

Forschungszentrum Karlsruhe
Technik und Umwelt
Wissenschaftliche Berichte
FZKA 6630

Jahresbericht 2001
der Hauptabteilung Sicherheit

Redaktion: M. Urban
Hauptabteilung Sicherheit

Forschungszentrum Karlsruhe GmbH, Karlsruhe
2002

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 2001 erarbeiteten Ergebnisse.

Central Safety Department, Annual Report 2001

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 2001 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	I
1 Hauptabteilung Sicherheit: Aufgaben und Organisation.....	1
1.1 Aufgaben	1
1.2 Organisation	2
1 Central Safety Department: Duties and Organisation	6
2 Arbeitssicherheit.....	10
2.1 Organisation und Aufgaben der Gruppe konventionelle Arbeitssicherheit	10
2.2 Unfallgeschehen	10
2.3 Arbeitsplatzüberwachungen	11
2.4 Aus- und Fortbildung	12
2.5 Arbeitsschutzausschuss	12
3 Strahlenschutz	13
3.1 Strahlenschutzorganisation im Forschungszentrum	13
3.2 Administrativer Strahlenschutz	13
3.2.1 Aufgabenbereich "Strahlenschutz".....	13
3.2.1.1 Bestellung von Strahlenschutzbeauftragten nach Strahlenschutz- und Röntgenverordnung	13
3.2.1.2 Umsetzung des atomrechtlichen Regelwerkes	13
3.2.1.3 Betriebsüberwachung	14
3.2.1.4 Zentrale Erfassung von nach Röntgen- und Strahlenschutzverordnung zu überwachende Personen	14
3.2.1.5 Ergebnisse der Personendosisüberwachung	15
3.2.2 Personal in fremden Strahlenschutzbereichen.....	16
3.2.2.1 Fremdfirmen in Strahlenschutzbereichen des Forschungszentrums	16
3.2.2.2 Personen des Forschungszentrums Karlsruhe in Strahlenschutzbereichen fremder Anlagen oder Einrichtungen	17
3.2.2.3 Regelmäßige Inkorporationsüberwachung im Forschungszentrum	17
3.2.2.4 Inkorporationsüberwachung des Eigenpersonals	17
3.2.2.5 Inkorporationsüberwachung des Fremdfirmenpersonals	18
3.2.2.6 Strahlenpassstelle	18
3.3 Bilanzierung radioaktiver Stoffe	19
3.3.1 Zentrale Buchhaltung zur Erfassung und Meldung von Kernmaterial.....	19
3.3.2 Aufsicht durch Euratom	20
3.3.3 Zentrale Buchhaltung zur Erfassung und Meldung sonstiger radioaktiver Stoffe und Meldung von radioaktivem Abfall	20
3.3.4 Erfassung von Kernmaterialtransporten und Hilfestellung bei Planung und Abwicklung	20
3.4 Einsatzleitung und Einsatzplanung	22
3.4.1 Aufgaben	22
3.4.2 Statistik und Analyse der EvD-Einsätze	22
3.4.3 Übungen der Einsatzdienste	24
3.4.4 Meldepflichtige Ereignisse nach Strahlenschutzverordnung	24
3.5 Operationeller Strahlenschutz	25
3.5.1 Arbeitsplatzüberwachung.....	25

3.5.2	Dosimetrie	29
3.5.2.1	Personenüberwachung	29
3.5.2.1.1	Routine- und Sondermessungen.....	29
3.5.2.1.2	Cs-137-Referenzmessungen.....	32
3.5.2.1.3	Untersuchungen im Rahmen eines Nachsorgefalls bei der WAK	34
3.5.2.2	Europäische Richtlinien zur Inkorporationsüberwachung.....	36
3.5.2.3	Mathematische Modellierung der Tumorinduktion durch inkorporierte Radionuklide	38
3.5.2.4	Erkennungsgrenze für die α -Aktivitätskonzentration in der Raumluft	42
3.5.2.5	Betrieb der Eichhalle.....	45
3.5.2.5.1	Routinekalibrierung	45
3.5.2.5.2	Amtliche Eichabfertigungsstelle	45
3.6	Messverfahren	46
3.6.1	Strahlenschutzmesstechnik	46
3.6.1.1	Aufgaben	46
3.6.1.2	Wartung und Reparatur	47
3.6.1.3	Messungen gemäß Arbeitsschutzgesetz	47
3.6.2	Physikalisches Messlabor	47
3.6.2.1	Messsysteme	48
3.6.2.1.1	Alpha-Beta-Messtechnik.....	49
3.6.2.1.2	Gamma-Spektrometrie	49
3.6.2.1.3	Alpha-Spektrometrie	49
3.6.2.1.4	Flüssigszintillationsspektrometrie.....	49
3.6.2.2	Raumluftüberwachung	50
3.6.2.3	Dichtheitsprüfungen.....	51
3.6.3	Chemische Analytik.....	52
3.6.3.1	Aufgaben.....	52
3.6.3.2	Radiochemische Arbeiten	53
3.6.3.3	Bestimmung der Plutonium- und Strontiumableitungen mit dem Abwasser des Forschungszentrums Karlsruhe im Jahr 2001	55
3.6.4	Das Freimesslabor.....	56
3.6.4.1	Physikalische Direktmessverfahren	57
3.6.4.2	Chemische Arbeiten und Bestimmungen.....	58
3.7	Messstelle.....	59
3.7.1	Amtliche Personendosimetrie	59
3.7.2	Photolumineszenzdosimetrie.....	60
3.7.3	Thermolumineszenzdosimetrie	61
3.7.4	Vergleichsbestrahlungen.....	62
3.7.5	Sonstige Personen- und Ortsdosimeter	63
3.7.6	Erfahrungen mit (n, α)-Konvertern und Kernspurdetektoren bei langzeitigen Neutronen-Ortsdosismessungen.....	64
4	Umweltschutz.....	66
4.1	Administrativer Umweltschutz	66
4.1.1	Beauftragte im Umweltschutz.....	66
4.1.2	Wiederkehrende Prüfungen.....	67
4.1.3	Umsetzung der Gefahrstoffverordnung.....	68
4.1.4	Gefahrguttransporte und Gefahrgutumschlag	68
4.1.5	Abfallwirtschaft	71
4.1.6	Immissionsschutz	75
4.1.7	Gewässerschutz	76

4.2	Emissions- und Umgebungsüberwachung	77
4.2.1	Fortluftüberwachung	78
4.2.2	Ableitung radioaktiver Stoffe mit der Fortluft im Jahr 2001	80
4.2.2.1	Ableitung nichtradioaktiver Stoffe mit der Fortluft im Jahr 2001	88
4.2.2.1.1	Verbrennungsanlage der Hauptabteilung Dekontaminationsbetriebe	89
4.2.2.1.2	Versuchsanlagen TAMARA und THERESA	90
4.2.2.1.3	Fernheizwerk und Blockheizkraftwerk	91
4.2.2.2	Strahlenexposition in der Umgebung des Forschungszentrums Karlsruhe durch die mit der Fortluft abgeleiteten radioaktiven Stoffe im Jahr 2001	92
4.2.2.2.1	Berechnungsgrundlagen	92
4.2.2.2.2	Meteorologische Daten.....	92
4.2.2.2.3	Ausbreitung und Ablagerung	93
4.2.2.2.4	Rechenprogramme.....	93
4.2.2.2.5	Einteilung der radioaktiven Emissionen in Nuklidgruppen und Einzelnuklide	94
4.2.2.2.6	Ergebnisse der Dosisberechnung.....	95
4.2.2.3	Berechnung der potenziellen Strahlenexposition bei Ausschöpfung der im Abluftplan 2002 aufgeführten zulässigen Emissionswerte	99
4.2.2.4	Potenzielle Strahlenexposition durch den Abriss des Mehrzweckforschungsreaktors.....	102
4.2.3	Abwasserüberwachung.....	103
4.3	Umgebungsüberwachung	105
4.3.1.1	Direktmessung der Strahlung	109
4.3.1.2	Radioaktivitätsmessungen	110
4.3.1.3	Messfahrten	112
4.3.1.4	Radioaktivitätsmessungen entlang des Rheinniederungskanaals.....	113
4.3.1.5	Ableitung radioaktiver Stoffe mit dem Abwasser 2001	116
4.3.1.6	Ableitung nichtradioaktiver Stoffe mit dem Abwasser im Jahr 2001	117
4.3.1.7	Strahlenexposition in der Umgebung des Forschungszentrums Karlsruhe durch die mit dem Abwasser abgeleiteten radioaktiven Stoffe 2001	120
5	Werkschutz.....	121
5.1	Anmeldung und Zugang.....	122
5.2	Werkschutzbereiche	123
5.3	Werkfeuerwehr	123
5.4	Verkehrsdienst.....	125
5.5	Schadensaufnahme	126
5.6	Schlüsselverwaltung.....	126
5.7	Technische Sicherungssysteme	127
6	Veröffentlichungen.....	127

Verzeichnis der Abkürzungen

ANKA	Ängströmquelle 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-AS	Hauptabteilung Sicherheit, Abteilung Arbeitsschutz und Sicherheit
HS-M	Hauptabteilung Sicherheit, Amtliche Messstelle
HS-St	Hauptabteilung Sicherheit, Abteilung Strahlenschutz
HS-TBG	Hauptabteilung Sicherheit, Abteilung Technische Beratung und Genehmigungen
HS-Ü	Hauptabteilung Sicherheit, Abteilung Strahlenschutzüberwachung
HS-ÜM	Hauptabteilung Sicherheit, Abteilung Überwachung und Messtechnik
HS-US	Hauptabteilung Sicherheit, Abteilung Umweltschutz
HS-WS	Hauptabteilung Sicherheit, Abteilung Werkschutz
HVT	Hauptabteilung Versuchstechnik
HVT-HZ	Hauptabteilung Versuchstechnik/Heiße Zellen
HVT-TL	Hauptabteilung Versuchstechnik/Tritiumlabor
HZY	Hauptabteilung Zyklotron
HZY-RTM	Hauptabteilung Zyklotron, Radionuklidtechnik im Maschinenbau
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. Änderungen in Aufgaben und Struktur des Forschungszentrums in den letzten Jahren machten auch eine Neustrukturierung der Aufgabenverteilung und damit auch der Hauptabteilung Sicherheit erforderlich.

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.

Zur Konzentrierung und Formalisierung der damit verbundenen Vorgänge wurde 1984 als Schnittstelle zwischen Antragsteller und entsprechender Behörde die Koordinationsstelle Genehmigungsverfahren geschaffen.

Durch die organisatorische Zusammenlegung der Koordinationsstelle Genehmigungsverfahren mit Teilen der Hauptabteilung Sicherheit zu Beginn des Jahres 2001 ist ihr Aufgabenbereich zu einer weiteren Kernaufgabe der Hauptabteilung Sicherheit geworden und wird durch die Abteilung Technisch-administrative Beratung und Genehmigungen abgedeckt.

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.

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.

1.2 Organisation

Als wesentlicher Aufgabenschwerpunkt neu hinzugekommen ist der Bereich „Genehmigungsverfahren“, der bisher als Abteilung im Bereich Technische Infrastruktur (BTI) angesiedelt war. Die Aufgaben der bisherigen Abteilungen „Arbeitsschutz und Sicherheit (HS-AS)“, „Strahlenschutzüberwachung (HS-Ü)“ und „Umweltschutz (HS-US)“ sowie die BTI-Abteilung „Koordination Genehmigungsverfahren (BTI/KGV)“ wurden in zwei neuen Abteilungen „Überwachung und Messtechnik (HS-ÜM)“ sowie „Technisch-Administrative Beratung und Genehmigung (HS-TBG)“ zusammengefasst. Zentrale, bisher in den einzelnen HS-Abteilungen selbständig wahrgenommene Aufgaben, wie z. B. Datenverarbeitung, Etatkontrolle, Personalplanung, wurden der neuen zentralen Stabsstelle „Controlling“ zugewiesen.

Zum Jahresende 2001 trat der langjährige Leiter der Hauptabteilung Sicherheit, Herr Dipl.-Phys. Winfried Koelzer, in den Ruhestand. Der Vorstand des Forschungszentrums hat als neuen Leiter der Hauptabteilung Sicherheit sowie als Sicherheitsbeauftragten und Strahlenschutzbevollmächtigten Herrn Priv.-Doz. Dr.-Ing. habil. Manfred Urban bestellt. Am 31. Dezember 2001 waren in der Hauptabteilung Sicherheit 202 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 5 wiedergegeben.

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

Die aus der bisherigen Abteilung Arbeitsschutz und Sicherheit hervorgegangene neue 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 und 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 Überwachungsaufgaben 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.

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.

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. Desweiteren wurde in dieser Abteilung die bisher verteilte messtechnische Kompetenz der HS zentral zusammengefasst.

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 „Physikalisches Messlabor“ ermittelt die Aktivitätskonzentrationen in allen zu überwachenden Medien. Darüber hinaus entscheidet die Gruppe, ob Abwässer dekontaminiert werden müssen oder direkt der Kläranlage zugeführt werden dürfen. Sie bilanziert die Aktivitätsableitungen in den Vorfluter.

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 „Überwachung und Messtechnik“ betreibt in Kooperation mit der Hauptabteilung Dekontaminationsbetriebe das Freimesslabor, in dem die nuklidspezifischen Analysen durchgeführt werden, die erforderlich sind, um beim Rückbau und Abriss kerntechnischer Anlagen anfallende radioaktive Reststoffe uneingeschränkt verwerten oder wie gewöhnlichen Abfall beseitigen zu können.

Im Arbeitsschwerpunkt „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.

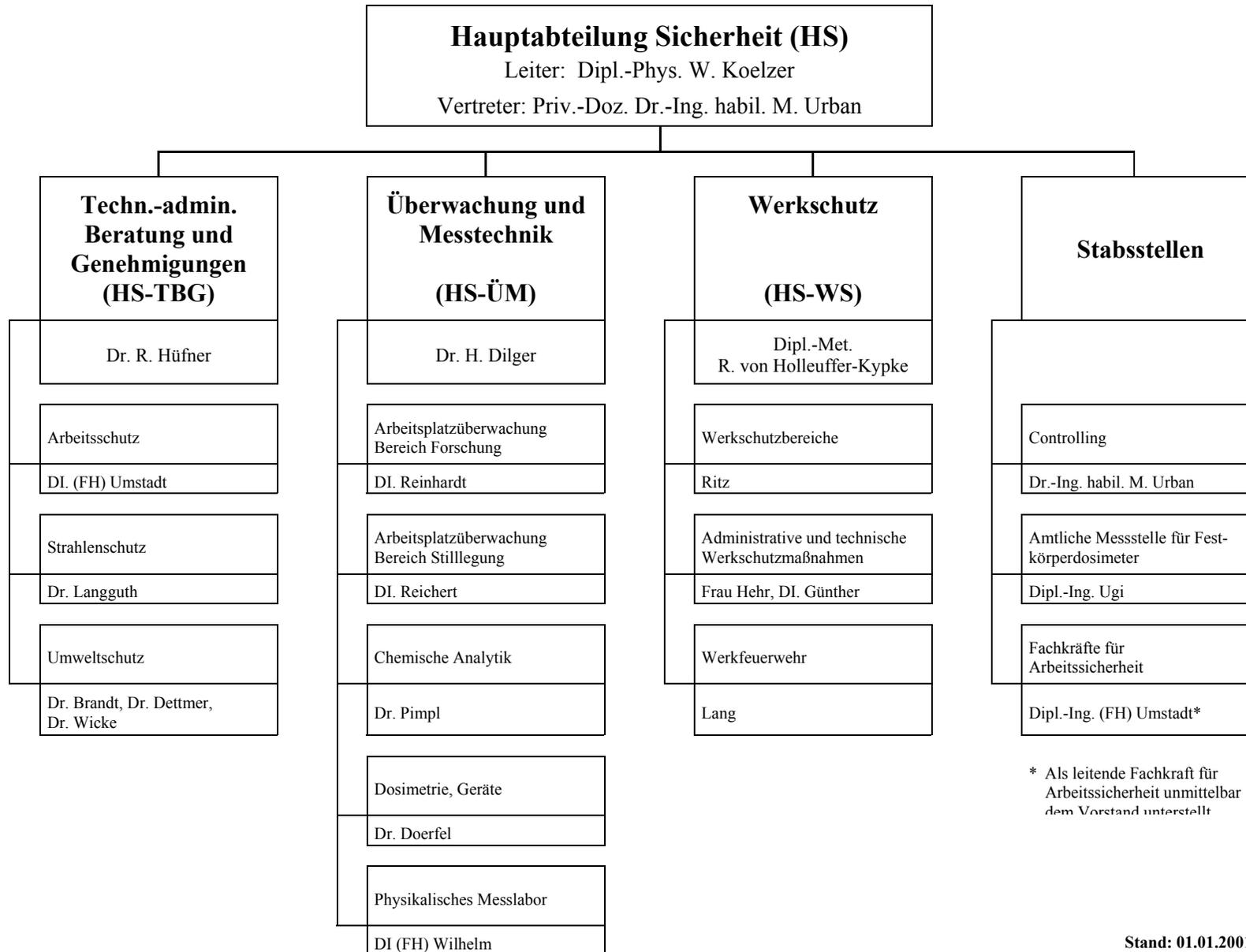
Abteilung Werkschutz

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, Erstellung von Werksausweisen und für Auswahl, Einsatz und Funktionssicherheit technischer 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.



* Als leitende Fachkraft für Arbeitssicherheit unmittelbar dem Vorstand unterstellt

Stand: 01.01.2001

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 202 scientific, technical, and administrative staff members and six 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 book-keeping 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.

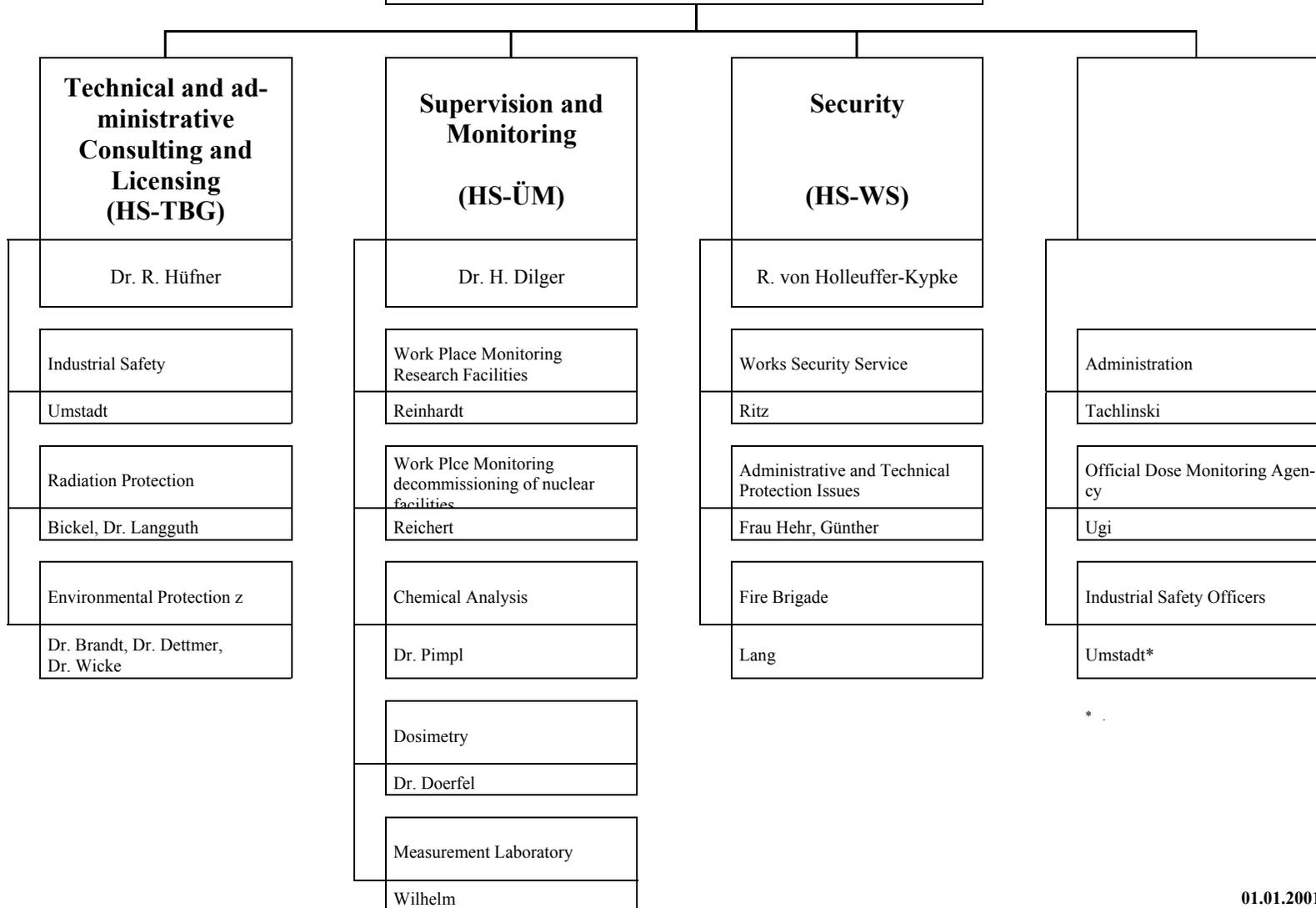
Works Security Service

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.

Central Safety Department (HS)

Head: W. Koelzer
Deputy: Dr. M. Urban



2 Arbeitssicherheit

K. Umstadt

2.1 Organisation und Aufgaben der Gruppe konventionelle Arbeitssicherheit

Hauptaufgabe des Arbeitsschutzes ist es, Gefährdungen und Schädigungen der Beschäftigten zu vermeiden, abzuwehren oder 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 Berufskrankheiten.

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

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

2.2 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.

verletzte Körperteile	Jahr		Art der Verletzung	Jahr	
	2000	2001		2000	2001
Kopf	4	7	Prellungen, Quetschungen	12	8
Augen	1	2	Verstauchungen	2	2
Rumpf	5	4	Zerrungen, Verrenkungen	7	10
Beine, Knie	7	7	Wunde, Riss	10	8
Füße, Zehen	6	3	Knochenbruch	3	5
Arme	3	4	Verbrennungen, Verätzungen	2	2
Hände, Finger	16	10	Infektion, Vergiftung	--	1
Wirbel	2	4	Sonstige	1	2

Tab. 2-1: Art der Verletzungen und der verletzten Körperteile bei den Betriebsunfällen

Für das Jahr 2001 wurden insgesamt 87 Arbeitsunfälle an den Unfallversicherer gemeldet. Davon waren 36 Unfälle anzeigepflichtig (23 Betriebsunfälle, 12 Wegeunfälle, 1 Sportunfall). Einen Überblick über Art der Verletzungen und verletzte Körperteile gibt Tab. 2-2.

Die Summe der anzeigepflichtigen Unfälle hat sich gegenüber dem Vorjahr nur unwesentlich verändert. Dagegen ist die Gesamtzahl der Betriebsunfälle leicht angestiegen. Bei den Wegeunfällen – Unfälle auf dem Weg zum und vom Forschungszentrum - und den Sportunfällen 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 Tabelle 2-3 dargestellten Zahlen.

Art der Unfälle	Zahl der anzeigepflichtigen Unfälle je 1 000 Beschäftigte	
	Forschungszentrum Karlsruhe 2001	gewerbliche Wirtschaft 2000*
meldepflichtige Betriebs- u. Sportunfälle	6,7	37,1
meldepflichtige Wegeunfälle	3,3	5,1

* Daten von 2001 liegen noch nicht vor.

Tab. 2-2: Unfälle im Forschungszentrum Karlsruhe 2001 im Vergleich zur gesamten gewerblichen Wirtschaft

2.3 Arbeitsplatzüberwachungen

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

2.4 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 Belehrungen hat HS-TBG die vorhandenen Arbeitsschutzfilme aktualisiert und ergänzt. Insbesondere wurde die Auswahl durch weitere intern gedrehte Filme über Arbeitsschutz und Brandschutz erweitert.

2.5 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:

- Maßnahmen zur Reduzierung von Verkehrsunfällen auf dem Gelände des Forschungszentrums: Aufgrund einiger Verkehrsunfälle auf den Straßen innerhalb des Zentrums wurden von den ASA-Mitgliedern Maßnahmen zur Gefährdungsminimierung diskutiert. Als Unfallschwerpunkt stellte sich die zweispurige Leopoldshafener Allee heraus. Das Nichteinhalten der vorgeschriebenen Höchstgeschwindigkeit und das Missachten der Rechts vor links-Regelung waren die häufigsten Verstöße. Eine hieraus resultierende Maßnahme war das Zurückschneiden der Bäume und Sträucher an den Kreuzungen, um die Übersichtlichkeit zu verbessern.
- Einführung des Gefahrstoffbuchführungs- und Bestellsystems „BestChem“: Zur Beurteilung des Programms wurde vom ASA eine Arbeitsgruppe gebildet. Aufgrund des positiven Berichtes dieser Gruppe, empfahlen die Mitglieder das Programm BestChem schnellstmöglich und verbindlich für alle Institute, Hauptabteilungen, Stabsabteilungen, Abteilungen und selbstständige Projekte einzuführen. Der Vorstand schloss sich dieser Empfehlung an, so dass die Einführung des Programms von den betroffenen Fachabteilungen umgesetzt werden konnte.

3 Strahlenschutz

3.1 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 Genehmigung (HS-TBG) und des operationellen Strahlenschutzes von der Abteilung Überwachung und Messtechnik (HS-ÜM) wahrgenommen.

3.2 Administrativer Strahlenschutz

3.2.1 Aufgabenbereich "Strahlenschutz"

U. Bartmann, A. Bickel, S. Debus, K.-G. Langguth, F. Pfeffer, A. Zieger

3.2.1.1 Bestellung von Strahlenschutzbeauftragten nach Strahlenschutz- und Röntgenverordnung

Das Forschungszentrum Karlsruhe GmbH ist Inhaber der atomrechtlichen Genehmigungen und somit Strahlenschutzverantwortlicher nach Strahlenschutz- und Röntgenverordnung. Der Strahlenschutzverantwortliche hat zur Leitung und Beaufsichtigung der atomrechtlich relevanten Tätigkeiten Strahlenschutzbeauftragte zu bestellen.

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. Bei der Bestellung ist zu gewährleisten, dass alle sich aus den atomrechtlichen Bestimmungen und Genehmigungen ergebenden Aufgaben Personen mit der geforderten Sachkunde zugewiesen werden. Hierbei sind die Aufgaben der Strahlenschutzbeauftragten voneinander abzugrenzen, um Doppelverantwortlichkeiten oder Lücken auszuschließen.

Die vielen unterschiedlichen Bereiche des Forschungszentrums und die ständig erforderlichen Aktualisierungen bedingen einen erheblichen organisatorischen Aufwand. Zur Zeit sind 144 Personen zu Strahlenschutzbeauftragten nach StrlSchV und RöV bestellt, die in 248 eigenständigen innerbetrieblichen Entscheidungsbereichen tätig sind.

3.2.1.2 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 enthalten sind. In zunehmendem Maße werden die Inhalte dieses Ordners auch im Intranet des Forschungszentrums angeboten. Infolge des Inkrafttretens der neuen Strahlenschutzverordnung zum 1.8.2001

und den daraus resultierenden Änderungen (Dosisgrenzwerte, neue Zuordnung der Paragraphen, veränderte Inhalte) war der administrative Aufwand zur Aktualisierung des Regelwerkes im Jahr 2001 besonders groß.

3.2.1.3 Betriebsüberwachung

Neben der Beratung erfolgt die Betriebsüberwachung, zu der der Strahlenschutzverantwortliche verpflichtet ist, durch Begehungen der atomrechtlich relevanten Arbeitsstätten durch Strahlenschutzingenieure. Hierbei wird überprüft, ob die einschlägigen Bestimmungen wie Atomgesetz, Strahlenschutzverordnung, Röntgenverordnung, Genehmigungsaufgaben sowie das interne Regelwerk des Forschungszentrums beachtet werden. Dies kann neben allgemeinen Begehungen auch durch Schwerpunktprüfungen erfolgen, die sich auf Teilbereiche oder Teilaspekte erstrecken.

Zu Begehungen werden der Strahlenschutzbeauftragte des Bereiches, die Abteilung 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.

3.2.1.4 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 Dosisdaten werden an TBG übermittelt. Für die Erfassung, Verarbeitung und Dokumentation dieser Daten wird hier ein umfangreiches „Personendosisregister“ unterhalten, das auch Überwachungsfunktionen hinsichtlich Termine und Dosisgrenzwerte wahrnimmt.

Für die gemäß den Verordnungen beruflich strahlenexponierten Personen sind zu erfassen: Persönliche Daten, Angaben zum Ort und zur Art des Arbeitsplatzes, Angaben zur möglichen äußeren Strahlenexposition, Angaben zur möglichen Strahlenexposition durch Inkorporation sowie getroffene Schutzmaßnahmen. Mit der Erfassung unterliegt die betroffene Person je nach Kategorie (A oder B) der routinemäßigen administrativen Strahlenschutzüberwachung: rechtzeitige arbeitsmedizinische Vorsorgeuntersuchungen nach StrlSchV, rechtzeitige Strahlenschutzunterweisungen, Ausrüstung mit Dosimetern, Dokumentation der Dosiswerte und Prüfung, ob die jeweiligen Dosisgrenzwerte eingehalten sind. Die routinemäßige Strahlenschutzüberwachung endet mit der Abmeldung durch den zuständigen Strahlenschutzbeauftragten. Die Daten werden entsprechend den gesetzlichen Vorgaben dokumentiert und mindestens für einen Zeitraum von 30 Jahren nach Beendigung der Beschäftigung als beruflich strahlenexponierte Person aufbewahrt.

Im Jahr 2001 wurden 1 083 Personen des Forschungszentrums (Vorjahr 1 154) gemäß Strahlenschutz- und Röntgenverordnung überwacht und die angefallenen 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

Überwachungsintervalles dokumentiert. Im Jahr 2001 wurden 1 124 (Vorjahr 1 301) Überwachungsintervalle für Mitarbeiter des Forschungszentrums angelegt. Für Personen, die nicht beruflich strahlenexponierte Personen entsprechend der Definition der Strahlenschutzverordnung sind, aber ebenfalls einer – modifizierten - Überwachung unterliegen (z. B. Besucher), erfolgt die vorgeschriebene Kontrolle und Dokumentation durch den zuständigen Strahlenschutzbeauftragten und nicht durch HS-TBG.

Die externen nichtamtlichen Dosiswerte sowie die Werte der internen Dosen von Fremdfirmenpersonal, die auf den Aufenthalt in Strahlenschutzbereichen des Forschungszentrums zurückzuführen sind, werden ebenfalls im zentralen Personendosisregister entsprechend der gesetzlichen Aufbewahrungsfrist verwaltet.

3.2.1.5 Ergebnisse der Personendosisüberwachung

In Tab. 3-1 ist für die überwachten Personen 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 2001 wurden alle beruflich strahlenexponierten Personen mit Phosphatglasdosimetern der amtlichen Messstelle im Forschungszentrum Karlsruhe überwacht. Die angegebenen Dosiswerte sind die Summe aus Photonen- und - soweit gemessen - Neutronendosis.

Dosisintervall in mSv				Häufigkeitsverteilungen der Jahresdosiswerte in Prozent (Anzahl der Personen)
	H	=	0	85,4 (758)
0	<	H	≤ 0,5	8,8 (78)
0,5	<	H	≤ 1,0	1,8 (16)
1,0	<	H	≤ 3,0	3,3 (29)
3,0	<	H	≤ 6,0	0,7 (6)
6,0	<	H	≤ 10,0	< 0,1 (1)
10,0	<	H		0 (0)
Anzahl erfasster Monatsdosiswerte				9 527 (10 281)
höchste Jahresdosis in mSv				7,4 (16,8)

Tab. 3-1: Ergebnisse der Personendosisüberwachung für das Jahr 2001 der mit Dosimetern überwachten Personen des Forschungszentrums Karlsruhe GmbH

Im Jahr 2001 waren insgesamt 888 Personen als beruflich strahlenexponiert eingestuft. Die durchschnittliche Strahlenexposition dieser Personen betrug 0,13 mSv. Die Personendosis aller beruflich strahlenexponierten Personen des Forschungszentrums betrug im Jahr 2001 insgesamt 112,6 mSv (Vorjahr 146,2 mSv). Der für eine Einzelperson festgestellte höchste Jahreswert der Personendosis betrug 7,4 mSv (Vorjahr 16,8 mSv). Dieser Wert wurde bei einer beruflich strahlenexponierten Person der Kategorie A festgestellt. Somit blieb der Jahreswert deutlich unter dem Jahresdosisgrenzwert der neuen Strahlenschutzverordnung von 20 mSv.

3.2.2 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 den Schutz der beschäftigten Person sicherzustellen hat, sind die Strahlenschutzverantwortlichkeiten und die daraus resultierenden Aufgaben genau abzugrenzen. Wer sein Personal bei fremden Betreibern beschäftigt oder selbst Aufgaben wahrnimmt, bedarf einer Genehmigung nach § 15 neue StrlSchV bzw. § 20 alte StrlSchV, wenn dies mit einer beruflichen Strahlenexposition größer 1 mSv pro Jahr verbunden ist. Diese Genehmigungen machen zur Auflage, dass zwischen der Fremdfirma und dem Betreiber ein Vertrag über die Abgrenzung der Aufgaben ihrer Strahlenschutzbeauftragten abgeschlossen wird. Diese „Abgrenzungsverträge“ werden für das Forschungszentrum im Aufgabenbereich „Strahlenschutz“ abgeschlossen und verwaltet. Zudem sind hier zahlreiche weitere Aufgaben des Forschungszentrums in Bezug auf Beschäftigungen gemäß § 15 StrlSchV angesiedelt.

3.2.2.1 Fremdfirmen in Strahlenschutzbereichen des Forschungszentrums

Zum Jahresende 2001 bestanden mit 318 Fremdfirmen gültige Abgrenzungsverträge. Obwohl das Forschungszentrum nicht Adressat des Genehmigungstatbestandes in § 15 neue StrlSchV bzw. § 20 alte StrlSchV ist, folgt das Forschungszentrum der bundesweit üblich gewordenen Handlungsweise, sich die Genehmigungen vor Abschluss eines Abgrenzungsvertrages vorlegen zu lassen und deren Gültigkeit zu überwachen. Dadurch soll, obwohl keine Rechtsverpflichtung vorliegt, 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 2001 nur noch in den von der Behörde festgelegten Bereichen - HDB, HVT/HZ, HZY und MZFR -, eine Betreiberdosimetrie durchgeführt. In allen anderen Bereichen war aufgrund des geringen Gefährdungspotentials sowohl für Fremdfirmen als auch Eigenpersonal nur noch die amtliche Dosimetrie erforderlich. Ermittelte nicht-amtliche Dosen wurden beim Verlassen des Forschungszentrums in den Strahlenpass des Fremd-

firmenmitarbeiters eingetragen. War der Fremdfirmenmitarbeiter in Bereichen ohne Betreiberdosimetrie eingesetzt, so wurde dies an der entsprechenden Stelle des Strahlenpasses vermerkt.

Sind Fremdfirmenmitarbeiter von Zwischenfällen betroffen, die eine Inkorporationsüberwachungsmaßnahme erforderlich machen, wird den Firmen der betroffenen Personen das Ergebnis mitgeteilt. Neben diesen routinemäßigen Mitteilungen an die unter § 15 neue StrlSchV bzw. § 20 alte StrlSchV im Forschungszentrum beschäftigten Fremdfirmen, ist HS-TBG auch die Kontaktstelle in allen Fragen des Strahlenschutzes und nimmt alle aus den Abgrenzungsverträgen resultierenden Informationspflichten des Forschungszentrums gegenüber den Fremdfirmen und der jeweils zuständigen Behörde wahr.

3.2.2.2 Personen des Forschungszentrums Karlsruhe in Strahlenschutzbereichen fremder Anlagen oder Einrichtungen

Das Forschungszentrum Karlsruhe verfügt über eine Genehmigung nach § 20 alte StrlSchV. HS-TBG schließt bei Bedarf die erforderlichen Abgrenzungsverträge ab, stellt Strahlenpässe aus, aktualisiert sie und dokumentiert die ihr von Fremdinstitutionen übermittelten Daten im Dosisregister. Von den derzeit zur Strahlenschutzüberwachung angemeldeten Personen besaßen zum Jahresende 100 Personen einen gültigen Strahlenpass.

3.2.2.3 Regelmäßige Inkorporationsüberwachung im Forschungszentrum

Die 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.

3.2.2.4 Inkorporationsüberwachung des Eigenpersonals

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

Die Inkorporationsüberwachung auf Transurane stützte sich maßgeblich auf die regelmäßige Überwachung der Aktivitätskonzentration der Luft am Arbeitsplatz (Raumluftüberwachung). Außerdem waren pro Jahr eine Stuhl- und eine Urinanalyse zur Überprüfung der durch die Raumluftüberwachung ermittelten Dosiswerte durchzuführen.

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

Neben der Überwachung auf Transurane wurde in verschiedenen Instituten des Forschungszentrums eine Überwachung auf Tritium durchgeführt. Falls beim Umgang mit anderen Radionukliden eine regelmäßige Inkorporationsüberwachung erforderlich wird, so werden das Überwachungsverfahren und die Überwachungshäufigkeit individuell festgelegt.

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

3.2.2.5 Inkorporationsüberwachung des Fremdfirmenpersonals

Die regelmäßige Inkorporationsüberwachung von Fremdfirmenpersonal ist grundsätzlich Sache der Fremdfirma. Das Forschungszentrum übernimmt diese Aufgabe nur für die Firmen, die einen Vertrag über die Durchführung der regelmäßigen Inkorporationsüberwachung mit dem Forschungszentrum abgeschlossen haben. Solche Sonderverträge beinhalten als Leistungen des Forschungszentrums die Überprüfung des Erfordernisses der Überwachung und die Festlegung der Inkorporationsüberwachungsart sowie die Auswertung der entsprechenden Proben, die Terminüberwachung und die Mitteilung der Messergebnisse an die Fremdfirmen.

