt. Ziel dieser Messfahrten ist das Training des Rufbereitschaftspersonals. Alle Messergebnisse entsprachen der Erwartung und zeigten keinerlei Auffälligkeiten.

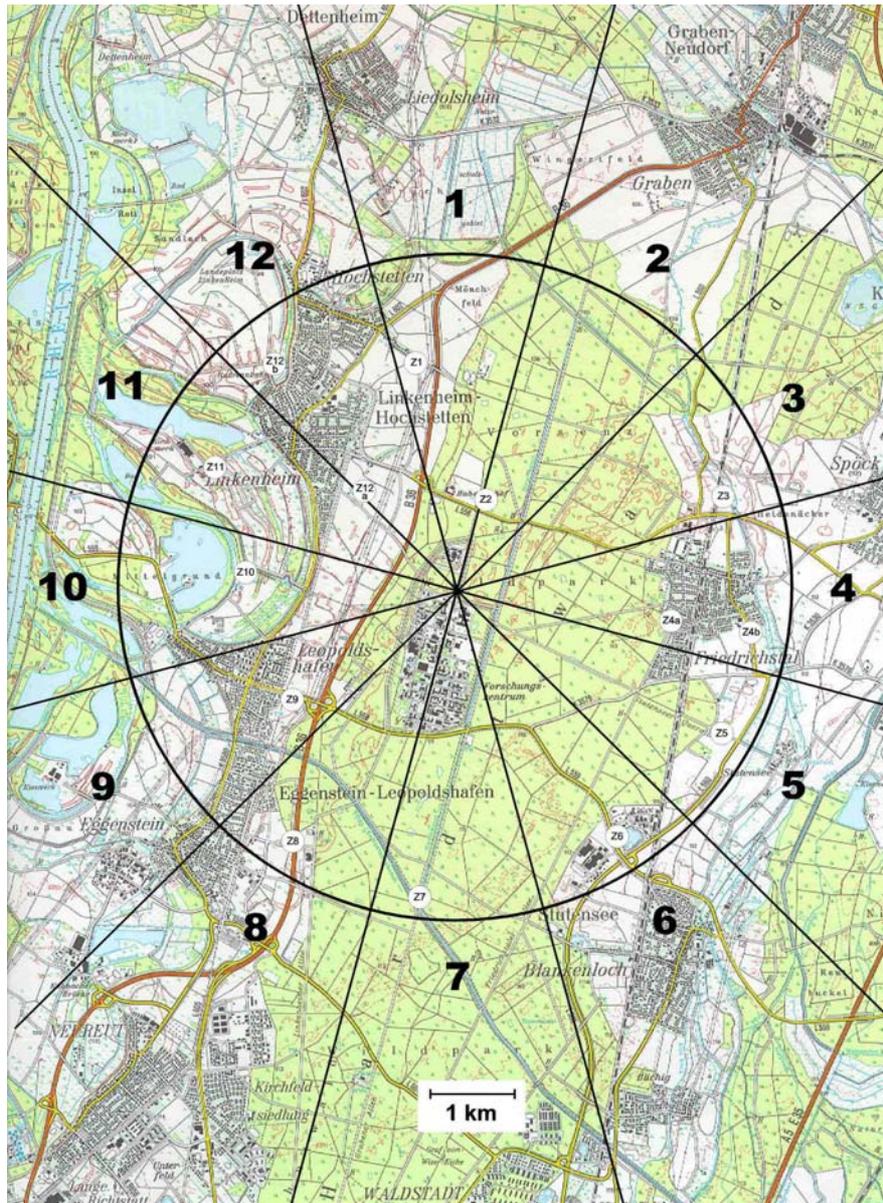


Abb. 5-15: Mess- und Probenentnahmeorte in den Sektoren der Zentralzone gemäß dem Katastropheneinsatzplan des Regierungspräsidiums Karlsruhe

5.2.3.4 Aktivitätsmessungen auf dem Betriebsgelände des FZK

A. Wicke, H. Dilger

Mit dem Ziel einer Umwidmung des frei zugänglichen Geländes des Forschungszentrums Karlsruhe von einem in der alten Strahlenschutzverordnung noch definierten „betrieblichen Überwachungsbe-
reich“ in ein „normales“ Betriebsgelände, wurden im Juli – August 2002 flächendeckend Aktivitäts-
messungen der Bodenoberfläche durchgeführt.

Dabei wurden – mit Ausnahme des Betriebsgeländes der HDB und des ITU – vom südlichen Be-
reich des Forschungszentrums bis zu dem der WAK angrenzenden Wald in jedem Planquadrat aus
„gewachsenem Boden“ eine Stichprobe entnommen. Die Einstichtiefe betrug jeweils ca. 5 cm. Zu
jedem Probeentnahmeort wurden die Ortskoordinaten und der Zeitpunkt der Probeentnahme proto-
kolliert. In einem ersten Schritt wurden für die gammaspektrometrischen Messungen Bodenproben
in 88 Planquadraten entnommen und ausgewertet. Hinzu kamen zwei Referenzmessungen in Karls-
ruhe-Durlach (Augustenberg) und sechs ausgewählte Messorte im Bereich des MZFR. Vier Mess-
punkte wurden nochmals repräsentativ beprobt (Mischprobe aus zehn Einstichen) und ausgewertet.
Die Bodenproben von vier Messorten wurden radiochemisch aufgearbeitet und hinsichtlich Sr-90,
Pu-238, Pu-239/240, Pu-241 und Am-241 analysiert.

Vor der Messung wurden die Bodenproben gesiebt und so von Steinen und organischen Be-
standteilen befreit. Das Frischgewicht der Proben lag zwischen 48 g und 150 g bei einem Mittelwert
von 111 g. Für die gammaspektrometrische Messung lag das Volumen aller Proben anforderungs-
gemäß bei ca. 100 ml. Die Messung selbst erfolgte in 1-l-Kautexflaschen im Probenwechsler, wobei
die Messzeit so bemessen war, dass für Am-241 in jedem Fall eine Nachweisgrenze von 0,005 Bq/g
erreicht wurde.

Neben dem natürlichen K-40 wurde in nahezu allen Proben Cs-137 gefunden. Bis auf wenige Aus-
nahmen lag die spezifisch Aktivität von Cs-137 innerhalb des Schwankungsbereichs der in der Um-
gebung existierenden Kontaminationswerte durch tschernobyl-bedingten Fallout (0,005 – 0,05
Bq/g).

Bei vier Bodenproben wurden Am-241-Aktivitäten gefunden, wobei bei Nachmessungen von drei
Proben die Messwerte unterhalb der Erkennungsgrenze lagen. Bei den vier radiochemisch aufgear-
beiteten Bodenproben wurden geringe, im wesentlichen fallout-bedingte spezifische Aktivitäten von
Sr-90, Pu-238, Pu-238/240, Pu-241 und Am-241 gefunden. Bei zwei Proben lagen die Pu-241-
Werte unterhalb der Erkennungsgrenze. An einer Stelle in der Nähe des MZFR wurde Co-60 und
Am-241 oberhalb der Nachweisgrenze gemessen. Dieser Probeentnahmeort liegt in einer Bodenver-
tiefung, so dass hier eine Aktivitätsanreicherung stattgefunden hat.

Die ermittelten spezifischen Aktivitäten lassen sich auf Flächenaktivitätswerte umrechnen, wobei
eine mittlere Bodendichte von 1,5 g/cm³ und einer Tiefe von 5 cm in Ansatz kam. Für Cs-137 wur-
de ein mittlerer tschernobyl-bedingter Beitrag von 0,015 Bq/g in Abzug gebracht. Unter diesen
Voraussetzungen liegen die Kontaminationswerte an allen Messpunkten – mit Ausnahme des o.g.
Punktes beim MZFR – unterhalb der Grenzwerte nach Anlage III Tabelle 1 Spalte 4 der Strahlen-
schutzverordnung.

6 Werkschutz

von Holleuffer-Kypke

Außerhalb des Routinebetriebes der Abteilung Werkschutz gab es am Samstag, den 21.09.2002, einen Tag der offenen Tür. Zugänglich waren hierbei ein Großteil der Anlagen. Ohne Zwischenfälle konnte der Andrang von ca. 40 000 Besuchern während der gesamten Öffnungszeit von 09.00 Uhr bis 17.00 Uhr bewältigt werden. Die große Resonanz in der Bevölkerung zeigte das weiterhin starke Interesse an dem gesamten wissenschaftlichen Spektrum des Forschungszentrums.