3.2.2.6 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) werden sie im zentralen EDV-Programm angemeldet. Abhängig vom Einsatzort kann dann zunächst eine Eingangs-Inkorporationsmessung im Bodycounter erforderlich sein. Danach erfolgt die Anmeldung beim Strahlenschutz des jeweiligen Bereiches. Die Strahlenpässe verbleiben während des Einsatzes im Forschungszentrum Karlsruhe in der zentralen Strahlenpassstelle.

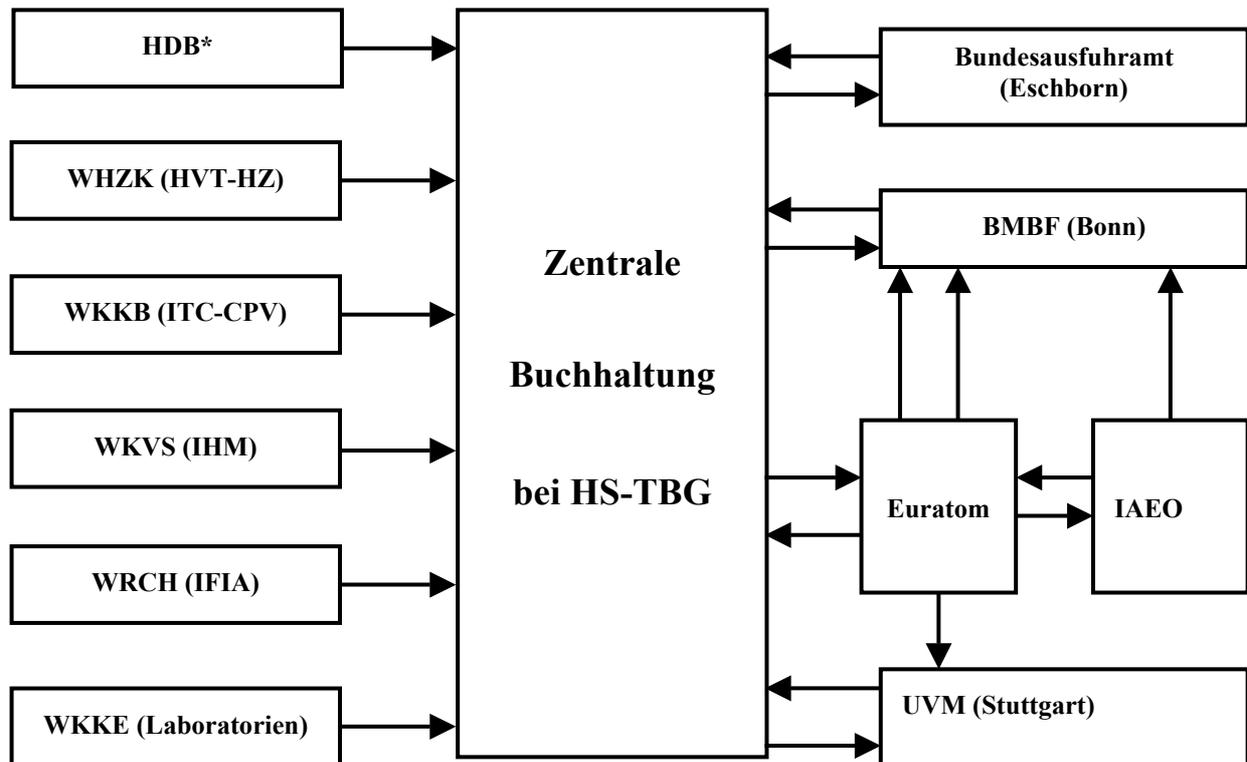
Im Jahr 2001 wurden 760 Fremdfirmenmitarbeiter von insgesamt 120 Firmen in der Strahlenpassstelle angemeldet. Während eines Einsatzes konnten diese Personen in mehreren Bereichen des Forschungszentrums tätig sein. Für die 760 Fremdfirmenmitarbeiter wurden insgesamt 1 367 Bereichseinsätze gezählt. Insgesamt 20 Personen verlangten als Sachverständige gemäß § 20 AtG Zutritt zu Kontrollbereichen des Forschungszentrums Karlsruhe. In der zentralen Strahlenpassstelle wurden 803 Anmeldungen durchgeführt, wovon 43 Mehrfach-Anmeldungen waren. Des Weiteren wurden im Laufe des Jahres 2001 insgesamt 723 Abmeldungen verbucht. Im Berichtszeitraum wurden über 2 000 Strahlenpässe zur Aktualisierung kurzfristig an Fremdfirmen ausgegeben. 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.

3.3 Bilanzierung radioaktiver Stoffe

W. Burck

3.3.1 Zentrale Buchhaltung zur Erfassung und Meldung von Kernmaterial

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



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

Abb. 3-1: Materialbilanzzonen des Forschungszentrums Karlsruhe, Meldeinstanzen und Meldewege zur Kernmaterialüberwachung

Um Bewegungen innerhalb des Zentrums erfassen zu können, hat Euratom die Einrichtungen des Forschungszentrums in fünf Materialbilanzzonen und in den Bereich Hauptabteilung Dekontaminationsbetriebe aufgeteilt. Die Organisationseinheiten des Forschungszentrums melden monatlich alle Bestands- und Chargenänderungen an die zentrale Buchhaltung der Gruppe Kernmaterialüberwachung. Hier werden die Meldungen anhand von Lieferscheinen geprüft, verbucht und rechnergestützt erfasst. Auf dieser Grundlage werden dann die monatlichen Bestandsänderungsberichte an die Aufsichtsbehörden erstellt und EDV-gerecht übermittelt. Im Jahr 2001 wa-

ren 144 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. 3-1 dargestellt.

3.3.2 Aufsicht durch Euratom

Im Jahr 2001 hat die Direktion Sicherheitsüberwachung von Euratom, Luxemburg, im Forschungszentrum Karlsruhe insgesamt sieben 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 Gruppe Kernmaterialüberwachung zu erheben.

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

Bei den umschlossenen radioaktiven Stoffen ist gemäß § 75 StrlSchV in Verbindung mit der „Richtlinie über Dichtheitsprüfungen an umschlossenen radioaktiven Stoffen vom 12.06.1996“ jährlich mindestens eine Dichtheitsprüfung durchzuführen. Die Wiederholungsprüfungen können entfallen oder in größeren Zeitabständen durchgeführt werden, sofern dies nach der o. g. Richtlinie über Prüffristen bei Dichtheitsprüfungen an umschlossenen radioaktiven Stoffen möglich ist. Wird hiervon Gebrauch gemacht, so ist der Freistellungsgrund in der Jahresmeldung zu vermerken. Die zur Anfertigung der Jahresmeldung gespeicherten Daten bilden die Grundlage für die Terminüberwachung zu Wiederholungsprüfungen an umschlossenen radioaktiven Stoffen, für das Forschungszentrum Karlsruhe. Die Wiederholungsprüfungen selbst werden durch HS-ÜM entsprechend der erteilten Genehmigung durchgeführt. Im Geschäftsjahr 2001 wurden 113 Strahler auf Undichtigkeit geprüft. Bei diesen Prüfungen wurden keine Undichtigkeiten festgestellt.

Aufgrund der sich aus § 78 der StrlSchV und aus behördlichen Auflagen ergebenden Buchführungs- und Anzeigepflichten muss das Forschungszentrum in bestimmten Zeitintervallen den zuständigen Behörden Gewinnung, Erzeugung, Erwerb und sonstigen Verbleib von radioaktiven Stoffen anzeigen. Hierzu sind entsprechende Meldungen der Strahlenschutzbeauftragten der einzelnen Organisationseinheiten an HS-TBG erforderlich.

Im Berichtsjahr wurden die Bearbeitung, Prüfung und zum Teil rechnergestützte Erfassung von 2 154 internen und externen Bestandsänderungen an sonstigen radioaktiven Stoffen durchgeführt. Um die in Tab. 3-2 aufgeführten Berichte erstellen zu können, sind oft Rückfragen innerbetrieblich sowie bei externen Absendern/Lieferanten erforderlich.

3.3.4 Erfassung von Kernmaterialtransporten und Hilfestellung bei Planung und Abwicklung

Zu den Aufgaben der Gruppe "Überwachung radioaktiver Stoffe" gehört auch die buchmäßige Überwachung von Kernmaterialtransporten und Hilfestellung bei Planung und Abwicklung. Alle externen Transporte des Forschungszentrums Karlsruhe werden bei der Einfahrt in das oder der Ausfahrt aus dem Zentrum der zentralen Buchhaltung bei HS-TBG gemeldet. Die Zahl der im Jahre 2000 und 2001 erfassten Kernmaterialbewegungen zeigt Tab. 3-3.

Art der Berichte	Anzahl der Berichte und Berichtsempfänger			
	Euratom	Umweltministerium	Gewerbeaufsichtsamt	gesamt
Monatsberichte				
Erwerb, Erzeugung und Abgabe radioaktiver Stoffe		8	12	20
Bestände an radioaktivem Abfall und Auslastung von Genehmigungen		12		12
Erwerb und Abgabe von Tritium kanadischen Ursprungs	12			12
Quartalsberichte				
Bestände und Bestandsänderungen an radioaktivem Abfall	4			4
Jahresberichte				
Bestand an offenen radioaktiven Stoffen		1	1	2
Bestand an umschlossenen radioaktiven Stoffen		1	1	2
Bestand an Tritium kanadischen Ursprungs		1	1	2
Bestände und Bestandsänderungen an radioaktivem Abfall	1			1
Eingänge, Abgänge und Bestände von radioaktiven Abfallprodukten		1	1	2
gesamt	17	24	16	57

Tab. 3-2: Umfang der Berichterstattung im Jahr 2001

Jahr	2000		2001	
	intern	extern	intern	extern
Natururan	3	-	7	-
abgereichertes Uran	393	-	15	-
Thorium	3	-	5	-
angereichertes Uran	4	3	8	2
Plutonium	22	-	8	-
gesamt	425	3	43	2

Tab. 3-3: Anzahl der Kernmaterialbewegungen 2000 und 2001

Grundlage dieser Erfassung sind die Liefer- und Versandscheine. Die Anzahl der Kernmaterialbewegungen ist jedoch weder mit der Anzahl von Kernmaterialtransporten noch mit der Zahl der ausgewerteten Liefer- oder Versandscheine identisch. Zwar gehört zu jedem einzelnen Versandstück ein Liefer- oder Versandschein, jedoch werden bei einem Transport oft mehrere Versandstücke gleichzeitig transportiert. Ferner kann ein sogenanntes Versandstück aus mehreren

Positionen bestehen, und zudem kann das jeweilige Versandgut gleichzeitig Kernmaterial verschiedener Kategorien enthalten.

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

3.4 Einsatzleitung und Einsatzplanung

W. Burck

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

3.4.1 Aufgaben

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

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

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

3.4.2 Statistik und Analyse der EvD-Einsätze

Im Jahr 2001 gingen in der Alarmzentrale des Forschungszentrums eine Vielzahl von Meldungen ein. Hiervon erforderten 213 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. 3-5 zeigt eine Aufschlüsselung der Einsätze.

Die Ursachen für die EvD-Einsätze sind in Tab. 3-4 angegeben.

Jahr	1996	1997	1998	1999	2000	2001
Anzahl der Einsätze	190	223	225	265	253	213
Gesamteinsatzzeit in Stunden *	145	136	152	189	135	113
mittlere Einsatzdauer in Stunden	0,45	0,36	0,4	0,42	0,32	0,32
Anzahl der Einsätze innerhalb Arbeitszeit	70	77	119	114	133	102
Anzahl der Einsätze außerhalb Arbeitszeit	120	146	106	151	120	111
Alarmübungen	9	7	9	8	9	9

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

Tab. 3-5: Einsätze der Einsatzleiter vom Dienst, 1996 bis 2001

Einsatzschwerpunkt „Feueralarm“: Hierzu zählen alle Einsätze, die im Zusammenhang mit der Alarmart „Feuer“ ein Tätigwerden des EvD erforderlich machten, unabhängig davon, ob es tatsächlich gebrannt oder nur ein Fehlalarm vorgelegen hat. Die große Zahl der Fehlalarme ist darauf zurückzuführen, dass fast 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 diesen Sammelbegriff fallen alle Maßnahmen zur Wiederherstellung der technischen Sicherheit. 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 „Gerätstörungen“: 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 Versuchständen zu Wasserstörungen.

Jahr	2000	2001
Feueralarme	164(davon 151 Fehlalarme)	134 (davon 119 Fehlalarme)
Sonstige Ereignisse	28	12
Gerätstörungen	29	27
Wasserstörungen	14	19
Technische Hilfe	12	13
Sandfangalarme	6 (davon 1 Fehlalarm)	5 (davon 1 Fehlalarm)

Tab. 3-6: 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.

3.4.3 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 2001 wurden neun 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.

3.4.4 Meldepflichtige Ereignisse nach Strahlenschutzverordnung

Nach § 36 der Strahlenschutzverordnung 30. Juli 1989 und 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 2001 wurde den Aufsichtsbehörden ein sicherheitstechnisch bedeutsames Ereignis der Meldestufe II gemeldet.

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

3.5 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. Vier Mitarbeiter der Abteilung nehmen Aufgaben als Strahlenschutzbeauftragte für den MZFR wahr.

Die Gruppe Dosimetrie betreibt einen Ganzkörper- und verschiedene Teilkörperzähler zum gammaspektroskopischen Nachweis von Radionukliden im menschlichen Körper. Sie wurde 1997 vom Ministerium für Umwelt und Verkehr Baden-Württemberg 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.

3.5.1 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 vier Bereiche (siehe Abb. 3-1 und Tab. 3-7).

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 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. Des Weiteren wurden die elektronischen Dosimeter als Alarmdosimeter hinsichtlich Dosisleistung und Dosis verwendet. Die Anzahl der Personen einschließlich Fremdfirmenangehöriger, die strahlenschutzmäßig überwacht werden (Stichmonat Dezember 2001), ist in Spalte 4 der Tab. 3-7 aufgeführt. Die Gebäude und Anlagen werden routinemäßig durch Oberflächenkontaminations-, Wischproben-, Dosisleistungs- und Raumluftmessungen überwacht. Die Fläche der betrieblichen Überwachungs-, Kontroll- und Sperrbereiche ist in Spalte 5 der Tab. 3-7 angegeben.

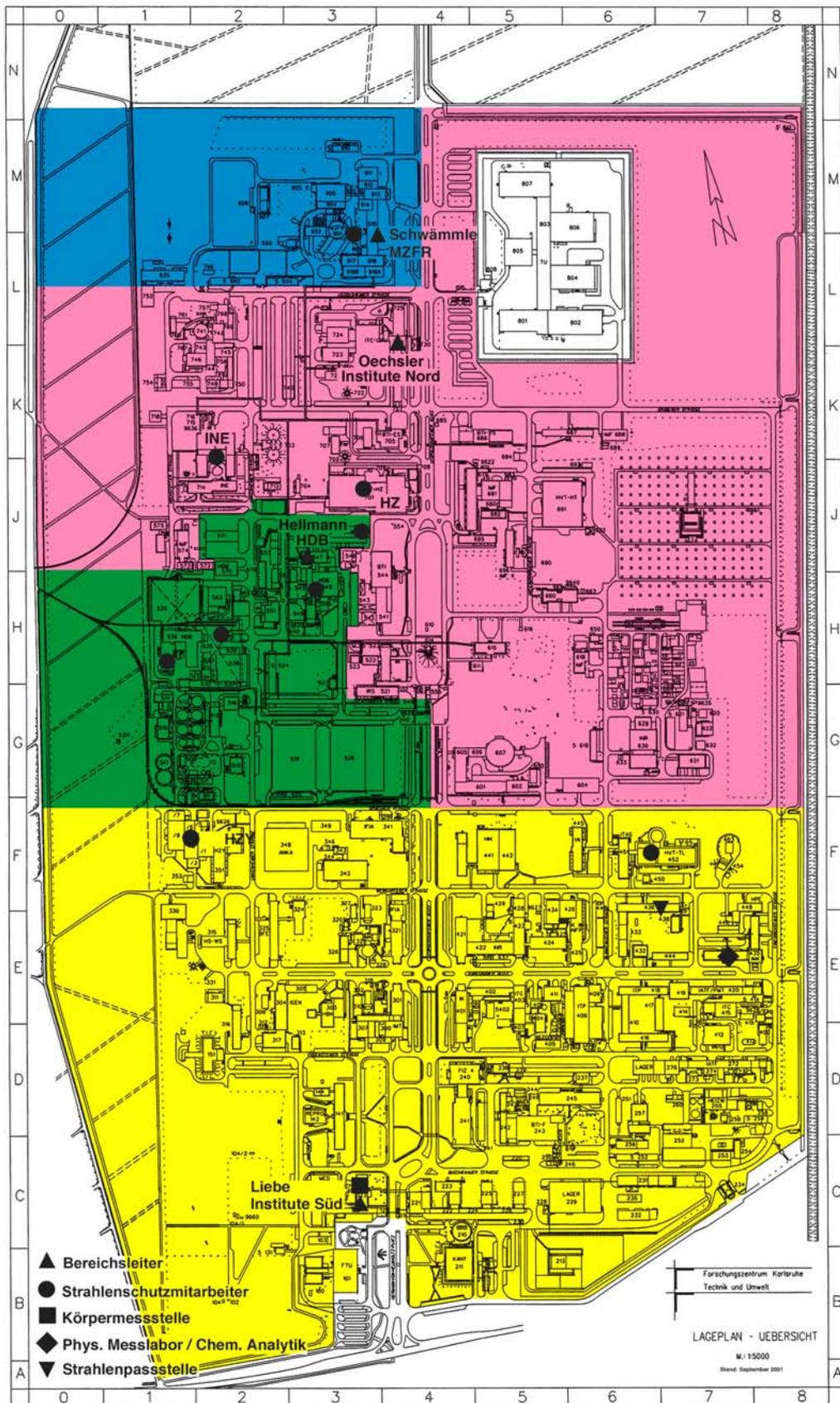


Abb. 3-1: Lageplan des Forschungszentrums Karlsruhe mit Bereichseinteilung

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 (6,5)	423 (390)	20800 (20800)	401
	2. <u>Institute Süd</u> BTI-B, FTU, HS, HVT-TL, HZY, IFIA, IFP, IHM, IK, ITG, PAE	6,0 (6,5)	320 (401)	10300 (10300)	67
Arbeitsplatzüberwachung Stilllegung	3. <u>HDB</u>	1 (1) 14+5 ⁺ (14+5 ⁺)	250 (263)	42500 (43100)	1230
	4. <u>MZFR</u>	6 (6)	183 (179)	5500 (5500)	324

⁺Zweischichtdienst

Tab. 3-7: Anzahl der HS-Mitarbeiter in der Arbeitsplatzüberwachung, überwachte Personen (einschließlich Fremdfirmenangehörigen), Bereichsgröße und Anzahl der Arbeitserlaubnisse, jeweils Stand Dezember 2001 bzw. Gesamtzahl im Jahr (Vorjahreszahlen in Klammern)

Die Kontaminationskontrolle von Personen am Ausgang von Bereichen, in denen genehmigungspflichtig mit offenen radioaktiven Stoffen umgegangen wird, geschieht in Eigenüberwachung mit Hand-Fuß-Kleider-Monitoren oder im MZFR mit Ganzkörpermonitoren mit automatisiertem Messablauf. Die Grenzwerte betragen 0,05 Bq/cm² für α -Aktivität und 0,5 Bq/cm² für β -Aktivität bei den Hand-Fuß-Kleider-Monitoren bzw. 0,5 Bq/cm² für β -Aktivität bei den Ganzkörpermonitoren. Aus den Auswertungen der Wisch- und Aerosolproben vom MZFR ist bekannt, dass das β -/ α -Aktivitätsverhältnis zwischen 20 und 50 liegt, so dass auch ohne α -Aktivitätskontrolle an den Ganzkörpermonitoren bei Einhaltung der β -Grenzwerte die Unterschreitung der α -Grenzwerte gewährleistet ist. Die Alarmwerte sind auf die von der Behörde geforderte Alarmverfehlungswahrscheinlichkeit von 5 % eingestellt.

Die Raumluft in den Kontrollbereichen von Institutionen mit höherem Aktivitätsinventar und der Hauptabteilung Dekontaminationsbetriebe wird mit einem Netz von stationären Aktivitätssammlern und an Arbeitsplätzen, an denen eventuell mit Freisetzen zu rechnen ist, mit Monitoren überwacht.

Aus den Grenzwerten der Jahresaktivitätszufuhr gemäß Strahlenschutzverordnung für beruflich strahlenexponierte Personen der Kategorie A und dem Jahres-Inhalationsvolumen von 2 400 m³ werden Interventionswerte abgeleitet. So werden in den Anlagen des Forschungszentrums Karlsruhe die Interventionswerte allgemein für α -Aktivitätsgemische auf 0,04 Bq/m³ (Leitnuklid Pu-239, löslich), für β -Aktivitätsgemische auf 40 Bq/m³ (Leitnuklid Sr-90, löslich/unlöslich)

festgelegt. In Institutionen, in denen mit speziellen Nukliden umgegangen wird, werden die Interventionswerte haus- und nuklidspezifisch festgelegt. Für I-123 ergibt sich $0,4 \text{ kBq/m}^3$ und für HTO 1 MBq/m^3 .

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

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

In Räumen, in denen 10 % des Grenzwertes der Jahresaktivitätszufuhr erreicht werden kann, müssen regelmäßige Inkorporationsüberwachungen durchgeführt werden. Dies ist zur Zeit nur in den Anlagen der HDB erforderlich. Die im Jahr 2001 ermittelte mittlere effektive Dosis durch innere Exposition betrug in der HDB $0,22 \text{ mSv}$ bei einem Maximalwert von $1,1 \text{ mSv}$.

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 Arbeiterlaubnissen die Strahlenschutzauflagen fest. Im Jahr 2001 wurden insgesamt ca. 2 000 Vorgänge bearbeitet, eine Aufteilung auf die Bereiche ist der Spalte 6 von Tab. 3-7 zu entnehmen. Weiterhin führen Mitarbeiter die Strahlenschutzkontrolle bei der Ausfuhr von Material aus den Kontrollbereichen und den betrieblichen Überwachungsbereichen mit Kontaminationsrisiko durch. Dabei kann es sich um weiterverwendbare Gegenstände, wiederverwertbare Reststoffe oder inaktive Abfälle handeln. Im Jahre 2001 wurden insgesamt 174 (Vorjahr 205) 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 Fort-

bildungszentrum für Technik und Umwelt des Forschungszentrums besucht. Insgesamt nahmen 43 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.

3.5.2 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.

3.5.2.1 Personenüberwachung

3.5.2.1.1 Routine- und Sondermessungen

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

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 2 000 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.

Tab. 3-8 und Tab. 3-9 vermitteln einen Überblick über die im Jahr 2001 mit den Ganz- bzw. Teilkörperzählern durchgeführten Personenmessungen und ihre Verteilung auf die verschiedenen Institutionen. Mit dem Ganzkörperzähler wurden insgesamt 1 788 Personen untersucht. Ein Teil dieser Personen wurde mehrmals untersucht, so dass sich die Gesamtanzahl der Ganzkörpermessungen auf 2 602 beläuft. Hierbei handelte es sich zum weitaus überwiegenden Teil um Messungen im Rahmen der routinemäßigen Inkorporationsüberwachung. Etwas weniger 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 (15,8 %), Kernkraftwerk-Betriebsgesellschaft (9,2 %) und Wiederaufarbeitungsanlage Karlsruhe (22,2 %)) sowie im Auftrag externer Institutionen (10,3 %).

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	23	2	7	0	18	0	0	0	0	0
HS	22	13	16	5	24	8	0	0	3	0
HVT	13	1	6	0	12	0	0	0	0	0
HZY	12	1	3	1	2	0	0	0	7	0
IGEN	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0
INE	25	1	19	1	21	0	0	0	0	0
INR	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0
ITC-CPV	74	19	52	3	62	4	0	0	9	3
Summe Bereich Forschung	171	37	103	10	141	12	0	0	19	3
HDB	340	94	292	27	350	38	0	0	16	1
KNK	136	67	78	17	132	29	16	6	14	11
MZFR	92	0	89	20	91	20	2	0	2	0
Summe Bereich Stilllegung	568	161	459	64	573	87	18	6	32	12
WAK	486	0	12	2	223	15	282	24	61	1
ITU	330	0	104	18	154	43	145	14	8	2
Fremdauftrag	233	0	0	0	0	0	177	4	91	12
Summe Sonstige	1049	0	116	20	377	58	604	42	160	15

Tab. 3-8: Anzahl der Personenmessungen mit dem Ganzkörperzähler im Jahr 2001 (ohne Referenzmessungen und Messungen zur Qualitätssicherung)

Bei etwa 10 % aller untersuchten Personen wurden Cs-137-Inkorporationen nachgewiesen. Bei 121 Personen lag die Cs-137-Körperaktivität über der Erkennungsgrenze für beruflich bedingte Cs-137-Körperaktivitäten (Kap. 3.5.2.1.2), allerdings wurde in vielen dieser Fälle nach Auskunft der Probanden Wildbret oder Pilze verzehrt, so dass auch hier zumeist von keiner beruflich be-

dingten Inkorporation auszugehen war. Bei 76 Personen wurden Inkorporationen von Co-60 (76 Messungen), Co-58 (2 Messungen), Ag-110m und Eu-152 (jeweils eine Messung) 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	
HS	3	0	0	0	3
ITC-CPV	8	0	0	0	9
Summe Bereich Forschung	11	0	0	0	12
HDB	8	0	0	0	9
MZFR	2	0	0	0	2
KNK	7	0	0	0	7
Summe Bereich Stilllegung	17	0	0	0	18
WAK	56	0	0	0	56
ITU	127	62	64	23	4
Fremdauftrag	143	0	0	107	48
Summe Sonstige	326	62	64	130	108

Tab. 3-9: Anzahl der Personenmessungen mit den Teilkörperzählern im Jahr 2001 (ohne Messungen zur Qualitätssicherung)

Bei den Messungen aus besonderem Grund wurden mit dem Ganzkörperzähler in zehn Fällen Cs-137, in zwei Fällen Co-60 und mit den Teilkörperzählern in einem Fall eine äußere Kontamination von Am-241 nachgewiesen. Die festgestellten Cs-137-Aktivitäten lagen in drei Fällen unter der Erkennungsgrenze für beruflich bedingte Inkorporationen. In zwölf Fällen handelte es sich um zwischenfallsbedingte Inkorporationen. Fünf 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. Abgesehen von drei im Rahmen des WAK-Nachsorgefalls (Kap. 3.5.2.1.3) untersuchten Personen lag die Aktivität in keinem Fall oberhalb der Interpretationsschwelle nach der „Richtlinie für die physikalische Strahlenschutzkontrolle“.

Mit dem Teilkörperzähler wurden insgesamt 354 Personen untersucht. Ein Teil dieser Personen wurde mehrmals untersucht, so dass sich die Gesamtanzahl der Messungen auf 394 beläuft. Die Messungen wurden für verschiedene Institutionen des Forschungszentrums (7,6 %), die Wiederaufarbeitungsanlage Karlsruhe (14,2 %), das Institut für Transurane (38,8 %) sowie im Fremdauftrag für Euratom Luxemburg (27,2 %) und andere Firmen bzw. Institutionen (12,2 %) durchgeführt. Bei etwa 35 % der Teilkörpermessungen handelte es sich um Untersuchungen aus besonderem Grund. Neben den genannten Überwachungsmessungen wurden regelmäßige Messun-

gen zur Ermittlung der Cs-137-Körperaktivität der Karlsruher Referenzgruppe vorgenommen (vgl. Kap. 3.5.2.1.2).

Zur Qualitätssicherung wurden zahlreiche Kalibriermessungen, Referenzmessungen sowie Nulleffektmessungen durchgeführt. Mit Ausnahme der täglich erfolgenden Energiekalibrierungen sind alle Messungen in Tab. 3-10 aufgelistet. Die Gesamtanzahl aller im Jahr 2001 durchgeführten Messungen beläuft sich auf 3 414.

Messung	Ganzkörperzähler	Teilkörperzähler	
		8"-Phoswich	HPGe-Sandwich
Eingang	678	62	0
Ausgang	1091	64	0
Routine	445	23	0
Besond. Grund	120	90	1
Fremdauftrag	268	155	9
Referenz	195	0	0
Nulleffekt	103	60	6
Kalibrierung	2	12	8
Materialproben	7	5	10
Summe	2909	471	34

Tab. 3-10: Anzahl aller Messungen mit Ganz- und Teilkörperzählern im Jahr 2001 (ohne tägliche Funktionskontrollmessungen)

3.5.2.1.2 Cs-137-Referenzmessungen

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

Seit Inbetriebnahme des ersten Ganzkörperzählers im Jahr 1961 werden regelmäßige Messungen zur Bestimmung der Cs-137-Körperaktivität an einer Referenzgruppe von zur Zeit etwa 20 nicht beruflich strahlenexponierten Personen aus dem Karlsruher Raum durchgeführt. Die Abb. 3-2 stellt die seit 1961 gemessenen Quartalsmittelwerte der spezifischen Cs-137-Körperaktivität dar. Deutlich erkennbar sind die Auswirkungen des Fallouts der oberirdischen Kernwaffentests in den 60er Jahren sowie des Reaktorunfalls in Tschernobyl im April 1986.

Die Tab. 3-11 zeigt die Monatsmittelwerte der spezifischen Cs-137-Körperaktivität für das Jahr 2001. 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 2001 gewonnene Jahresmittelwert von 0,22 Bq/kg liegt geringfügig über dem durch geometrische Mittelung gewonnenen Vorjahreswert von 0,21 Bq/kg. Der Unterschied ist allerdings kaum signifikant.

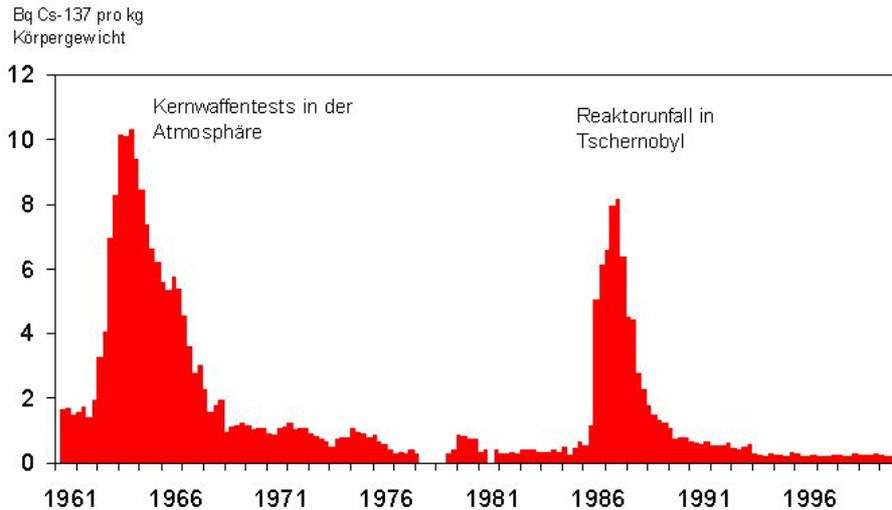


Abb. 3-2: Quartalsmittelwerte der spezifischen Cs-137-Körperaktivität der Karlsruher Referenzgruppe seit 1961

Monat	Spezifische Cs-137-Körperaktivität in Bq pro kg Körpergewicht		
	Frauen	Männer	Gesamt
Januar	0,23	0,14	0,19
Februar	0,13	0,31	0,22
März	0,17	0,28	0,23
April	0,19	0,26	0,22
Mai	0,11	0,26	0,19
Juni	0,21	0,26	0,24
Juli	0,13	0,22	0,17
August	0,23	0,31	0,27
September	0,10	0,20	0,15
Oktober	0,22	0,28	0,25
November	0,15	0,27	0,20
Dezember	0,13	0,40	0,26
Arithmetischer Mittelwert im Jahr 2001	0,17 ± 0,05	0,27 ± 0,06	0,22 ± 0,04

Tab. 3-11: Monatsmittelwerte der spezifischen Cs-137-Körperaktivität der Karlsruher Referenzgruppe im Jahr 2001

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. 3-11 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 24,7 Bq bei den Männern bzw. 12,3 Bq bei den Frauen. Die mittlere arithmetische Standardabweichung beträgt 12,6 Bq bei den Männern bzw. 7,9 Bq bei den Frauen. Folglich liegt die zivilisatorisch bedingte Cs-137-Körperaktivität bei den Männern in 95 % der Fälle unter 45 Bq, während sie bei den Frauen in 95 % der Fälle unter 25 Bq liegt. Demnach können in Anlehnung an DIN 25482 die Werte von 45 Bq (Männer) bzw. 25 Bq (Frauen) als Erkennungsgrenzen einer berufsbedingten Cs-137-Körperaktivität angesehen werden. Diese Erkennungsgrenzen werden bei der Interpretation der Messungen im Rahmen der Personenüberwachung (Kap. 3.5.2.1.1) zugrundegelegt.

3.5.2.1.3 Untersuchungen im Rahmen eines Nachsorgefalls bei der WAK

H. Doerfel, I. Hofmann, U. Mohr, G. Nagel, A. Zieger

Im Frühjahr 2001 wurde im Rahmen der routinemäßigen Inkorporationsüberwachung von MED/Tox bei einem bei der WAK eingesetzten Fremdfirmenmitarbeiter eine erhebliche Plutonium-Aktivität im Urin festgestellt. Bei den angestellten Nachforschungen stellte sich heraus, dass der Fremdfirmenmitarbeiter unter bis heute nicht geklärten Umständen radioaktives Material aus der WAK entwendet hat. In der Folgezeit wurde der Fremdfirmenmitarbeiter (im folgenden Person A) sowie zwei Frauen aus seinem persönlichen Umfeld (Personen B und C) im Ganzkörperzähler und Teilkörperzähler eingehend untersucht. Außerdem wurden umfangreiche Ausscheidungsmessungen bei MED/Tox sowie zahlreiche Kontaminationsmessungen in den Wohnungen der Personen durchgeführt.

Person	Messdatum	t_{eff} in d	Ganzkörperaktivität in Bq Cs-137
A	14.03.01	165	160 ± 16
	05.07.01	278	60 ± 9
B	12.07.01	285	50500 ± 3000
	13.07.01	286	51500 ± 3000
	25.07.01	298	40800 ± 3000
	31.07.01	304	37000 ± 2700
	03.08.01	307	35300 ± 2600
C	12.07.01	285	1300 ± 100
	31.07.01	304	1110 ± 100

Tab. 3-12: Zusammenfassung der Ergebnisse der Ganzkörperuntersuchungen

Die Messergebnisse wurden von HS-ÜM auf der Basis der biokinetischen Modelle der ICRP interpretiert. Die Interpretation stützte sich dabei im Wesentlichen auf die Ergebnisse der Ganz- und Teilkörpermessungen von HS-ÜM sowie auf die Ergebnisse der Ausscheidungsmessungen vor Beginn der DTPA-Therapie von MED/Tox. Außerdem wurden die Ergebnisse von spektrometrischen Untersuchungen an Materialproben aus dem Wohnbereich der betroffenen Personen als ergänzende Informationen herangezogen.

Die Tab. 3-12 und Tab. 3-13 zeigen eine Zusammenfassung der in den drei Personen ermittelten Ganzkörper- bzw. Teilkörperaktivitäten. Der Wert t_{eff} bezieht sich dabei auf die Zeitspanne seit dem vermuteten Beginn der Aktivitätszufuhr bei der Person A.

Aufgrund der vorliegenden Messergebnisse handelt es sich bei Person A um eine quasikontinuierliche Inhalation von Pu/Am-haltigen Aerosolen. Der Beginn dieser Dauerzufuhr lag aufgrund der Messergebnisse vor dem 10.03.2001 und das Ende am 05.07.2001. Eine Analyse auf der Ba-

sis der neuesten ICRP-Modelle ergab eine optimale Konsistenz der Messergebnisse, wenn der Beginn der Dauerzufuhr auf Oktober 2000 gelegt wird. Außerdem zeigte die Analyse, dass die inhalierten Pu/Am-Aerosole zu etwa 64 % dem Absorptionstyp M und zu 36 % dem Absorptionstyp S zuzuordnen sind. Aufgrund der Ergebnisse der Ganzkörpermessung muss bei der Person A zusätzlich eine Ingestion angenommen werden, die vor dem 10.03.2001 stattgefunden hat. Da das zeitliche Muster dieser Ingestion aus den Messwerten nicht abgeleitet werden kann, wird bei der Auswertung eine einmalige Ingestion in der Mitte des in Frage kommenden Zeitintervalls unterstellt. Die Ingestion hat bei der Person A keinen messbaren Einfluss auf die Pu/Am-Messwerte.

Person	Messperiode	t _{eff} in d	Am-241-Teilkörperaktivität in Bq		
			Lunge	Skelett	Leber
A	05.-16.07.01	284	112 ± 17	69 ± 32	13 ± 10
B	12.-25.07.01	292	104 ± 52	1370 ± 320	646 ± 130
C	12./13.07.01	286	15 ± 6	41 ± 15	14 ± 6

Tab. 3-13: Zusammenfassung der Ergebnisse der Teilkörperuntersuchungen (gewichtete Mittelwerte der Teilkörperaktivitäten)

Bei der Person B liegen die Verhältnisse umgekehrt. Hier werden die Pu/Am-Messwerte im Wesentlichen von einer Ingestionskomponente bestimmt. Die Inhalationskomponente ist demgegenüber so gering, dass die Absorptionsparameter der Inhalationskomponente nicht explizit ermittelt werden können. Aus diesem Grund wurde bei B ein ähnliches Inhalationsmuster unterstellt wie bei A. Die Ingestionskomponente kann aufgrund der vorliegenden Information nur als Folge eines besonderen Zufuhreignisses interpretiert werden. Eine Konsistenzbetrachtung des systemischen Verhaltens von Am-241 sowie des Aktivitätsverhältnisses von Am-241 zu Cs-137 ergibt die beste Modellkonsistenz der Messwerte bei Annahme einer Ingestion im April 2001.