6.1 Anmeldung und Zugang

Im Jahr 2002 wurden 4 888 neue Betriebsausweise ausgestellt und 3 639 Betriebsausweise eingezogen. Zum Stichtag 31.12.2002 befanden sich damit 10 340 Betriebsausweise im Umlauf. Die Verteilung der Betriebsausweise nach den einzelnen Einrichtungen ist in Tab. 6-1 aufgelistet.

Einrichtung	Personenstatus	
	aktiv	Ruhestand
Forschungszentrum	3 830	2 029
ANKA	9	0
FIZ	296	56
ITU	276	112
KBG	5	148
KHG	28	2
Universität	301	0
WAK	242	149
Gäste	84	0
Fremdfirmen	2 753	0
Fremdmietverträge	20	0

Tab. 6-1: Betriebsausweise

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 3 640 Anträge für Zutritt/Arbeiten außerhalb der Regelarbeitszeit für Fremdfirmenangehörige bearbeitet.

Im Berichtszeitraum erstellte das Personal der Anmeldung 48 405 Besucherausweise (2001: 40 569) und 281 Gruppenpassierscheine (2001: 339) für den Zutritt zum Gelände. Dazu kommen 309 Sonderzutritte (2001: 282) für Kinder unter 16 Jahren, die von den zuständigen Verantwortlichen der besuchten Organisationseinheit erteilt wurden. Für kurzfristig im Forschungszentrum eingesetzte Fremdfirmenangehörige wurden 830 befristete Ausweise (2001: 716) ausgestellt. Über Kurse im Fortbildungszentrum für Technik und Umwelt kamen 2 302 Gäste (2001: 2 297) ins Gelände. Durch die Stabsabteilung Öffentlichkeitsarbeit und andere Organisationseinheiten wurden 159 Besuchergruppen (2001: 154) angemeldet und betreut.

An der Lieferzufahrt wurden im Berichtszeitraum für Fremdfirmen und Anlieferer 16 259 Warendurchlasspassierscheine ausgestellt sowie 1 259 Anlieferungen/Abholungen von radioaktiven Stoffen bearbeitet. Die im Forschungszentrum tätigen Fremdfirmen hielten sich weitgehend an die Ordnungs- und Kontrollbestimmungen.

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 40 Fundgegenstände abgegeben. Die nicht abgeholtten Fundsachen wurden der zuständigen Gemeindeverwaltung übergeben.

6.2 Werkschutzbereiche

Zur Wahrung von Sicherheit und Ordnung 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.

Während der Streifentätigkeit achtet der Werkschutz auf 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 von Experimentieranlagen wird, entsprechend der Handlungsvorgaben der zuständigen Versuchsleiter, verfahren.

In der Alarmzentrale sind im Berichtsjahr 1 339 Alarm- und Störmeldungen eingegangen und bearbeitet worden. Im Einzelnen waren es folgende Meldungen, getrennt nach Auslösungsursache:

allgemeine Meldungen	720	technische Überwachungen	381
Brandmelder	184	Objektsicherung	35
Strahlenschutz	8	Alarm-Übungen	11

Dies führte zu insgesamt 3 771 Einsätzen von Einsatzgruppen. Im Einzelnen waren es folgende Einsatzgruppen, die gerufen wurden:

Wartung	572	Betriebsverantwortliche	252
Werkschutz	2057	Einsatzleiter vom Dienst	205
Feuerwehr	229	Rufbereitschaften	246
Sankra-Deko	155	Strahlenschutz	55

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 zur Schadensabwehr nicht aus, wird die Rufbereitschaft der Werkfeuerwehr alarmiert oder Überlandhilfe angefordert.

Im Berichtszeitraum kam es zu 247 feuerwehrtechnischen Einsätzen. Der Anteil der Einsätze zur Brandbekämpfung war dabei nur 5,6 %. Im Einzelnen waren es folgende Einsätze:

Technische Hilfeleistung	76	Brandmeldealarme	129
Personenbefreiung aus Aufzügen	15	Einsätze zur Tierrettung	1
Brandeinsätze	14	Hilfeleistung bei Verkehrsunfällen	3
Überlandhilfe	9		

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

Handfeuerlöscher	1 863	Überflurhydranten	181
Wandhydranten nass/trocken	} 359	Personen- u. Lastenaufzüge	252
Sprühwasserlöschanlagen		Brandschutztore und Türen	83
Berieselungsanlagen		CO ² Löschanlagen	13

Im vorbeugenden Brandschutz wurden einschließlich der durch die Werkfeuerwehr ebenfalls betreuten Einrichtungen WAK und ITU 123 Orts- und Brandschutzbegehungen durch den Leiter der Werkfeuerwehr durchgeführt. Dazu kamen noch Überwachungen und Kontrollen von 314 Erlaubnisscheinen für Schweiß-, Schneid-, Löt- und Auftauarbeiten 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	13 462
Preßluftatmer gewartet und geprüft	1 024
Lungenautomaten gewartet und geprüft	536
Druckluftflaschen (Volumen < 50 l) gefüllt	3 617
Druckluftflaschen zur wiederkehrenden Prüfung vorgeführt und gefüllt	337
Absturzsicherungen vom ganzen Forschungszentrum gewartet u. geprüft	59

Die Werkfeuerwehr ist auf dem Gebiet des Arbeitsschutzes für das Bestellen, Einlagern, Ausgeben und Verbuchen des notwendigen Materials zuständig. Es wurden 1 249 Wareneingänge und –

ausgänge ausgeführt und 125 Beschaffungsaufträge und 367 Materialentnahmescheine bearbeitet. Für Wartungs- und Instandsetzungsarbeiten an über tausend Dienstfahrrädern des Forschungszentrums wurden von der Werkfeuerwehr 739 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	9
Ausbildung zur Brandverhütung und Brandbekämpfung mittels Handfeuerlöcher (mit insgesamt 263 Teilnehmern)	17
Atemschutzkurse (mit insgesamt 363 Teilnehmern)	33
Ausbildung in der Atemschutzübungsanlage insgesamt (mit 1116 Teilnehmern)	87

Im Rahmen der Aus- und Weiterbildung der Mitarbeiter der Werkfeuerwehr wurden Kurse zur Qualifizierung des Einsatzpersonals u. a. an der Landesfeuerwehrschule in Bruchsal besucht. Insgesamt konnten im Berichtszeitraum 52 weitere Qualifikationen in 20 verschiedenen Kursen erworben werden.

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. Die Beanstandungen verringerten sich von 96 im Jahr 2001 auf 78 im Jahre 2002.

Mit 72 Verkehrsunfällen vergrößerte sich die Zahl der aufgenommenen und bearbeiteten Verkehrsunfälle gegenüber dem Vorjahr um 27 Fälle (Tab. 6-2). Bei 24 Unfällen entstand ein Sachschaden unter 500 €, während bei 48 Unfällen der geschätzte Gesamtschaden bei 53 100 € lag. Darüber hinaus war ein Unfall mit Personenschaden zu bearbeiten. Acht Verkehrsunfälle mit unerlaubtem Entfernen vom Unfallort waren zu verzeichnen. Zwei Verursacher konnten ermittelt werden. In 6 Fällen musste der Schaden - insgesamt 4 400 € - von den Geschädigten selbst getragen werden.

Monat	Anzahl der Verkehrsunfälle			Sachschaden < 500 €	Sachschaden > 500 €	Personenschäden
	2000	2001	2002			
Januar	1	5	9	3	6	0
Februar	11	4	5	1	4	0
März	5	3	7	3	4	0
April	7	2	5	3	2	0
Mai	2	3	3	2	1	0
Juni	0	4	6	1	5	0
Juli	2	4	15	2	13	0
August	3	3	6	2	4	1
September	2	6	2	2	0	0
Oktober	5	5	6	3	3	0
November	2	5	5	2	3	0
Dezember	2	1	3	1	2	0

Tab. 6-2: Verkehrsunfälle 2002

6.5 Schadensaufnahme

Die Zahl der gemeldeten Sachschäden liegt im Berichtszeitraum mit 75 Fällen (2001: 92) weit unter dem Niveau des Vorjahres (Tab. 6-3).