Bei der Person C ist eine Interpretation in dieser Form nicht möglich, da die Messwerte einen vergleichsweise großen statistischen Fehler aufweisen. Aus diesem Grund wurden die Messergebnisse von C als Folge einer Inhalation nach dem Muster von A und einer überlagerten Ingestion nach dem Muster von B interpretiert.

Nuklid	Aktivitätszufuhr in kBq					
	Inhalation (64 % M; 36 % S)			Ingestion		
	B	C	A	B	C	A
Pu-238	7,82	1,40	8,10	8290	213	14,9
Pu-239/240	3,47	0,62	3,59	3670	94	6,61
Pu-241	187	33	194	198000	5080	357
Am-241	4,20	0,75	4,35	4450	114	8,0
Cs-137	< 0,2	< 0,2	0,12	118	3,0	0,23

Tab. 3-14: Aktivitätszufuhren nach Interpretation der Messergebnisse auf der Basis der biokinetischen Modelle der ICRP

Damit ergaben sich für die drei betroffenen Personen die in der Tab. 3-14 zusammengestellten Aktivitätszufuhren. Die bei den Inkorporationsmessungen gefundenen Aktivitätsverhältnisse sind mit den Aktivitätsverhältnissen in den Wohnbereichen der betroffenen Personen konsistent. Das gilt sowohl für den Pu-Vektor als auch für das Aktivitätsverhältnis von Am-241 zu Cs-137. Aus den ermittelten Aktivitätszufuhren ergeben sich bei Zugrundelegung der entsprechenden

ICRP-Dosiskoeffizienten ("Member of the public") die in Tab. 3-15 aufgeführten Schätzwerte der effektiven Folgedosis. Demnach ist bei der Person B mit einer effektiven Folgedosis von insgesamt etwa 5,16 Sv zu rechnen. Bei C beträgt der Erwartungswert 0,21 Sv und bei A 0,51 Sv.

Nuklid	Effektive Folgedosis in Sv					
	Inhalation (64 % M; 36 % S)			Ingestion		
	B	C	A	B	C	A
Pu-238	0,20	0,04	0,20	1,91	0,05	0,003
Pu-239/240	0,09	0,02	0,10	0,92	0,02	0,002
Pu-241	0,09	0,02	0,09	0,95	0,02	0,002
Am-241	0,11	0,02	0,11	0,89	0,02	0,002
Gesamt	0,49	0,10	0,50	4,67	0,11	0,01

Tab. 3-15: Effektive Folgedosis nach Interpretation der Messergebnisse auf der Basis der biokinetischen Modelle der ICRP

3.5.2.2 Europäische Richtlinien zur Inkorporationsüberwachung

H. Doerfel

Bei der Interpretation von Inkorporationsmessdaten müssen Annahmen hinsichtlich der physikalischen und chemischen Form des inkorporierten Stoffes, des Zufuhrpfades, des Zufuhrzeitpunktes bzw. des zeitlichen Musters der Zufuhr und weiterer Parameter gemacht werden. Aufgrund der Vielfalt der involvierten Parameter ist der Zusammenhang zwischen den Messwerten und der Aktivitätszufuhr bzw. der resultierenden Folgedosis außerordentlich komplex. Dies führt nahezu zwangsläufig dazu, dass verschiedene Experten bei der Interpretation ein und desselben Satzes von Messwerten im Allgemeinen zu unterschiedlichen Werten der Aktivitätszufuhr bzw. Folgedosis kommen. Diese sehr unbefriedigende Situation wurde unter anderem bei dem im Jahr 1999 unter der Federführung des Forschungszentrums organisierten europaweiten Vergleich der Verfahren zur Interpretation von Inkorporationsmessdaten in eindrucksvoller Weise beleuchtet (H. Doerfel et al., Third European Intercomparison Exercise on Internal Dose Assessment, FZKA 6457, April 2000). Es besteht daher ein dringender Bedarf an allgemeinen Richtlinien zur Interpretation von Inkorporationsmessdaten. Aus diesem Grund wurde unter der Federführung des Forschungszentrums im 5. EU Rahmenprogramm ein Projekt mit dem Titel "General guidelines for the estimation of committed effective dose from incorporation monitoring data" (Akronym: IDEAS; Vertragsnummer FIKR-CT-2001-00160) initiiert. An dem Projekt nehmen die folgenden Institutionen teil:

- Forschungszentrum Karlsruhe (FZK) - Koordinator des Gesamtprojekts und federführend bei Arbeitspaket 4;
- Studiecetrum voor Kernenergie/Centre d'Etude de l'Energie Nucleaire Mol (SCK.CEN) - federführend bei Arbeitspaket 1;
- Electricité de France (EdF);
- Ente per le Nuove Tecnologie, l'Energie e l'Ambiente Bologna (ENEA) - federführend bei Arbeitspaket 3;
- Institut de Protection et de Sécurité Nucleaire Fontenay-aux-Roses (IPSN) ;
- KFKI Atomenergie Forschungsinstitut Budapest (AEKI) - federführend bei Arbeitspaket 5
- Strahlenschutz Institut Kiew (RPI) - federführend bei Arbeitspaket 2;
- National Radiological Protection Board Chilton Didcot (NRPB).

Die teilnehmenden Fachleute stammen aus den Fachrichtungen Physik, Chemie, Radiobiologie, Ingenieurwissenschaften, Medizin und Pharmazie und arbeiten seit Jahren auf dem Gebiet der internen Dosimetrie. Die meisten Teilnehmer (EdF, ENEA, FZK, AEKI, SCK, CEN) arbeiten speziell im Bereich der praktischen Inkorporationsüberwachung, während sich die übrigen mit der Entwicklung von biokinetischen Modellen zur internen Dosimetrie (IPSN, NRPB) sowie mit der Entwicklung und Implementierung von Computer-Programmen zur Interpretation von Inkorporationsmessdaten (RPI) beschäftigen. Somit können durch das Konsortium alle wesentlichen Perspektiven der internen Dosimetrie - von der Entwicklung über die Anwendung bis hin zur behördlichen Aufsicht - erfasst werden.

Das Projekt, das am 01.10.2001 begonnen hat und bis zum 31.03.2005 laufen wird, gliedert sich in fünf Arbeitspakete. Im ersten Arbeitspaket wird eine Sammlung aller verfügbarer Inkorporationsfälle erstellt. Zu diesem Zweck wird eine Literatur-Recherche zur Identifizierung einer möglichst großen Anzahl von publizierten Fällen durchgeführt. Außerdem werden die in den beteiligten Institutionen verfügbaren Inkorporationsfälle zusammengestellt. Die auf diese Weise gewonnenen Referenzen werden in einer bibliografischen Datenbank abgelegt. Die in den Referenzen verfügbaren Informationen werden aufbereitet und in einer zweiten fallspezifischen Datenbank zur weiteren Bearbeitung zusammengestellt.

Im zweiten Arbeitspaket, welches parallel zum ersten Paket bearbeitet wird, wird ein bereits existierender Computer-Code (IMIE) zur Interpretation von Inkorporationsmessdaten an die speziellen Erfordernisse des Projekts angepasst. Dabei sollen insbesondere auch einige neue Methoden zur rechnerischen Analyse der Messdaten erprobt werden. Außerdem werden Ein- und Ausgaberroutinen zum direkten Datenaustausch mit der im ersten Arbeitspaket entwickelten Datenbank implementiert.

Im dritten Arbeitspaket werden dann die in der Datenbank gesammelten Referenzfälle jeweils von mindestens zwei Teilnehmern mit Hilfe des Computer-Codes analysiert. Die Ergebnisse werden zusammen mit allen wichtigen Randinformationen in der Datenbank abgelegt. Von besonderem Interesse sind hierbei die Annahmen hinsichtlich des Zufuhrszenarios und hinsichtlich der biokinetischen Modelle, die Verfahren zur Bestimmung der Messunsicherheit, die Verfahren zur Identifizierung und Bewertung von Ausreißern sowie die Methoden zur Einbeziehung von Messergebnissen unterhalb der Nachweisgrenze. Die auf diese Weise gesammelten Informationen werden nuklidspezifisch aufbereitet und in einem ersten Bericht zusammengestellt.

Das vierte Arbeitspaket stellt den Kern des Projekts dar. In diesem Paket soll auf der Basis der im dritten Paket gesammelten Informationen eine allgemeine Strategie zur Interpretation von Inkorporationsmessdaten entwickelt werden. Aus dieser Strategie sollen dann als Vorstufe der allgemeinen Richtlinien die grundsätzlichen Gesichtspunkte der Auswertung abgeleitet werden. Die allgemeine Strategie sowie die daraus abgeleiteten Grundsätze sollen dann im Rahmen eines Workshops mit einer größeren Anzahl von Fachleuten diskutiert und gegebenenfalls weiterentwickelt werden. Auf der Basis der Ergebnisse dieses Workshops soll dann eine erste Version der allgemeinen Richtlinien entwickelt und in einem Bericht dargestellt werden.

Im fünften Arbeitspaket soll diese erste Version der allgemeinen Richtlinien im Rahmen eines neuen Vergleichs (4th European Intercomparison Exercise on Internal Dose Assessment) erprobt werden. Bei diesem Vergleich soll zumindest ein Teil der Teilnehmer nach den neuen Richtlinien vorgehen. Die Ergebnisse werden dann gruppenspezifisch analysiert, wobei zwischen denjenigen Teilnehmern, die nach den neuen Richtlinien vorgegangen sind, und denjenigen Teilnehmern, die ihre bisherigen Methoden angewandt haben, unterschieden wird. Aufgrund einer Gegenüberstellung beider Gruppen soll dann in einem zweiten Workshop der potentielle Nutzen der neuen Richtlinien mit einer größeren Anzahl von Fachleuten diskutiert werden. Auf der Basis der Ergebnisse dieses zweiten Workshops soll dann die Endversion der Richtlinien erarbeitet

und publiziert werden. Die Implementierung dieser Richtlinien soll dann schließlich zu einer europaweiten Harmonisierung der internen Dosimetrie führen.

3.5.2.3 Mathematische Modellierung der Tumorinduktion durch inkorporierte Radionuklide

E. Polig

Die Anwendung eines mathematischen Modells zur Analyse der Tumorfrequenz in Beagle Hunden wurde bereits im Jahresbericht 1998 vorgestellt. Es wurde dort gezeigt, dass ein Modell mit drei Induktionsschritten quantitativ das Auftreten von Knochentumoren nach einer Injektion von ^{239}Pu beschreibt. Knochentumore sind die wesentliche Spätfolge nach der Inhalation von leicht löslichen Pu-Verbindungen oder nach der Aufnahme durch eine Wunde. Das muss man aus allen bisher durchgeführten Tierversuchen schließen. Es existieren bisher allerdings keinerlei epidemiologische Daten vom Menschen, die bei einer praktischen Risikoabschätzung verwendet werden könnten. Man ist deshalb auf den Einsatz mathematischer Modelle angewiesen, welche die zu erwartende Tumorfrequenz durch ^{239}Pu und andere Aktiniden im Menschen aus den epidemiologischen Daten anderer Radionuklide ableiten. In Frage kommen dabei ^{224}Ra und ^{226}Ra , deren Toxizität im Menschen hinlänglich bekannt ist. Es handelt sich dabei ebenfalls um Alpha-Strahler, deren Verteilung im Körper sich jedoch auf Grund verschiedener chemischer Eigenschaften wesentlich von jener der Aktinide unterscheidet.

Als Fortführung der begonnenen Studie wird im Folgenden eine verallgemeinerte Form des Tumormodells diskutiert und seine Anwendung zur Beschreibung der Tumorfrequenz von ^{224}Ra , ^{226}Ra und ^{239}Pu in Beagles dargestellt. Es handelt sich dabei um die erste Studie dieser Art, bei der die Tumorinduktion durch drei verschiedene Radionuklide mit einem einheitlichen Modell beschrieben wird.

Die Vorstellung, dass Zellen mehrere Zwischenschritte durchlaufen, bis sie schließlich von der normalen Stammzelle zur voll ausgebildeten Tumorzelle werden, ist heute allgemein akzeptiert. Diesen Zwischenschritten entsprechen im mathematischen Sinne Zustände. Die Zahl der Zellen, die sich in einem bestimmten Zustand befinden vermindert sich drastisch mit jedem weiteren Induktionsschritt. Während die Zahl der Stammzellen in einem Organ in der Größenordnung von 10^6 - 10^9 ist, genügt eine einzige Tumorzelle im Zustand n, um einen Tumor entstehen zu lassen. Dabei wird angenommen, dass der Zustand n die voll entwickelte Tumorzelle darstellt. Die zeigt schematisch den Durchgang der Zellen durch verschiedene Zustände, beginnend mit N Stammzellen. Von der Entstehung einer Tumorzelle bis zum voll ausgebildeten Tumor oder bis zum Tod des Individuums vergeht in der Regel noch eine Entwicklungszeit Δ .

Der Übergang zwischen den Zuständen geschieht mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit pro Zeiteinheit. Diese Wahrscheinlichkeit hängt natürlich von der Konzentration und Einwirkungsdauer der toxischen Substanz ab. Im Falle von strahleninduzierten Tumoren ist es naheliegend, diese Übergangswahrscheinlichkeit als proportional zur Dosisleistung anzunehmen. Um die Modellannahmen möglichst allgemein zu halten, sollte man auch vorsehen, dass einzelne Induktionsschritte eventuell nicht durch Strahlung beeinflusst werden, d. h. sie laufen auf "natürliche" Weise ab. Ein allgemeines Schema zeigt Abb. 3-2. Die Übergangsraten zwischen den Zuständen sind μ_n . In jedem Zustand kann eine Zellvermehrung mit der Rate γ_n stattfinden. Ebenso ist eine natürliche Abnahme der Zellen mit der Rate κ_n möglich und eine Abnahme durch Strahlenwirkung mit der Rate $\kappa_n \dot{D}$.

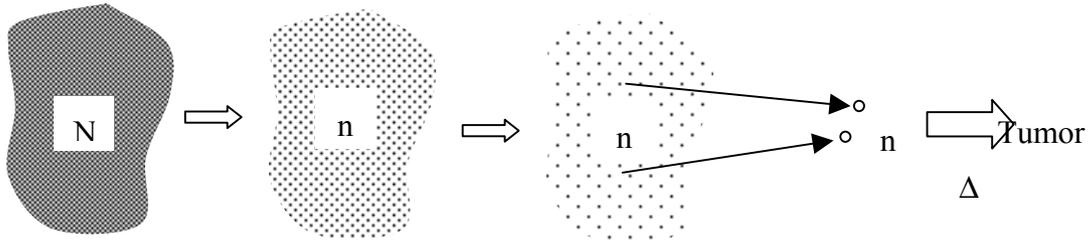


Abb. 3-2: Mehrschrittmodell der Tumorentstehung. Zellzustände der einzelnen Zwischenschritte. Die Zahl der Zellen (n_i) nimmt mit jedem Schritt sehr stark ab

Die Wahrscheinlichkeit $p_i(t)$ eine Zelle zur Zeit t im Zustand i zu finden ergibt sich aus den Kolmogorov "Vorwärts-Differentialgleichungen":

$$\dot{p}_i = (\mu_i p_{i-1} + \gamma_i p_i + \kappa_i \dot{D}) p_i - \mu_{i+1} p_i \quad (1)$$

Mit der gewählten Bezeichnung ist der Zustand 0 die normale Stammzelle und $p_0(0)=1$, $p_i(0)=0$. Zur Zeit $t=0$ befinden sich also alle Zellen im Zustand 0. Der obige Ausdruck stellt ein System von gekoppelten Differentialgleichungen dar, die rekursiv gelöst werden können. Eine geschlossene analytische Darstellung ist allerdings nur unter weiteren vereinfachenden Annahmen möglich. Die Lösung für den n -ten Zustand ist:

$$p_n(t) = e^{-\int_0^t (\mu_{n+1}(\tau) - \gamma_n + \kappa_m \dot{D}) d\tau} \int_0^t \mu_n(\tau) p_{n-1}(\tau) e^{\int_0^\tau (\mu_{n+1}(x) - \gamma_n + \kappa_m \dot{D}) dx} d\tau \quad (2)$$

Im allgemeinsten Fall besteht jede Übergangsrate μ_n aus einem Term $v_n + \rho_n \dot{D}$. Also

$$p_n(t) = e^{-\int_0^t (v_{n+1} + \rho_{n+1} \dot{D} - \gamma_n + \kappa_m \dot{D}) d\tau} \int_0^t (v_n + \rho_n \dot{D}(\tau)) p_{n-1}(\tau) e^{\int_0^\tau (v_{n+1} + \rho_{n+1} \dot{D} - \gamma_n + \kappa_m \dot{D}) dx} d\tau \quad (3)$$

woraus sich durch Integration des Arguments der Exponentialfunktion

$$p_n(t) = e^{(\gamma_n - v_{n+1})t - (\rho_{n+1} + \kappa_m)D(t)} \int_0^t (v_n + \rho_n \dot{D}(\tau)) e^{(v_{n+1} - \gamma_n)\tau + (\rho_{n+1} + \kappa_m)D(\tau)} p_{n-1}(\tau) d\tau \quad (4)$$

ergibt. Wenn alle Zellen im Zustand n einen Tumor bilden können, dann ist die Wahrscheinlichkeit bei N Stammzellen keine Tumorzelle zu finden

$$p(\text{kein Tumor}) = (1 - p_n(t))^N \approx \lim_{N \rightarrow \infty} \left(1 - \frac{N p_n(t)}{N}\right)^N = e^{-m_n} ; m_n = N p_n \quad (5)$$

Damit ist die Verbindung des Modells mit beobachtbaren Überlebensdaten erreicht, denn die Überlebenswahrscheinlichkeit $S(t)$ zur Zeit t ist

$$S(t) = e^{-N p_n(t)} \quad (6)$$

Der Ausdruck (4) für $p_n(t)$ ist immer noch sehr komplex und in der Regel nicht analytisch darstellbar. Weitere Vereinfachungen ergeben sich, wenn man annimmt es gibt keine natürliche Vermehrung oder Verminderung der einzelnen Zellzustände ($\gamma_i=0$), es erfolgt keine Verminderung durch Strahlung ($\kappa_i=0$), und wenn zu allen Zeiten t die Bedingung $v_i t + \rho_i D(t) \ll 1$ erfüllt ist. Man erhält dann aus (4)

$$p_n(t) = \int_0^t (v_n + \rho_n \dot{D}(\tau)) p_{n-1}(\tau) d\tau \quad (7)$$

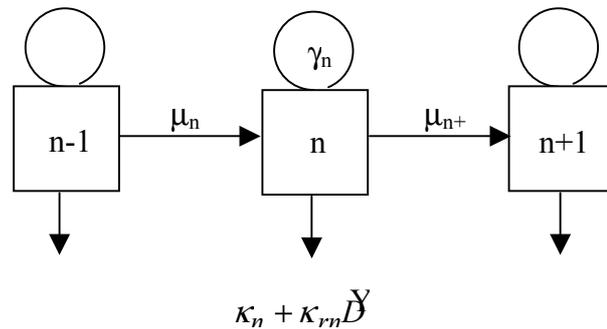


Abb. 3-3: Mehrschrittmodell der Tumorentstehung. Übergangparameter zwischen den Schritten und Parameter des Wachstums, der Elimination und der Tötung durch Strahlung.

Ist weiterhin die Dosisleistung annähernd konstant dann ergibt sich:

$$p_n(t) = (v_1 + \rho_1 \dot{D}) \cdot \dots \cdot (v_n + \rho_n \dot{D}) t^n \quad (8)$$

oder wenn man die Zeitverschiebung Δ berücksichtigt

$$p_n(t) = (v_1 + \rho_1 \dot{D}) \cdot \dots \cdot (v_n + \rho_n \dot{D}) (t - \Delta)^n \quad (9)$$

Dabei ist angenommen, dass die Zeitverschiebung Δ einen festen Wert hat. Es ist jedoch leicht möglich eine Verteilung von Δ nach einer vorgegebenen Wahrscheinlichkeitsdichte zu berücksichtigen. Dann tritt lediglich ein weiteres Faltungsintegral auf. Die wesentliche Aussage von (9) ist, dass die Potenz von t der Anzahl der Induktionsschritte entspricht, und die höchste auftretende Potenz der Dosisleistung entspricht der Anzahl der strahleninduzierten Schritte. Man kann also in Experimenten, bei denen Versuchstiere in Gruppen mit unterschiedlicher Dosisleistung zusammengefasst wurden, nach Ausdruck (9) aus einer Regressionsanalyse der Überlebenswahrscheinlichkeit annähernd die Gesamtzahl der Induktionsschritte und die Zahl der strahleninduzierten Schritte bestimmen.

Für die Berechnung der Wahrscheinlichkeiten $p_n(t)$ nach Gleichung (4) wurde ein FORTRAN-Programm entwickelt, das es gestattet, ein maximal vierstufiges Modell ($n=4$) zu bearbeiten. Das Programm akzeptiert eine beliebige funktionale Abhängigkeit der Dosisleistung von der Zeit und eine freie Wahl der Modellparameter ($N, v_i, \rho_i, \gamma_i, \kappa_{ri}$). Bei einem vierstufigen Modell ergäben sich jedoch mehr als 16 freie Parameter. Weiterhin ist die Vorgabe einer beliebigen Wahrscheinlichkeitsdichte $\varphi(\Delta)$ für die Zeitverschiebung Δ möglich. Anstatt (6) ist die Überlebenswahrscheinlichkeit dann

$$S(t) = e^{-N \int_0^t \varphi(\Delta) p_n(t-\Delta) d\Delta} \quad (10)$$

Das Programm kann eine Optimierung nach der Methode der "Maximum Likelihood" durchführen. Für einen gegebenen Satz von Überlebensdaten werden also die Modellparameter gefunden, welche die beste Übereinstimmung mit den Beobachtungen ergeben. Um die Zahl der freien Parameter zu reduzieren, ermöglicht das Programm die Gleichsetzung von Parametern bei der Optimierung. Der Rechenaufwand bei einer Parameteroptimierung kann für das allgemeine Modell erheblich sein. Für jedes Individuum muss ein maximal fünffaches Integral berechnet werden. Üblicherweise befinden sich in einem Experiment mehr als 100 Versuchstiere. Die Optimie-

rungsfunktion wird typischerweise einige 100 bis einige 1000 mal mit verschiedenen Parameterwerten berechnet. Dies bedeutet also ca. 10.000 bis 100.000 mal ein maximal fünffach verschachteltes Integral zu berechnen. Es ist deshalb wünschenswert, die Mehrfachintegration durch die oben angedeuteten Vereinfachungen möglichst zu vermeiden und mit expliziten analytischen Ausdrücken in der Art von Gleichung (9) eine Parameteroptimierung zu versuchen. Nur falls diese Näherung keine befriedigende Anpassung der Modellrechnungen an die experimentellen Daten ergibt, ist es ratsam, die Vereinfachungen schrittweise rückgängig zu machen bis eine ausreichende Übereinstimmung erzielt wird.

Eine Vereinfachung, die zu einer erheblichen Verminderung des Rechenaufwandes führt, ist natürlich auch die Reduzierung der Induktionsschritte. Dieser Möglichkeit sind jedoch Grenzen gesetzt, da die Steilheit der Überlebenskurven wesentlich durch die Zahl der Induktionsschritte bestimmt wird. Mit abnehmender Zahl der Schritte werden die Überlebenskurven immer flacher und die typische Schulterformation verschwindet.

Aus der Beagle-Kolonie der University of Utah wurden insgesamt 141 Tiere mit i.v. Injektionen von ^{239}Pu , ^{226}Ra oder ^{224}Ra für diese Analyse ausgewählt. Innerhalb jeder Nuklidgruppe wurden Untergruppen gebildet die verschiedene Nukliddosen mit einem Abstufungsfaktor von 3 erhielten. Im Falle des kurzlebigen ^{224}Ra wurde jede Untergruppe zusätzlich dreifach unterteilt in Tiere welche die gleiche Aktivität als einzelne, 10 oder 50 Injektionen erhielten. Die Abb. 3-3 zeigt die beobachteten Überlebenswahrscheinlichkeiten für Skeletttumore als Kaplan-Meier-Stufenfunktionen. In einer vorhergehenden Analyse mit einer empirischen Überlebensfunktion wurde festgestellt, dass die Potenz von t in (9) gleich vier und diejenige von \dot{D} gleich zwei ist. Man kann also vier Induktionsschritte annehmen, zwei davon werden durch Strahlung beeinflusst.

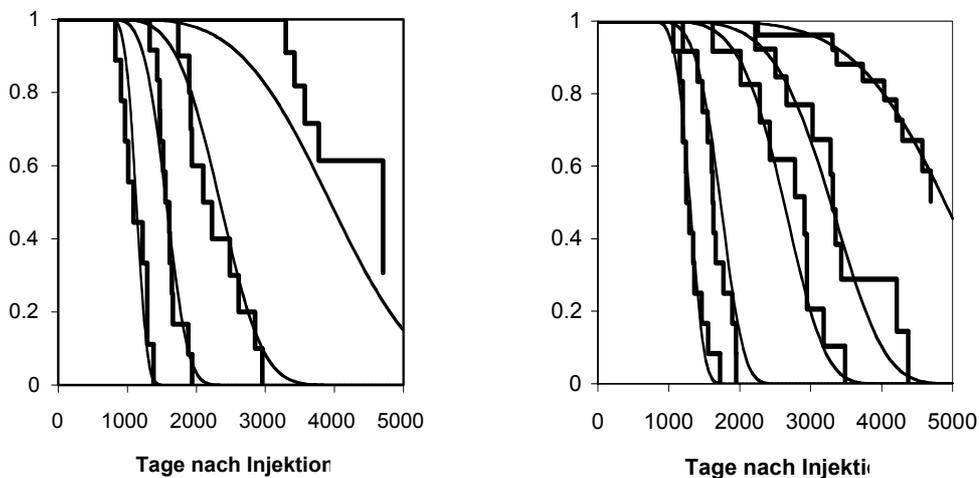


Abb. 3-3: Überlebenswahrscheinlichkeit durch Knochentumore nach verschiedenen Dosen von ^{226}Ra und ^{239}Pu . Beobachtete Kaplan-Meier-Stufenfunktionen und Modellrechnungen (dünne Linien).

Die Parameteroptimierung eines 4-Schritt-Modells ergibt, dass der Induktionsschritt 1 und 3 durch Strahlung beeinflusst werden. Bei Schritt 3 gibt es einen parallelen Pfad ($v_3 \neq 0$), der nicht durch Strahlung beeinflusst wird. Um eine gute Anpassung an die experimentellen Daten zu erreichen ist es notwendig, eine Abweichung der effektiven Dosisleistung von der mittleren Dosisleistung im Skelett zuzulassen. Dies war auch zu erwarten, da ^{239}Pu als Oberflächen-Sucher die kritischen Stammzellen sehr viel intensiver bestrahlt als der Volumen-Sucher ^{226}Ra . ^{224}Ra ist im

Prinzip auch ein Volumen-Sucher, zerfällt jedoch wegen der kurzen Halbwertszeit von 3,62 Tagen fast vollständig auf den Oberflächen und sollte deshalb eine ähnliche Toxizität wie ^{239}Pu haben. Als Ergebnis der Analyse ergibt sich zu Beginn des Experimentes eine 5,6-fach höhere effektive Dosisleistung für ^{239}Pu verglichen mit ^{226}Ra . Dieses Verhältnis steigt nach 5000 Tagen auf ca. 21. Die relative Toxizität von ^{239}Pu bezogen auf ^{226}Ra steigt also mit der Zeit an. Für ^{224}Ra ist die effektive Dosisleistung am Ort der kritischen Zellen ca. 8,4 mal größer als für ^{226}Ra . Für diesen Faktor gibt es wegen der geringen Bestrahlungsdauer durch ^{224}Ra keine Zeitabhängigkeit.

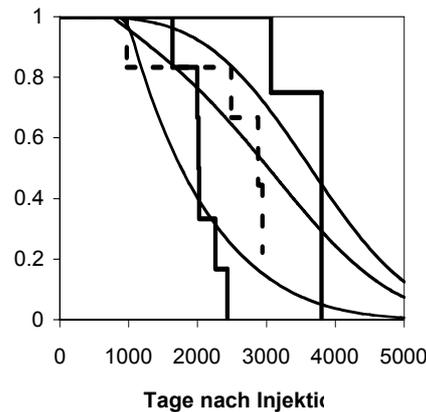


Abb. 3-4: Überlebenswahrscheinlichkeit durch Knochentumore nach ^{224}Ra . Drei Gruppen mit der gleichen Dosis, aber über 1, 10 oder 50 Einzelinjektionen verteilt (von rechts nach links).

Abb. 3-4 zeigt den Dosisleistungseffekt bei der Induktion von Skeletttumoren. Allen drei Gruppen wurde ungefähr die gleiche Aktivitätsmenge an ^{224}Ra injiziert. Durch die Aufteilung auf mehrere wöchentliche Einzelinjektionen stehen jedoch die für die Tumorinduktion wirksamen Dosisleistungen im Verhältnis 50:10:1. Knochentumore zeigen einen ausgeprägten "inversen" Dosisleistungs-Effekt, d. h. bei gleicher kumulativer Strahlendosis ist die Wirkung bei geringerer Dosisleistung größer. Das Modell beschreibt korrekt die Verschiebung der Überlebenskurven nach links mit abnehmender Dosisleistung (Abb. 3-2).

3.5.2.4 Erkennungsgrenze für die α -Aktivitätskonzentration in der Raumluft

H. Doerfel

Nach Installation des neuen dreistufigen Proportionalzählers mit rundem Zählerquerschnitt Berthold (Typ GFDZ/200/E) zur Auswertung der Luftfilter von festinstallierten Aerosolsammlern zur Inkorporationsüberwachung wurde die Erkennungsgrenze bei der Bestimmung der α -Aktivitätskonzentration in der Raumluft neu bestimmt. Ausgangspunkt zur Berechnung der Erkennungsgrenze ist die folgende Beziehung zur Bestimmung der α -Aktivitätskonzentration in der Raumluft.

$$c_{\alpha} = \frac{R_1 - R_{10} - F_{\alpha} \cdot (R_3 - R_{30} - R_4 + R_{40})}{\epsilon_{\alpha} \cdot \dot{V} \cdot t_s} \quad (1)$$

Hierbei ist

- c_{α} die α -Aktivitätskonzentration in der Raumluft in Bq/m^3 ,
- R_I die Impulsrate im α -Kanal in Imp/s,

R_{10}	die Nulleffekt-Impulsrate im α -Kanal ($R_{10} = 0,039$ Imp/s),
R_3	die Impulsrate im Pseudokoinzidenzkanal in Imp/s,
R_{30}	die Nulleffekt-Impulsrate im Pseudokoinzidenzkanal ($R_{30} = 0,010$ Imp/s),
R_4	die Impulsrate im Zufallskoinzidenzkanal in Imp/s,
R_{40}	die Nulleffekt-Impulsrate im Zufallskoinzidenzkanal ($R_{40} = 0,0002$ Imp/s),
F_α	der α -Kompensationsfaktor ($F_\alpha = 2,692$),
ε_α	der α -Wirkungsgrad ($\varepsilon_\alpha = 0,116$ Imp/s pro Bq),
\dot{V}	der Luftdurchsatz in m^3/h ,
t_s	die Sammelzeit in h.

Die Luftfilter werden täglich bzw. wöchentlich gewechselt. Die täglich gewechselten Filter werden 24 h beaufschlagt. Bei der Bestimmung der Aktivitätskonzentration geht man davon aus, dass nur während der eigentlichen Arbeitszeit eine Aktivitätsbeaufschlagung erfolgt. Aus diesem Grund wird für die Sammelzeit t_s grundsätzlich ein Wert von 8 h angenommen. Auf diese Weise erhält man einen fiktiven Mittelwert der Raumluftaktivitätskonzentration bezogen auf eine Arbeitszeit von 8 h. Die möglicherweise außerhalb der Arbeitszeit auftretende Aktivitätsbeaufschlagung wird bei diesem Verfahren dem fiktiven Mittelwert zugeschlagen, was insgesamt gesehen zu einer konservativen Abschätzung führt.

Zur Bestimmung des Nulleffekts des Detektorsystems wurden zehn nicht bestaubte Luftfilter an zehn verschiedenen Tagen ausgemessen. Mittelt man die Impulszahlen über alle zehn Leerfilter und alle zehn Messtage, so erhält man die in der zweiten Spalte von Tab. 3-16 aufgeführten Werte. Die dritte Spalte zeigt die empirische Standardabweichung der Tagesmittelwerte. In der vierten Spalte sind die aufgrund der Zählstatistik zu erwartenden Werte aufgeführt. Ein Vergleich dieser Werte mit den empirisch ermittelten Standardabweichungen zeigt, dass die Impulszahlen des β -Zählrohrs und des γ -Zählrohrs praktisch ausschließlich von der Zählstatistik bestimmt werden, während bei den Impulszahlen des α -Zählrohrs und der beiden Koinzidenzkanäle noch eine signifikante Streukomponente hinzukommt. Diese zusätzliche Streukomponente ist vermutlich auf elektronische Instabilitäten sowie auf die täglichen Schwankungen der Radon-Aktivitätskonzentration im Bereich der Messanordnung zurückzuführen.

Bei Zugrundelegung von Gl. (1) gilt nach DIN 25482-10 gilt für die Erkennungsgrenze die folgende Beziehung:

$$c_\alpha^* = \frac{k_{1-\alpha}}{\varepsilon_\alpha \cdot \dot{V} \cdot t_s} \cdot \sqrt{u^2(F_\alpha) \cdot (R_3 - R_{30} - R_4 + R_{40})^2 + \frac{R_1 + R_{10} + F_\alpha^2 \cdot (R_3 + R_{30} + R_4 + R_{40})}{t_m}} \quad (2)$$

Hierbei ist

- c_α^* Erkennungsgrenze für die α -Aktivitätskonzentration in der Raumluft in Bq/m^3 ;
- $k_{1-\alpha}$ Quantil der standardisierten Normalverteilung zur Wahrscheinlichkeit $1-\alpha$, wobei α die Wahrscheinlichkeit für den Fehler erster Art angibt;
- $u(F_\alpha)$ Standardunsicherheit des α -Kompensationsfaktors ($u(F_\alpha) = 0,131$).

Nach DIN 25482-10 sollte für α der Wert 0,05 gewählt werden. Damit ist $k_{1-\alpha} = k_{0,95} = 1,65$. Für die Standardunsicherheit des α -Kompensationsfaktors wird aufgrund wiederholter Messungen eines inaktiv bestaubten Luftfilters der Wert $u(F_\alpha) = 0,131$ angenommen. Mit diesen Werten ergeben sich die in Tab. 3-17 aufgeführten Werte der Erkennungsgrenze in Abhängigkeit von der Abklingzeit zwischen dem Beaufschlagungsende und dem Beginn der Filtermessung. Die Werte beziehen sich dabei auf einen Luftdurchsatz von $25 \text{ m}^3/\text{h}$ sowie auf eine Filtermesszeit von

1043 s. In der letzten Zeile von Tab. 3-17 ist als asymptotischer Grenzfall die für ein nichtbestaubtes Leerfilter ermittelte Erkennungsgrenze aufgeführt.

	Mittelwert (Imp/s)	Empirische Standard- abweichung der Tagesmittelwerte (Imp/s)	Zählstatistische Standardabweichung der Tagesmittelwerte (Imp/s)
R_1 (α -Kanal)	0,039	0,007	0,002
R_2 (β -Kanal)	4,34	0,023	0,020
R_γ (γ -Kanal)	4,01	0,026	0,20
R_3 (Pseudokoinz.-Kanal)	0,010	0,002	0,010
R_4 (Zufallskoinz.-Kanal)	0,0002	0,0003	0,0001

Tab. 3-16: Impulsraten bei Messung von nichtbestaubten Leerfiltern mit dem neuen Proportionalzählersystem mit rundem Zählerquerschnitt

Die Ergebnisse der Untersuchungen zeigen, dass die Erkennungsgrenze bei kurzen Abklingzeiten hauptsächlich von der Streuung des Kompensationsfaktors und bei längeren Abklingzeiten hauptsächlich von der Filtermesszeit bestimmt wird. Aus diesem Grund kann man bei kurzen Abklingzeiten mit relativ kurzen Filtermesszeiten arbeiten, während bei längeren Abklingzeiten zur Erzielung einer niedrigen Erkennungsgrenze auch längere Messzeiten sinnvoll sind.

Abklingzeit in min	Erkennungsgrenze c_α^* in mBq/m^3
22	93
70	51
130	37
190	31
281	26
402	23
1275	12
2292	4,8
Leerfilter	0,89

Tab. 3-17: Erkennungsgrenze für die α -Aktivitätskonzentration in der Raumluft in Abhängigkeit von der Abklingzeit zwischen Ende der Beaufschlagung und Beginn der Luftfiltermessung (Filtermesszeit 1043 s)

Die nach den neuen Anforderungskriterien erforderliche Erkennungsgrenze in Höhe von 13 mBq/m^3 kann bei einer Filtermesszeit von 1000 s nach einer Abklingzeit von etwa 19 h erreicht werden. Bei Berücksichtigung der Tatsache, dass - zumindest im Forschungszentrum Karlsruhe - kein Beschäftigter die volle Arbeitszeit in den Kontrollbereichen verbringt, kann mit der Raumluftmessung allerdings auch bei kürzeren Mess- und Abklingzeiten eine hinreichende Inkorporationsüberwachung gewährleistet werden. Nimmt man beispielsweise an, dass die Be-

schäftigten nur 2/3 ihrer Arbeitszeit in den Kontrollbereichen verbringen, so entspricht die nachzuweisende Jahresaktivitätszufuhr von 30 Bq einer mittleren Raumluftaktivitätskonzentration in Höhe von 19 mBq/m^3 . Dieser Wert kann bei einer Filtermesszeit von 1000 s bereits nach einer Abklingzeit von 12 h erreicht werden. Der Schwellenwert für das Tragen von Atemschutz (40 mBq/m^3) kann bereits nach einer Abklingzeit von 8 Stunden bei einer Filtermesszeit von nur 100 s erkannt werden. Insofern wird die Empfindlichkeit des Messverfahrens allen Anforderungen des operativen Strahlenschutzes gerecht.