In Zusammenarbeit mit den zuständigen Fachabteilungen wurden im Berichtsjahr 71 Betriebsunfälle und sonstige Unfälle innerhalb des Zentrums aufgenommen und untersucht.

Im Berichtszeitraum wurden 28 Diebstähle gemeldet, wobei sich der Verlust an Sachwerten auf ca. 30 000 € beläuft. Da die Anzeigen in der Regel viel zu spät bei der Schadensaufnahme eingingen, konnten nur vier Fälle aufgeklärt werden.

6.6 Schlüsselverwaltung

Die Schließebenen der Gebäude des Zentrums sind in General-, Haupt-, Obergruppen-, Gruppen- und Einzelschließungen unterteilt. Aus allen Schließsystemen ergibt sich ein Bestand von 28 785 (2001: 28 431) Schließzylindern und 102 817 (2001: 100 614) Einzel- u. Gruppenschlüsseln. Nach der Neukonzeption von Schließanlagen, die sich wegen der Errichtung von Neubauten oder durch Änderungen in Arbeitsabläufen ergaben, mussten 354 (2001: 206) Schließzylinder und entsprechende Schlüssel neu beschafft werden. Eine große Anzahl von Schließzylindern und Schlüsseln war defekt oder abgenutzt und musste erneuert oder ausgewechselt werden.

beschädigte Gegenstände	Jahr	bekannt gewordene Fälle	aufgeklärte Fälle	geschätzter Schaden in T€
Kabelschäden	2000	5	5	3
	2001	2	2	0,1
	2002	3	3	4
Lichtmasten	2000	1	1	2
	2001	0	0	0
	2002	1	1	1
Tore, Einzäunungen, Schranken	2000	3	3	1
	2001	1	1	2,5
	2002	7	7	10,6
Gebäude, Sachschäden	2000	21	19	16,5
	2001	48	40	38,5
	2002	23	19	31,8
Dienst-Kfz	2000	7	7	5
	2001	19	18	21,5
	2002	26	26	32,8
Verschiedenes (Fenster, Türen, Bedachungen, Transport- und Sturmschäden)	2000	11	11	7
	2001	10	7	8,5
	2002	10	9	21,1
Fahrbahnverunreinigung durch Öl- u. Kraftstoffspuren	2000	17	7	12
	2001	12	3	12,5
	2002	5	3	1
Summe	2000	65	53	46,5
	2001	92	71	83,6
	2002	75	68	102,3

Tab. 6-3: Sachschäden: Einsatz der Schadensaufnahme

6.7 Technische Sicherungssysteme

Der Zugang zum Kontrollbereich musste auf Anordnung der Genehmigungsbehörde bei verschiedenen sicherungsrelevanten Einrichtungen im Forschungszentrum den neuen Erfordernissen entsprechend angepasst werden. Hierfür wurden unterschiedliche technische Systeme eingebaut. Diese Maßnahmen führten zur Überarbeitung der entsprechenden Sicherheitsberichte und Prüfanweisungen für die wiederkehrenden Prüfungen gemäß AtG.

Durch die Deregulierung der Sicherungsmaßnahmen im FZK können die Arbeitsbereiche und die Arbeitsabläufe des Werkschutzes im Gebäude 221 insbesondere durch die Verlagerung der Alarmzentrale erheblich verbessert werden. Im Zusammenhang mit der erforderlichen Sanierung der über 20 Jahre alten Lüftungs- und Klimaanlage war es deshalb sinnvoll und vorteilhaft, die Sanierungsarbeiten und die teilweise Neuaufteilung der Funktionsräume der Werkschutz-Schichten als eine gesamte Umbau- und Instandsetzungsmaßnahme durchzuführen. Nach der Genehmigung des Nutzungskonzeptes für das Gebäude 221 durch den Vorstand des FZK wurde am 25. Februar 2002 mit den Umbauarbeiten begonnen. Bis zum 5. August 2002 waren neben einem Teil der Sozialräume für das Personal der Werkschutz-Schichten auch der Bereich der Schichtleitung fertig gestellt. Dieser Bereich wurde grundlegend durch den Einbau von Theken- und Tischelementen mit PC und Drucker neu gestaltet. Neben den organisatorischen Arbeiten für die Werkschutz-Schichten werden

in diesen Räumen als wesentliche Aufgaben die Ausgabe von Schlüsseln für Gebäude auf dem Gelände des Forschungszentrums und, außerhalb der regulären Arbeitszeit, die Anfertigung von Besucherausweisen sowie die Zutrittskontrolle von Fremdfirmen-Mitarbeitern durchgeführt. Am 18. Dezember 2002 wurden dann die ebenfalls neu gestalteten Sanitärräume und der Umkleideraum mit Spinden ihrer Bestimmung übergeben. Die weiteren Umbaumaßnahmen werden voraussichtlich im 2. Quartal 2003 abgeschlossen sein.

7 Zentrale Aufgaben

Um die Erledigung der Querschnittsaufgaben der Hauptabteilung Sicherheit teilweise wahrzunehmen oder zum anderen Teil koordinierend zu unterstützen, wurde bei der Neuordnung der Hauptabteilung im Jahre 2001 die Stabsstelle "Controlling" eingerichtet, die im Berichtsjahr in "Stabsstelle Zentrale Aufgaben" umbenannt wurde.

Als Arbeitsschwerpunkte wurden diesem Stab der Betrieb der HS-Datenverarbeitung, Zuständigkeiten für Personal- und Budgetplanung, die Koordination von abteilungsübergreifenden Arbeiten und die Ein- und Durchführung qualitätssichernder Maßnahmen übertragen.

7.1 Datenverarbeitung der Hauptabteilung Sicherheit

W. Tachlinski

Der Datenverarbeitung kommt durch ständig wachsenden Bedarf an Daten und deren Auswertung sowie durch die damit zu erledigenden, meist gesetzlich vorgeschriebenen, Dokumentationspflichten eine stark wachsende Bedeutung zu. Das drückt sich auch dadurch aus, dass heute alleine im Netzwerk (LAN) der HS ca. 190 Benutzerkonten, ca. 210 Rechner, und nach gut fortgeschrittener Zusammenführung der HS Server immer noch 14 Server von HS/ZA zu betreuen sind.

Da die HS in praktisch allen Teilen des Zentrums Aufgaben zu erledigen hat, entwickelte sich die EDV ursprünglich in Form von örtlich verteilten, voneinander unabhängigen Inseln. Nach den weiter unten beschriebenen Maßnahmen ist die HS-EDV heute in ca. 25 Gebäuden oder Gebäudeteilen direkt vernetzt, und im Falle der neuen browsergestützten Intranetfunktionen praktisch an jedem Punkt des Zentrums präsent.

Bei der Neuordnung der HS im Jahre 2001 traten hierarchische Aspekte als Strukturkriterien in den Hintergrund. In den Vordergrund traten die Arbeitsschwerpunkte der HS und deren Geschäftsprozesse als Elemente der Organisation. Daraus resultierte der dringende Bedarf, die vorher in Abteilungen und Gruppen dezentral und divergent entwickelte EDV Landschaft der HS unter einem einheitlichen Langzeitkonzept zusammenzuführen.

Das betraf alle Teilsysteme,

- die physischen Netzwerke mit Hausverkabelungen, Netzanschlüssen, Switches, Hubs, Routern, etc,
- die genutzten IP-Subnetze ,
- die Rechnerhardware mit PC's und insbesondere die Vielzahl voneinander unabhängiger einfacher Server,
- die eingesetzten Betriebssysteme auf PC's und Servern,
- Standardanwendungen wie Office- oder Grafikprogramme,
- Datenbanken und

- eine große Anzahl von Individualsoftware, die, zum Teil als Eigenentwicklung, Standards der letzten 15 Jahre EDV-Geschichte repräsentierten.