3.5.2.5 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.

3.5.2.5.1 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 Prüffregeln 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 136 Gamma- und 16 Neutronen-Dosisleistungsmessgeräte sowie 25 Neutronen-Dosismessgeräte kalibriert. An der Hochdosis und Niederdosis-Bestrahlungsanlagen fanden 772 Bestrahlungen statt, zum Teil als Auftragsarbeiten für Fremdfirmen. Im Bestrahlungsbunker wurden 445 Bestrahlungen durchgeführt. Alle Cs-137-Bestrahlungsrichtungen wurden regelmäßig mit einem Sekundärstandard kontrolliert. Die Überprüfung von 1183 Strahlenschutz-Messgeräten zwecks Eichfristverlängerung erfolgte mit der von der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt zugelassenen stationären Kontrolleinrichtung. Bei 30 Strahlenschutzmessgeräten, meist Reparaturfällen, erschien eine Messprüfung mit der stationären Kontrolleinrichtung sinnvoll, bevor sie der Eichbehörde überstellt wurden. Bei 20 Kontaminationsmonitoren von Kernkraftwerken erfolgte eine Funktionskontrolle. Wenn notwendig und möglich wurden defekte Geräte repariert und kalibriert.

3.5.2.5.2 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 Eich-

abfertigungsstelle 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 5944 Eichpunkten im Jahr 2001.

3.6 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.

3.6.1 Strahlenschutzmesstechnik

B. Reinhardt

3.6.1.1 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 Überwachung und Messtechnik 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 Eingangskontrollen neu beschaffter Geräte durchgeführt und die Eigenschaften von neuen Detektoren und Geräten untersucht. Die in der Praxis gewonnenen Erfahrungen stehen für die Beschaffung und Installation von Geräten und Überwachungsanlagen zur Verfügung. Schließlich werden auch Umbauten und Anpassungen von Messsystemen vorgenommen und kommerziell nicht erhältliche Geräte für den Eigenbedarf der Hauptabteilung Sicherheit entwickelt.

3.6.1.2 Wartung und Reparatur

J. Burkhardt

Zur Instandhaltung der von der Abteilung Überwachung und Messtechnik betreuten kontinuierlich messenden Raumluft- und Fortluftüberwachungsanlagen sowie Ortsdosisleistungs-Messstellen und Handgeräte erfolgten 402 Reparatüreinsätze. Beratung bei der Lösung von Messproblemen und bei der Beschaffung von neuen Geräten und Anlagen, die Mitarbeit bei Abnahmeprüfungen durch Aufsichtsbehörden und nicht zuletzt der Versand von Geräten sowie die Beschaffung von Ersatzteilen, erforderten einen erwähnenswerten Arbeitsaufwand.

3.6.1.3 Messungen gemäß Arbeitsschutzgesetz

N. Liebe

Im Berichtsjahr wurde eine Arbeitsplatzmessung zur Bestimmung der Beleuchtungsstärke durchgeführt.

3.6.2 Physikalisches Messlabor

Chr. Wilhelm

Die Gruppe nimmt die Aufgaben eines zentralen Messlabors für die Hauptabteilung Sicherheit wahr. In diesem Rahmen ist auch das Freimesslabor, das gemeinsam von HDB und HS betrieben wird (s. Kap. 3.6.4), integriert. Im „Physikalischen Messlabor“ werden alle Messungen zur Bilanzierung der Ableitung radioaktiver Stoffe mit der Fortluft, alle spektrometrischen Messungen an Umweltproben, an Proben für die Arbeitsplatzüberwachung, an Bilanzierungsproben zur Abwasserüberwachung, alle Messungen an Proben für die Raumluftüberwachung und an Proben für Dichtheitsprüfung sowie für die Freigabe von radioaktiven Reststoffen die α - und γ -spektrometrischen Messungen und die Bestimmung von Betastrahlen mittels Flüssigszintillationsmessungen durchgeführt. Tab. 3-18 gibt eine Übersicht über Herkunft, Art und Anzahl der Proben, die bearbeitet wurden, sowie über Art und Anzahl der daran 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.

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	1023	1046	428	33	2	525
- Ableitungen	95	79	131	9	16	132
Umgebungsüberwachung	652	295	350	80	152	98
Überwachung der Fortluft	2190	1576	1143	60	-	782
Überwachung der Raumluft						
- Routine	32718	32050	-	-	-	794
- Sonder	1450	1450	-	-	1	12
Dichtheitsprüfungen	91	31	7	-	-	53
Freimesslabor	3036	6	1772	150	262	1652
Auftragsmessungen						
Fortluftüberwachung für WAK	563	-	57	-	8	958
- Externe Aufträge	93	-	42	40	-	65
Messungen für Arbeitsplatzüberwachung		12	595	50	-	97
Sondermessungen	19	7	1	-	8	13
Entwicklungsarbeiten	-	92	80	20	-	211
Qualitätssicherung	-	2306	362	184	820	879
Ringversuche	9	16	16	4	8	14
Training von Gastwissenschaftlern	100	-	-	-	98	2

Tab. 3-18: Art und Anzahl der Proben sowie der 2001 in der Gruppe „Physikalisches Messlabor“ durchgeführten Einzelmessungen

3.6.2.1 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.

3.6.2.1.1 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 sechs 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.3.6.2.2) durchgeführt.

3.6.2.1.2 Gamma-Spektrometrie

Für die Gamma-Spektrometrie stehen in der Gruppe „Physikalische Messlabor“ 19 Reinstgermanium-Detektoren zur Verfügung, deren Auswertelektronik über ein Messnetz miteinander verbunden sind. 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.

3.6.2.1.3 Alpha-Spektrometrie

Für die Alpha-Spektrometrie 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.

3.6.2.1.4 Flüssigszintillationsspektrometrie

Für die Messung von reinen Beta-Strahlern H-3, C-14, S-35, P-32, Ni-63 bzw. des K-Einfangstrahlers wie 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.

3.6.2.2 Raumlufüberwachung

K. Burkhard, Chr. Wilhelm

Im Jahr 2001 wurden 33 500 Raumluftfilter (Vorjahr 36 800) mit Pseudokoinzidenzanlagen auf künstliche α - und β -Aktivität ausgemessen. Aufgrund von Rückbaumaßnahmen an Gebäuden mussten 88 Filter wegen zu hoher Bestäubung γ -spektroskopisch untersucht werden. Die Luftstaubaktivitäten sind in Tab. 3-19 aufgegliedert.

Aktivität	Aktivitätsgrenzen in Bq/m ³	Anzahl der Filter	Anteil an der Gesamtzahl in %
α -Aktivität	A > 0,8	27 (42)	0,08 (0,1)
	0,8 \geq A > 0,04	300 (377)	0,9 (1,0)
	0,04 \geq A \geq 0,00125	2 867 (2 823)	8,6 (7,7)
	A < 0,00125	30 306 (33 558)	90,4 (91,2)
β -Aktivität	A > 800	0 (0)	0,0 (0,0)
	800 \geq A > 40	2 (3)	0,0 (0,0)
	40 \geq A \geq 1,25	41 (194)	0,01 (0,5)
	A < 1,25	33 457 (36 603)	99,99 (99,5)

Tab. 3-19: Häufigkeitsverteilung der Aerosolaktivitätskonzentration in der Raumluf im Jahr 2001. Die in Klammern angegeben Werte sind die des Vorjahres.

In Abb. 3-4 wird der Verlauf der Häufigkeitsverteilung der Aerosolaktivitätskonzentration oberhalb der Messchwelle in der Raumluf relativ zu der im Jahr gemessenen Filteranzahl über die letzten sechs Jahre gezeigt.

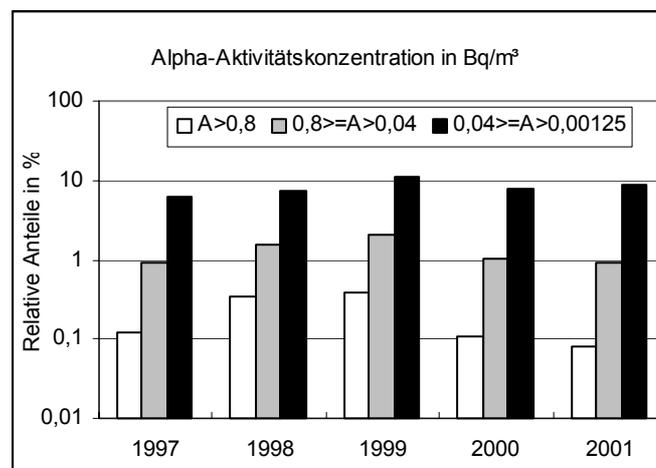


Abb. 3-4: Verlauf der Häufigkeitsverteilung der α -Aerosolaktivitätskonzentrationen in der Raumluf oberhalb der Messchwelle

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. Diese Bedingung ist in der Hauptabteilung Dekontamination gegeben. Hier treten insbesondere Transuranelemente auf. 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 $1,25 \text{ mBq/m}^3$ und bei der β -Aktivität $1,25 \text{ Bq/m}^3$ 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 -Aktivität von 3 % des Grenzwertes der Jahresaktivitätszufuhr für beruflich strahlenexponierte Personen der Kategorie A - bezogen auf Pu-239, löslich, und Sr-90, löslich - nachweisbar.

Aus den Messdaten der Aktivitätskonzentration in der Raumluft zwischen der Messschwelle und dem Interventionswert werden arbeitsgruppenspezifisch unter Verwendung des jeweils maximalen Aktivitätskonzentrationswertes einer Raumgruppe oder eines Gebäudes die täglichen Aktivitätszufuhren berechnet, zu Monatswerten addiert und zu effektiven Dosen umgerechnet. In den Anlagen der HDB werden die individuellen Aufenthaltszeiten bei der Berechnung der täglichen Aktivitätszufuhren erfasst und berücksichtigt. Aus diesem Grund lassen sich individuelle Dosen angeben.

3.6.2.3 Dichtheitsprüfungen

K. Burkhard

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. 3-20 nach Nuklid und Institution sortiert aufgeführt. Im Berichtsjahr wurde kein undichter Strahler gefunden.

Das Umweltministeriums 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 Prüf Fristen bei der Aufsichtsbehörde beantragt werden. Als Prüfverfahren werden für die Strahler Wischprüfung, Tauchprüfung oder die Emanationsprüfung angewandt. Die Proben werden je nach Strahlenart im Proportionalzähler (evtl. nach Eindampfung), durch 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	Ra-226	Np-237	Ges.
HS-ÜM	2	12	6	3		5	1	3	1						1	34
FTU	3	2	2	5			1									13
HDB	4	2					1						1			8
IK I	4		1							1						6
BTI-V					5											5
IK III	5															5
HS-Messst.			3													3
IHM	1															1
IMK	1															1
ITG							2									2
MZFR		2					2									4
EVM										1		1				1
HVT-HZ		1														1
HZY														1		1
HZY-RTM	1															1
IMF III											1					1
INE				1												1
ITC-TAB	1			2												3
Summe	22	18	12	11	5	5	7	3	1	2	1	1	1	1	1	91

Tab. 3-20: Anzahl der im Jahr 2001 durchgeführten Dichtheitsprüfungen an umschlossenen Strahlern

3.6.3 Chemische Analytik

3.6.3.1 Aufgaben

M. Pimpl

Die Gruppe „Chemische Analytik“ führt die nuklidspezifischen Bestimmungen für die Emissions- und Immissionsüberwachung des Forschungszentrums aus, bei denen radiochemische Analysenverfahren zur Probenpräparation notwendig sind. Darüber hinaus werden im Freimesslabor radiochemische Analysen durchgeführt. Dieses Freimesslabor wurde Anfang 1995 bei der 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 Umgebungsüberwachung des Forschungszentrums werden verschiedene Radionuklide im Low-level-Bereich mittels radiochemischer Analysenverfahren 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.

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 2001 an verschiedenen Ringversuchen und Vergleichsmessungen teilgenommen, wobei durchweg gute Ergebnisse erzielt werden konnten.

3.6.3.2 Radiochemische Arbeiten

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

Die im Laufe des Jahres 2001 insgesamt in der Gruppe „Chemische Analytik“ durchgeführten Laborarbeiten sind in Tab. 3-21 aufgelistet. Die Abb. 3-5 vermittelt einen Überblick über die Verteilung des zeitlichen Aufwands für die 2001 angefallenen radiochemischen Arbeiten. 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. Die Fortluft der stillgelegten MAW-Eindampfanlage (Bau 555) wurde bis zur Auflösung des Kontrollbereichs im April 2001 ebenfalls auf C-14 überwacht.

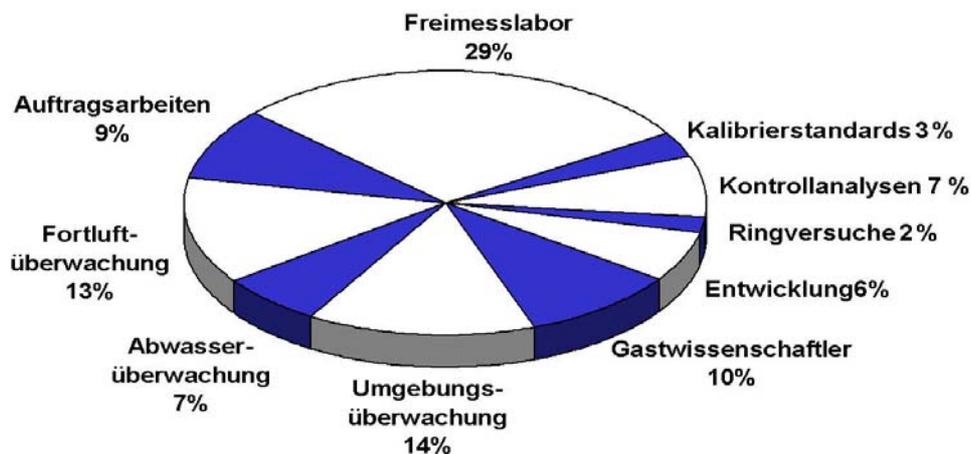


Abb. 3-5: Aufteilung der radiochemischen Arbeiten nach Zeitaufwand im Jahr 2001

Aus der Verbrennungsanlage wurden im gesamten Jahr 2001 nur 1,36 % der nach Abluftplan zulässigen C-14-Ableitungen von 1,4 TBq emittiert, aus den Anlagen zur Gerätedekontamination und Verschrottung lediglich 0,21 % von zulässigen 50 GBq. Aus den LAW- und MAW-Eindampfanlagen wurden 2001 keine messbaren C-14-Aktivitäten mit der Fortluft abgegeben, ebenso aus dem MZFR.

Tätigkeitsgebiet	Art der Analysen	Anzahl der Bestimmungen
Umgebungsüberwachung	Pu-238, Pu-239/240	26
	Sr-89, Sr-90	15
	K-40	135
Abwasserüberwachung	Pu-238, Pu-239/240	8
	Pu-241	8
	Sr-89, Sr-90	32
	C-14	12
	S-35	12
	α-Bruttomessungen	12
Fortluftüberwachung	C-14	271
	Sr-89, Sr-90	5
Freimesslabor	U-238, U-235, U-234	20
	Pu-238, Pu-239/240	82
	Pu-241	81
	Am-241, Cm-242, Cm-244	5
	Sr-89, Sr-90	28
	Fe-55, Ni-63	31
	C-14	21
	H-3 (Ausheizen)	6
H-3 (Austausch)	381	
Kalibrierstandards	K-40, Pu-236, Pu-241, Sr-90, Pb-210, Ra-226, Fe-55, Ni-63	62
	Standards für γ-Spektrometrie	53
Kontroll- und Vergleichsanalysen	Sr-89, Sr-90	13
	Pu (α-Strahler)	11
	Pu-241	9
	U (α-Strahler)	12
	C-14, S-35	je 2
	H-3 (Ausheizen/Ausheizen)	2/8
	Fe-55, Ni-63	je 2
Blindelektrolysen	274	
Ringversuche	U (α-Strahler)	4
	Am-241	4
	Sr-89, Sr-90	4
	Fe-55, Ni-63	je 4
Entwicklungsarbeiten	Sr-89, Sr-90	76
Gastwissenschaftler	Pu (α-Strahler)	15
	U (α-Strahler)	24
	Sr-89, Sr-90	15
	Po-210	20
	Ra-226, Po-210	je 8

Tab. 3-21: Arbeiten der Gruppe „Chemische Analytik“ im Jahr 2001

Zur Bilanzierung der mit dem Abwasser abgeleiteten radioaktiven Stoffe wurden in Monatsmischproben bzw. Quartalsmischproben aus den Endbecken der Kläranlage Pu- und Sr-Isotope, sowie C-14 und S-35 bestimmt. Wie im Vorjahr wurden auch im Jahr 2001 in den Abwassermischproben keine messbaren Konzentrationen an S-35 und C-14 gefunden. Es konnten nur

Werte unter den Erkennungsgrenzen gemessen werden, die für S-35 zwischen 5,4 und 7,6 Bq/l lag, und für C-14 bei allen Messungen 1,7 Bq/l betrug.

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 mit einer Ausnahme unter den erreichten Erkennungsgrenzen, die zwischen 0,06 und 0,24 $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$ lagen. An der Sammelstelle "Forsthaus" wurde im ersten Quartal 2001 für Pu-239/240 eine Konzentration von 0,14 $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$ gemessen, die nur um den Faktor 2 über der erreichten Erkennungsgrenze von 0,07 $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$ liegt.

Zusätzlich wurden Auftragsarbeiten für kerntechnische Anlagen durchgeführt, die nach einer aufwandsbezogenen Gebührentabelle in Rechnung gestellt wurden. Im Jahr 2001 entfielen auf Auftragsarbeiten folgende Analysen: Monatliche Sr-89/90-Analysen von Abwasserproben des Kernkraftwerks Obrigheim, vierteljährliche Sr-89/90-Analysen und Alphabruttomessungen von Abwasserproben des Gemeinschaftskernkraftwerks Neckar, sowie vierteljährliche Sr-89/90-Analysen von Fortluftfiltern für das Hochtemperatur-Kernkraftwerk Hamm.

3.6.3.3 Bestimmung der Plutonium- und Strontiumableitungen mit dem Abwasser des Forschungszentrums Karlsruhe im Jahr 2001

M. Pimpl, D. Wanitzek

Zur Bilanzierung der mit dem Abwasser in den Vorfluter abgeleiteten Aktivitäten an Sr-89, Sr-90, Pu-238, Pu-239/240, Pu-241, C-14 und S-35 wurden die Konzentrationen dieser Nuklide in Monatsmischproben bzw. Quartalsmischproben aus den Endbecken der Kläranlage gemessen. Die Herstellung der Mischproben erfolgte mengenproportional. Hierzu wurden jeweils entsprechende Teilmengen der einzelnen, während eines Monats bzw. Quartals abgeleiteten Abwasserchargen entnommen und zu einer Monatsmischprobe bzw. Quartalsmischprobe vereinigt. Die nuklidspezifischen Analysen erfolgten bis einschließlich Juni 2001 monatlich an Teilmengen der jeweiligen Monatsmischproben, danach quartalsweise an Teilmengen der jeweiligen Quartalsmischproben.

Monat	Emissionsraten in MBq/Monat bzw. MBq/Quartal			
	Pu-238	Pu-239/240	Pu-241	Sr-90
Januar	< 0,003	< 0,003	0,17	0,064
Februar	< 0,010	< 0,010	0,53	0,74
März	0,040	< 0,014	0,69	0,53
April	0,010	< 0,008	0,71	0,25
Mai	< 0,025	< 0,025	< 1,7	0,52
Juni	< 0,008	< 0,008	< 0,6	0,23
3. Quartal	< 0,068	< 0,030	< 5,4	6,42
4. Quartal	0,080	0,044	< 2,9	2,24

Tab. 3-22: Emissionsraten mit dem Abwasser des Forschungszentrums 2001

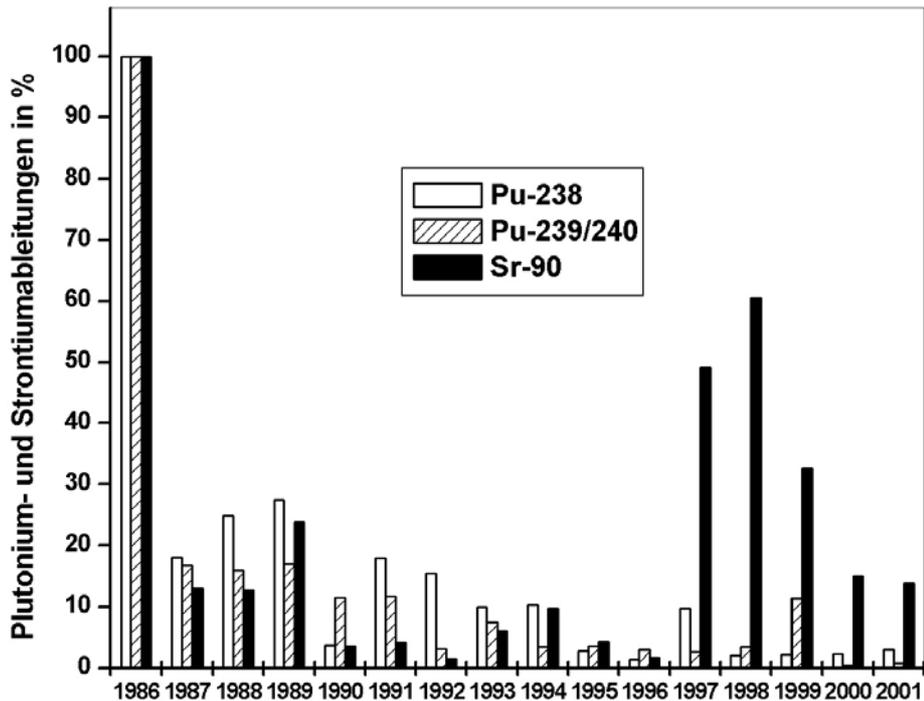


Abb. 3-6: Entwicklung der mit dem Abwasser aus dem Forschungszentrum abgeleiteten Aktivitäten an Pu-238, Pu-239/240 und Sr-90 von 1986 bis 2001 (Ableitungen von 1986: 100 %)

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

Die 2001 erfolgten Aktivitätsabgaben von Plutonium-Isotopen und Sr-90 mit dem Abwasser des Forschungszentrums in den Vorfluter sind der Tab. 3-22 zu entnehmen. Abb. 3-6 gibt einen Überblick über die Entwicklung der Plutonium- und Strontiumableitungen in den Vorfluter seit 1986.

3.6.4 Das Freimesslabor

Chr. Wilhelm, M. Pimpl

Beim Abbau kerntechnischer Anlagen fallen radioaktive Reststoffe an. Diese sind nach § 9a AtG vom Betreiber schadlos zu verwerten oder als radioaktive Abfälle geordnet zu entsorgen. Voraussetzung für eine Wiederverwertung ist die sogenannte Freigabe der entsprechenden Reststoffe. Freigabe bedeutet in diesem Zusammenhang die Entlassung der Reststoffe aus dem Geltungsbereich des Atomgesetzes. Dies geschieht durch die Bestimmung der Oberflächenaktivität und der massenspezifischen Aktivität des Probengutes und einem anschließenden Vergleich mit behördlich vorgegebenen 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 Aktivitätsbe-

stimmung mittels Gamma-Spektrometrie erforderlich. In manchen Fällen kann zusätzlich eine nuklidspezifische Analyse von solchen Radionukliden notwendig sein, die durch Gamma-Spektrometrie 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, früher HS-US, übernimmt in diesem Anforderungskatalog alle Aktivitätsbestimmungen, die nicht vor Ort erfolgen können. Die Anzahl der im Freimesslabor in den Jahren 1995 bis 2001 durchgeführten Analysen zeigt Abb. 3-7.

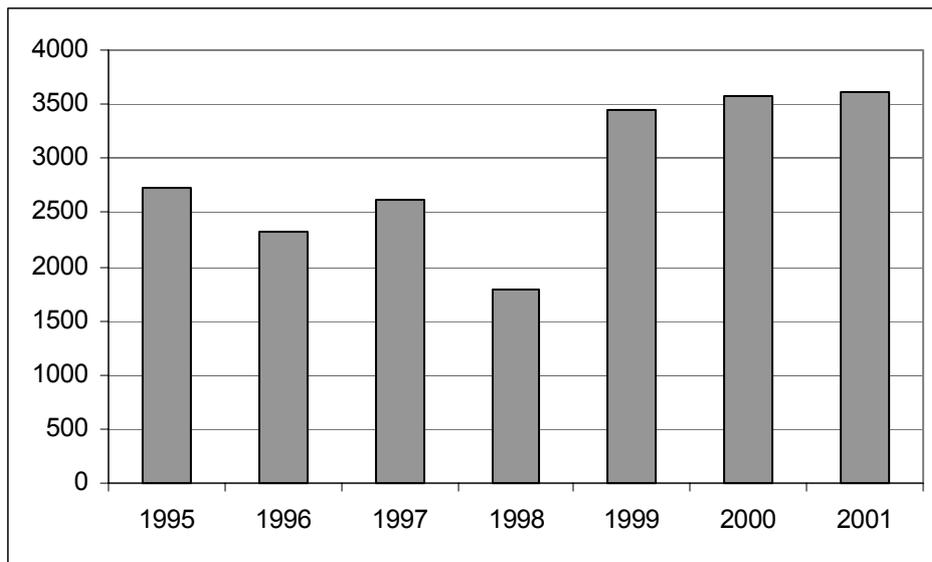


Abb. 3-7: Anzahl der im Freimesslabor durchgeführten Analysen in den Jahren 1995 bis 2001

Im Freimesslabor wurden auch 2001 ausschließlich Aufträge aus dem Forschungszentrum bearbeitet. Etwa die Hälfte der Analysen in 2001 wurde an Proben, die beim Rückbau der kerntechnischen Anlage MZFR anfielen, durchgeführt. Etwa 50 % der Analysen für den MZFR waren Tritium-Bestimmungen an Wischtesten. Wenige Proben fielen 2001 durch den Rückbau der kerntechnischen Anlage KNK an.

Weitere nuklidspezifische Bestimmungen waren 2001 beim Rückbau von Geb. 534 (Zementierung I), Geb. 553 (Behältergebäude) und Geb. 533 (Lösemittelager) der HDB erforderlich. Zusätzlich wurde von der HDB eine größere Anzahl Proben zur Analyse geliefert, die im Rahmen des Rückbaus des MZFR und der WAK angefallen waren. Außerdem wurden etwa 500 Proben analysiert, die von der HDB aus Materialchargen zur uneingeschränkten Wiederverwertung abgegeben wurden.

3.6.4.1 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 Verfahren sind: Gammaskpektrometrie (50 bis 2 000 keV), niederenergetische Gammaskpektrometrie (10 bis 150 keV), Flüssigszintillationsspektrometrie bei H-3, C-14, P-32 oder S-35 in wässrigen Lösungen sowie bei H-3 oder C-14 auf Wischtestproben und Alpha-Beta-

Gesamtaktivitätsmessungen. Sie werden in der Gruppe „Physikalisches Messlabor“ durchgeführt.

In Tab. 3-23 sind Art und Anzahl der 2001 im Rahmen des Freimesslabors mittels Direktmessverfahren durchgeführten Analysen wiedergegeben.

Analyseverfahren	Anzahl der Analysen im Jahr 2001
Gamma-Spektrometrie	
• Schnellanalysen (100 min Messzeit)	104
• Low-Level- Analysen (1000 min Messzeit)	1548
Flüssigszintillationsmessungen	
• an Flüssigkeiten	61
• an Wischtests	1116
α/β -Gesamt-Aktivitätsmessungen	6

Tab. 3-23: Anzahl der Analysen mittels Direktmessverfahren im Jahr 2001 im Rahmen des Freimesslabors

3.6.4.2 Chemische Arbeiten und Bestimmungen

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

Die Zahl der angelieferten Proben, in denen Radionuklide nach radiochemischer Abtrennung nuklidspezifisch zu bestimmen waren, belief sich 2001 auf 105 und lag damit deutlich niedriger als im Vorjahr. Die Zahl der nuklidspezifischen Bestimmungen stieg, wenn man die Bestimmungen von austauschbarem H-3 nicht berücksichtigt, von 185 im Jahr 2000 auf 305 in 2001 an, so dass insgesamt etwa der gleiche Auslastungsgrad des Labors vorlag. Hinzu kamen 381 Proben, 75 Bauschutt und 18 Metallspäne, in denen lediglich H-3 in Form von austauschbarem HTO zu bestimmen war. In Tab. 3-24 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. 3-24 vermittelt zudem eine Übersicht über die zu bestimmenden Radionuklide und die durchgeführten Analysenzahlen.

Zur Absicherung der Ergebnisse wurden auch 2001 zahlreiche Vergleichs- und Blindanalysen durchgeführt, die in den insgesamt in der Gruppe „Chemische Analytik“ durchgeführten Qualitätssicherungsmaßnahmen in Tab. 3-21 in Kapitel 3.6.3 enthalten sind.

Etwa 90 % des zeitlichen Aufwands für radiochemische Bestimmungen im Freimesslabor entfielen 2001 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	18 + 13 für H-3 (Austausch)
Bauschutt-Proben	75 + 368 für H-3 (Austausch)
Wischtest-Filter	7
durchgeführte Bestimmungen	Anzahl
H-3 (Ausheizen)	6
H-3 (Austausch)	381
Fe-55 + Ni-63	31
C-14	21
Sr-89/90	28
U (α -Strahler)	20
Pu (α -Strahler)	82
Pu-241	81
Am/Cm	5

Tab. 3-24: Zusammenstellung der untersuchten Probenmaterialien und der durchgeführten Bestimmungen

3.7 Messstelle

3.7.1 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.

Amtliches Personendosimeter für Ganzkörperüberwachung ist für die Karlsruher Messstelle seit 1993 das Photolumineszenz-Phosphatglasdosimeter in der Ausführung als Flachglasdosimeter. Es besitzt eine Muster-Bauartzulassung und die Zustimmung zur Messung der Personendosis nach StrlSchV und RöV. Unter der Bezeichnung KfK-PGD FGD-10 & SC-1 (PTB-Zulassungsnummer 6.21-PD-92.05 und 6.21-OD-92.06) wird es zur Personen- und Ortsdosimetrie für Photonenstrahlung im Energiebereich oberhalb 25 keV eingesetzt.

Zu den besonderen Vorzügen dieses Dosimeters zählen die hohe Empfindlichkeit, die Langzeitstabilität der Messwertspeicherung und die gute Reproduzierbarkeit der Dosismessung bis in den Dosisbereich von 0,1 mSv. Im Hinblick auf die Messgröße $H_p(10)$ kann das Flachglasdosimeter ohne Änderung der Dosimeterkapselung bzw. des Auswerteverfahrens weiterhin eingesetzt werden. Die entsprechende Bauartprüfung als Dosimeter zur Messung von $H_p(10)$ ist erfolgt.

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 Zahlen 200 und 50 beziehen 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 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-Zulassungsnummer 6.21-PD-93.09) 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. Bei der letzten PTB-Vergleichsbestrahlung für Neutronen hat das Albedodosimeter der Karlsruher Messstelle auch bei Anwendung der neuen Messgröße $H_p(10)$ erfolgreich bestanden (vgl. Tabelle Tab. 3-25). 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.

3.7.2 Photolumineszenzdosimetrie

A. Hager, B. Seitz, T. Teclé

Die Anzahl der mit Photolumineszenz-Glasdosimetern überwachten Betriebe erhöhte sich im Berichtszeitraum um über 20%, wobei die Auswertezahlen gegenüber dem Vorjahr um 5 % zunahmen (Tab. 3-25). Während die Auswertezahlen in der Kerntechnik zum Vorjahr um 3 % zurückgingen, setzte sich die Ausweitung unserer Aktivitäten in den medizinischen Bereich unvermindert fort. Die Entwicklung der Auswertezahlen in den letzten sechzehn Jahren ist in Abb. 3-8 dargestellt.

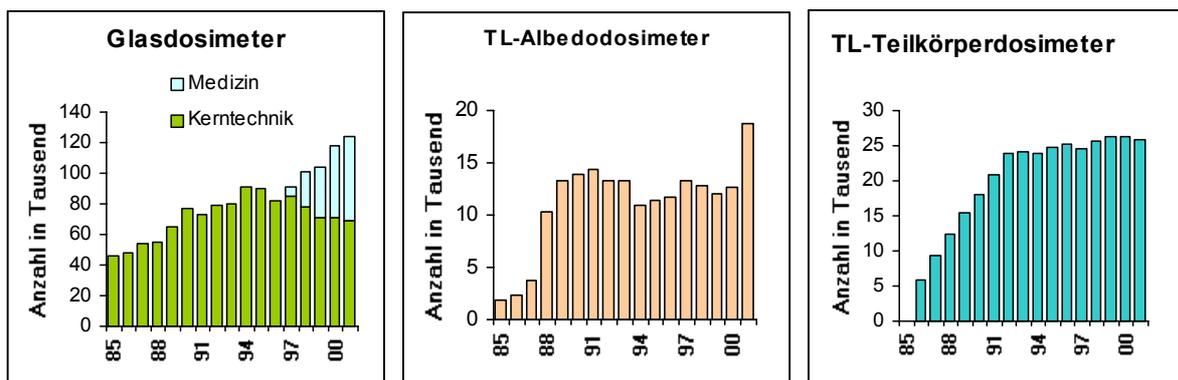


Abb. 3-8: Entwicklung der Auswertezahlen pro Jahr seit 1985

Den überwiegenden Anteil an den Phosphatglasauswertungen stellen die amtlichen Personenüberwachungen bei Kernkraftwerken und Kliniken mit monatlichem Überwachungszeitraum dar. Den kleinsten Teil bilden die Feuerwehren und Katastrophenschutzeinheiten, die im jährlichen Rhythmus überwacht werden. Die in 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	121 899	352
Thermolumineszenz-Teilkörperdosimeter	25 832	269
Albedo-Neutronen-Ganzkörperdosimeter	18 675	54
nichtamtliche Auswertung		
Phosphatglasdosimeter	2 037	36
Thermolumineszenzdosimeter	3 722	18
Radondosimeter	2 637	24

Tab. 3-25: Serviceleistungen der Karlsruher Messstelle 2001

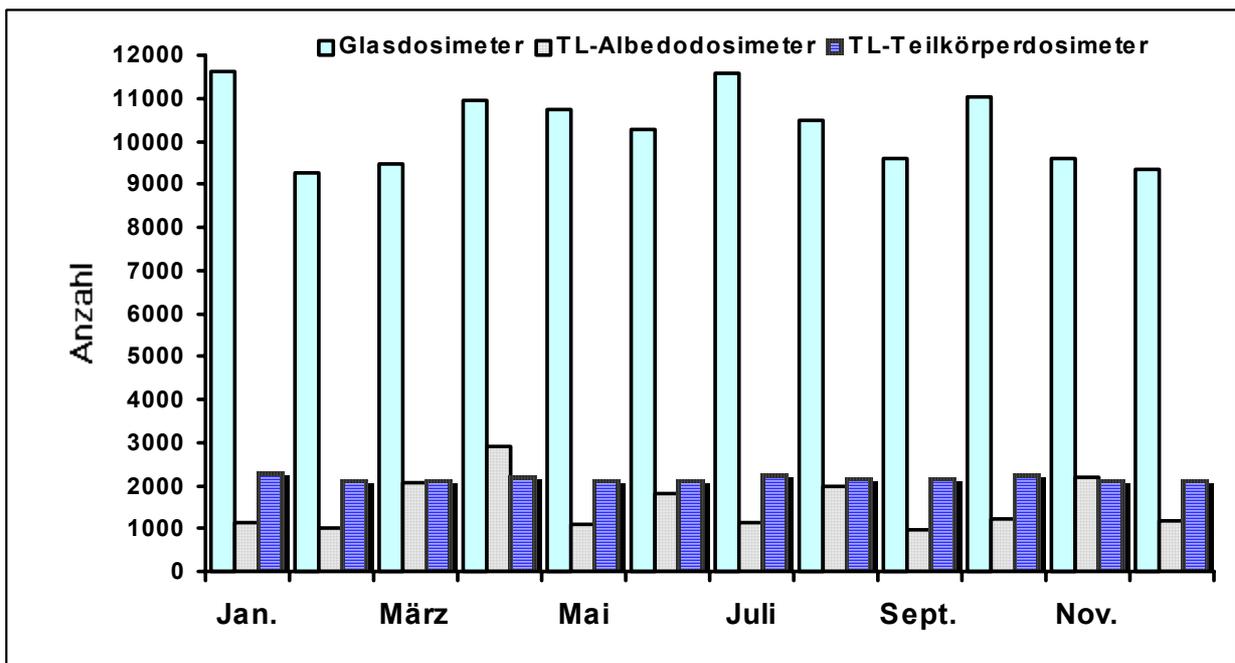


Abb. 3-9: Verlauf der Auswertezahlen pro Monat im Jahr 2001

3.7.3 Thermolumineszenzdosimetrie

N. Dollt, S. Volk

Die Auswertezahlen der Teilkörperdosimetrie blieben etwa bei 2 200 im Monat konstant. Die Karlsruher Messstelle bietet zur Zeit bundesweit die einzigen zugelassenen Beta-Photonen-Teilkörper-Dosimeter an. Dadurch und durch die Zunahme der medizinischen Anwendung von Beta-Nukliden in der Schmerz- und Brachytherapie erhöhte sich zum Jahresende die Nachfrage nach diesen neuen Dosimetern deutlich.

Die Anzahl der automatisch ausgewerteten Albedoneutronendosimeter ist durch die wieder durchgeführten Castortransporte um ca. 50 % auf 1 550 Dosimetern pro Monat gestiegen.