Als Ziele wurden definiert:

- Aufbau eines weitgehend ausfallgeschützten physischen Netzwerks zwischen den über das gesamte Forschungszentrum verteilten 14 verschiedenen HS Standorten in Zusammenarbeit mit der LAN-Gruppe des HIK.
- Sichere Einbindung des HS Netzes in das allgemeine Netzwerk des Zentrums, um die HS Anwendungen auch in über 10 nicht zu HS gehörenden Netzsegmenten zur Verfügung stellen zu können.
- Zusammenführung vieler von HS genutzter IP-Adressbereiche und Einführung DHCP-gestützter Adressverwaltung.
- Vereinheitlichung und Erneuerung der zum Teil überalterten PC-Arbeitsplatzausstattung durch zentrale Zuständigkeit bei Einkauf, Einrichtung und Wartung von EDV Endgeräten.
- Ablösung aller unter WinNT- oder VMS-betriebenen dezentralen Server durch hoch ausfallsichere zentrale Server, mit Ausnahme der speziellen Installation der amtlichen Messstelle, eines geschlossenen Gefahrenmeldesystems in der Alarmzentrale und ausschließlich Labormesstechnik dienender Geräte.
- Aufbau einer einheitlichen HS-Win2000 Domäne innerhalb der Gesamtstruktur des Forschungszentrums um die bestehenden autarken HS-WinNT-Domänen zu ersetzen.
- Einführung von Windows2000 oder höher als Betriebssystem auf allen von HS/ZA betreuten Rechnern.
- Aufbau von Terminal Serverdiensten für Standardsoftware, alternativ zentral gesteuerte Verteilung von Standardsoftware und deren Updates.
- Durchgängiger Virenschutz aller Endgeräte durch zentrale Antiviren Services.
- Aufbau HS weit transparenter Dokumentablage auf gemeinsamer Ablagestruktur im zentralen Fileserver zur Vermeidung redundanter bzw. lokaler Datenhaltung und damit Sicherstellung eines effektiven Backups unternehmenskritischer Daten.
- Zusammenführung, Erneuerung oder Neuentwicklung von Individualsoftware mit dem Ziel, Datenbestände überalterter Software in zentrale Datenbanken zu transferieren und auch in modernem Softwareumfeld verfügbar zu halten, redundante und zum Teil inkonsistente Datenbestände zu bereinigen und neue rechtlich begründete funktionelle Anforderungen abzubilden.
- Betrieb von Informationsbasen im Intranet, Darstellung der Hauptabteilung im Internet und Einführung eines Dokumenten Management Systems (DMS).
- Erstellung und Umsetzung eines IT Sicherheitskonzeptes.
- Das Hauptproblem bei der Umsetzung der oben genannten Ziele bestand und besteht weiterhin darin, dass alle Veränderungen im laufenden operationellen Betrieb mit möglichst kurzen Unterbrechungen in der Größenordnung einiger 10 Minuten durchzuführen sind.
- Der Stand der Arbeiten zur Realisierung einiger der oben genannten Ziele wird im Folgenden skizziert.

7.1.1 Netzwerk

W. Tachlinski

Im Berichtszeitraum wurden bei HS/WS die Gebäude 223 und 234 mit TP-Kabeln neu an das HS-LAN angeschlossen, sowie in großen Teilen des Gebäudes 221 die 10 MBit Ethernet Verkabelung durch sternförmige TP-Verkabelung ersetzt. In der Güterkontrolle (Geb. 234) wurde ein neuer Switch-Knoten zur Abtrennung vom dort vorher benutzten BTI Netz eingerichtet, während das Gebäude 223 an den im Gebäude 221 gleichzeitig mit der Neuverkabelung eingerichteten Switch-Knoten angeschlossen wurde. Weitere umfangreiche Änderungen am Netz in Gebäude 221 wurden im Zusammenhang mit dem Umzug der Alarmzentrale realisiert. Weiteres hierzu finden Sie im Unterpunkt "Sonderaufgaben".

Im Gebäude 123, wurde der Switch-Knoten so reorganisiert, dass die amtliche Personendosis Messstelle eine von den sonst noch im Haus vertretenen Netzen der Abt. HS/ÜM, Med/Tox, und Betriebsrat unabhängige Verbindung zu den HIK Routern erhielt. Diese sichere Verbindung ist notwendig, weil eine betriebskritische Oracle Datenbank auf HIK Servern gehalten wird. Darüber hinaus wurde in den Räumen der Messstelle die vorhandene 10 MBit Ethernet Verkabelung durch eine sternförmige TP-Verkabelung ersetzt um die Performance des LAN den Anforderungen anzupassen.

Im Gebäude 439 war die Verkabelung bei Gründung von HS/ZA zu einem großen Teil auf TP-Verkabelung umgestellt. Allerdings gab es noch einige Bereiche, die über die frühere 10 MBit Ethernet Verkabelung versorgt wurden und durch diese Verbindung noch die anderen im Hause vertretenen Institute im HS Netz präsent waren. Wegen der Konzentration der HS Server im Gebäude 439 mussten zusätzliche TP-Anschlüsse in Serverräumen und teilweise neue 100MBit Switches installiert werden. Ein sauberer Aufbau des HS-LAN erforderte auch die Reorganisation des Switch-Knoten in der Weise, dass alle noch am früheren Netz angeschlossenen Rechner nun mit TP-Kabel versorgt wurden und damit eine Trennung von den anderen Instituten realisiert wurde. Bei den Umbauten wurde so vorgegangen, dass das Messlabor eine autark zu betreibende Insel wurde, die auch bei Totalausfall des allgemeinen LAN-Netzes des Forschungszentrums oder des HS-Netzes, vom Switch-Knoten abgetrennt, unterbrechungsfreie Messfähigkeit der Labore sicherstellt. Innerhalb der Messlabore wird weiterhin teilweise thin Ethernet Verkabelung (BNC) benutzt.

Alle Switch-Knoten in den verschiedenen HS-Gebäuden, mit Ausnahme der Büro-PC's im Gebäude der Werksfeuerwehr, sind jetzt mit jeweils 2 Glasfaserverbindungen an verschiedene zentrale Router der HIK so angebunden, dass bei beliebigem Ausfall eines Routers oder einer der Leitungen die jeweilig redundante Komponente die Funktion unterbrechungsfrei übernimmt. Innerhalb der Router werden alle HS-Knoten zu einem eigenen virtuellen Netz zusammengeführt, so dass neben der Ausfallsicherheit auch eine Abschirmung von der Netzlast durch andere Institute erreicht wird.

Um die Ausfallsicherheit noch weiter zu steigern wurden sämtliche stromabhängigen Netzwerkkomponenten und die wichtigen Server mindestens über eine unterbrechungsfreie Stromversorgung abgesichert, die außerdem alle Statusmeldungen per Mail und alle Verwaltungsfunktionen per Browser zur Verfügung stellen.

Bei der Zusammenführung mehrerer IP-Subnetze und der zeitgleichen Umstellung der betroffenen PC's von fest zugeordneten IP-Adressen auf die dynamische Adresszuweisung durch HIK DHCP-Server mußte erheblicher Aufwand geleistet werden, der sich aber durch wesentlich vereinfachte Verwaltung und geringeren Bedarf an IP-Adressen auszahlt.

Besondere Probleme traten bei der Integration der im Rückbau befindlichen Reaktoren MZFR und KNK auf, die beide hinter einer Firewall liegen. Durch Zusammenarbeit mit PBS und HIK konnte

aber erreicht werden, dass auch hier ein transparentes Arbeiten mit den HS-Programmen möglich wurde.

7.1.2 Rechner- und Betriebssysteme

D. Bosch; W. Tachlinski

Die Arbeitsplatz-Computer verwenden zu ca. 75 Prozent Windows 2000 bzw. XP. Die Umstellung dieser ca. 160 Rechner auf das neue Betriebssystem oder Neueinrichtung wurde von HS/ZA durchgeführt. Die restlichen 25 Prozent sind wegen zu schwacher Hardwareausstattung für das neue Betriebssystem nicht geeignet und laufen deshalb noch unter Windows NT 4. Diese Geräte werden mit Erreichen der jeweiligen Lebensaltersgrenze der Hardware künftig durch Windows XP Systeme ersetzt.

Zur Zeit werden bei Neuanschaffungen für normale Arbeitsplätze bei HS preiswerte Rechner der "Intel Celeron 1,2 GB" Leistungsklasse mit Markenkomponenten eingesetzt. Für die Besucheranmeldung an der Zentrumsporte mit ihrem starkem Publikumsverkehr wurden optisch ansprechende Tischgeräte mit integriertem Bildschirm installiert.