3.7.4 Vergleichsbestrahlungen

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

Nach den Bestimmungen der Eichordnung und der Richtlinie über Anforderungen an Personendosimetersstellen nach StrlSchV und RÖV ist für amtliche Dosimeter eine Teilnahme an entsprechenden Vergleichsmessungen der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt erforderlich. Die Ergebnisse der Auswertungen, die für die Photonendosimeter im Beisein eines Eichbediensteten durchgeführt wurden, sind in Tab. 3-26 und in Abb. 3-10 wiedergegeben.

Dosimeter	H_{KA} / H_{PTB}
Phosphatglas-Ganzkörperdosimeter	$1,158 \pm 5 \%$
Thermolumineszenz-Teilkörperdosimeter	$1,19 \pm 11 \%$
Albedo-Neutronen-Ganzkörperdosimeter (Photonen H_X)	$0,948 \pm 14 \%$
Albedo-Neutronen-Ganzkörperdosimeter (Neutronen $H_p(10)$)	$1,31 \pm 10 \%$

Tab. 3-26: Ergebnisse der Karlsruher Messstelle bei den PTB-Vergleichsmessungen im Jahr 2001

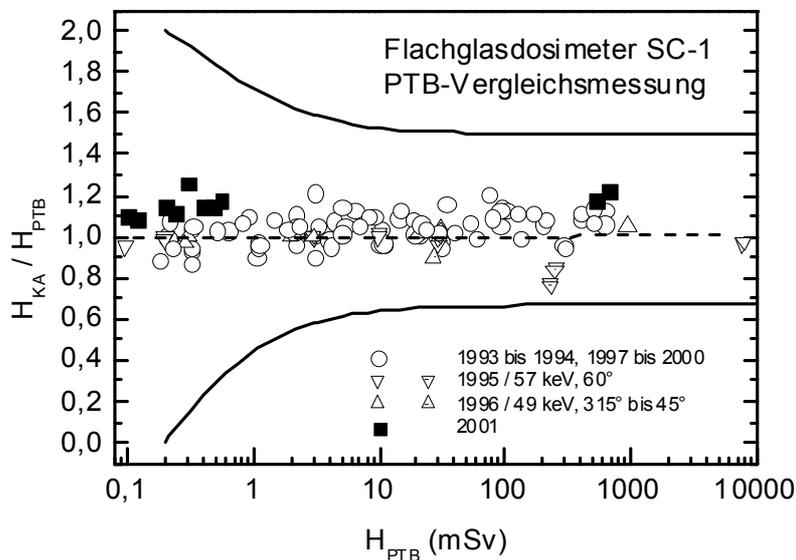


Abb. 3-10: Ergebnisse der PTB-Vergleichsmessungen von Flachglasdosimetern der Karlsruher Messstelle in den Jahren 1993 bis 2001

In Tab. 3-26 sind für die an PTB-Vergleichsmessungen teilnehmenden Dosimetersysteme der FZK-Messstelle die Mittelwerte und Standardabweichungen von den jeweiligen Verhältnissen des Messwertes H zum PTB-Referenzwert H_{PTB} zusammengestellt.

Abb. 3-10 zeigt das Verhältnis des Messwertes H zum PTB-Referenzwert H_{PTB} für das Karlsruher Phosphatglas-Ganzkörperdosimeter (Flachglasdosimeter Typ SC-1) in Abhängigkeit von

der Dosis. Die Ergebnisse für die Vergleichsmessung 2001 (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. 2001 nahmen an diesem durch die NRPB in Großbritannien organisierten Vergleich 50 Laboratorien teil. Die Ergebnisse unserer Auswertungen sind in Tab. 3-27 wiedergegeben.

Radon Exposition ($\text{kBq m}^{-3} \text{ h}$)	112	1897	321
H / Hr Set 1	$0,97 \pm 12 \%$	$1,01 \pm 4 \%$	$0,94 \pm 11 \%$
H / Hr Set 2	$0,94 \pm 12 \%$	$1,03 \pm 4 \%$	$0,95 \pm 11 \%$

Tab. 3-27: Ergebnisse der FZK-Messstelle bei den EC-Radon-Vergleichsbestrahlungen im Jahr 2001

3.7.5 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. 3-26).

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 zur Personen- und/oder 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.
- Phosphatglasdosimeter in der Flachglaskapselung zum praktisch energieunabhängigen Nachweis der Photonenstrahlung im Energiebereich von 25 keV bis 8 MeV zur Umgebungsüberwachung und Ortsdosimetrie in Anlagen. Dieses Dosimeter ist als Ortsdosimeter bauartgeprüft (Zulassungsschein Nr. 6.21-OD-92.04). Die Bauartprüfung für ein Flachglasdosimeter zur Messung der Ortsdosis $H^*(10)$ läuft bei der PTB.
- Passive Radondosimeter in zwei Ausführungen, bestehend aus Kernspurätzdetektor und Diffusionskammer. Bei der Bereitstellung und Auswertung von Radondosimetern ist eine beachtliche Zahl durch Aufträge aus den neuen Bundesländern bedingt.

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

3.7.6 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 Tl-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				
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. 3-28: 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. 3-28 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 Spurendurchmesser-Verteilung (Abb. 3-11) 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 Quadratcentimeter, 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 geringem 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 μ Sv vor.

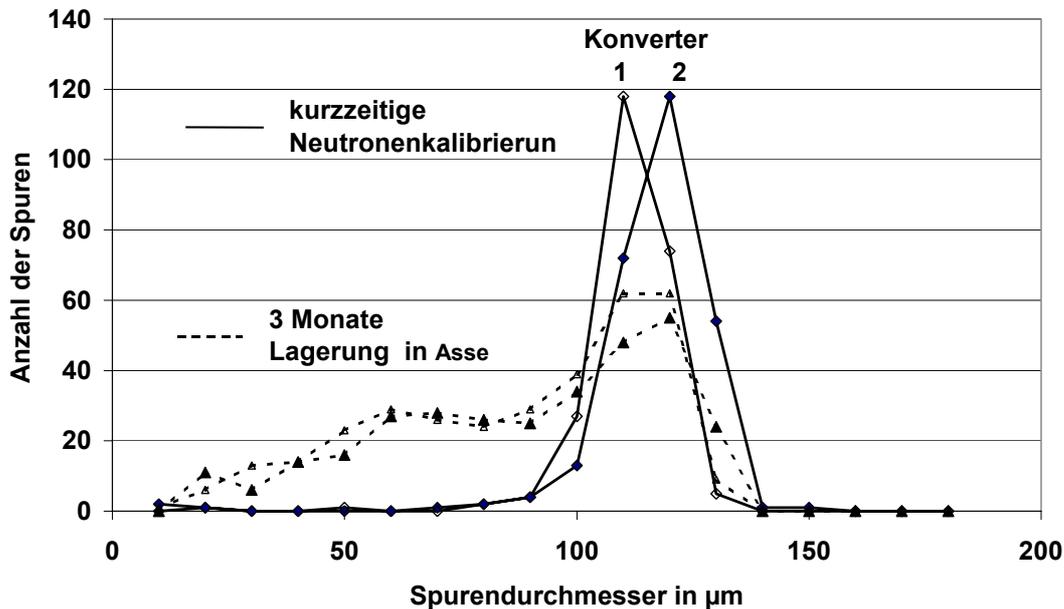


Abb. 3-11: Spurendurchmesseranalyse der unbestrahlten und neutronenbestrahlten Karlsruher Makrofol-Detektoren in Kontakt mit den BN-1-Konvertern

- 4 Umweltschutz
- 4.1 Administrativer Umweltschutz
- 4.1.1 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.

4.1.2 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.

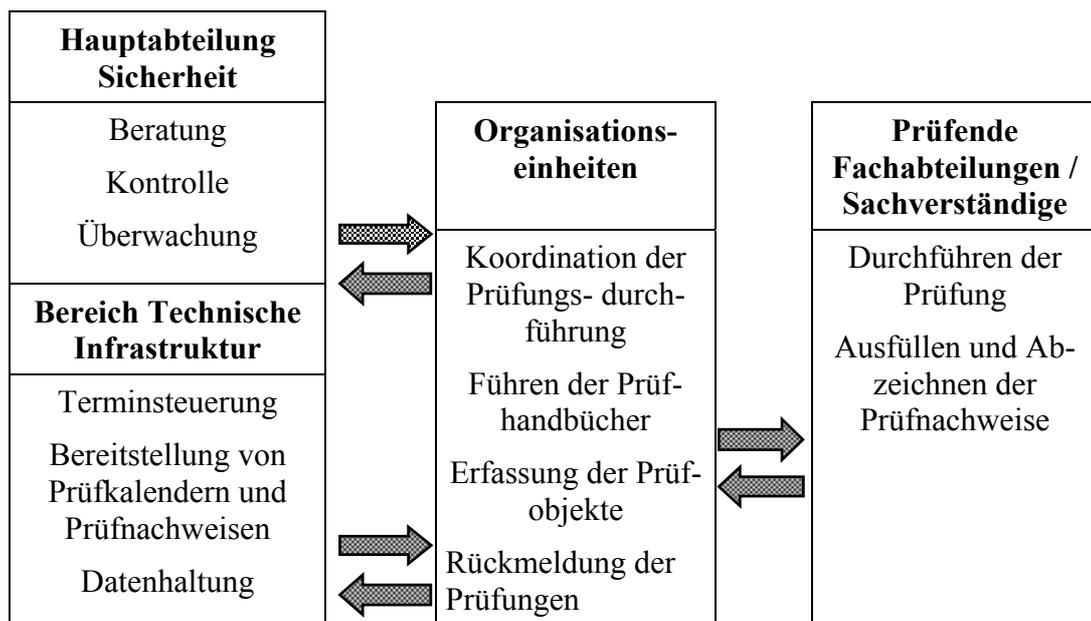


Abb. 4-1: Wiederkehrende Prüfungen – Aufgabenverteilung und Informationsfluss

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. 4-1 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 ermög-

lichen Personen, 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.

4.1.3 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.

4.1.4 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, Verloader) 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 Einzeltvorgänge 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.

4.1.5 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 Abgrenzungproblematik Abfall und Produkt sowie Verwertung und Beseitigung,
- die Abfallbestimmung nach der europäischen Abfallnomenklatur, insbesondere durch die Neufassung des europäischen Abfallkataloges und dessen Überführung in deutsches Recht durch die AVV (Abfallverzeichnisverordnung),
- 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 Tab. 4-1 und Tab. 4-2 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.

Kritisch verfolgt wurden nach wie vor die unterschiedlichsten Formen der Abweichung von den vorgeschriebenen Nachweisverfahren, die insbesondere bei der Rücknahme ge- bzw. verbrauchter Produkte als besonders überwachungsbedürftige oder überwachungsbedürftige Abfälle zur Verwertung oder Beseitigung (z. B. Altbatterien oder Altchemikalien) praktiziert und von Behörden gebilligt wurden. Allerdings sehen die vorliegenden Entwürfe zur Änderung der Nachweisverfahren vor, dass Abfälle, die von Herstellern oder Lieferanten zurückgenommen werden, künftig von der Nachweisführung befreit werden.

Abfallbezeichnung	Abfallschlüssel-Nr.	Menge [Mg]
Abfälle a.n.g. (verbrauchte säurehaltige Lösungen)	06 01 99	4,4
Schlämme aus der betriebseigenen Abwasserbehandlung (Chemieschlamm)	06 05 01	193,2
Wässrige Waschflüssigkeiten und Mutterlaugen (sonstige Konzentrate und Halbkonzentrate)	07 07 01	8,2
Alte Farben und Lacke (ohne halogenierte Lösemittel)	08 01 02	4,3
Verbrauchter Toner	08 03 09	1,8
Entwickler und Aktivatoren auf Wasserbasis	09 01 01	0,8
Fixierlösungen	09 01 04	0,6
Altglas (Borosilikatglas INE)	10 11 02	2,9
Aufsaug- und Filtermaterialien, Wischtücher und Schutzkleidung mit schädlichen Verunreinigungen (einschl. feste fett- und ölverunreinigte Betriebsmittel)	15 02 99D1	5,8
Laborchemikalien, anorganisch	16 05 02	2,0
Laborchemikalien, organisch	16 05 03	0,2
Baustoffe auf Asbestbasis	17 01 05	31,0
Anderes Isoliermaterial (Mineralfaserabfälle)	17 06 02	45,4
Gemischte Bau- und Abbruchabfälle	17 07 01	165,4
Gemischte Siedlungsabfälle (hausmüllähnliche Gewerbeabfälle)	20 03 01	357,8
Summe		823,8

Tab. 4-1: Abfälle zur Beseitigung 2001

Abfallbezeichnung	Abfallschlüssel-Nr.	Menge [Mg]
Schlämme aus der betriebseigenen Abwasserbehandlung (Fettabscheiderinhalte)	02 02 04	32,9
Späne, Abschnitte, Verschnitt von Holz, Spanplatten und Furnieren (Sägespäne)	03 01 03	2,6
Salpetersäure und salpetrige Säure (Salpetersäure)	06 01 05	6,8
Organische halogenierte Lösemittel, Waschflüssigkeiten und Mutterlaugen	07 07 03	1,7
Andere organische Lösemittel, Waschflüssigkeiten und Mutterlaugen	07 07 04	2,0
Verbrauchter Toner (Tonerkartuschen)	08 03 09	2660 St.
Filme und photographische Papiere, die Silber oder Silberverbindungen enthalten (Filmabfälle)	09 01 07	0,3
Bearbeitungsemulsionen, halogenfrei (Bohr- und Schleiföl-emulsion)	12 01 09	11,2

Abfallbezeichnung	Abfallschlüssel-Nr.	Menge [Mg]
Bremsflüssigkeiten	13 01 08	0,4
Nichtchlorierte Maschinen-, Getriebe- und Schmieröle (Motoren- und Getriebeöl)	13 02 02	14,8
Schlämme aus Öl-/Wasserabscheidern (Öl- und Benzinabscheiderinhalte)	13 05 02	1,4
Schlämme aus Einlaufschächten (Sandfangrückstände)	13 05 03	3,0
Metall (Metallfässer)	15 01 04	65 St.
Gemischte Materialien (Verpackungen, DSD-Material)	15 01 06	21,5
Gemischte Materialien (Styropor verunreinigt)	15 01 06	0,5
Verpackungen mit schädlichen Verunreinigungen (Kunststoffbehälter)	15 01 99D1	2,3
Verpackungen mit schädlichen Verunreinigungen (Metallbehälter)	15 01 99D1	0,5
Verpackungen mit schädlichen Verunreinigungen (Spraydosen)	15 01 99D1	0,2
Aufsaug- und Filtermaterialien, Wischtücher und Schutzkleidung mit schädlichen Verunreinigungen (verbrauchte Ölbinder)	15 02 99D1	2,6
Altreifen	16 01 03	203 St.
Andere gebrauchte elektronische Geräte (Bildschirme)	16 02 02	542 St.
Andere gebrauchte elektronische Geräte (Elektronikschrott)	16 02 02	41,3
Andere gebrauchte elektronische Geräte (Magnetbänder)	16 02 02	6,2
Geräte, die Fluorchlorkohlenwasserstoffe enthalten (Kühlschränke)	16 02 03	38 St.
Industriegase in Hochdruckgastanks, Flüssiggasbehälter und industrielle Aerosole (Gase in Stahldruckflaschen)	16 05 01	0,1
Andere Abfälle mit anorganischen Chemikalien, zum Beispiel Laborchemikalien a.n.g., Feuerlöschpulver (Laborchemikalienreste anorganisch)	16 05 02	2,3
Andere Abfälle mit organischen Chemikalien, zum Beispiel Laborchemikalien a.n.g. (Laborchemikalienreste organisch)	16 05 03	0,3
Bleibatterien (Bleiakkumulatoren)	16 06 01	3,4
Alkalibatterien (Trockenbatterien)	16 06 04	1,8
Beton (Bauschutt)	17 01 01	3.743,8
Glas (Fenster mit Metallrahmen)	17 02 02	23,3
Holz, Glas und Kunststoff mit schädlichen Verunreinigungen (Holz verunreinigt)	17 02 99D1	13,2
Holz, Glas und Kunststoff mit schädlichen Verunreinigungen (Fensterelemente)	17 02 99D1	17,1
Asphalt, teerhaltig	17 03 01	3,0
Kabel (Kabelabfälle)	17 04 08	5,5

Abfallbezeichnung	Abfallschlüssel-Nr.	Menge [Mg]
Rost- und Kesselaschen und Schlacken (Kesselschlacke)	19 01 01	30,0
Sieb- und Rechenrückstände (Kanal- und Sielabfälle)	19 08 01	1,6
Schlämme aus der Behandlung von kommunalem Abwasser (Klärschlämme, landwirtschaftliche Verwertung)	19 08 05	70,5
Papier und Pappe (Altpapier, Kartonagen)	20 01 01	332,1
Papier und Pappe (Datenschutzpapier)	20 01 01	55,5
Glas (Altglas, Laborglas)	20 01 02	16,7
Kunststoffkleinteile (Styroporabfall)	20 01 03	840 m ³
Andere Metalle (NE-Metalle, wie Aluminium, Kupfer, Blei, Messing)	20 01 04	7,7
Andere Metalle (Eisenschrott)	20 01 04	550,7
Andere Metalle (VA-Schrott)	20 01 04	10,6
Andere Kunststoffe (Kunststoffabfall, wie PE, PVC, PU)	20 01 06	43,9
Holz	20 01 07	133,5
Organische, kompostierbare Küchenabfälle, getrennt eingesammelte Fraktionen (Küchen- und Kantinenabfälle)	20 01 08	18,4
Leuchtstoffröhren und andere quecksilberhaltige Abfälle (Leuchtstoffröhren)	20 01 21	1,6
Kompostierbare Abfälle (Gras- und Sträucherabfälle)	20 02 01	169,7
Summe (ohne Stück- und m³-Mengen)		5408,5

Tab. 4-2: Abfälle zur Verwertung 2001

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 auf. Ursachen hierfür waren insbesondere die Nichteinhaltung von Sortiervorgaben und der organisatorischen Regelungen zur Abfallentsorgung des Forschungszentrums. Um dieser Problematik entgegen zu wirken, wurden in Zusammenarbeit mit BTI/B mehrere innerbetriebliche Informationsveranstaltungen durchgeführt.

Entsprechend der Abfallwirtschaftskonzept- und Abfallbilanzverordnung wurde die Abfallbilanz des Forschungszentrums für das Jahr 2000 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 im Vorjahr ausgearbeitete Abfallwirtschaftskonzept des Forschungszentrums für den Zeitraum 2000 bis 2004 ist ebenfalls als gemeinsames Konzept ausgearbeitet.

Durch die Neufassung des Europäischen Abfallkataloges während des Berichtszeitraumes wurde eine Neubestimmung fast aller im Forschungszentrum anfallenden bzw. behandelten Abfälle erforderlich. Dies erfolgte bereits Vorgriff auf die Umsetzung in deutsches Recht (Abfallver-

zeichnungsverordnung - AVV), da die nationalen Umsetzungsfristen außerordentlich kurz bemessen waren. So konnte fristgerecht zum Ende des Berichtszeitraums die Umstellung der bisherigen Abfallschlüssel (ASN) und Abfallbezeichnungen auf die neuen Vorgaben bewerkstelligt werden. Damit verbundene Änderungen der abfallrechtlichen Nachweisführung, insbesondere die Anpassung bzw. Neubestätigung der Entsorgungsnachweise waren somit ebenfalls zeitnah möglich.

4.1.6 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 Verbrennungsanlage TAMARA und die Verbrennungsanlage THERESA des Instituts für Technische Chemie, das Abfallzwischenlager sowie das Fernheizwerk mit Blockheizkraftwerk.

Für die drei Verbrennungsanlagen sowie das Abfallzwischenlager fordert der Gesetzgeber die Bestellung eines Immissionsschutzbeauftragten. Die Tab. 4-3 zeigt den im Berichtszeitraum vorliegenden Genehmigungsstatus der Anlagen.

Die der Verbrennungsanlage der Hauptabteilung Dekontaminationsbetriebe besteht aus einer Schachtofenanlage mit Nachbrennkammer zur Verbrennung von festen und flüssigen Abfällen. Die Anlage erfüllte die Forderungen der 17. BImSchV vollständig und arbeitete problemlos.

Die Versuchsanlage TAMARA des Instituts für Technische Chemie hielt die Vorgaben der 17. BImSchV im Berichtszeitraum mit einer Ausnahme ein. Hierbei kam es zu einer Überschreitung des Grenzwerts für Kohlenmonoxid im Rahmen des Ausheizvorgangs einer erneuerten Ofenausmauerung, der jedoch ausschließlich mit Regalbrennstoffen durchgeführt wurde.

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 geringen Emissionen der verwendeten Brennstoffe führten nur zu einer unwesentlichen Beanspruchung der Rauchgasreinigungseinrichtungen.

Die Wärmeversorgungsanlagen des Zentrums, das Fernheiz- und das Blockheizkraftwerk arbeiten im Berichtszeitraum vorschriftsmäßig und hielten die vorgegebenen Grenzwerte ein. Die Emissionen 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.

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. 4-3: Immissionsschutzrechtlich genehmigungspflichtige Anlagen des Forschungszentrums

4.1.7 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 31.12.2001 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.

4.2 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 geschieht durch die Erstellung eines Abluftplanes, in dem die von den verschiedenen Emittenten entsprechend ihrer Zweckbestimmung und ihren Forschungsaufgaben beantragten Planungswerte berücksichtigt werden. Zur Kontrolle der Einhaltung der Bestimmungen des Abluftplanes und zur Bilanzierung der abgeleiteten Radioaktivität werden alle im Bereich des Forschungszentrums Karlsruhe anfallenden 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. 4.2.1 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 Abwasser-sammelstationen 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 Kap. 4.2.3 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. 4.2.3 gegeben.

4.2.1 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 Radionuklidgruppen. Die Werte für den Abluftplan 2001 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 Einzelnuclide 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 Definitionen der Nuklidgruppen werden in Kap. 4.2.2.2.5 näher erläutert.

Im Abluftplan für das Jahr 2001 sind Genehmigungswerte für 27 Emittenten ausgewiesen. Diese Zahl hat sich gegenüber dem Vorjahr um einen Emittenten - HDB Bau 553 - verringert (s. Abb. 4-2). Dabei ist zu berücksichtigen, dass die Ableitungen über insgesamt 35 Emissionsstellen erfolgen. Die Zahl 27 ergibt sich dadurch, dass im Fall sehr nahe beieinanderliegender Emissionsstellen zur Vereinfachung der Ausbreitungsrechnungen mehrere zu einem Emittenten zusammengefasst wurden:

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

Als Folge von Rückbauarbeiten konnte die Fortluftüberwachung für HDB Bau 533/534 am 07.05.2001 und HDB 555 am 03.04.2001 eingestellt werden.

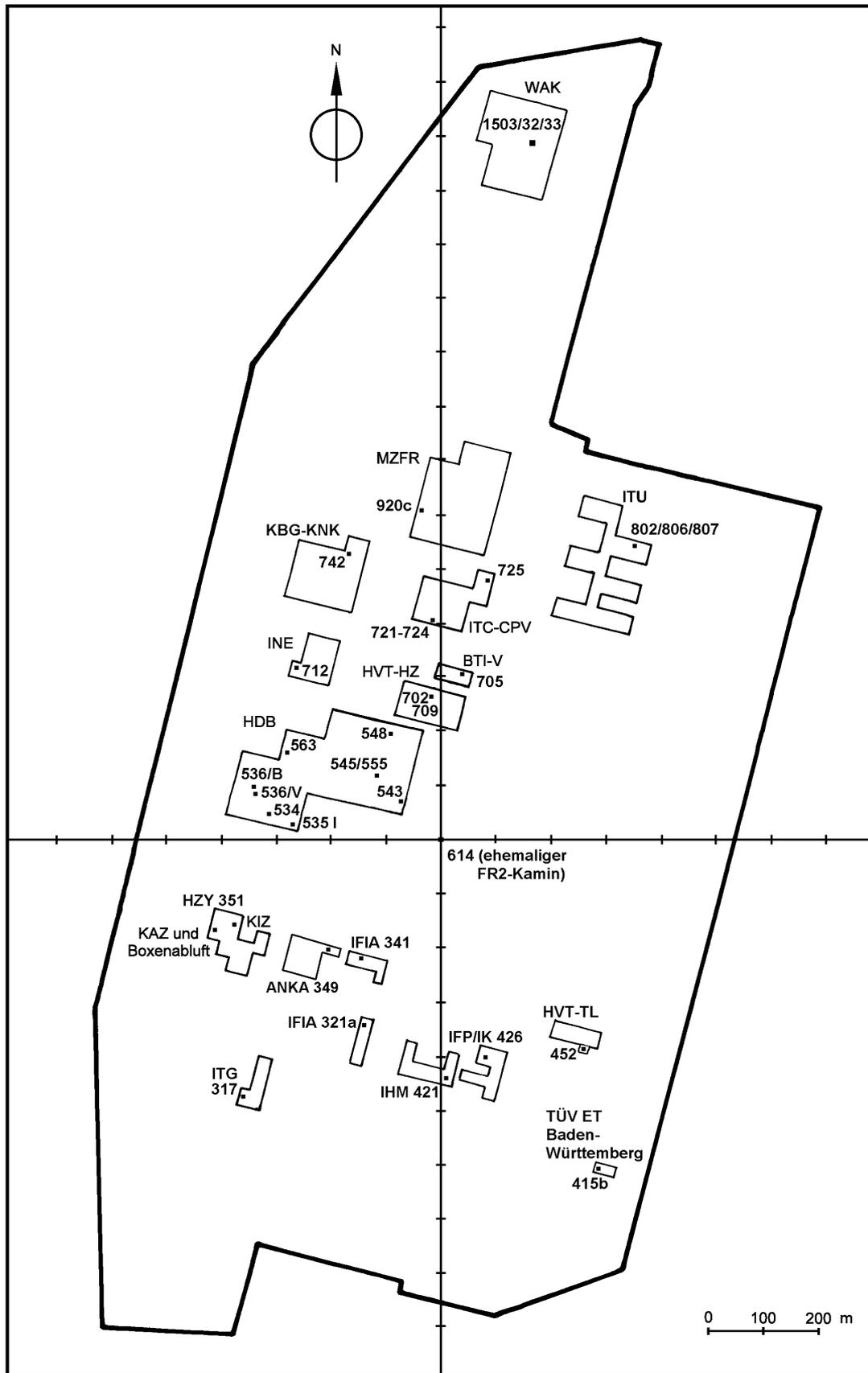


Abb. 4-2: Lageplan der Emittenten des Forschungszentrums Karlsruhe mit Angabe der Gebäudenummern.

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. 4-2). Die Ergebnisse der Messstellen für radioaktive Gase werden vor Ort registriert und der Koordinierungsstelle übermittelt.

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, KBG-KNK, 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 und von KGB-KNK 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. 4.2.2.2 berichtet. Bei der Dosisberechnung wurde die „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.

4.2.2 Ableitung radioaktiver Stoffe mit der Fortluft im Jahr 2001

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 2001 belief sich das Probenaufkommen auf eine Zahl von insgesamt rd. 2 750 (Abb. 4-3).

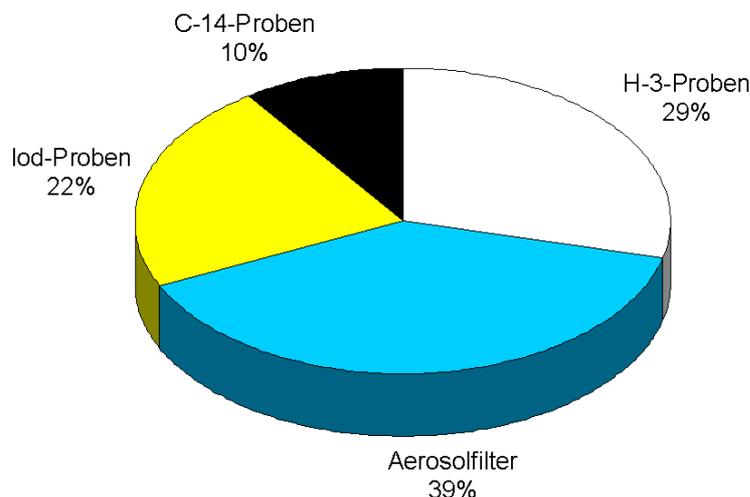


Abb. 4-3: Probenaufkommen in der Fortluftüberwachung im Jahr 2001 (Gesamtzahl 2750)

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. 4-4 werden für die einzelnen Emittenten des Forschungszentrums Karlsruhe, geordnet nach aufsteigenden Gebäudenummern und den jeweils zu berücksichtigenden Nukliden und Nuklidgruppen, die im Jahr 2001 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.

In den Abb. 4-4, Abb. 4-5 und Abb. 4-6 sind die monatlichen Radioaktivitätsableitungen mit der Fortluft im Jahr 2001 graphisch dargestellt. Es wird – aufgeschlüsselt nach Nuklidgruppen – unterschieden zwischen den Genehmigungsinhabern ITU, WAK, KBG-KNK und Forschungszentrum Karlsruhe GmbH. Für die Einrichtungen des Forschungszentrums Karlsruhe GmbH sind die Ableitungen für den Emissionsschwerpunkt HDB (8 Emittenten) und die 16 übrigen Emittenten getrennt dargestellt. Die Ableitungen des TÜV ET Baden-Württemberg, Bau 415b, wurden der Gruppe „Übrige“ zugerechnet.

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

Emittent Bau-Nr. Emissions- höhe	Nuklid/ Nuklid- gruppe	zulässige Ableitungen gemäß Abluftplan 2001		bilanzierte Ableitungen		Effektivdosis am Immissions- maximum des Emittenten μSv
		Bq/Woche	Bq/a	2001 Bq	2000 Bq	
ITG Bau 317 14 m	A _{BL}		1,0 E06	4,9 E03	2,5 E04	< 0,001
IFIA Bau 321a 15 m	A _{AL} A _{BL} H-3		2,0 E05 2,0 E08 1,0 E13	2,0 E03 1,9 E04 5,7 E09	1,9 E03 1,5 E04 3,8 E09	0,001
IFIA Bau 341 15 m	A _{AL} A _{BL}		1,0 E05 1,0 E07	4,0 E03 5,5 E04	2,6 E03 3,1 E04	0,001
ANKA Bau 349 5 m	E+G _K		3,0 E11	1,7 E07*	-	< 0,001
HZY Bau 351 KIZ 36 m	A _{BK} A _{BL} E+G _K I-123 I-126		5,0 E09 5,0 E07 1,0 E13 1,0 E10 5,0 E06	- 0 1,2 E11 - -	- 0 8,1 E11 4,3 E05 0	0,009
HZY Bau 351 KAZ 15 m und Boxenabluft 11 m	A _{AL} A _{BK} A _{BL} E+G _K I-123 I-124 I-125 I-126	5,0 E03 5,0 E08 5,0 E06 1,0 E12 5,0 E08 5,0 E06 5,0 E05 5,0 E05	1,0 E05 1,0 E10 1,0 E08 2,0 E13 1,0 E10 1,0 E08 1,0 E07 1,0 E07	8,8 E01 3,3 E04 3,5 E04 7,6 E12 7,6 E08 1,2 E05 1,1 E05 0	1,4 E02 4,5 E04 4,5 E04 4,8 E12 3,2 E08 - 2,2 E04 0	0,76
TÜV ET Baden- Württemberg Bau 415b 10 m	I-131	5,0 E05	5,0 E06	0	2,4 E05	0

* Bilanzierung vom Januar bis einschließlich April 2001

„0“ = alle gemessenen Werte lagen unterhalb der Erkennungsgrenze

„-“ = keine Ableitungen

Tab. 4-4: Ableitungen radioaktiver Stoffe der einzelnen Emittenten des Forschungszentrums Karlsruhe in die Atmosphäre in den Jahren 2001 und 2000

Emittent Bau-Nr. Emissions- höhe	Nuklid/ Nuklid- gruppe	zulässige Ableitungen gemäß Abluftplan 2001		Bilanzierte Ableitungen		Effektivdosis am Immissions- maximum des Emittenten
		Bq/Woche	Bq/a	2001	2000	
				Bq	Bq	μSv
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 2,0 E11	4,0 E04 4,0 E03	4,0 E04 4,0 E03	< 0,001
HVT-TL Bau 452 50 m	H-3	2,0 E12	4,0 E13	1,7 E11	3,4 E11	0,014
HDB Bau 533/534 8 m	A _{AL} A _{BL} H-3 I-125 I-129 I-131		1,0 E06 4,0 E07 8,0 E10 2,0 E05 2,0 E05 2,0 E05	3,5 E03 5,8 E03 0 0 0 0	3,6 E04 2,0 E05 6,1 E07 0 0 0	0,002
HDB Bau 535 I 16,5	H-3		1,0 E11	1,9 E07	5,7 E07	< 0,001
HDB Bau 536/V (Ver- brennungs- anlage) 70 m	A _{AL} A _{BL} H-3 C-14 I-125 I-129 I-131	2,0 E06 1,0 E09 2,0 E12 7,0 E10 1,5 E07 2,0 E07 2,0 E07	4,0 E07 2,0 E10 4,0 E13 1,4 E12 3,0 E08 4,0 E08 4,0 E08	6,2 E03 5,4 E05 3,3 E11 1,9 E10 0 8,4 E04 0	1,1 E04 2,2 E06 1,7 E12 6,6 E10 0 4,3 E03 0	0,18
HDB Bau 536/B (Betriebs- räume) 16,5 m	A _{AL} A _{BL} H-3 I-125 I-129 I-131		1,0 E05 2,0 E07 5,0 E10 8,0 E05 1,0 E06 1,0 E06	0 0 2,6 E09 0 0 0	0 0 5,7 E09 0 0 0	< 0,001
HDB Bau 543 8 m	A _{AL} A _{BL} H-3 I-129		4,0 E05 4,0 E07 1,0 E10 1,0 E04	7,9 E01 9,8 E02 0 0	1,0 E03 1,2 E04 2,0 E02 0	< 0,001

„0“ = alle gemessenen Werte lagen unterhalb der Erkennungsgrenze

„-“ = keine Ableitungen

Tab. 4-4: Fortsetzung

Emittent Bau-Nr. Emissions- höhe	Nuklid/ Nuklid- gruppe	zulässige Ableitungen gemäß Abluftplan 2001		bilanzierte Ableitungen		Effektivdosis am Immissions- maximum des Emittenten
				2001	2000	
		Bq/Woche	Bq/a	Bq	Bq	µSv
HDB Bau 545 20 m und HDB Bau 555 19 m	A _{AL}	1,0 E05	2,0 E06	7,7 E02	3,8 E02	0,003
	A _{BL}	5,0 E07	1,0 E09	8,0 E04	2,7 E05	
	H-3	2,0 E11	4,0 E12	2,0 E10	2,2 E10	
	C-14	5,0 E09	1,0 E11	0	1,2 E07	
	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	-	0,034
	A _{AL}	1,5 E05	3,0 E06	1,9 E04	5,4 E03	
	A _{BL}	2,0 E07	4,0 E08	5,9 E05	2,5 E05	
	H-3	2,0 E12	4,0 E13	1,0 E11	5,6 E10	
	C-14	2,5 E09	5,0 E10	1,0 E08	0	
	I-125	4,0 E06	8,0 E07	0	0	
	I-129	1,0 E06	2,0 E07	8,8 E03	4,5 E05	
	I-131	4,0 E06	8,0 E07	0	0	
E	5,0 E10	1,0 E12	9,9 E09	3,2 E09		
HDB Bau 563 14 m	A _{AL}		1,0 E06	0	0	0,001
	A _{BL}		1,0 E07	0	0	
	H-3		8,0 E11	5,0 E09	2,0 E09	
HVT-HZ Bau 702 60 m und Bau 709 60 m	A _{AL}	2,0 E06	4,0 E07	2,9 E02	2,2 E03	0,005
	A _{BL}	5,0 E08	1,0 E10	0	4,7 E03	
	H-3	1,0 E13	2,0 E14	1,4 E11	4,7 E11	
BTI-V Wäscherei Bau 705 5,5 m	A _{AL}		1,0 E06	1,7 E03	2,0 E03	< 0,001
	A _{BL}		1,0 E08	1,6 E04	1,8 E04	
INE Bau 712 60 m	A _{AL}		1,0 E06	0	0	< 0,001
	A _{BL}		1,0 E08	0	0	
	H-3		1,0 E11	5,2 E09	2,2 E08	
	E		2,0 E11	-	-	
	I-125		2,0 E07	0	0	
	I-126		2,0 E07	0	0	
	I-129		1,0 E06	0	0	
	I-131		3,0 E07	0	0	

„0“ = alle gemessenen Werte lagen unterhalb der Erkennungsgrenze

„-“ = keine Ableitungen

Tab. 4-4: Fortsetzung

Emittent Bau-Nr. Emissions- höhe	Nuklid/ Nuklid- gruppe	zulässige Ableitungen gemäß Abluftplan 2001		bilanzierte Ableitungen		Effektivdosis am Immissions- maximum des Emittenten
				2001	2000	
		Bq/Woche	Bq/a	Bq	Bq	µSv
ITC-CPV Bau 721- 724 60 m	A _{AL}		3,0 E06	0	0	0,004
	A _{BL}		3,0 E08	0	1,4 E03	
	I-129		3,0 E06	1,9 E05	2,6 E05	
ITC-CPV Bau 725 10 m	A _{AL}		1,0 E05	0	0	0
	A _{BL}		1,0 E07	0	0	
	I-129		3,0 E06	0	0	
KBG-KNK Bau 742 99 m	A _{BL}		5,0 E07	0	0	0,037
	H-3		5,0 E11	1,2 E11	2,8 E10	
ITU Bau 802, 806, 807 50 m	A _{AK}	1,6 E10	3,2 E11	-	-	0,001
	A _{AL}	5,0 E04	1,0 E06	3,9 E03	5,8 E03	
	A _{BL}	2,0 E07	4,0 E08	7,9 E04	7,5 E04	
	E	2,0 E12	4,0 E13	4,4 E11	1,6 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		1,0 E11	6,7 E09	1,3 E09	
MZFR Bau 920c 99,5 m	A _{AL}	5,0 E04	1,0 E06	3,4 E04	1,6 E04	0,020
	A _{BL}	5,0 E07	1,0 E09	9,6 E04	3,6 E05	
	H-3	4,0 E12	8,0 E13	5,7 E11	1,1 E12	
	C-14		1,0 E10	0	0	
WAK Bau 1503/ 1532/1533 60 m	A _{AL}		7,4 E07	1,0 E05	1,1 E05	0,065
	A _{BL}		7,4 E09	1,2 E06	1,3 E06	
	E		1,0 E12	1,0 E11	1,0 E11	
	H-3	9,0 E11	1,8 E13	2,1 E10	2,6 E10	
	I-129	5,0 E06	1,0 E08	2,6 E06	2,0 E06	
	I-131	3,1 E07	6,2 E08	7,5 E06	4,3 E06	

„0“ = alle gemessenen Werte lagen unterhalb der Erkennungsgrenze

„-“ = keine Ableitungen

Tab. 4-4: Fortsetzung

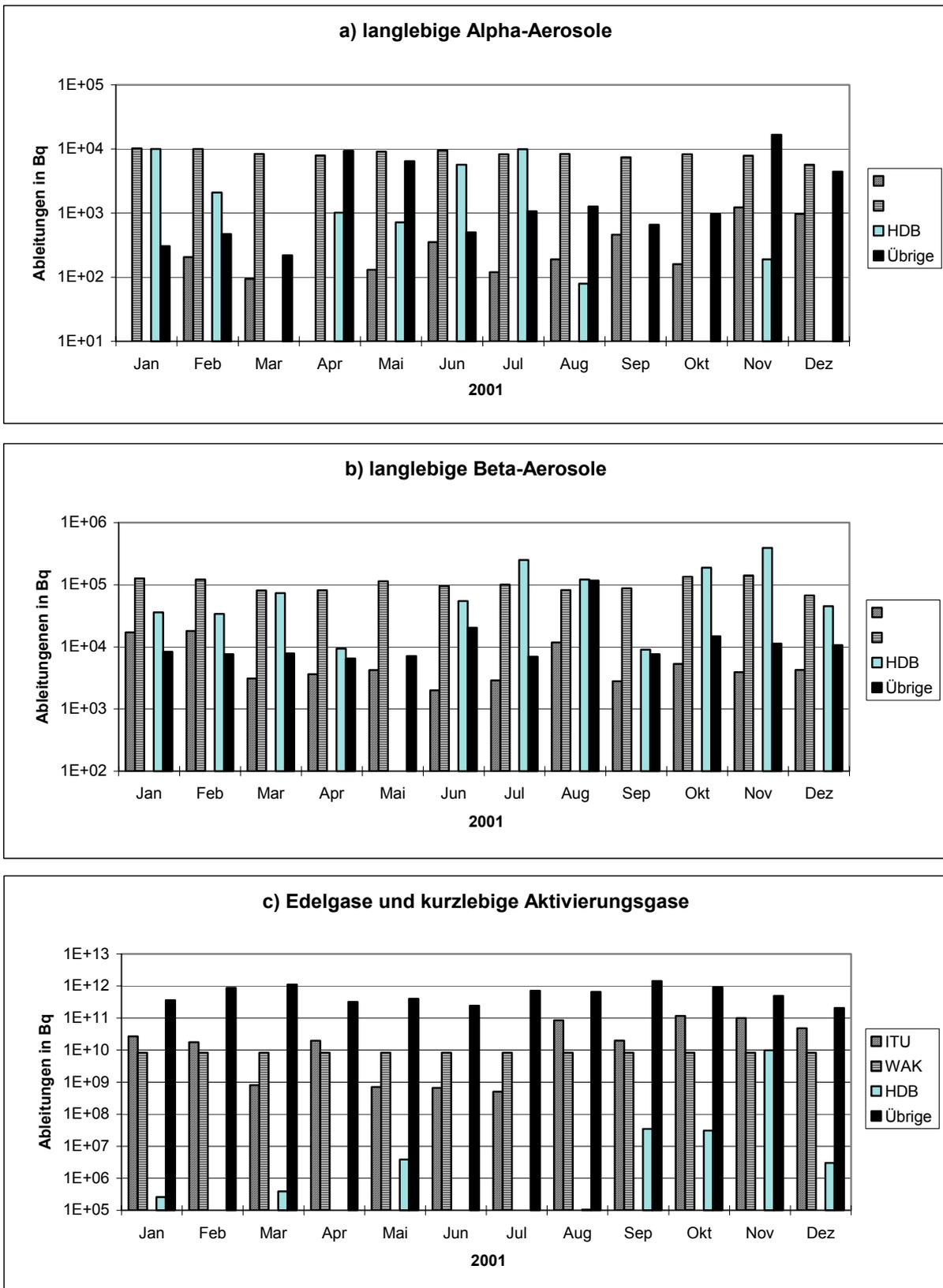


Abb. 4-4: Monatliche radioaktive Ableitungen mit der Fortluft am Standort Forschungszentrum Karlsruhe im Jahr 2001

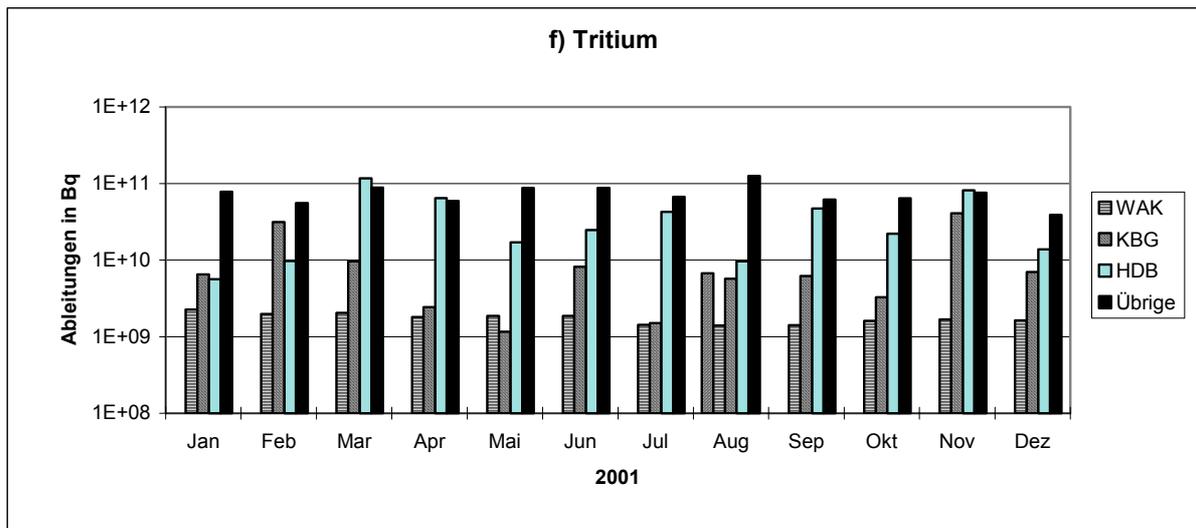
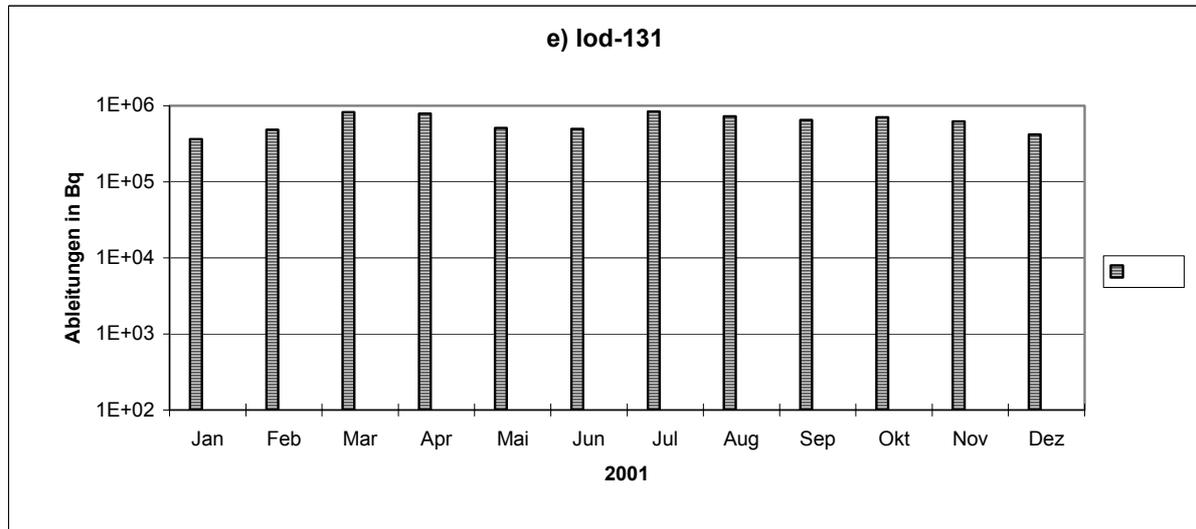
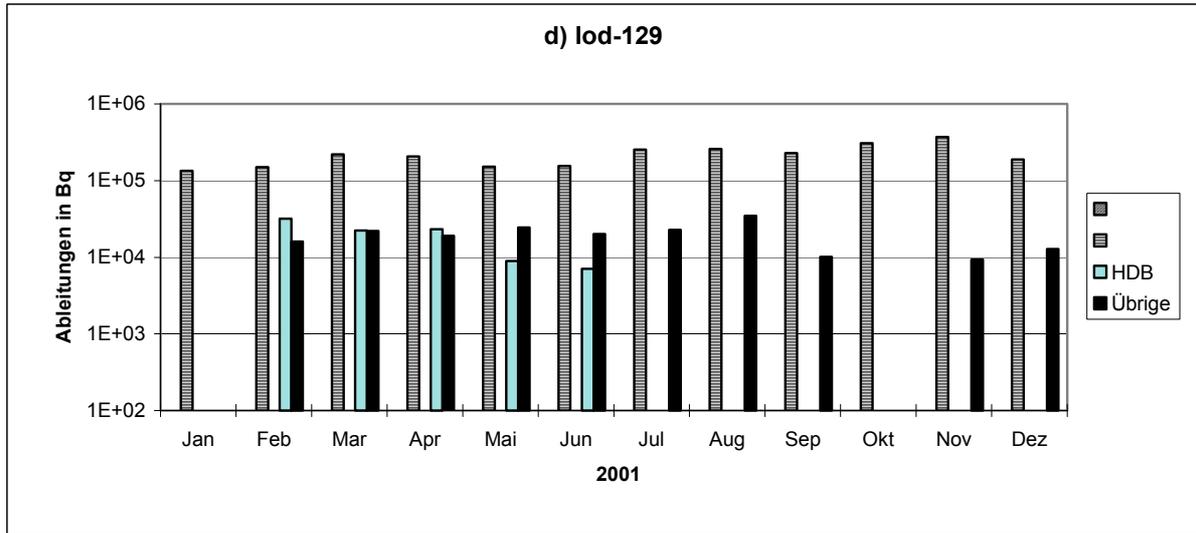


Abb. 4-5: Monatliche radioaktive Ableitungen mit der Fortluft am Standort Forschungszentrum Karlsruhe im Jahr 2001

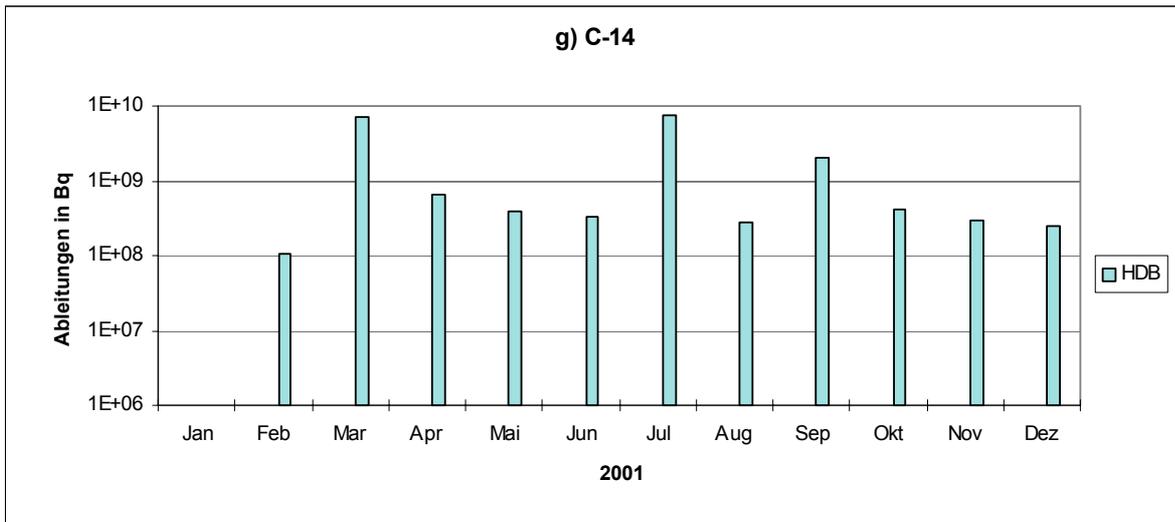


Abb. 4-6: Monatliche radioaktive Ableitungen mit der Fortluft am Standort Forschungszentrum Karlsruhe im Jahr 2001

4.2.2.1 Ableitung nichtradioaktiver Stoffe mit der Fortluft im Jahr 2001

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 Abhitzekeessel). 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 Betreibern zur Verfügung gestellt.

4.2.2.1.1 Verbrennungsanlage der Hauptabteilung Dekontaminationsbetriebe

U. Hoepfener-Kramar (HDB)

Die bei der HDB angelieferten und erzeugten brennbaren festen und flüssigen radioaktiven Reststoffe wurden im Jahr 2001 in der Anlage VP 10 verbrannt. Dabei wurden 1401 m³ α- und β-kontaminierte Feststoffe und parallel dazu 16,5 m³ α- und β-kontaminierte Öle und Lösungsmittel in 5155 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. 4-5 gibt einen Überblick über die zulässigen Schadstoffkonzentrationen, die beim Betrieb im Jahre 2001 gemessenen Konzentrationen sowie über die Gesamtableitung. Neben den in Tab. 4-5 aufgeführten Messungen wurde gegen Ende des Jahres 2001 eine Dioxin-Emissionsmessung an der Anlage durchgeführt. Die Messergebnisse lagen unter 0,0042 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	Emissions-Fracht Mg
HCl	10	2,2 [*]	0,005
SO ₂	50	0,5 [*]	0,007
CO	50	16,3 [*]	0,037
Staub	10	0,6 [*]	0,002
Gesamt-C	10	1,6 [*]	0,007
NO _x	200	140,5 [*]	0,53
HF	1	<0,2 ^{**}	-
PCDD/PCDF ng/Nm ³	0,1	0,003 ^{**}	-
Hg	0,05	0,003 ^{**}	-
Staubinhaltsstoffe Cd und Tl	0,05	<0,002 ^{**}	-
Staubinhaltsstoffe Sb, As, Pb, Cr, Co, Cu, Mn, Ni, V, Sn	0,5	0,085 ^{**}	-

¹⁾ Tagesmittelwerte

* Monatsmittelwerte

** gemittelt über 2-3 Tage

Tab. 4-5: Emissionsdaten im Jahr 2001 für die Verbrennungsanlage der Hauptabteilung Dekontaminationsbetriebe

4.2.2.1.2 Versuchsanlagen TAMARA und THERESA

H.-G. Dittrich (ITC-TAB)

Im Jahr 2001 wurden an der Versuchs-Müllverbrennungsanlage TAMARA drei Versuchskampagnen durchgeführt. In Tab. 4-6 sind die jeweils über eine Versuchskampagne gemittelten Massenkonzentrationen der emittierten Schadstoffe aufgeführt. Gemäß 17. BImSchV sind die Schadstoffkonzentrationen auf einen Sauerstoffgehalt von 11 % zu normieren, sofern der gemessene Sauerstoffgehalt im Abgas über dem Bezugssauerstoffgehalt liegt. Die zweite Spalte enthält die Emissionsgrenzwerte nach der 17. BImSchV (Tagesmittelwerte). Die CO-Werte lagen in der ersten Kampagne über dem erlaubten Wert. Dies rührt daher, dass zum Ausheizen des frisch installierten Mauerwerks der Anfahrvorgang sehr stark verzögert werden musste und über ungewöhnliche lange Zeit hinweg niedrige Temperaturen geherrscht haben, bei denen größere Mengen an CO entstanden sind. 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 Emissionsintervalle		
		10.– 21. 9.	15. – 26. 10.	26. 11. – 7. 12.
HF	1	0,08	0,02	n.n.
HCl	10	0,40	n.n.	n.n.
SO ₂	50	0,64	0,01	19,28
NO ₂	200	110,02	113,39	101,72
CO	50	127,77	2,88	21,06
C _{org}	10	7,23	0,19	2,56
Staub	10	0,55	0,14	0,32
PCDD/F ng/Nm ³	0,1	0,035	0,011	0,006
Hg	0,05	0,016	0,017	0,004
Staubinhaltsstoffe Cd und Tl	0,05	<0,001	<0,001	<0,001
Staubinhaltsstoffe Sb, As, Pb, Cr, Co, Cu, Mn, Ni, V, Sn	0,5	<0,1	<0,1	<0,1

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

Tab. 4-6: Emissionsdaten der Versuchsanlage TAMARA im Jahr 2001

An der Versuchs-Müllverbrennungsanlage THERESA wurden im Jahr 2001 Inbetriebnahmeversuche fortgeführt. Ein bestimmungsgemäßer Betrieb konnte noch nicht erreicht werden. Es wurde auch keine Erstmessung vorgenommen. Die Emissionsdaten während der drei durchgeführten Inbetriebnahmekampagnen sind in Tab. 4-7 analog zu den Daten der TAMARA-Anlage aufgeführt. Die meisten Grenzwerte wurden eingehalten. Lediglich bei den Werten für CO und C_{org}

kam es zu Überschreitungen. Diese rühren daher, dass der Brenner zur Wiederaufheizung des Abgases vor dem NO_x-Katalysator am Ende der Rauchgasstrecke noch nicht optimiert war.

Schadstoff	Konzentrationsgrenzwert nach 17. BImSchV ¹⁾ mg/Nm ³	Schadstoffkonzentration in mg/Nm ³ trocken, normiert auf 11 % O ₂ *		
		THERESA Emissionsintervalle		
		29. 1. – 14. 2.	26. 3. – 6. 4.	25. 6. – 5. 7.
HF	1	0,19	0,24	0,11
HCl	10	0,01	2,9	2,44
SO ₂	50	0,0	0,63	0,40
NO ₂	200	118,8	83,1	135,74
CO	50	39,54	193,9	33,23
C _{org}	10	22,26	80,0	13,49
Staub	10	8,23	1,34	3,65
PCDD/F Ng/Nm ³	0,1	0,001	0,001	0,002
Hg	0,05	0,001	0,002	0,001
Staubinhaltsstoffe Cd und Tl	0,05	<0,001	<0,001	<0,001
Staubinhaltsstoffe Sb, As, Pb, Cr, Co, Cu, Mn, Ni, V, Sn	0,5	<0,1	<0,1	<0,1

¹⁾ Tagesmittelwerte

* gemäß 17. BImSchV nur, wenn O₂-Gehalt > 11%

Tab. 4-7: Emissionsdaten der Versuchsanlage THERESA im Jahr 2001

4.2.2.1.3 Fernheizwerk und Blockheizkraftwerk

W. Noll, K. Scherer (BTI-V)

Das Blockheizkraftwerk wurde insgesamt 4162 Betriebsstunden mit Erdgas und überwiegend mit Eindüsung von vollentsalztem Wasser betrieben. Der Betrieb mit Heizöl war nicht erforderlich. Die drei Kessel im Fernheizwerk wurden 7430 h mit Erdgas und 94 h mit Heizöl „EL“ gefahren. Die Betriebsweise mit Öl ist auf TÜV-Prüfungen und Einstellarbeiten an den Brennern zurückzuführen.

Schadstoff	Blockheizkraftwerk Jahresemission in Mg	Fernheizwerk Jahresemission in Mg
NO _x	42,801	6,824
CO	1,425	0,461

Tab. 4-8: Emissionsdaten der Heizwerke im Jahr 2001

4.2.2.2 Strahlenexposition in der Umgebung des Forschungszentrums Karlsruhe durch die mit der Fortluft abgeleiteten radioaktiven Stoffe im Jahr 2001

A. Wicke

4.2.2.2.1 Berechnungsgrundlagen

Die Dosisberechnung erfolgte auf der Grundlage der monatlich bilanzierten Ableitungswerte der im Jahr 2001 zu berücksichtigenden Emittenten (s. Tab. 4-4). Für die Ausbreitungsrechnungen wurden die monatlichen Wetterstatistiken des Standorts verwendet. Die Teilkörper- und Effektivdosen wurden noch gemäß der „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 Verzehrgewohnheiten 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.

4.2.2.2.2 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.

4.2.2.2.3 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.

4.2.2.2.4 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 Einzel-emittenten überlagert und für alle Expositionspfade und Organe ermittelt werden.

Wegen der geringen Schwächung der Gammastrahlung in Luft kann bei der Berechnung der Gamma-Submersiondosis nicht so vorgegangen werden. Hier muss für jeden Aufpunkt die Gammadosis als Summe der Dosisbeiträge der im Raum verteilten Gamma-Aktivität berechnet werden. Für diesen Zweck wird das FORTRAN-Programm WOLGA angewandt. Es gibt die Gammadosis für einen beliebigen Aufpunkt in der Umgebung eines oder mehrerer Emittenten als Summe der Dosisbeiträge der Aktivität im Raum an. Diese Berechnung wird unter Berücksichtigung der Gamma-Energien der dosisrelevanten Radionuklide durchgeführt.

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

4.2.2.2.5 Einteilung der radioaktiven Emissionen in Nuklidgruppen und Einzelnuklide

Zur Dosisberechnung ist es erforderlich, für die in Kap. 4.2.1 angegebenen Nuklidgruppen Leitnuklide oder charakteristische Nuklidgemische festzulegen. Die erforderlichen anlagenspezifischen Festlegungen wurden für das Jahr 2001 überprüft und aktualisiert.

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

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

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

Die Analysen von Filtern zeigten, dass bei der Mehrzahl der Institute Pu-239 als Leitnuklid gelten kann. Ausnahmen bilden folgende Institute, bei denen aufgrund bekannter Restkontaminationen oder vom Umgang her bestimmte Leitnuklide 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 Leitnuklide 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
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 und der Synchrotronstrahlenquelle ANKA das Edelgas Ar-41. Bei den Ableitungen des Zyklotrons (HZY-KIZ und HZY-KAZ, Bau 351) wurde das kurzlebige Aktivierungsgas N-13 als Leitnuklid zugrundegelegt. Bei der WAK setzt sich die Edelgasableitung zu gleichen Teilen aus Kr-87 und Kr-88 zusammen.
- Nuklidgruppe I: Radioaktive Iodisotope
Die Dosisberechnung wurde mit allen bilanzierten Iodisotopen durchgeführt. Dabei wurde konservativerweise eine Ableitung in elementarer Form angenommen.
- Tritium
Grundsätzlich wird angenommen, dass Tritium als tritiiertes Wasser bzw. Wasserdampf (HTO) abgeleitet wird. Wird H-3 in Form von HT emittiert, wird in der Regel konservativerweise ebenfalls eine Ableitung in vollständig oxidierter 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.

4.2.2.2.6 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. 4-4 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. 4-9 aufgeführten maximalen rechnerischen Beiträge zur effektiven Dosis.

Die Gesamtdosis hat sich gegenüber dem Vorjahr nicht wesentlich verändert. Vershoben haben sich allerdings die relativen Beiträge der verschiedenen Expositionspfade. So ist der Dosisbeitrag „Ingestion“ deutlich zurückgegangen, wohingegen – bedingt durch die erhöhten radioaktiven Ableitungen des Zyklotrons – die „Gammasubmersion“ sich etwa verdoppelt hat.

Expositionspfad	maximale effektive Dosis	
	für Kleinkinder	für Erwachsene
Inhalation	0,01 μSv^*	0,01 μSv^{**}
Ingestion	0,21 μSv^*	0,14 μSv^{**}
Gammasubmersion	0,93 μSv	0,78 μSv
Gammabodenstrahlung	0,003 μSv	0,002 μSv
Summe über alle Expositionspfade	1,2 μSv	0,9 μSv

Tab. 4-9: Maximale rechnerische Effektivdosen in der Umgebung des Forschungszentrums Karlsruhe aufgrund der radioaktiven Ableitungen mit der Fortluft im Jahr 2001 (70*- bzw. 50**- Jahre Folgedosis)

Körperbereich	maximale Teilkörper- und Effektivdosen in μSv für Kleinkinder					
	Inhalation*	Ingestion*	Gamma-submersion	Gamma-bodenstrahlung	Beta-submersion	Summe
Keimdrüsen	0,007	0,20	0,93	0,003	-	1,1
Brust	0,006	0,20	0,93	0,004	-	1,1
Rotes Knochenmark	0,011	0,20	0,93	0,003	-	1,1
Lunge	0,009	0,20	0,93	0,003	-	1,1
Schilddrüse	0,012	1,3	0,93	0,003	-	2,3
Knochenoberfläche	0,07	0,21	0,93	0,004	-	1,2
Haut ¹	0,006	0,20	0,93	0,004	2,7	3,8
Sonstige	< 0,04	< 0,4	0,93	< 0,004	-	< 1,4
effektive Dosis	0,010	0,21	0,93	0,003	-	1,2
ungünstigste Einwirkungsstelle ²	-495/285	390/680	-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 (s. Abb. 4-2)

Tab. 4-10: Körperdosen für Kleinkinder (*70-Jahre-Folgedosis) durch die radioaktiven Ableitungen mit der Fortluft des Forschungszentrums Karlsruhe im Jahr 2001, ungünstigste Einwirkungsstellen

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. 4-10 und Tab. 4-11 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. 4-7 in Form von Isodosislinien dargestellt. Obwohl die in den Tab. 4-10 und Tab. 4-11 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 für Kleinkinder und Erwachsene enthalten Tab. 4-12 und Tab. 4-13.

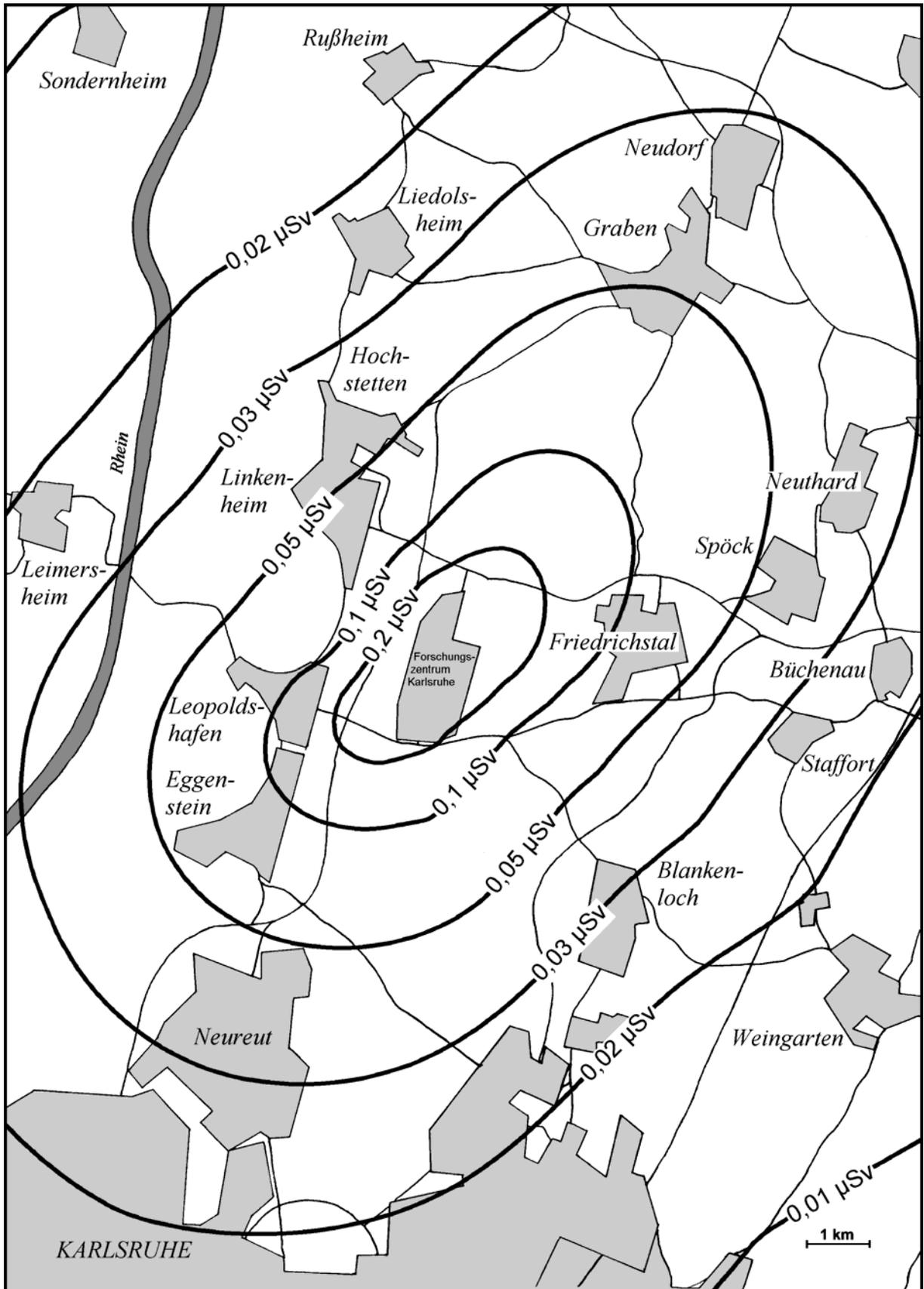


Abb. 4-7 Effektivdosen für Erwachsene in der Umgebung des Forschungszentrums Karlsruhe, 50-Jahre-Folgedosis aufgrund der radioaktiven Ableitungen mit der Fortluft im Jahr 2001

Körperbereich	maximale Teilkörper- und Effektivdosen in µSv für Erwachsene					
	Inhalation*	Ingestion*	Gamma-submersion	Gamma-bodenstrahlung	Beta-submersion	Summe
Keimdrüsen	0,009	0,13	0,78	0,002	-	0,9
Brust	0,008	0,12	0,78	0,003	-	0,9
Rotes Knochenmark	0,014	0,13	0,78	0,002	-	0,9
Lunge	0,010	0,12	0,78	0,003	-	0,9
Schilddrüse	0,009	1,35	0,78	0,003	-	2,1
Knochenoberfläche	0,11	0,15	0,78	0,003	-	1,0
Haut ¹	0,008	0,13	0,78	0,003	2,7	3,6
Sonstige	< 0,03	< 0,2	0,78	< 0,003	-	< 1,0
effektive Dosis	0,012	0,14	0,78	0,003	-	0,9
ungünstigste Einwirkungsstelle ²	-495/285	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 (s. Abb. 4-2)

Tab. 4-11: Körperdosen für Erwachsene (*50-Jahre-Folgedosis) durch die radioaktiven Ableitungen mit der Fortluft des Forschungszentrums Karlsruhe im Jahr 2001, 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	1,18	0,015	0,002	-	1,2
Knochenoberfläche	0,040	0,016	0,015	0,003	-	0,07
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	0,040	0,015	0,002	-	0,06
ungünstigste Einwirkungsstelle ²	520/1485	420/1470	0/1290	420/1470	520/1485	-

¹ gemäß Anlage X StrlSchV kein Beitrag zur effektiven Dosis

² x/y-Koordinaten im m, bezogen auf den ehemaligen FR2-Kamin (s. Abb. 4-2)

Tab. 4-12: Körperdosen für Kleinkinder (*70-Jahre-Folgedosis) durch die radioaktiven Ableitungen mit der Fortluft der WAK im Jahr 2001, 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	0,010	0,013	0,001	-	0,03
Lunge	0,001	0,001	0,013	0,001	-	0,02
Schilddrüse	0,002	1,27	0,013	0,002	-	1,29
Knochenoberfläche	0,060	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	0,042	0,013	0,002	-	0,06
ungünstigste Einwirkungsstelle ²	520/1485	420/1470	0/1290	420/1470	520/1485	-

¹ gemäß Anlage X StrlSchV kein Beitrag zur effektiven Dosis

² x/y-Koordinaten im m, bezogen auf den ehemaligen FR2-Kamin (s. Abb. 4-2)

Tab. 4-13: Körperdosen für Erwachsene (*50-Jahre-Folgedosis) durch die radioaktiven Ableitungen mit der Fortluft der WAK im Jahr 2001, ungünstigste Einwirkungsstellen

Aus den Emissionen aller Emittenten im Jahr 2001 ergibt sich rechnerisch eine mittlere Effektivdosis für eine erwachsene Person der Bevölkerung im Umkreis von 5 km Radius um das Forschungszentrum von 0,02 μSv und von 0,001 μSv für einen Umkreis von 20 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 (neu).

4.2.2.3 Berechnung der potenziellen Strahlenexposition bei Ausschöpfung der im Abluftplan 2002 aufgeführten zulässigen Emissionswerte

A. Wicke

Auflagenbedingt sind die Ableitungen radioaktiver Stoffe aus genehmigungsbedürftigem Umgang aus Einrichtungen des Forschungszentrums Karlsruhe so zu begrenzen, dass an keiner Stelle in der Umgebung Strahlenexpositionen auftreten können, die 2/3 der jeweiligen Grenzwerte nach § 47 StrlSchV für die effektive Dosis und für die Teilkörperdosen überschreiten. Dementsprechend sind zulässige Ableitungswerte für Nuklide und Nuklidgruppen der jeweiligen Emittenten im sog. „Abluftplan“ festgelegt (vgl. Kap. 4.2.1/Vorspann). Gegenüber den in Tab. 4-4 aufgeführten zulässigen Jahreswerten wurden für das Jahr 2002 folgende Änderungen vorgenommen (Tab. 4-14):

Emittent	Zulässige Ableitung 2001	Zulässige Ableitung 2002
HZY-KIZ Bau 351	-	$A_{AK}: 1 \cdot 10^5 \text{ Bq}$
	-	$A_{AL}: 1 \cdot 10^5 \text{ Bq}$
HZY-KAZ Bau 351	$A_{BL}: 1 \cdot 10^8 \text{ Bq}$	-
ANKA Bau 349	$E/G_K: 3 \cdot 10^{11} \text{ Bq}$	-
HDB Bau 533/534	Emittent wurde 2001 stillgelegt	
HDB 536 Verbrennung	I-129: $4 \cdot 10^8 \text{ Bq}$	I-129: $3 \cdot 10^8 \text{ Bq}$
HVT-HZ Bau 702/709	H-3: $2 \cdot 10^{14} \text{ Bq}$	H-3 : $1 \cdot 10^{14} \text{ Bq}$
	$A_{BL} : 1 \cdot 10^{10} \text{ Bq}$	$A_{BL} : 1 \cdot 10^9 \text{ Bq}$
ITC-CPV Bau 721/22/24	I-129: $3 \cdot 10^6 \text{ Bq}$	-
ITC-CPV Bau 725	I-129: $3 \cdot 10^6 \text{ Bq}$	-
ITU Bau 802/6/7	$A_{AK}: 3,2 \cdot 10^{11} \text{ Bq}$	$A_{AK}: 3,2 \cdot 10^{10} \text{ Bq}$
	H-3: $1 \cdot 10^{11} \text{ Bq}$	H-3: $1 \cdot 10^{12} \text{ Bq}$
WAK 1503/32/33	$A_{BL} : 7,4 \cdot 10^9 \text{ Bq}$	$A_{BL} : 3,7 \cdot 10^9 \text{ Bq}$

Tab. 4-14: Änderungen der zulässigen Jahresableitungen im Abluftplan 2002

Gemäß Rechenvorschrift werden als sog. „Vorbelastung“ die genehmigten Ableitungen der nächstgelegenen kerntechnischen Einrichtung, hier die des Kernkraftwerks Philippsburg, in die Dosisberechnung einbezogen.

Der Rechenweg folgt im Wesentlichen dem der in Kap. 4.2.2.2 dargelegten Diagnoserechnung, mit folgenden Unterschieden:

- Als Emissionsdaten werden die im Abluftplan 2002 aufgeführten Werte für die zulässigen Jahresableitungen aller Emittenten der Forschungszentrum verwendet
- Für die Ausbreitungsrechnung wird die langjährige Wetterstatistik des Standortes von 1973 bis 1987 zugrundegelegt
- Die Dosisberechnung erfolgt mit den neuen Dosiskoeffizienten aus dem Bundesanzeiger vom 23. Juli 2001, jeweils mit dem konservativen Datensatz
- Berechnung für sechs Altersgruppen mit den in der StrlSchV in Anlage VII genannten Expositionspfaden, Verzehr- und Atemraten

Für die numerische Berechnung kommen die Prognoseversionen der FORTRAN-Programme EFFDOS, ISOLA und - für die Berechnung der Gammasubmersion - WOLGA zum Einsatz.

Ergebnisse

Mit den oben beschriebenen Vorgaben wurden für alle sechs Altersgruppen die unten aufgeführten Körperdosen und die Effektivdosis an den ungünstigsten Einwirkungsstellen für die Expositionspfade Inhalation, Ingestion, Gammabodenstrahlung und Gammasubmersion berechnet. Es handelt sich dabei um Körperdosen, die zusätzlich zur natürlichen Strahlung potenziell an einem gegebenen Ort verursacht werden können.

Über alle Expositionspfade summiert ergibt sich für Erwachsene als Effektivdosis ein Rechenwert von rd. 110 μSv (Tab. 4-15). Dieser Wert liegt - bedingt durch die Vorgaben der neuen Strahlenschutzverordnung - rd. 40 % über den Vorjahreswerten.