Die von HS/ZA neu aufgesetzten Server Systeme werden mit einer notwendigen Ausnahme ausschließlich unter Windows 2000 betrieben.

7.1.3 Windows2000 Domäne

D. Bosch, W. Tachlinski

Zum Aufbau der HS-Domäne wurden mehrere Server-Computer in Form von Rack-Modellen beschafft. Bei diesen sind die wichtigsten Komponenten wie Festplatte, Netzteil und Netzwerkkarte redundant ausgelegt und sowohl mit Notstrom als auch über eine intelligente unterbrechungsfreie Stromversorgung versorgt, die im Notfall die Server geordnet herunterfahren und nach Fehlerbehebung automatisch wieder anfahren kann um lange Ausfallzeiten oder Dateninkonsistenzen zu verhindern. Bei der Ausstattung und Herstellerwahl der Hardware wurde eng mit HIK zusammengearbeitet, da HIK für die Windows 2000 Root Domain FZKA gleiche Sicherheits- und Performanceanforderungen hatte. Die HS-Server werden dezidiert als Domänencontroller, Fileserver und Applikationsserver eingesetzt. Ein Parallelbetrieb mehrerer Dienste auf einem Server wird aus Gründen der Ausfallsicherheit weitgehend vermieden.

7.1.4 Standardsoftware

D. Bosch, W. Tachlinski

Anfang 2002 wurden die Lizenzen für Betriebssysteme und MS-Office Pakete der HS auf das Release "WinXP" upgedated und bezüglich der Anzahl auf einen korrekten Stand hin geprüft.

Auf fast allen von HS/ZA betreuten PC's wurden die Office Anwendungen auf MS-Office 2000 oder höher upgedated, so dass ein einheitliches Arbeiten in allen HS-Gliederungen sichergestellt ist.

Bei sonstigen Standard Anwendungen wie Grafik, Texterkennung Browser etc. sowie Tools aller Art wirkt HS/ZA mit zunehmendem Erfolg auf Vereinheitlichung hin. Das wird nicht zuletzt dadurch erreicht, dass den Benutzern in der Regel keine lokalen Administrationsrechte für die Installation von eigener Software zugewiesen werden.

Auf die ursprünglich geplante Einführung HS eigener Terminal-Server für Office Anwendungen wurde verzichtet, weil sich einerseits bei den Lizenz- und Betriebskosten keine Vorteile ergaben

und andererseits die Möglichkeit der Nutzungsverlängerung älterer schwach ausgestatteter PC's wegen der hohen Hardwareanforderungen des neuen Betriebssystems nicht zum Tragen kam. Statt dessen werden zur Zeit die Möglichkeiten von Windows 2000 für die Verteilung von Software auf die Arbeitsplätze genutzt.

Einige spezielle Anwendungen, wie das Strahlenschutz Info System "SISy", die KTA Regeln oder Arbeitsschutzinformationen des WEKA Verlags werden über die Terminaldienste des HIK zur Verfügung gestellt.

7.1.5 Individualsoftware

7.1.5.1 Altanwendung für Strahlen- und Arbeitsschutz

W. Tachlinski

HS/ZA hat im vollem Umfang die in früheren Jahresberichten dargestellten EDV Betriebs-, Wartungs- und Entwicklungsaufgaben der ehemaligen Abteilung Arbeitsschutz und Sicherheit (HS/AS), heute Technisch administrative Beratung und Genehmigungen (HS/TBG) übernommen. Die Sachzuständigkeit für die Daten und Benutzung der Programme verblieb bei HS/TBG. Diese Programme für Kernaufgaben der HS im Arbeits- und Strahlenschutz, die in den kommenden Jahren zu erneuern sind, sollen hier nicht wiederholt dargestellt werden.

7.1.5.2 Zutrittsverwaltung des Werksschutz

W. Tachlinski, R. Günther

In der Abteilung HS/WS wurden die notwendigen Dokumentationen für die Zutrittserlaubnis zum Forschungszentrum mit Hilfe eines dezidierten DEC-Rechners, mit direkt angeschlossenen Terminals durchgeführt. Betriebsausweise wurden auf einem PC System erstellt, das an die DEC angeschlossen war. Die Hardware beider Systeme hatten das Ende Ihres Lebenszyklus erreicht und die Software erfüllte nicht mehr die Anforderungen der Abteilung. Aus diesem Grund wurde nach Wirtschaftlichkeitsprüfung verschiedener Angebote von Systemlieferanten entschieden, als Hardware künftig die vorhandenen vernetzten PC's zu verwenden und die Software selber durch eine Eigenentwicklung mit fremd vergebener Programmierung zu ersetzen.

Wichtige Ziele der Neuentwicklung waren die Überführung der DEC-Daten in die Zentrale HS SQL Datenbank um doppelte und inkonsistente Datenhaltung abbauen zu können, Herstellung von Eindeutigkeit der Personendaten, Historienführung wichtiger Daten, direkte Zugriffsmöglichkeit verantwortlicher Personen auf sicherheitsrelevante Informationen über Zutrittsrechte zu Anlagen, die dem Atomrecht unterliegen, bessere Unterstützung der HS/WS Verwaltungsaufgaben und flexible Gestaltbarkeit von Betriebsausweisen.

Für den Datenimport vom Alt- zum Neusystem wurden umfangreiche Regeln erarbeitet, nach denen dann die Daten übertragen wurden. Im Anschluss an den Import mussten sämtliche Daten nochmals überarbeitet werden, z.B. zur Schaffung einheitlicher Orts- und Nationenregister, einheitlicher Konventionen bezüglich aller möglichen Namenszusätze und Berufsbezeichnungen etc.

Für die Erstellung von Betriebsausweisen wurde ein neuer Programmteil entwickelt, der auf den Datenbestand des o.g. Verwaltungssystem direkt zugreift. Dieses Programm steuert auch die digitale Kamera zur Aufnahme der Ausweisbilder. Für die Ausweiserstellung sind unterschiedliche, personengruppenabhängige Designregeln hinterlegt worden. Bei der Festlegung der Regeln wurde, wo möglich, feste Programmierung vermieden und statt dessen Steuerung mit verwaltbaren Parametern vorgesehen. Das Programm prüft bei der Ausweiserstellung den Datenbestand und kontrolliert den Druckvorgang.

Mit dem neuen System wurde ein deutliches Plus an Datensicherheit, Konsistenz und Integrität erreicht. Die neu vorhandene Netzwerkfähigkeit verkürzt Betriebsabläufe wesentlich und steigert die Benutzerfreundlichkeit. Der Gesamtaufwand verteilte sich zu ca. 60% auf die Definitionsphase und die Neuprogrammierung und zu ca. 40% auf die Altdatenübernahme.

7.1.5.3 Elektronische Betreiberdosimetrie, Kontrolle der Zugangsberechtigung zu Kontrollbereichen

W. Tachlinski

Mit Gründung von HS/ZA übernahm dieser Stab die Zuständigkeit für den Betrieb der elektronischen Betreiberdosimetrie, mit Ausnahme der am Mann zu tragenden Dosimeter (Detektoren). Das umfasst die Lesestationen und deren Einbindung in das LAN des Zentrums, in einigen Fällen die Steuerung von Schranken, dazu gehörige PC's und Server und die Software zur Verbindung und Verwaltung der erforderlichen Strahlenschutz-, Personen- und Termindaten. Die Wartung-, Eichung-, örtlich erforderliche Einstellung und die Steuerung des Einsatzes der Dosimeter blieb dagegen Aufgabe von HS/ÜM.

Die übernommenen Dosimetrie-Systeme bei HDB, KNK und MZFR wurden mit weiteren bei HZY, HVT/HZ und IFIA ergänzt und bestehen aus z.Zt. 18 Dosimeter-Lesestationen in 3 verschiedenen Arten. Die Bereiche INE, ANKA und HS-Eichhalle wurden zusätzlich mit "virtuellen" Systemen ausgerüstet, bei denen die Dosen anstatt automatisch von Lesestationen durch Strahlenschutzpersonal von Hand eingetragen werden. Weniger frequentierte oder örtlich stark verteilte Bereiche wie IHM, ANKA, Tritiumlabor, HS und BTI werden ohne eigenes Dosimetriesystem direkt durch Handeingaben von Strahlenschutzpersonal oder SSB in der unten beschriebenen zentralen Anwendung "FZK-PD" verwaltet.

Die 6 realen und 3 virtuellen Dosimetriesysteme arbeiten als autarke Inseln mit lokaler Haltung der wichtigsten Daten, was zu einer hohen Ausfallsicherheit durch Wegfall gegenseitiger Störung führt. In den 3 unterschiedlichen Systemarten sind die Lesestationen entweder seriell an PC's und dann über das LAN, oder über ein eigenes Mess-LAN mit eigenem Server, oder direkt über das LAN an die Datenbank auf dem zentralen HS Server angeschlossen.

Die Daten der 9 Dosimetrie - Inseln und der 5 direkt verwalteten Dosimetrie Bereiche, die der Strahlenpassstelle, des Personen Dosis Registers, der Fremdfirmenverwaltung für §15 StrlSchV, des angeschlossenen Body-Counters und der zum erforderlichen Teil eingebundenen Altanwendung werden von einem speziellen Transfer- und Prüfprogramm auf der HS SQL Datenbank konsistent und aktuell gehalten. Wegen Netzunterbrechung fehlende Daten werden dem Benutzer signalisiert und nach Wiederkehr der Netzverbindung automatisch nachgetragen.

Auf die gemeinsame Datenbank wurde der neue Teil der Strahlenschutzverwaltung aufgesetzt, die vorerst folgende Aufgaben bewältigt:

Erledigung folgender Dokumentations- und Überwachungsaufgaben:

- die Personen-Eingangskontrolle vor dem erstmaligen Tätigwerden,
- die Überwachung während Tätigkeiten in überwachten Bereichen und
- die Ausgangskontrolle nach Abschluss der Tätigkeiten.

Bei der Eingangskontrolle werden Daten zur Personenidentifikation und zur Überwachung der Zugangsvoraussetzungen zu überwachten Bereichen eingepflegt oder aktualisiert. Jede Person wird während ihrer Tätigkeit fortlaufend auf die Einhaltung aller Zugangsvoraussetzungen überwacht. Die Überwachung umfasst die Kontrolle von Terminen zur Ausbildung und medizinischer Vorsorge sowie von Dosisgrenzwerten. Sie gestattet auch eine fein granulいたete Zugangssteuerung von Perso-

nen zu den Kontrollbereichen der örtlich zuständigen Strahlenschutzbeauftragten. Sobald eine überwachte Person ihre Tätigkeit beendet muss eine Ausgangskontrolle stattfinden und der Einsatzzeitraum formal beendet werden. Bei Mitarbeitern von Fremdfirmen, die das Forschungszentrum verlassen, müssen Dosisnachweise erstellt oder Eintragungen in den Strahlenpass vorgenommen werden.

Die detaillierte Darstellung des gesamten Dosimetrie- und Strahlenschutzverwaltungssystems und der durch Programmfunktionen unterstützten Arbeitsabläufe würde den Rahmen dieses Berichtes sprengen.

7.1.5.4 Buchführung radioaktiver Stoffe (BURAST) als Web-Anwendung

D. Meyer, W.Tachlinski

Die von HS/ZA entwickelte und von einer Fremdfirma programmierte Intranet-Anwendung zur Buchführung aller radioaktiven Stoffe im Zentrum ist auf Basis von PHP, Javascript und einer SQL-Datenbank erstellt und auf dem HS-eigenen Datenbankserver installiert worden. Sie wird die bisherige Visual-Basic-Anwendung gleichen Namens ersetzen, in der nur umschlossene Stoffe verwaltet werden können.

Die webbasierte Anwendung steht seit Ende des Berichtsjahres Mitarbeitern mit zentralen Funktionen in HS/ZA, HS/TBG und HS/ÜM als Testversion mit realen Daten zur Verfügung.

Die Daten der umschlossenen radioaktiven Stoffe und deren wiederkehrenden Prüfungen sowie die Zuständigkeiten wurden in die SQL-Datenbank transferiert und verifiziert. Sie sind die Ausgangsdaten der seit 1. Quartal 2003 von HS/TBG und HS/ÜM genutzten ersten produktiven Version. In ihr stehen folgende Funktionen zur Verfügung:

- Ein-, Aus- und Umbuchungen umschlossener und offener radioaktiver Stoffe mit Zuordnung zur Genehmigung.
- Rudimentäre Verwaltung der atomrechtlichen Genehmigungen, in dem Umfang, wie sie in BURAST gebraucht werden. Diese Funktion wird später von dem in Entwicklung befindlichen neuen Modul BUGEN voll abgedeckt werden.
- Teilen und Mischen von offenen Radioaktivitätsmengen
- Verwaltung der Wiederkehrenden Prüfungen umschlossener Strahler
- Berichterstattung an die Behörden
- Bestandsanzeigen und Bestandslisten
- Erweiterte Suchfunktion über den gesamten Datenbestand

7.1.5.5 Buchführung von Genehmigungen (BUGEN)

W. Tachlinski

Das Buchführungssystem für radioaktive Stoffe BURAST soll durch Verknüpfung mit Genehmigungsdaten die Zulässigkeit des Besitzes radioaktiver Stoffe, ihres Lagerortes und ihrer Zuweisung zum Zuständigkeitsbereich von Strahlenschutzbeauftragten schon bei der Buchung überprüfen. Um die Genehmigungsdaten für diesen Soll / Ist Vergleich zu verwalten wurde schon beim Design von BURAST ein später zu programmierendes Modul BUGEN berücksichtigt. Im Berichtszeitraum wurde die Konzeption von BUGEN ausgearbeitet, die nach HS internen Abstimmungen und Freigabe im 2. Quartal 2003 zur Programmierung gegeben werden soll.

7.1.5.6 Euratom Buchführung für die Kernmaterialüberwachung (KMÜ)

W. Burck, D. Meyer, W. Tachlinski, A. Zieger

Als Ersatz für ein technisch nicht mehr haltbares ca. 18 Jahre altes Buchführungssystem für die Kernmaterialüberwachung im Zentrum wurde das Programm KMÜ entwickelt. Es ist eine Anwendung auf Basis von Visual Basic und einer ACCESS-Datenbank mit Datenhaltung auf einem HS-Server, die ursprünglich als Prototyp gedacht war. Die Anwendung ist aus dem in Visual-Basic programmierten Prototypen von BURAST heraus entstanden und sollte als Zwischenstation vor der Integration in die SQL Datenbank und das Web basierte BURAST dienen. Inzwischen ist es ein stabiles produktives Programm und der nicht mehr prioritäre Schritt zur Integration in BURAST muss noch entschieden werden.

Das Programm bietet folgende, nach der EURATOM-Verordnung geforderten Funktionen:

- Bestandsänderungsbuchungen für das Kernmaterial in den Materialbilanzzonen und Anlagen im Zentrum
- Erstellung des monatlichen Bestandsänderungsberichts und des jährlichen Materialbilanzberichts
- Verwaltung der Materialbilanzzonen
- Erstellung von Bestandslisten für die Anlagen im Zentrum

Für die nationale Berichtspflicht gibt es die Funktion:

- Erstellung von Monatsmeldungen über die Buchungen von Kernbrennstoffen nach AtG Definition.

Das Programm ist seit Oktober 2002 in HS/TBG im Einsatz und löste die alte DOS-Anwendung auf Basis von Pascal und einer MDBS-Datenbank ab.

7.1.5.7 Raumlufffilter

T. Dunker

Für HS/ÜM entstand ein Programm, mittels dessen die Informationen entnommener Raumlufffilter direkt über das Intranet in eine Datenbank eingegeben werden und die zugehörigen Messprotokolle in verschiedenen Auswahl-, Sortier- und Zusammenfassungsoptionen abgerufen werden können.

7.1.5.8 Probenanmeldungen

T. Dunker

Das Erfassen von Probenanmeldungen bzw. Erstellen von Probenbegleitscheinen bei HS/ÜM wurde automatisiert, so dass die Erstellung einer Probenanmeldung über eine Webanwendung im Intranet läuft und die Daten direkt in eine Datenbank geschrieben werden.