Altersgruppe	Potenzielle Effektivdosen, μSv					
	Inhalation*	Ingestion*	Gamma-Boden-Strahlung	Gamma-Submersion	Summe	Verhältnis Summe zu Grenzwert
0 - \leq 1 Jahr	3,8	109	18	5,6	137	45,7 %
>1 - \leq 2 Jahre	6,3	102	17	5,2	131	43,7 %
>2 - \leq 7 Jahre	8,2	97	15	4,6	126	42,0 %
>7 - \leq 12 Jahre	13	96	13	4,0	126	42,0 %
>12 - \leq 17 Jahre	17	92	12	3,5	125	41,5 %
>17 Jahre	21	75	11	3,0	110	36,6 %

* 70-Jahre-Folgedosis für Kinder und Jugendliche, 50-Jahre-Folgedosis für Erwachsene

Tab. 4-15: Potenzielle Effektivdosen, berechnet auf der Grundlage des Abluftplans 2002

Die potenziell höchstbelastete Altersgruppe ist die der Kleinkinder (Altersgruppe \leq 1 Jahr). Dort beträgt die Effektivdosis rechnerisch 137 μSv (Tab. 4-15). Damit sind rd. 46 % des nach § 47 StrlSchV vorgegebenen Grenzwertes von 300 μSv ausgeschöpft.

Hinsichtlich der zu erwartenden Körperdosen ist unter Bezug auf die Grenzwerte nach § 47 StrlSchV das rote Knochenmark bei den Altersgruppen 0 bis 2 Jahre und über 12 Jahre das Gewebe mit dem höchsten relativen Dosisbeitrag. Für die Altersgruppen zwischen 2 und 12 Jahren ist die Schilddrüse das relativ höchstbelastete Organ (Tab. 4-16).

Altersgruppe	Potenzielle Dosiswerte für höchstbelastete Organ/Gewebe [#] , μSv					
	Inhalation*	Ingestion*	Gamma-Boden-Strahlung	Gamma-Submersion	Summe	Verhältnis Summe zu Grenzwert [#]
0 - \leq 1 Jahr	3,9	167	18	5,4	194	64,8 % (KM)
>1 - \leq 2 Jahre	5,6	103	17	5,1	131	43,6 % (KM)
>2 - \leq 7 Jahre	1,7	396	18	5,6	421	46,8 % (SD)
>7 - \leq 12 Jahre	2,3	477	15	4,8	499	55,5 % (SD)
>12 - \leq 17 Jahre	7,1	125	11	3,3	146	48,7 % (KM)
>17 Jahre	2,5	284	12	3,7	302	33,5 % (KM)

* 70-Jahre-Folgedosis für Kinder und Jugendliche, 50-Jahre-Folgedosis für Erwachsene

[#] KM: rotes Knochenmark, Dosisgrenzwert 300 μSv ; SD: Schilddrüse, Dosisgrenzwert 900 μSv

Tab. 4-16: Potenzielle Dosiswerte für das höchstbelastete Organ/Gewebe berechnet auf der Grundlage des Abluftplans 2002

Insgesamt wird an Hand der berechneten Dosiswerte gezeigt, dass in Einklang mit den Auflagen der Aufsichtsbehörde 2/3 der in § 47 der StrlSchV vorgegebenen Grenzwerte durch die im Abluftplan des Forschungszentrums Karlsruhe festgelegten und die für das Kernkraftwerk Philippsburg genehmigten Werte nicht überschritten werden.

4.2.2.4 Potenzielle Strahlenexposition durch den Abriss des Mehrzweckforschungsreaktors

A. Wicke

Beim Abriss des Mehrzweckforschungsreaktors (MZFR, Bau 901) wird aus den Strukturmaterialien Tritium in Form von HTO freigesetzt werden. Im ungünstigsten Fall werden innerhalb von zwölf Monaten $3 \cdot 10^{13}$ Bq Tritium bodennah emittiert.

Die Berechnung der radiologischen Folgen dieser Emission für die allgemeine Bevölkerung wurde auf der Grundlage der seit Juli 2001 rechtsgültigen Strahlenschutzverordnung neu abgeschätzt. Mit den Ausbreitungsparametern aus der Richtlinie zu § 47 StrlSchV – in der Entwurfsfassung vom Januar 2001 – und der langjährigen Wetterstatistik des Standortes errechnet sich mit dem Programm ISOLA als Langzeit-Ausbreitungsfaktor χ_G und Langzeit-Washoutfaktor W_G :

$$\chi_G = 1,9 \cdot 10^{-5} \text{ s/m}^3$$

$$W_G = 5,3 \cdot 10^{-9} \text{ m}^{-2}$$

Der Index G bezieht sich auf das Gesamtjahr. Die Langzeit-Ausbreitungs- und –Washoutfaktoren für das Sommerhalbjahr (Vegetationsperiode) unterscheiden sich für den Standort nur unwesentlich von denen des Gesamtjahres.

Die mit dem Fortran-Programm EFFDOS unter Verwendung der revidierten Verzehrsgewohnheiten bzw. Atemraten und den neuen Dosiskoeffizienten berechneten effektiven Folgedosen für die sechs Altersgruppen sind in Tab. 4-17 zusammengestellt.

Altersgruppe	Effektivdosis, μSv			Anteil Grenzwert § 47 StrlSchV
	Inhalation	Ingestion	Summe	
≤ 1 Jahr	1,3	34,4	35,7	11,9 %
$> 1 - \leq 2$ Jahre	1,6	27,8	29,4	9,8 %
$> 2 - \leq 7$ Jahre	1,8	23,4	25,2	8,4 %
$> 7 - \leq 12$ Jahre	2,4	19,4	21,8	7,3 %
$> 12 - \leq 17$ Jahre	2,4	15,7	18,1	6,0 %
> 17 Jahre	2,7	13,9	16,6	5,5 %

Tab. 4-17: Effektivdosen in der Umgebung des Forschungszentrums Karlsruhe durch den Abriss des Mehrzweckforschungsreaktors

Die Inhalationsdosis bezieht sich auf die Exposition während der Freisetzungsphase, die Ingestionsdosis auf das erste Jahr nach der Kontamination, wobei im Winterhalbjahr die Kontamination oberirdischer Pflanzenteile außer Betracht bleibt. Kann man den Ingestionspfad ausschließen, weil zum Beispiel kein Anbau von Nahrungsmitteln im Bereich der ungünstigsten

Einwirkungsstelle erfolgt, beschränkt sich Exposition auf die Inhalation und die potenzielle Strahlenexposition reduziert sich um etwa eine Größenordnung. Die übrigen Expositionspfade wie Gammabodenstrahlung und Gammasubmersion spielen keine Rolle, die Hautdosis durch Betasubmersion liegt in der Größenordnung von 10^{-9} μSv .

Gegenüber den Vorgaben der alten Strahlenschutzverordnung haben sich die Effektivdosen für Erwachsene nur leicht um ca. 9 % erhöht, für Kleinkinder (Altersgruppe > 1 bis ≤ 2 Jahre) dagegen mehr als verdoppelt.

4.2.3 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 nichtradioaktiver 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. 4-8). 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 (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. 4-8).

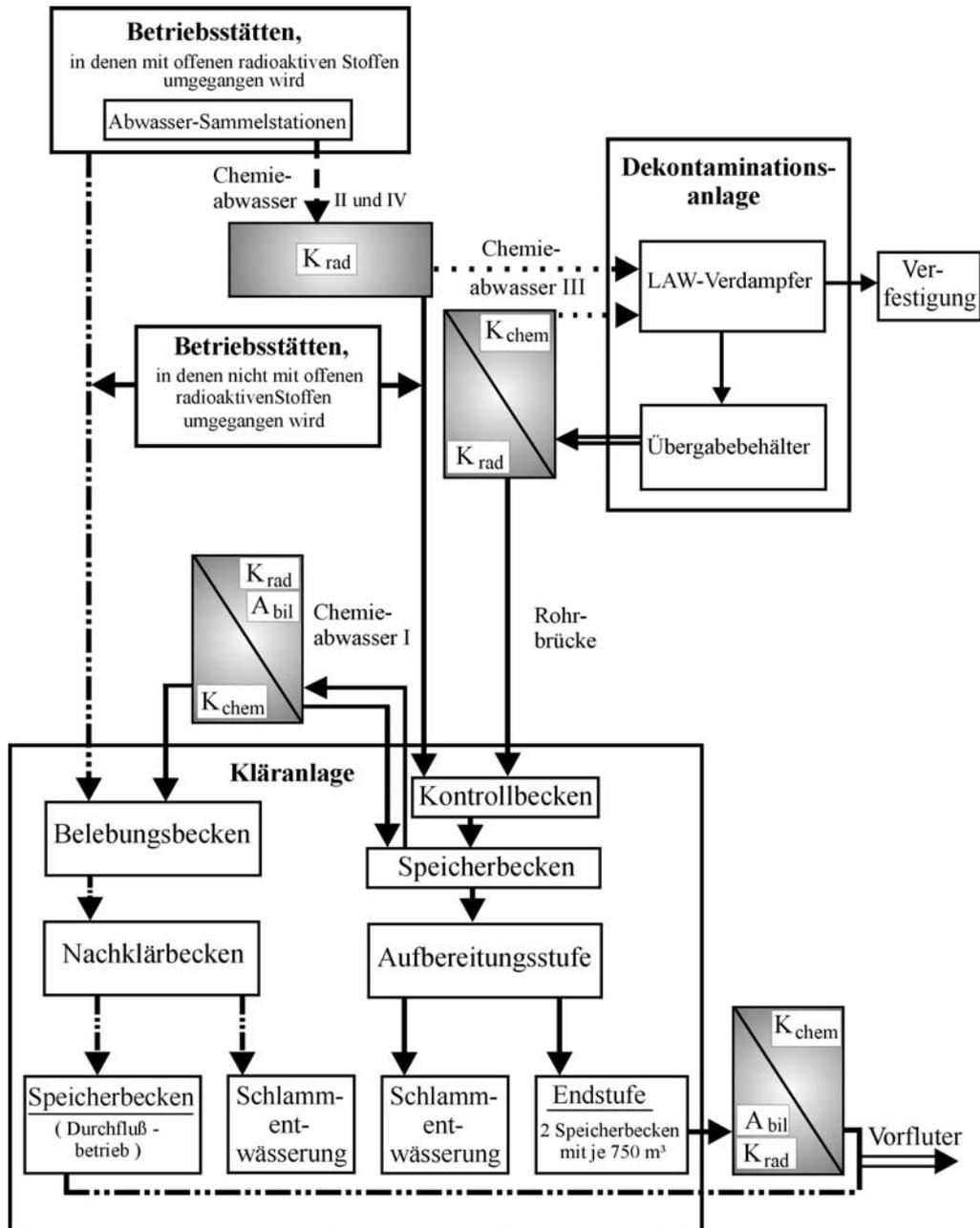


Abb. 4-8: Vereinfachtes Fließschema der Abwässer im Forschungszentrum Karlsruhe (K_{rad} : Kontrollmessung radioaktiver Stoffe; K_{chem} : Kontrollmessung nicht-radioaktiver Stoffe, A_{bil} : Bilanzierung der Ableitung radioaktiver Stoffe)

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 m^3 Fassungsvermögen gesammelt (s. Abb. 4-8).

Im gereinigten Abwasser werden die Konzentrationen der radioaktiven und bestimmter nicht-radioaktiver Stoffe ermittelt, und anhand der atomrechtlichen Genehmigung und der wasserrechtlichen Erlaubnis wird über die Ableitung entschieden. Über eine 2,9 km lange Rohrleitung gelangten die Abwässer bis zum April 2001 in den Rheinniederungskanal. Nach Fertigstellung eines Pufferbeckens mit Pumpwerk am Klärwerk der Gemeinde Eggenstein-Leopoldshafen wurden die Abwässer dann ab Mai – zusammen mit den geklärten Abwässern der Gemeinde – über eine weitere, 3,8 km lange Rohrleitung 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 Wochen-, 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.

4.3 Umgebungsüberwachung

M. Vilgis, A. Wicke, F. Milbich-Münzer, W. Bohn

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 km². Die meisten Mess- und Probenentnahmeorte liegen, wie in Abb. 4-10 dargestellt, innerhalb eines Kreises von ca. 6 km Radius um das Forschungszentrum Karlsruhe. Die Mess- und Probenentnahmeorte innerhalb des Forschungszentrums Karlsruhe sind in Abb. 4-11 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.

Im Mai 2001 trat mit Beginn der direkten Einleitung der gereinigten Abwässer des Forschungszentrums Karlsruhe in den Rhein ein geändertes Umgebungsüberwachungsprogramm in Kraft. Die Überwachungsmaßnahmen, die bis Ende 2001 entlang des bisherigen Vorfluters (Rheinniederungskanal) durchgeführt wurden, werden gesondert in Kap. 4.3.1.4 behandelt.

Insgesamt wurden im Jahr 2001 an ca. 600 Proben rund 1 000 Radioaktivitätsmessungen durchgeführt. Hinzu kommen 180 Messungen der Ortsdosis mit Thermolumineszenzdosimetern. Der größte Anteil der Proben entfällt auf die Überwachung der Umweltbereiche Luft (Aerosole) und Niederschlag (Abb. 4-9).

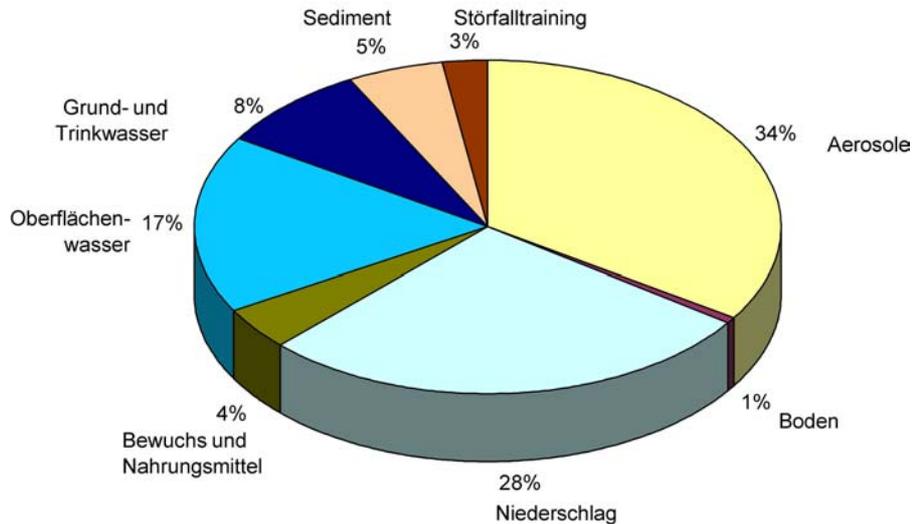


Abb. 4-9: Prozentuale Verteilung der Proben zur Umgebungsüberwachung, bezogen auf einzelne Umweltmedien

Das Routineüberwachungsprogramm zur Überwachung der Umgebung hat folgende Struktur:

Direktmessung der Strahlung

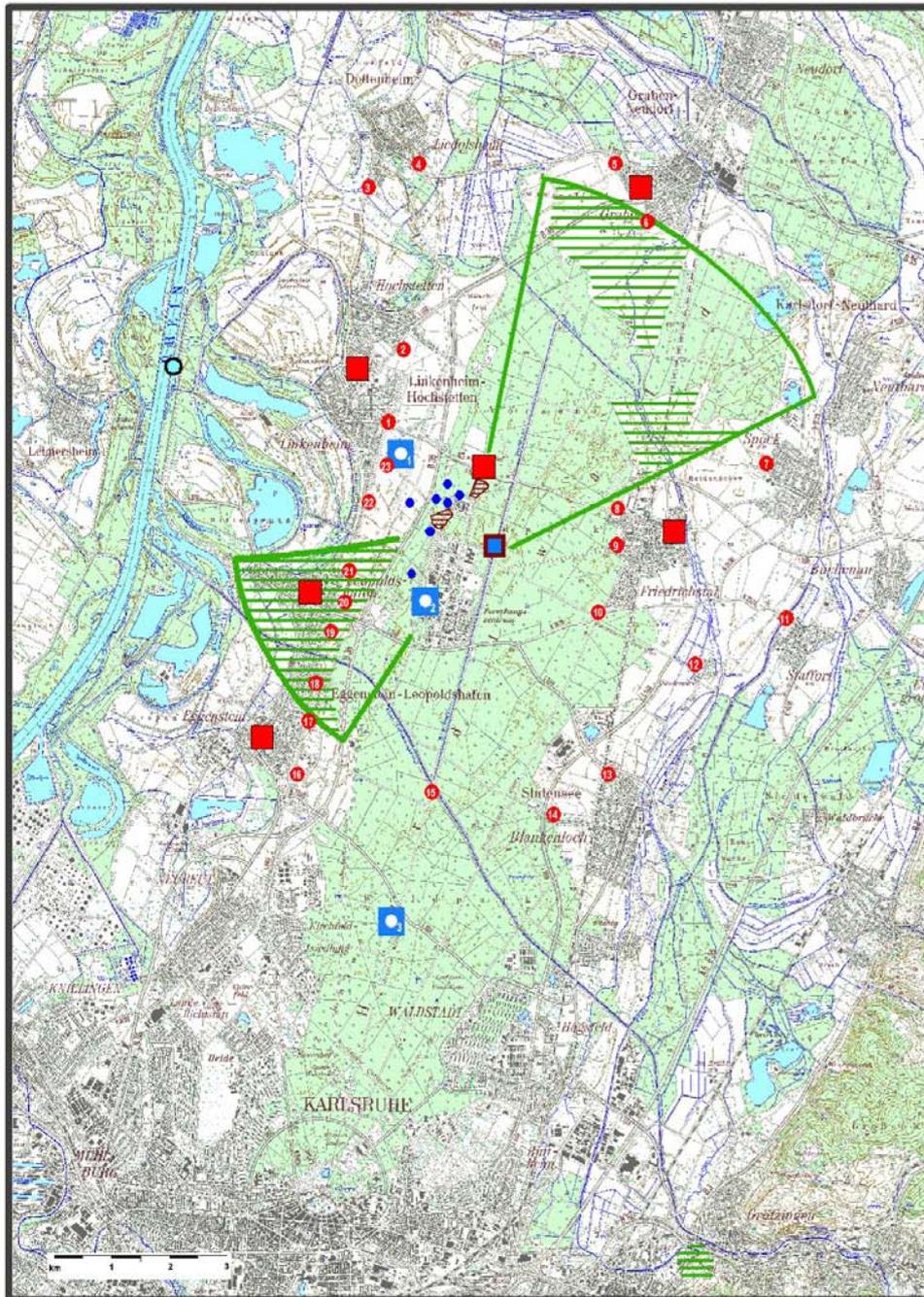
- Außenstationen
- Monitoranlage zur Überwachung des Betriebsgeländes
- Festkörperdosimeter

Messfahrten

- γ -Ortsdosisleistung
- Aerosole
- Bodenoberfläche
- Boden

Radioaktivitätsmessungen

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



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 = Lichtenheim, 2 = FZK Süd, 3 = Karlsruhe-Hardwald |  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. 4-10: Lageplan der Mess- und Probenentnahmestellen zur Umgebungsüberwachung außerhalb des Forschungszentrums Karlsruhe

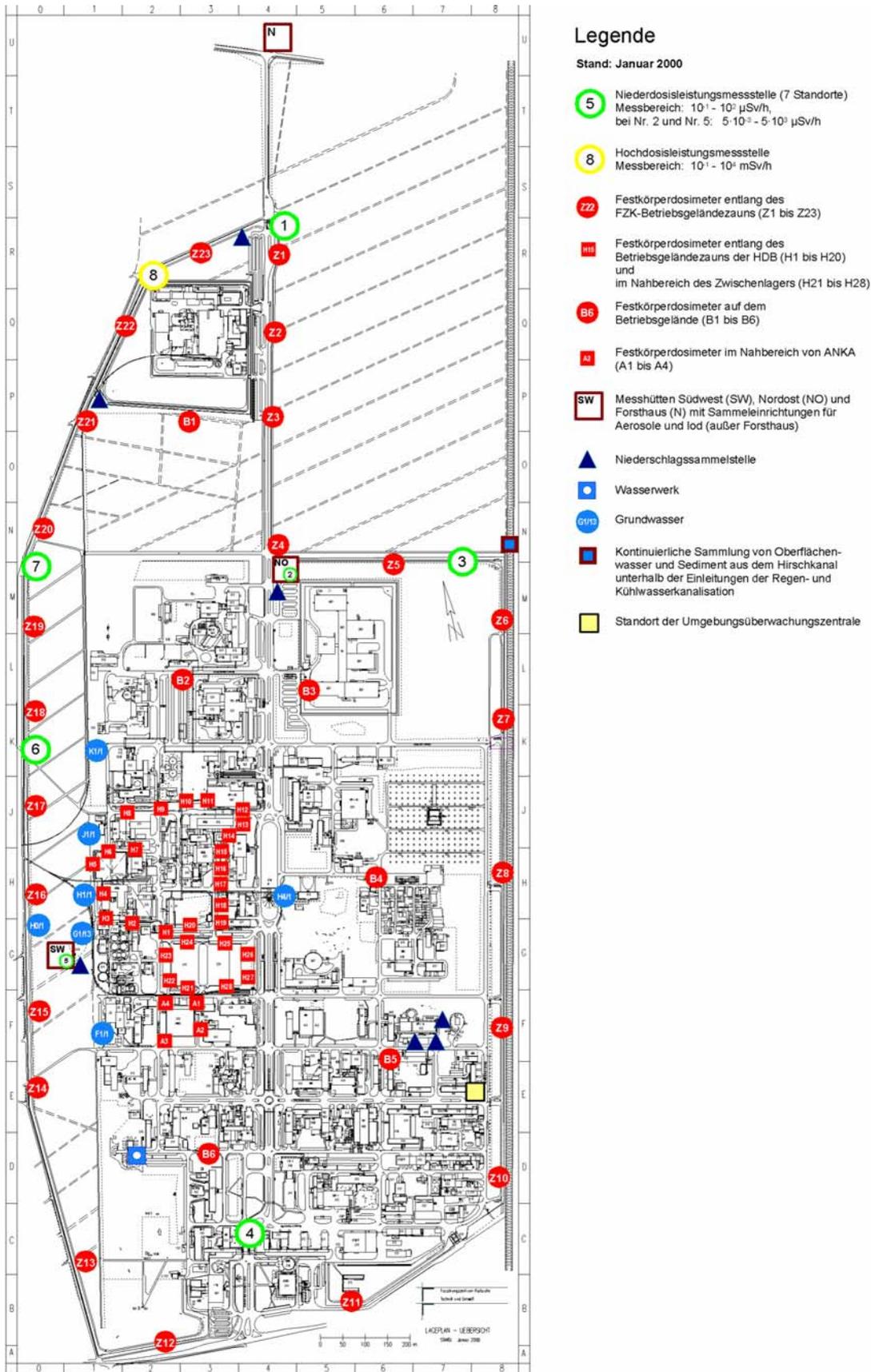


Abb. 4-11: Lageplan der Mess- und Probenentnahmestellen zur Umgebungsüberwachung innerhalb des Forschungszentrums Karlsruhe

4.3.1.1 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 2001 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).

In Abb. 4-12 sind die mittleren wöchentlichen im Jahr 2001 an den Außenstationen der nächstgelegenen Ortschaften und an der Station „Forsthaus“ dargestellt. Der Schwankungsbereich der Ortsdosisleistung lag zwischen 67 und 96 nSv/h. Die geringen Unterschiede des Strahlungspiegels werden im wesentlichen durch standortspezifische Parameter bestimmt. Die niedrigste Dosisleistung wird am „Forsthaus“ (einzelnes Gebäude, von Wald umgeben) gemessen.

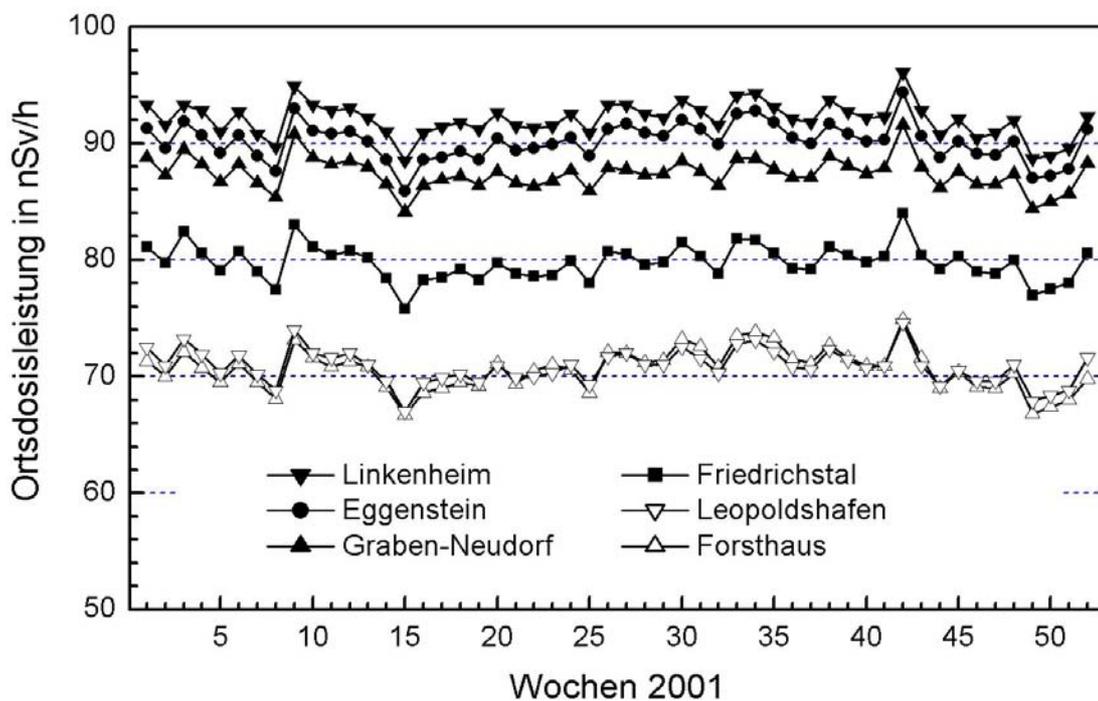


Abb. 4-12: Mittlere wöchentliche γ -Ortsdosisleistung im Jahr 2001 in den nächstgelegenen Ortschaften und am „Forsthaus“

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 $0,58$ bis $0,73 \text{ mSv/a}$, bei einem Mittelwert von $0,61 \text{ mSv/a}$ (s. Abb. 4-13). Die Messwerte der 23 Umgebungsdosimeter in den umliegenden Ortschaften reichten von $0,54$ bis $0,81 \text{ mSv/a}$, bei einem Mittelwert von $0,63 \text{ mSv/a}$. Der hier etwas größere Schwankungsbereich ist auf größere Unterschiede standortspezifischer Parameter zurückzuführen.

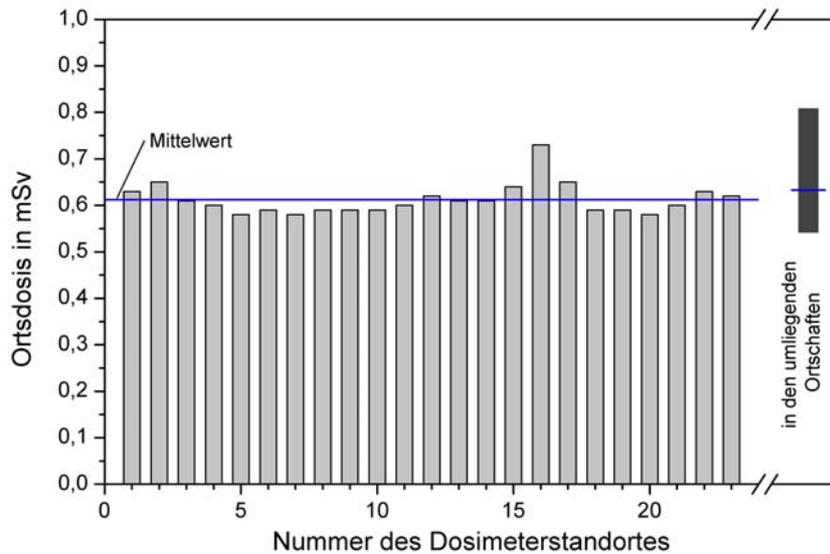


Abb. 4-13: Messwerte der Ortsdosismessungen entlang des Geländezaunes und Schwankungsbereich der Messwerte im Jahr 2001 in den umliegenden Ortschaften

4.3.1.2 Radioaktivitätsmessungen

Wöchentlich werden die Aerosolfilter, die in drei Messhütten kontinuierlich bestaubt werden, gewechselt. Zusätzlich zur Messung der langlebigen α - und β -Gesamtaktivität aller Einzelfilter erfolgen vierteljährlich γ -spektrometrische Untersuchungen und Plutoniumanalysen an Quartalsmischproben der Filter. Im Jahr 2001 lagen alle durch γ -Spektrometrie bestimmten Aktivitätskonzentrationen künstlicher Radionuklide unter der Nachweisgrenze (z. B. von $10 \mu\text{Bq}/\text{m}^3$ für Cs-137). Die Aktivitätskonzentration des natürlichen Radionuklids Be-7 schwankte zwischen $2,2$ und $4,8 \text{ mBq}/\text{m}^3$. Im ersten Quartal wurden an der Messhütte Forsthaus Spuren von Pu-239/240 in der Luft nachgewiesen. In allen anderen Quartalsproben lagen die Plutonium-Aktivitätskonzentrationen unterhalb der Erkennungsgrenze.

An insgesamt sieben Stellen auf dem Betriebsgelände des Forschungszentrums (s. Abb. 4-11) wird Niederschlag zur Überwachung auf Radioaktivität gesammelt. Eine weitere Sammelstelle in Durlach dient als Referenzstelle. Im Jahr 2001 betrug die über alle sieben Sammelstellen gemittelte Jahresniederschlagsmenge 785 mm . Im Niederschlag wurden bei der γ -spektrometrischen Analyse keine künstlichen Radionuklide nachgewiesen. Die Nachweisgrenze für Cs-137 lag bei $0,02 \text{ Bq}/\text{l}$. Die H-3-Aktivitätskonzentration schwankte zwischen der Nachweisgrenze von $2 \text{ Bq}/\text{l}$ und $60 \text{ Bq}/\text{l}$.

Tab. 4-18 enthält eine Übersicht über die Schwankungsbereiche der in den Jahren 2000 und 2001 gemessenen spezifischen Aktivitäten in Boden- und Sedimentproben. Aufgeführt sind außer dem natürlichen Radionuklid K-40 nur solche künstlichen Nuklide, für die in den Jahren 2000 und 2001 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. 4-11) und an einer Referenzstelle Proben bis zu einer Tiefe von 5 cm entnommen und anschließend im Labor gemessen. In den beiden Haupt-

ausbreitungssektoren bezüglich der Standorte der Abluftkamine im Forschungszentrum (grün umrandete Sektoren in Abb. 4-11) wurden von den Anbauflächen der überwachten Nahrungsmittel (siehe Tab. 4-19) 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. 4-18). Außerdem wurde die spezifische Aktivität im Boden an vier Stellen durch In-situ-Gammaspektrometrie ermittelt.

überwachtes Medium	Nuklid	spezifische Aktivität in Bq/kg Trockensubstanz			
		2001		2000	
		Minimum	Maximum	Minimum	Maximum
Boden (0-5 cm)	K-40	400	590	450	680
	Cs-134	< 0,31	< 0,49	0,25	< 0,35
	Cs-137	13	100	8,5	64
	Sr-90	1,8	3,8	2,0	3,6
	Pu-238	0,21	0,54	< 0,01	0,21
	Pu-239/240	0,37	1,7	0,09	1,0
Boden (0-20 cm)	K-40	510	510	510	570
	Co-60	< 0,22	< 0,24	< 0,31	< 0,31
	Cs-134	< 0,18	< 0,21	< 0,22	< 0,25
	Cs-137	7,8	21	6,5	15
Boden (In-situ-Gamma-Spektrometrie)	K-40	310	390	280	370
	Cs-134	< 2,1	< 2,3	< 2,0	< 2,2
	Cs-137	5,6	13	6,3	9,0
Sediment (Hirschkanal)	K-40	540	660	600	670
	Co-60	< 2,4	< 3,5	1,7	2,2
	Cs-134	< 2,1	< 2,8	< 2,1	< 2,2
	Cs-137	140	200	200	280
	Am-241	< 12	17	< 7,0	11

Tab. 4-18: Schwankungsbereiche der spezifischen Aktivität in Boden und Sediment

überwachtes Medium	Nuklid	spezifische Aktivität in Bq/kg Frischsubstanz			
		2001		2000	
		Minimum	Maximum	Minimum	Maximum
Wurzelgemüse	K-40	23	79	21	59
	Cs-137	< 0,02	< 0,03	< 0,02	< 0,04
	Sr-90	0,026	0,028	< 0,03	< 0,17
Getreide	K-40	93	110	93	100
	Cs-137	< 0,06	< 0,07	< 0,07	< 0,08
	Sr-90	0,50	0,52	0,45	0,49
Blattgemüse	K-40	42	71	22	120
	Cs-137	< 0,03	0,063	< 0,02	< 0,06
	Sr-90	0,10	0,15	0,21	0,43

Tab. 4-19: Schwankungsbereiche der spezifischen Aktivität in Nahrungsmitteln

Das Sediment aus dem Hirschkanal wird kontinuierlich in einem sogenannten Sedimentsammelkasten aufgefangen, der monatlich geleert wird. Die gemessene spezifische Cs-137-Aktivität war hierbei geringer als in den Vorjahren.

Die Kühl- und Regenwässer des Forschungszentrums werden über die Sandfänge 1 bis 6 in den Hirschkanal abgeleitet. Das Oberflächenwasser des Hirschkanals unterhalb von Sandfang 6 wird kontinuierlich beprobt. Die H-3-Aktivitätskonzentration lag unterhalb der Erkennungsgrenze von 1,5 Bq/l.

Eine Übersicht über die Schwankungsbereiche der in den Jahren 2000 und 2001 gemessenen spezifischen Aktivitäten in Nahrungsmitteln gibt Tab. 4-19. Aufgeführt wurden nur solche künstlichen Nuklide, für die in den Jahren 2000 und 2001 mindestens ein Messergebnis über der Erkennungsgrenze lag. Die untersuchten landwirtschaftlichen Produkte wurden in den beiden Hauptausbreitungssektoren angebaut.

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 2001 zwischen der Nachweisgrenze (4 Bq/l) und 47 Bq/l. Insgesamt sind die Werte weiter rückläufig.

Die H-3-Aktivitätskonzentrationen von Grund- und Trinkwasser aus den Wasserwerken Tiefgestade, Linkenheim, des Forschungszentrums und der Referenzstelle Karlsruhe-Hardtwald lagen unterhalb der Erkennungsgrenze von 1,5 Bq/l. Somit liegen die Messwerte der überwachten Wasserwerke wieder auf dem allgemeinen Niveau der Referenzstelle (s. Abb. 4-14). 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.

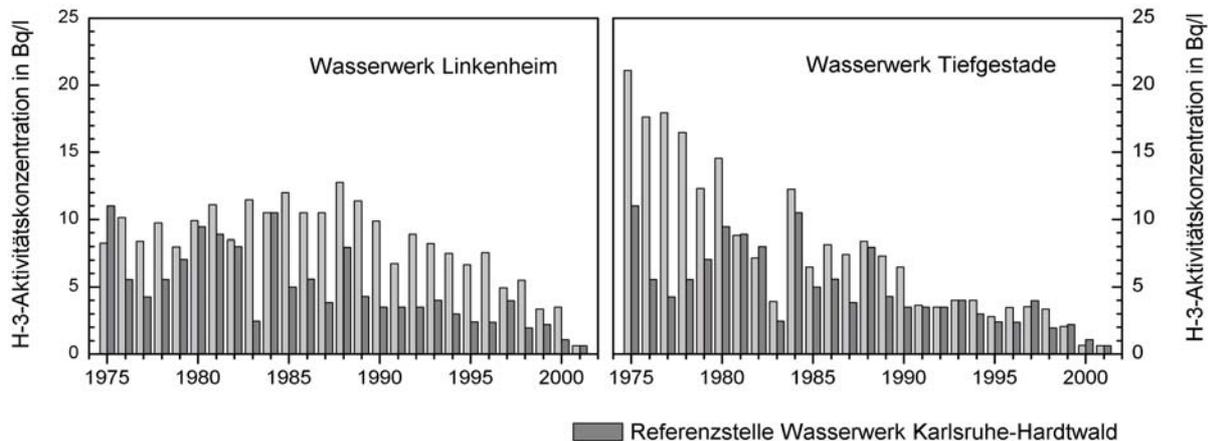


Abb. 4-14: Verlauf der H-3-Aktivitätskonzentration im Trinkwasser aus benachbarten Wasserwerken von 1975 bis 2001

4.3.1.3 Messfahrten

Im Rahmen des Störfalltrainingsprogramms werden monatliche Messfahrten zu wechselnden Mess- und Probenentnahmeorten durchgeführt. Die in der Zentralzone (Abb. 4-15) anzufahrenen 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.