7.1.5.9 Gerätekataster

T. Dunker, G. Nagel; M. Hauser; W. Tachlinski

Es wurde ein webbasiertes Gerätekataster für HS/ÜM entwickelt, das sich in das für HS/ZA schon bestehende Kataster integriert bzw. dies erweitert. Es dient zur Verwaltung von HS/ÜM Geräten sowie der Pflege von Eich- und Nachprüfungsinformationen für betroffene Strahlenmessgeräte und löst ein entsprechendes altes DBase-Programm ab. Im Zuge dessen wurde auch das HS/ZA-Gerätekataster aktualisiert und mit neuen Funktionen erweitert. Siehe hierzu auch Kapitel Inventur/Gerätewirtschaft.

7.1.6 Informationssysteme

7.1.6.1 Internet

T. König

Im Juli des Jahres 2002 wurde mit der Neuentwicklung des Internetauftritts der Hauptabteilung Sicherheit begonnen. Es wurde eine Startseite mit Flash Animation erstellt. Des Weiteren wurde eine Navigationsstruktur entwickelt, welche sich aus den Aufgabenschwerpunkten der Hauptabteilung ableiten lässt. Nachdem die Navigationsstruktur Formen angenommen hatte, wurde begonnen Inhalte zu sammeln. Dabei wurden besonders die betroffenen Abteilungs- und Stabsstellenleiter mit einbezogen. Zum Ende des Berichtszeitraums lag der neu gestaltete Internetauftritt in einer ersten Fassung komplett vor und wurde Anfang 2003 freigeschaltet.

7.1.6.2 Intranet

W. Tachlinski

Seit 1999 wird auf Basis des Lotus Notes Domino Servers ein in Eigenentwicklung erstelltes Content Management System Namens "Karlsruher - Informations- System - Sicherheit (KISS)" betrieben. KISS stellt im Intranet des Zentrums die von HS an andere Organisationseinheiten, die Beauftragten aller Art und die Mitarbeiter zu kommunizierenden internen-, gesetzlichen- und sonstigen externen Regelwerke und damit verbundene Informationen zur Verfügung.

Mit Gründung von HS/ZA ging der Betrieb dieses Informationsmittels in deren Aufgabenbereich über, während die inhaltliche Zuständigkeit bei HS/TBG verblieb. Im kommenden Jahr soll KISS, wenn technisch sinnvoll, in das bei HIK zur Zeit im Aufbau befindliche Content Management System (CMS) integriert werden.

7.1.6.3 HS-Net

T. Dunker, W. Tachlinski

Um den Zugang zur wachsenden Anzahl von HS-internen Intranet Anwendungen zu erleichtern und außerdem eine übersichtliche Plattform für HS interne Dokumente wie z.B. Dienstanweisungen oder Dokumentationen zu schaffen, wurde begonnen ein HS-Intranet Portal aufzubauen. Im kommenden Jahr soll diese Plattform ausgebaut werden und, wenn technisch sinnvoll, in das bei HIK zur Zeit im Aufbau befindliche Content Management System (CMS) integriert werden.

7.1.7 Aus- und Weiterbildung

W. Tachlinski

Die Aufgaben und Werkzeuge von HS/ZA sind in ganz besonderem Maße einer rapiden technischen Weiterentwicklung unterworfen, insbesondere im Bereich der EDV. Aus diesem Grund werden die Mitarbeiter ermuntert und unterstützt, durch den Besuch von Kursen Ihre Kompetenz zu erhalten oder auszubauen.

Vor der Einführung des Betriebssystems Win2000 waren umfangreiche Schulungsmaßnahmen erforderlich weil es gegenüber WinNT grundlegende Veränderungen gab. Win2000 ist in seinem Aufbau, insbesondere den Netzwerkfunktionen und durch die Einführung des active Directory, mit dem bisherigen Wissen eines Netzwerkadministrators in umfangreichem Umfeld nicht betreibbar. Aus diesem Grund wurden 6 Personen in insgesamt ca. 14 Mannwochen geschult.

Darüber hinaus fanden ca. 3 Mannwochen Schulungen in Office Standardanwendungen und Programmiersprachen statt.

7.1.8 Datenschutz, IT-Sicherheitskonzept

T. König, W. Tachlinski

Die bei HS verwendete Software und die damit gehaltenen und bearbeiteten Daten wurden auf Meldepflichten gemäß Bundes Datenschutz Gesetz überprüft. Die erforderlichen Meldungen wurden an den Datenschutzbeauftragten übermittelt.

Alle Mitarbeiter, die mit personenbezogenen Daten im Sinne des Gesetzes umgehen, wurden auf das Datengeheimnis verpflichtet.

HIK, als die für IT-Sicherheit zuständige Hauptabteilung, hat in Zusammenarbeit mit dem Datenschutzbeauftragten des Zentrums ein Rahmenkonzept erstellt, das wiederum aus dem Grundschutzhandbuch des Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik (BSI) abgeleitet ist. Nachdem die in den vorhergehenden Kapiteln schon beschriebenen offensichtlich erforderlichen Sicherheitsmaßnahmen in der Umsetzung entweder abgeschlossen oder sehr weit fortgeschritten sind, wurde zum Jahresende begonnen, die HS-EDV anhand des genannten Rahmenkonzeptes einer systematischen Sicherheitsanalyse zu unterziehen, deren Ziel es ist, ein angemessenes und gelebtes HS-Sicherheitskonzept zu entwickeln.

7.1.9 Koordination abteilungsübergreifender Arbeiten

W. Tachlinski

Die Koordination abteilungsübergreifender Arbeiten befasste sich im Berichtsjahr mit der inhaltlichen Begleitung des durch die neue Strahlenschutz- und Röntgenverordnung erforderlichen Änderungsbedarfs am zentrumsinternen Strahlenschutzregelwerk.

Darüber hinaus ergaben sich durch neue Server- und Datenablagestrukturen und durch neue zentrale Datenverarbeitungsprogramme als angenehmer Nebeneffekt höhere Transparenz und vereinheitlichte Verfahrensweisen in der Hauptabteilung.

Vornehmlich das vom HS/ZA entwickelte Verwaltungspogramm für den Einsatz von Personen in Strahlenschutzbereichen, in Verbindung mit der flächendeckenden Einführung elektronischer Dosimeter für die Betreiberdosimetrie, machten einen hohen Koordinationsaufwand zwischen den Sachbearbeitern der Abteilungen HS/ÜM und HS/TBG, den betroffenen Strahlenschutzbeauftragten, sowie den Entwicklern bei HS/ZA erforderlich.

Ähnliches gilt auch für die neu entwickelten Buchführungsprogramme für radioaktive Stoffe (BURAST), für die EURATOM Kernbrennstoffbuchführung (KMÜ) und für die Definitionsarbeiten am Verwaltungsprogramm der atomrechtlichen Genehmigungen (BUGEN), das in 2003 in Auftrag gegeben werden soll.

Alle diese Tätigkeiten dienten der Vereinfachung und Vereinheitlichung der Geschäftsprozesse im sensitiven atomrechtlichen Umfeld.

Neben den oben geschilderten neuen Entwicklungen wurden durch Wartung und Betrieb der Altanwendungen, die zum Teil erheblich an neue Rechtsvorschriften und die neuen HS Strukturen anzupassen waren, zentrumsweite Aufgaben durchgeführt oder koordiniert.

Weitere Details finden sich im Kapitel "Datenverarbeitung der Hauptabteilung Sicherheit".

7.2 Qualitätsmanagement

W. Tachlinski

Hauptsächlich durch den Akkreditierungsbedarf der amtlichen Messstelle für Festkörperdosimetrie, aber auch durch den wachsenden Wunsch der Leitungsebene, neben den Ringversuchen unserer Laboratorien weitere Qualitätssichernde Maßnahmen einzuführen, wurde dieser Arbeitsschwerpunkt neu gegründet.

Im Berichtsjahr liefen neben der allgemeinen Verbesserung des Wissensstandes Bemühungen an, eine entsprechend ausgebildete Fachkraft einzustellen. Die Stelle wurde genehmigt, ihre Besetzung gelang bisher aber noch nicht.

7.3 Sonderaufgaben

7.3.1 Umzug Alarmzentrale

W. Tachlinski

Der Stab HS/ZA betreute planerisch den Umzug der zur Abteilung Werksschutz gehörenden Alarmzentrale des Forschungszentrums in neue Räume. Bei dieser Gelegenheit wurden die elektronischen Systeme in Zusammenarbeit mit HS/WS, BTI und beteiligten Systemlieferanten auf ihre weitere Verwendbarkeit für mehrere Jahre überprüft, wo erforderlich ergänzt, oder ersetzt.

Durch diese Planungen zum Erhalt bestehender, noch gut funktionstüchtiger Systeme, konnte gegenüber einem ebenfalls zur Diskussion stehenden Totalersatz eine hohe Einsparung erreicht werden. Insbesondere die effektive Unterstützung durch die beteiligten Mitarbeiter des BTI in Planung und Umsetzung verhalf dem Projekt im geforderten Zeitrahmen zum Erfolg.

Bei dieser Gelegenheit wurden unter Führung von HS/ZA mehrere Rechner-Netzwerke innerhalb der zur Abteilung Werksschutz gehörenden Gebäudeteile vollständig reorganisiert, so dass nunmehr nur noch ein separates in-house -LAN für das Gefahrenmeldesystem und eine sichere Anbindung an das allgemeine HS-LAN erforderlich ist. Die zur neuen Alarmzentrale gehörenden PC-Systeme wurden dabei durch Neuanschaffung der Hardware modernisiert.

7.3.2 Inventur / Gerätewirtschaft

D. Bosch, T. Dunker; H. Petermann; I. Schweiger; F. Stelzig; W. Tachlinski

HS war in 2002 aufgefordert eine Generalinventur durchzuführen. Bezüglich aller mit EDV zusammenhängender Geräte war die Inventur von HS/ZA durchzuführen und bezüglich des sonstigen Anlagevermögens von HS/ZA zu koordinieren. Zu Beginn der Inventur betrug der Buchwert des Anlagevermögens 1.604 k€ der nach Aussonderungen während der Inventur und Abschreiben einer Inventurdifferenz von 0,274 k€ zum 17.04.2002 auf 1.545 k€ festgestellt wurde.

Im Zusammenhang mit der Inventur wurde ein von HS/TBG geführtes Register für EDV-Geräte erweitert und mit den Daten aller HS EDV-Geräte ergänzt. Da eine von HS/ÜM betriebene Datenbasis über Strahlenschutzgeräte wegen Überalterung der Software zu erneuern war, wurde das EDV-Gerätregister zu einer allgemeinen Geräteverwaltung erweitert, in die alle Daten über Strahlenschutzgeräte importiert wurden. Diese Geräteverwaltung ist als Browseranwendung auf eine MS-SQL Datenbank aufgesetzt.

Die Geräteverwaltung soll keine Doppelarbeit gegenüber den von HF geführten Inventarlisten darstellen, sondern stellt die Verbindung zwischen den HF Daten und den technischen Detaildaten her, die für die HS interne Verwendung, Wartung, Eichung, LAN-Anbindung , örtliche und personelle Zuordnung etc gehalten werden müssen.

8 Veröffentlichungen

ASSMANN, F.; PIMPL, M.; DILGER, H.;

Untersuchungen zur Tritiumrückhaltung in Atemschutzfiltern. Michel, R. [Hrsg.]; Praxis des Strahlenschutzes: messen, modellieren dokumentieren; 34. Jahrestagung, Kloster Seeon, 21.-25. April 2002; Köln: TUEV-Verl., 2002, S. 321-28, FS-02-119-T

BURGGHARDT, B.; HERMSDORF, D.; KADNER, K.; ARNOLD, D.; LUSZIK-BHADRA, M.; NEUMAIER, S.;

Experience in long-term neutron dose equivalent measurements using etched track detectors with (n,a) converters in moderators.

Proc. of the 13th Internat. Conf. on Solid State Dosimetry (SSD 2001), Athinai, GR, July 9-13, 2001; Radiation Protection Dosimetry, 101 (2002) S. 579-84

DETTMER, K.; WIEGERLING, P.

Systematik und Philosophie der neuen TRwS. Oberirdische Rohrleitungen. Teil 1 und 2. Technische Überwachung, 43(2002) Nr. 5, S.14-17 (Teil 1) Technische Überwachung, 43 (2002) Nr. 6, S. 13-15 (Teil 2)

DILGER, H.; STUHLFAUTH, H.

Verhältnis der Aktivität von Plutonium- und Transplutonium-Isotopen in den Stuhlausscheidungen im Forschungszentrum Karlsruhe.

Michel, R. [Hrsg.]; Praxis des Strahlenschutzes: messen, modellieren dokumentieren; 34. Jahrestagung, Kloster Seeon, 21.-25. April 2002; Köln : TUEV-Verl., 2002, S. 315-19, FS-02-119-T

DOERFEL, H.

Gamma-Kamera. DE-PS 19 603 212 (19.1.1997) EP-PS 59 706 182 (26.6.2002)

DOERFEL, H.

Inkorporationsüberwachung auf Transurane durch Messung der Aktivitätskonzentration in der Raumluft mit festinstallierten Aerosolsammlern. Wissenschaftliche Berichte, FZKA-6728 (Mai 2002)

DOERFEL, H.; ANDRASI, A.; BAILEY, M.; BERKOVSKI, V.; CASTELLANI, C.M.; HURTGEN, C.; JOURDAIN, J.R.; LEGUEN, B.

IDEAS - ein Europäisches Projekt zur Entwicklung allgemeiner Richtlinien für die Dosisbestimmung bei innerer Strahlenexposition. Michel, R. [Hrsg.]; Praxis des Strahlenschutzes: messen, modellieren dokumentieren; 34. Jahrestagung, Kloster Seeon, 21.-25. April 2002; Köln : TUEV-Verl., 2002, S. 363-68, FS-02-119-T

DOERFEL, H.; ANDRASI, A.; BAILEY, M.; BERKOVSKI, V.; CASTELLANI, C.M.; HURTGEN, C.; JOURDAIN, J.R.; LEGUEN, B.

Guidance on internal dose assessments from monitoring data (project IDEAS). Workshop on Internal Dosimetry of Radionuclides, Oxford, GB, September 13, 2002

DOERFEL, H.; ANDRASI, A.; BAILEY, M.; BERKOVSKI, V.; CASTELLANI, C.M.; HURTGEN, C.; JOURDAIN, J.R.; LEGUEN, B.

Lessons learned from interlaboratory comparisons of bioassay data interpretation. Workshop on Internal Dosimetry of Radionuclides, Oxford, GB, September 9-12, 2002

KAMINSKI, S.; WILHELM, CHR.

Mathematische Effizienzkalibrierung in der Routine der Gammaskpektrometrie - Traum oder Zukunft? Michel, R. [Hrsg.]; Praxis des Strahlenschutzes: messen, modellieren, dokumentieren; 34. Jahrestagung, Kloster Seeon, 21.-25. April 2002; Köln : TUV-Verl., 2002, S. 31-37, FS-02-119-T

LUCIANI, A.

Plutonium biokinetics in human body. Wissenschaftliche Berichte, FZKA-6748 (Oktober 2002) Dissertation, Universität Karlsruhe, 2002

LUCIANI, A.; DOERFEL, H.; POLIG, E.

Uncertainty analysis of the urinary excretion of plutonium. Workshop on Internal Dosimetry of Radionuclides: Occupational, Public and Medical Exposure, Oxford, GB, September 9-12, 2002

LUCIANI, A.; POLIG, E.; DÖRFEL, H.

An age-related model derived from ICRP 67 for plutonium dose calculation: application to an updated case of contamination. Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry, 252 (2002) S. 301-07

REICHERT, A.; DILGER, H.

Die Umsetzung des § 44 der Strahlenschutzverordnung in einer Anlage mit verschiedenen Umgangsgenehmigungen. Michel, R. [Hrsg.]; Praxis des Strahlenschutzes: messen, modellieren dokumentieren; 34. Jahrestagung, Kloster Seeon, 21.-25. April 2002; Köln: TÜV-Verl., 2002, S. 307-13, FS-02-119-T

URBAN, M.; [HRSG.]

Jahresbericht 2001 der Hauptabteilung Sicherheit. Wissenschaftliche Berichte, FZKA-6630 (September 2002)