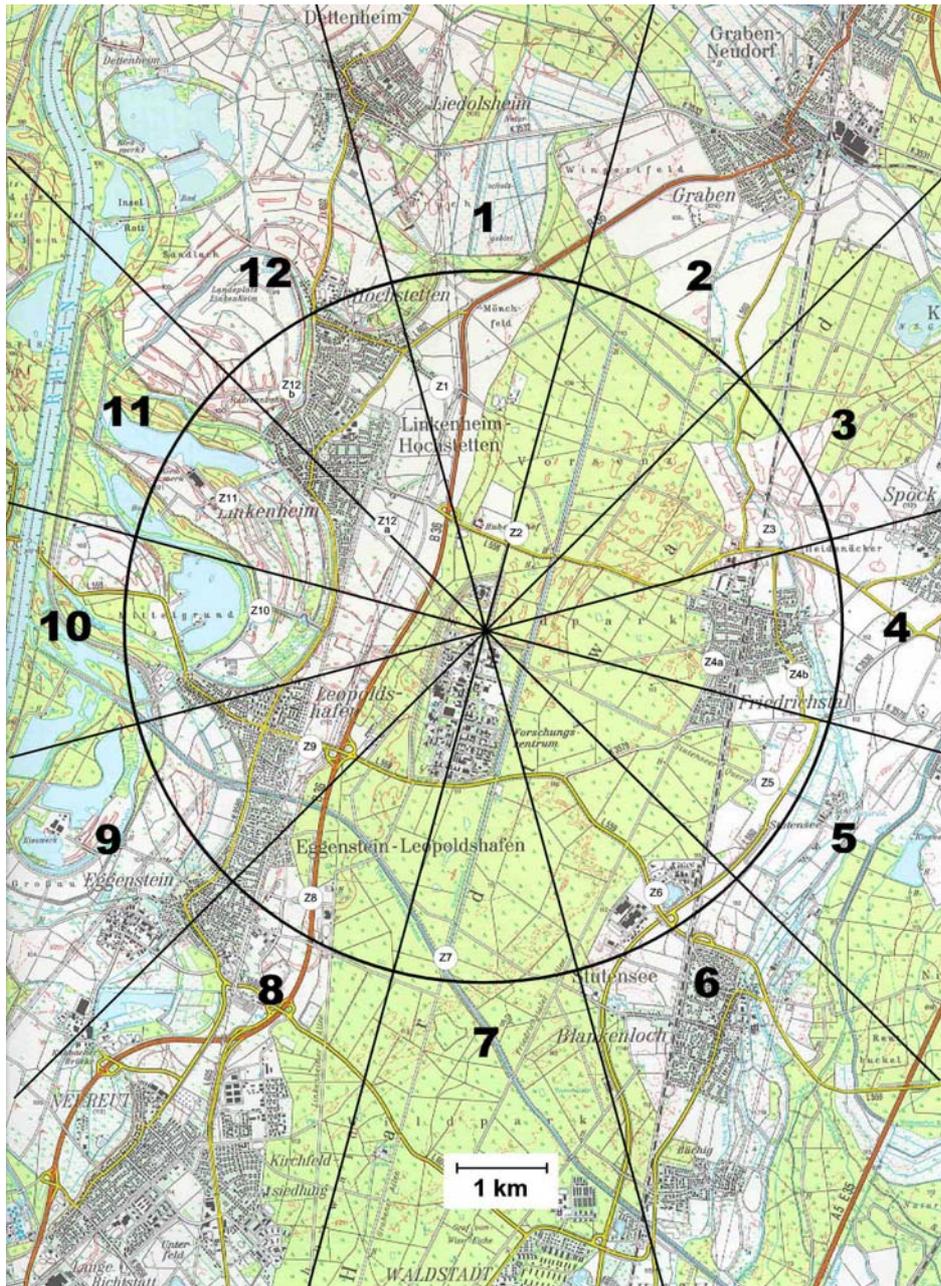


Abb. 4-15: Mess- und Probenentnahmeorte in den Sektoren der Zentralzone gemäß dem Katastropheneinsatzplan des Regierungspräsidiums Karlsruhe

4.3.1.4 Radioaktivitätsmessungen entlang des Rheinniederungskanals

Bis zum Beginn der Einleitung der gereinigten Abwässer aus dem Forschungszentrum in den Rhein (Mai 2001) war auch der Bereich entlang des als Vorfluter genutzten Rheinniederungskanals (RNK) im Routineüberwachungsprogramm enthalten. Dazu gehörten Probenentnahmen der Umweltmedien Oberflächenwasser und Sediment aus dem Rheinniederungskanal, Oberflächenwasser angrenzender, zum Teil mit dem RNK direkt verbundener Baggerseen und Tümpel, sowie von Grundwasser aus Eigenwasserversorgungen nahe des Verlaufs des Rheinniederungskanals. Die routinemäßigen Überwachungsmaßnahmen wurden eingestellt und durch ein Ergänzungsprogramm bis Ende des Jahres 2001 abgeschlossen.

Unterhalb der Einleitungsstelle der gereinigten Abwässer des Forschungszentrums in den Rheinniederungskanal wurden kontinuierlich Wasserproben gesammelt. Die Wochenwerte der H-3-Aktivitätskonzentration schwankten im Zeitraum von Januar bis Mai 2001 zwischen 2 und 180 Bq/l. Die Jahresmittelwerte der H-3-Aktivitätskonzentration im Rheinniederungskanal sind seit dem Jahr 1985 rückläufig (Abb. 4-16). Im Jahr 2001 lag der Mittelwert mit 24 Bq/l bei 0,5 % des Wertes von 1985. Die H-3-Aktivitätskonzentrationen der Proben, die nach Beendigung der Einleitungen genommen wurden, lagen alle unterhalb der Erkennungsgrenze.

Vierteljährlich werden außerdem vier Baggerseen und zwei kleinere Gewässer beprobt, die zum Teil eine direkte Verbindung zum Rheinniederungskanal haben. Ihre H-3-Aktivitätskonzentrationen schwankten im Jahr 2001 zwischen 2 und 42 Bq/l.

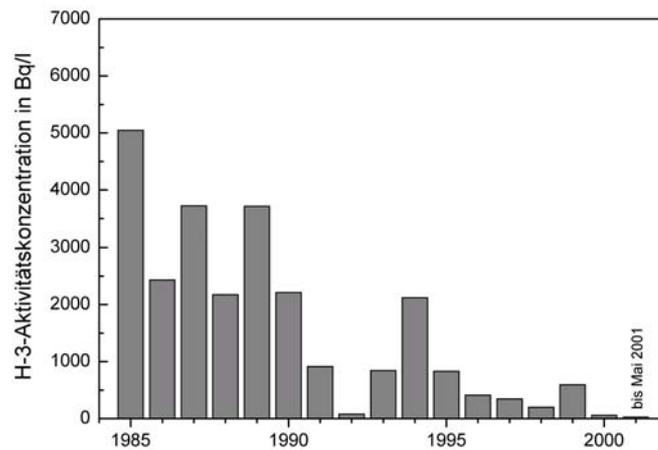


Abb. 4-16: Jahresmittelwerte der H-3-Aktivitätskonzentration im Rheinniederungskanal

Unterhalb der Einleitungsstelle für gereinigte Abwässer wurde kontinuierlich Sediment in einem sogenannten Sedimentsammelkasten aufgefangen, der monatlich geleert wurde. Oberhalb der Einleitungsstelle wurden zum Vergleich Stichproben entnommen. Die gemessene spezifische Pu-Aktivität war geringer als im Vorjahr (Tab. 4-20). Die spezifische Cs-Aktivität war unterhalb und oberhalb der Einleitungsstelle, wie auch in den Vorjahren, nahezu gleich.

überwachtes Medium	Nuklid	spezifische Aktivität in Bq/kg Trockensubstanz			
		2001		2000	
		Minimum	Maximum	Minimum	Maximum
Sediment (Rheinniederungskanal unterhalb Einleitung)	K-40	380	390	330	420
	Cs-134	< 1,3	< 2,4	< 1,5	< 2,2
	Cs-137	21	27	33	35
	Pu-238	0,05	0,05	0,13	0,29
	Pu-239/240	0,21	0,25	0,36	0,53
Sediment (Rheinniederungskanal oberhalb Einleitung)	K-40	400	410	380	460
	Cs-134	< 1,0	< 1,6	< 0,8	< 2,6
	Cs-137	4,2	52	2,2	25

Tab. 4-20: Schwankungsbereiche der spezifischen Aktivität im Sediment aus dem Rheinniederungskanal (oberhalb und unterhalb der Einleitungsstelle)

Im Grundwasser aus Trinkwassereigenversorgungen von den Standorten der Aussiedlerhöfe in der Nähe des Rheinniederungskanals (siehe Abb. 4-16) bei Liedolsheim (G) und zwischen Rußheim und Rheinsheim (Abb. 4-17, A und B) wird vierteljährlich die H-3-Aktivitätskonzentration bestimmt. Die H-3-Aktivitätskonzentrationen schwankten im Jahr 2001 zwischen der Nachweisgrenze und 65 Bq/l. Bei den Aussiedlerhöfen A und B ist die H-3 Aktivitätskonzentration gegenüber den Vorjahren weiter gesunken (Abb. 4-17). Die Werte des Aussiedlerhofes G lagen unterhalb der Erkennungsgrenze (Messungen seit 1993).

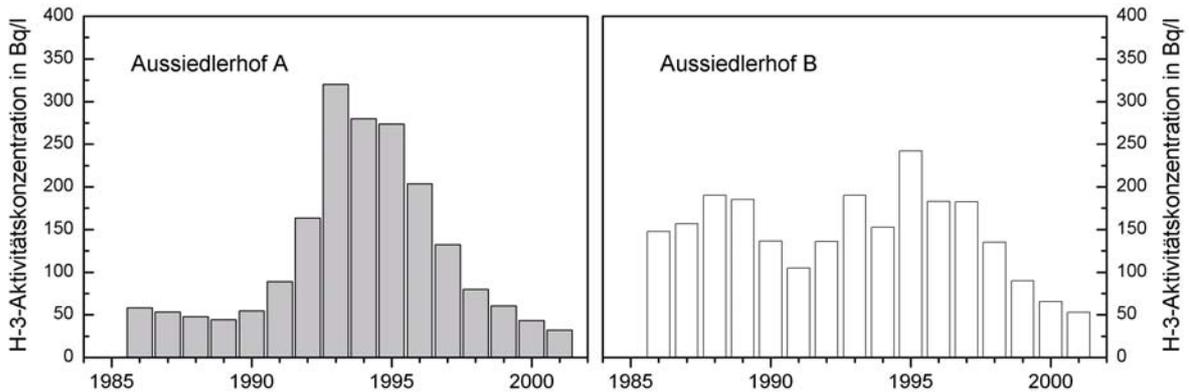


Abb. 4-17: Verlauf der H-3-Aktivitätskonzentration im Grundwasser von Trinkwassereigenversorgungen entlang des Rheinniederungskanals von 1986 bis 2001

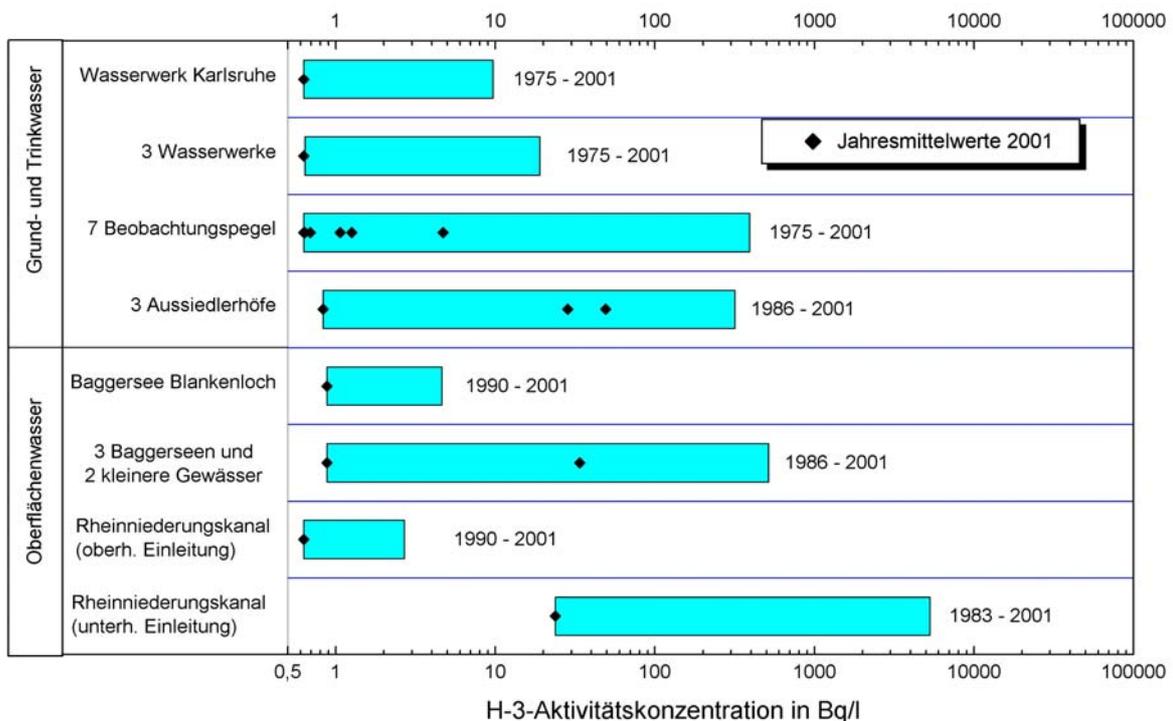


Abb. 4-18: Schwankungsbereiche der Jahresmittelwerte der H-3-Aktivitätskonzentration von Grund- und Trinkwasser und Oberflächenwasser

Die horizontalen Balken in Abb. 4-18 zeigen die Schwankungsbereiche der Jahresmittelwerte der H-3-Aktivitätskonzentration der Wasserarten von Probenentnahmestellen im Bereich des Rheinniederungskanals. Da die Probenentnahmestellen zu unterschiedlichen Zeitpunkten in das

Umgebungsüberwachungsprogramm aufgenommen wurden, ist jeweils der Zeitraum, für den die Werte dargestellt sind, angegeben. Für fast alle Wasserarten ist gegenüber dem Vorjahr ein Rückgang der Werte festzustellen. Der Jahresmittelwert im Rheinniederungskanal unterhalb der Abwassereinleitungsstelle war im Jahr 2001 deutlich niedriger als im Vorjahr.

4.3.1.5 Ableitung radioaktiver Stoffe mit dem Abwasser 2001

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 Wochen-, Monats- und Quartalsmischproben vereinigt und am Ende des Sammelzeitraumes analysiert. Neben den Gesamtaktivitätsmessungen werden auch nuklidspezifische Messungen mittels Gamma-Spektroskopie durchgeführt. Bei Monats- bzw. Quartalsmischproben werden diese Messungen durch eine chemische Aufbereitung der Proben zur getrennten Bestimmung der Konzentration von Strontium- und Plutoniumisotopen sowie von C-14 und S-35 ergänzt.

In Tab. 4-21 sind die anhand von Monatsmischproben ermittelten Gesamtableitungen radioaktiver Stoffe für 2001 wiedergegeben. Zum Vergleich sind die Vorjahreswerte und die Genehmigungswerte für Einzelnuklide 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 (0,015 in 2001).

Radionuklid	Genehmigungswerte J_n für die Aktivitäts- abgaben in Bq/a	bilanzierte Ableitungen in Bq/a	
		2001	2000
H-3	8,0 E+13	6,9 E+11	1,5 E+12
Na-22	2,0 E+10	2,4 E+04	8,3 E+04
Mn-54	2,0 E+10	3,4 E+04	0
Co-57	2,0 E+10	1,9 E+06	0
Co-60	1,0 E+09	1,5 E+05	0
Sr-89	9,0 E+10	1,0 E+06	0
Sr-90	3,0 E+09	1,1 E+07	1,2 E+07
Cs-137	3,0 E+09	5,4 E+06	1,4 E+07
Pu-238	5,0 E+08	5,0 E+04	9,8 E+04
Pu-241	2,0 E+10	2,1 E+06	1,1 E+06
aus dem Forschungs- zentrum abgeleitete Chemieabwasser- menge in m ³	-	41.700	38.800

Tab. 4-21: 2001 aus dem Forschungszentrum Karlsruhe abgeleitete Abwassermenge und -aktivität sowie Genehmigungswerte gemäß atomrechtlicher Genehmigung (Januar bis April Einleitung in den Rheinniederungskanal, Mai bis Dezember Einleitung in den Rhein, siehe Kap. 4.3.1.7)

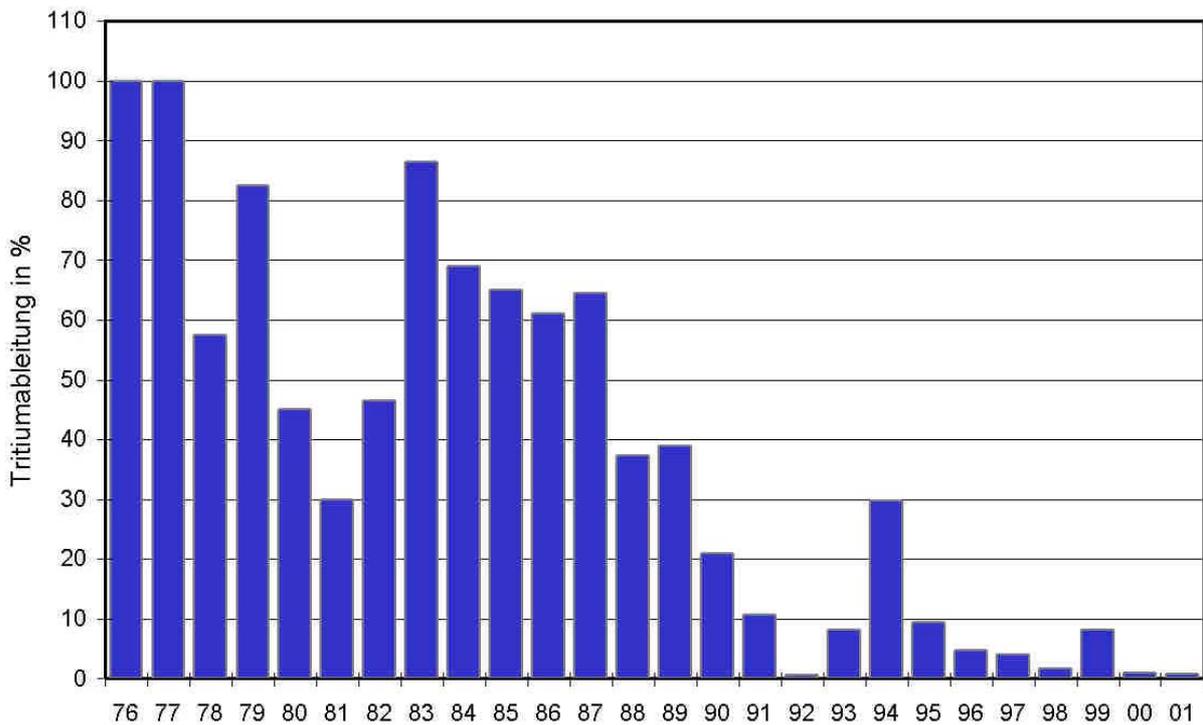


Abb. 4-19: Entwicklung der mit dem Abwasser aus dem Forschungszentrum Karlsruhe jährlich abgeleiteten Tritiumaktivität seit 1976 (1976 = 100 %)

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 26 Jahren in den Vorfluter abgeleiteten Tritiumaktivität gibt Abb. 4-19.

4.3.1.6 Ableitung nichtradioaktiver Stoffe mit dem Abwasser im Jahr 2001

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. 4-22 sind die bilanzierten Ableitungen mit dem Chemieabwasser und dem häuslichen Abwasser sowie in Tab. 4-23 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.

Parameter	Chemieabwasser [kg/a]	häusliches Abwasser [kg/a]
Chem. Sauerstoffbedarf (CSB)	1.123	2.067
Biochem. Sauerstoffbedarf (BSB ₅)	---	205
absorbierbare organische Halogenverbindungen (AOX)	1,7	1,9
flüchtige organische Halogenverbindungen (POX)	0,7	---
mineralöhlhaltige Kohlenwasserstoffe (KW)	5,7	---
Gesamtstickstoff (N ges.)	---	569
organ. gebundener Stickstoff (N org)	---	163
Chlorid	12.443	---
Nitrat-N	7,1	371
Nitrit-N	4,5	13,5
Phosphat-P ges.	17,1	119
Sulfat	7.781	---
Ammonium-N	93,3	157,3
Cadmium	≤0,5	≤ 0,5
Chrom	≤0,5	≤ 0,5
Eisen	12,2	4,0
Quecksilber	≤0,01	≤0,01
Blei	≤0,5	≤0,5
Kobalt	≤0,5	≤0,5
Kupfer	≤0,5	≤0,5
Mangan	≤1,1	≤0,5
Nickel	≤1,2	≤0,5
Zink	0,95	6,6

Tab. 4-22: Bilanzierte Mengen der im Jahr 2001 mit dem Chemieabwasser und dem häuslichen Abwasser in den Vorfluter abgeleiteten nichtradioaktiven Stoffe

Parameter	Mittelwert Chemiekläranlage [mg/l]	Mittelwert Schmutz- wasserkläranlage [mg/l]
pH-Wert	7,2	7,10
absetz. Stoffe	0,10	-
absorbierbare organische Halogenverbindungen (AOX)	0,054	0,032
flüchtige organische Halogenverbindungen (POX)	0,020	-
mineralöhlhaltige Kohlenwasserstoffe (KW)	0,178	-
Biochem. Sauerstoffbedarf (BSB ₅)	-	3,10
chem. Sauerstoffbedarf (CSB)	34,7	31,00
Phenol-Index		-
Cadmium	≤ 0,010	≤ 0,01
Chrom	≤ 0,010	≤ 0,010
Eisen gesamt	0,370	0,060
Quecksilber	≤ 0,001	≤ 0,0001
Blei	≤ 0,010	≤ 0,010
Kobalt	≤ 0,010	≤ 0,010
Kupfer	0,010	≤ 0,010
Mangan	0,027	≤ 0,030
Nickel	0,037	≤ 0,010
Zink	0,029	0,09
Calcium	117	92,10
Magnesium	11,8	14,00
Aluminium	0,070	0,14
Barium	0,045	0,025
Ammonium-N	2,8	2,03
Chlorid	388	142,90
Sulfat	240	112,00
Cyanid frei	≤ 0,005	-
Cyanid gesamt	≤ 0,005	-
Fluorid	0,30	-
Nitrat-N	0,20	4,90
Nitrit-N	0,14	0,18
Phosphat-P ges.	0,50	1,70
GL-Wert	2,1	-

Tab. 4-23: Jahreskonzentrationsmittelwerte der im Jahr 2001 mit dem Chemieabwasser und dem häuslichen Abwasser in den Vorfluter abgeleiteten nichtradioaktiven Stoffe

4.3.1.7 Strahlenexposition in der Umgebung des Forschungszentrums Karlsruhe durch die mit dem Abwasser abgeleiteten radioaktiven Stoffe 2001

K.-G. Langguth

Die aus den Ableitungen radioaktiver Stoffe mit dem Abwasser des Forschungszentrums Karlsruhe resultierende Strahlenexposition wurde unter Anwendung der Allgemeinen Verwaltungsvorschrift zu § 45 StrlSchV vom 30.06.1989 berechnet. Die Berechnung wurde mit Hilfe des Programms STARS durchgeführt. STARS berechnet die über 50 Jahre integrierten Folgeäquivalentdosen entsprechend den Modellen der Allgemeinen Verwaltungsvorschrift. Es wurden die Effektivdosen und die Dosen des relativ am stärksten exponierten Organs jeweils für Erwachsene und Kleinkinder berechnet. Dabei wurden alle für den Standort des Forschungszentrums Karlsruhe relevanten Expositionspfade berücksichtigt. Da das geklärte Abwasser des Forschungszentrums bis einschließlich April 2001 in den Rheinniederungskanal und für das übrige Jahr in den Rhein eingeleitet wurde, ist die Strahlenexposition sowohl für den Rheinniederungskanal als auch für den Rhein zu berechnen.

Als mittlerer Wert für den Abfluss im Rheinniederungskanal wurde der der Genehmigung zu Grunde liegende Wert von $0,5 \text{ m}^3/\text{s}$ verwendet. Tab. 4-24 enthält die Rechenergebnisse für die effektiven Dosen und die Dosen für die jeweils am stärksten exponierten Organe für Erwachsene und Kleinkinder für die Ableitung in den Rheinniederungskanal.

Bilanzierte Aktivitätsableitungen 2001 (Januar – April)		Maximale Körper-Folgedosen in μSv			
		Erwachsene		Kleinkinder	
Nuklid	Aktivität in Bq	Effektive Dosis	Dosis für das am stärksten exponierte Or- gan	Effektive Dosis	Dosis für das am stärksten exponierte Organ
H-3	1,0 E +11	2,7 E -01		2,7 E -01	
Sr-90	1,6 E +06	2,1 E -02	1,0 E -01	1,3 E -02	5,5 E -02 (RK)
Cs-137	1,4 E +06	9,1 E -02	(RK)	7,0 E -02	
Pu-238	5,0 E +04	6,3 E -03		3,7 E -03	5,2 E -02 (KO)
Pu-241	2,1 E +06	5,8 E -03	1,2 E -01 (KO) 1,1 E -01 (KO)	2,5 E -03	3,5 E -02 (KO)
Summe, gerundet		3,9 E -01	-	3,6 E -01	-

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

Tab. 4-24: Maximale Körper-Folgeäquivalentdosen, berechnet aus den bilanzierten Aktivitätsableitungen mit dem Abwasser 2001 (Januar – April) in den Rheinniederungskanal

Die Berechnung der Strahlenexposition für die Ableitung in den Rhein 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 $1.260 \text{ m}^3/\text{s}$ 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. 4-25 wiedergegeben.

Bilanzierte Aktivitätsableitungen 2001 (Mai – Dezember)		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 exponierte Or- gan
H-3	5,9 E +11	6,4 E -03		6,4 E -03	
Na-22	2,4 E +04	6,1 E -07	1,1 E -06	2,2 E -06	4,3 E -06 (RK)
Mn-54	3,4 E +04	4,2 E -07	(RK)	5,8 E -07	
Co-57	1,9 E +06	3,2 E -06		4,3 E -06	
Co-60	1,5 E +05	2,0 E -05		3,0 E -05	
Sr-89	1,0 E +06	1,4 E -06		2,9 E -06	2,8 E -05 (UD)
Sr-90	9,4 E +06	7,5 E -04	1,6 E -05	4,7 E -04	2,0 E -03 (RK)
Cs-137	4,0 E +06	8,3 E -04	(UD) 3,6 E -03 (RK)	2,1 E -04	
Summe, gerundet		8,0 E -03	-	7,1 E -03	-

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

Tab. 4-25: Maximale Körper-Folgeäquivalentdosen, berechnet aus den bilanzierten Aktivitätsableitungen mit dem Abwasser 2001 (Mai – Dezember) in den Rhein

Die Rechenergebnisse zeigen, dass für die Ableitung radioaktiver Stoffe mit dem Abwasser in die beiden Vorfluter Rheinniederungskanal und Rhein die Dosisgrenzwerte sowohl der alten Strahlenschutzverordnung (Grenzwert für die effektive Dosis: $300 \mu\text{Sv}/\text{Jahr}$) als auch der neuen, zum 01.08.2001 in Kraft getretenen Strahlenschutzverordnung (Grenzwert für die effektive Dosis: $300 \mu\text{Sv}/\text{Jahr}$) deutlich unterschritten werden.

5 Werkschutz

R. von Holleuffer-Kypke

Das Jahr 2001 war geprägt durch die Ereignisse in der zweiten Hälfte des Jahres.

Anfang Juli 2001 wurde in der WAK bekannt, dass ein Mitarbeiter einer beauftragten Fremdfirma unter Missachtung von Sicherheitsvorkehrungen und -anweisungen radioaktive Stoffe aus einem Kontrollbereich heraus genommen hatte. Obwohl der Vorfall auf die WAK beschränkt war, zwang dieser Vorgang und der daraus entstandene Nachsorgefall zu neuen Bewertungen der bestehenden Sicherungsmaßnahmen an kerntechnischen Einrichtungen. Durch Modifizierung von Handlungsabläufen und den Einsatz neuer technischer Hilfsmittel konnte den veränderten Randbedingungen bei allen Anlagen Rechnung getragen werden.

Am 11. September 2001 brachten die terroristischen Anschläge radikal-islamitischer Selbstmordkommandos auf das World Trade Center in New York und das Pentagon in Washington eine ganz neue Dimension in die Bewertung der Sicherungsmaßnahmen zu schützender Objekte. Auch dieser erneuten Herausforderung konnte mit angemessenen und vertretbaren Maßnahmen im Forschungszentrum begegnet werden.

Die routinemäßigen Abläufe wurden durch diese Ereignisse nur wenig beeinflusst, wie aus den nachfolgenden Ausführungen ersichtlich ist.

5.1 Anmeldung und Zugang

Im Jahr 2001 wurden 5 034 neue Betriebsausweise ausgestellt und 4 497 Betriebsausweise eingezogen. Zum Stichtag 31.12.2001 befanden sich damit 10 606 Betriebsausweise im Umlauf. Die Verteilung der Betriebsausweise nach den einzelnen Einrichtungen ist in Tab. 5-1 aufgelistet.

Einrichtung	Personenstatus	
	aktiv	Ruhestand
Forschungszentrum	3 681	1 942
ANKA	11	
FIZ	308	50
ITU	268	111
KBG	22	146
KHG	27	2
Universität	330	0
WAK	245	147
Gäste	105	0
Fremdfirmen	3 210	0

Tab. 5-1: Betriebsausweise

Da nur Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter des Forschungszentrums Karlsruhe GmbH und ihnen gleichgestellte Personen der anderen wissenschaftlichen Einrichtungen auf dem Gelände rund um die Uhr Zutritt haben, wurden von den Organisationseinheiten 1 954 Anträge für Zutritt/Arbeiten außerhalb der Regelarbeitszeit für Fremdfirmenangehörige bearbeitet.

Im Berichtszeitraum erstellte das Personal der Anmeldung 40 569 Besucherausweise (2000: 41 795) und 339 Gruppenpassierscheine (2000: 369) für den Zutritt zum Gelände. Dazu kommen 282 Sonderzutritte (2000: 191) für Kinder unter 16 Jahren, die von den zuständigen Verantwortlichen der besuchten Organisationseinheit erteilt wurden. Für kurzfristig im Forschungszentrum eingesetzte Fremdfirmenangehörige wurden 716 befristete Ausweise (2000: 645) ausgestellt. Über Kurse im Fortbildungszentrum für Technik und Umwelt kamen 2 297 Gäste (2000: 1 990) ins Gelände. Durch die Stabsabteilung Öffentlichkeitsarbeit und andere Organisationseinheiten wurden 154 Besuchergruppen (2000: 163) angemeldet und betreut.

An der Lieferzufahrt wurden im Berichtszeitraum für Fremdfirmen und Anlieferer 16 015 Warendurchlasspassierscheine ausgestellt sowie 1 690 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 42 Fundgegenstände abgegeben. Die nicht abgeholten Fundsachen wurden der zuständigen Gemeindeverwaltung übergeben.

5.2 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 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 1 517 Alarm- und Störmeldungen eingegangen und bearbeitet worden. Im Einzelnen waren es folgende Meldungen, getrennt nach Auslösungsursache:

allgemeine Meldungen	717	technische Überwachungen	502
Brandmelder	185	Objektsicherung	91
Strahlenschutz	13	Alarm-Übungen	9

Dies führt zu insgesamt 4 069 Einsätzen von Einsatzgruppen. Im Einzelnen waren es folgende Einsatzgruppen, die gerufen wurden:

Wartung	613	Betriebsverantwortliche	379
Werkschutz	2175	Einsatzleiter vom Dienst	218
Feuerwehr	238	Rufbereitschaften	226
Sankra-Deko	127	Strahlenschutz	53

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.

5.3 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 die-

se 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 277 feuerwehrtechnischen Einsätzen. Der Anteil der Einsätze zur Brandbekämpfung war dabei nur 6,6 %. Im Einzelnen waren es folgende Einsätze:

Technische Hilfeleistung	58	Brandmeldealarme	136
Personenbefreiung aus Aufzügen	27	Einsätze zur Tierrettung	2
Brandeinsätze	18	Hilfeleistung bei Verkehrsunfällen	5

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

Handfeuerlöscher	2 136	Überflurhydranten	181
Wandhydranten	259	Personen- u. Lastenaufzüge	240

Im vorbeugenden Brandschutz wurden einschließlich der durch die Werkfeuerwehr ebenfalls betreuten Einrichtungen WAK und ITU 134 Orts- und Brandschutzbegehungen durch den Leiter der Werkfeuerwehr durchgeführt. Dazu kamen noch Überwachungen und Kontrollen von 278 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	18 185
Preßluftatmer gewartet und geprüft	1 075
Lungenautomaten gewartet und geprüft	672
Druckluftflaschen (Volumen < 50 l) gefüllt	3 552
Druckluftflaschen zur wiederkehrenden Prüfung vorgeführt und gefüllt	792
Absturzsicherungen vom ganzen Forschungszentrum gewartet und geprüft	46

Die Werkfeuerwehr ist auf dem Gebiet des Arbeitsschutzes für das Bestellen, Einlagern, Ausgeben und Verbuchen des notwendigen Materials zuständig. Es wurden 139 Beschaffungsaufträge und 412 Materialentnahmescheine bearbeitet. Für Wartungs- und Instandsetzungsarbeiten an über tausend Dienstfahrrädern des Forschungszentrums wurden von der Werkfeuerwehr 763 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 272 Teilnehmern)	19
Atenschutzkurse (mit insgesamt 363 Teilnehmern)	28
Ausbildung in der Atemschutzübungsanlage	985

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 60 weitere Qualifikationen in 20 verschiedenen Kursen erworben werden.

5.4 Verkehrsdienst

In Anlehnung der Bestimmungen der Straßenverkehrsordnung wird im Forschungszentrum der ruhende Verkehr überwacht. Diese Maßnahme dient der Unfallverhütung und richtet sich schwerpunktmäßig gegen behindernde, gefährdende oder im Parkverbot abgestellte Fahrzeuge. Die Beanstandungen stiegen von 88 im Jahr 2000 auf 96 im Jahr 2001 leicht an.

Mit 45 Verkehrsunfällen vergrößerte sich die Zahl der aufgenommenen und bearbeiteten Verkehrsunfälle gegenüber dem Vorjahr um drei Fälle (Tab. 5-2). Bei acht Unfällen entstand ein Sachschaden unter 1000 DM, während bei 37 Unfällen der geschätzte Gesamtschaden bei 166 000 DM lag. Darüber hinaus waren vier Unfälle zu bearbeiten, bei denen sechs Personen verletzt wurden. Sieben Verkehrsunfälle mit unerlaubtem Entfernen vom Unfallort waren zu verzeichnen. Zwei Verursacher konnten ermittelt werden. In fünf Fällen musste der Schaden - insgesamt 17.300 DM - von den Geschädigten selbst getragen werden.

Monat	Anzahl der Verkehrsunfälle			Sachschaden < 1 000 DM	Sachschaden > 1 000 DM	Personenschäden
	1999	2000	2001			
Januar	3	1	5	0	5	0
Februar	9	11	4	1	3	0
März	4	5	3	0	3	0
April	3	7	2	1	1	0
Mai	2	2	3	1	2	0
Juni	6	0	4	2	2	2
Juli	4	2	4	0	4	1
August	6	3	3	0	3	1
September	6	2	6	0	6	2
Oktober	6	5	5	1	4	0
November	8	2	5	3	2	0
Dezember	4	2	1	0	1	0

Tab. 5-2: Verkehrsunfälle 2001

5.5 Schadensaufnahme

Die Zahl der gemeldeten Sachschäden liegt im Berichtszeitraum mit 92 Fällen (2000: 65) weit über dem Niveau des Vorjahres (Tab. 5-3).

In Zusammenarbeit mit den zuständigen Fachabteilungen wurden im Berichtsjahr 106 Betriebsunfälle und sonstige Unfälle innerhalb des Zentrums aufgenommen und untersucht.

Im Berichtszeitraum wurden 26 Diebstähle gemeldet, wobei sich der Verlust an Sachwerten auf ca. 25 300 DM beläuft. Da die Anzeigen in der Regel viel zu spät bei der Schadensaufnahme eingingen, konnten nur zwei Fälle aufgeklärt werden.

beschädigte Gegenstände	Jahr	bekannt gewordene Fälle	aufgeklärte Fälle	geschätzter Schaden in TDM
Kabenschäden	1999	7	6	28
	2000	5	5	6
	2001	2	2	0,2
Lichtmasten	1999	2	2	10
	2000	1	1	4
	2001	0	0	0
Tore, Einzäunungen, Schranken	1999	2	2	2
	2000	3	3	2
	2001	1	1	5
Gebäude, Sachschäden	1999	26	23	827
	2000	21	19	33
	2001	48	40	77
Dienst-Kfz	1999	32	31	86
	2000	7	7	10
	2001	19	18	43
Verschiedenes (Fenster, Türen, Bedachungen, Transport- und Sturmschäden)	1999	25	24	134
	2000	11	11	14
	2001	10	7	17
Fahrbahnverunreinigung durch Öl- u. Kraftstoffspuren	1999	16	6	7
	2000	17	7	24
	2001	12	3	25
Summe	1999	110	94	1094
	2000	65	53	93
	2001	92	71	167,2

Tab. 5-3: Sachschäden: Einsatz der Schadensaufnahme

5.6 Schlüsselverwaltung

Die Schließebenen der Gebäude des Zentrums sind in General-, Haupt-, Obergruppen-, Gruppen- und Einzelschließungen unterteilt. Aus allen Schließsystemen ergibt sich ein Bestand von 28 431 Schließzylindern und 100 614 Einzel- u. Gruppenschlüsseln (2000: 99 682). Nach der Neukonzeption von Schließanlagen, die sich wegen der Errichtung von Neubauten oder durch Änderungen in Arbeitsabläufen ergaben, mussten 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.

5.7 Technische Sicherungssysteme

Technischen Sicherungssysteme in verschiedenen relevanten Anlagen und Einrichtungen des Forschungszentrums wurden vervollständigt bzw. auf den aktuellen technischen Stand gebracht. Da für diese Sicherungssysteme wiederkehrende Prüfungen gemäß AtG vorgeschrieben sind, war es notwendig, ca. 250 Prüfblätter zu überarbeiten und dem Gutachter im Auftrag der Genehmigungsbehörde einzureichen.

Je Objektsicherungsanlage erfolgt einmal jährlich die Überprüfung der technischen Einrichtungen durch einen von der Aufsichtsbehörde beauftragten Sachverständigen. Die Durchführung der wiederkehrenden Prüfung wurde anhand der in Prüfvorschriften zusammengefassten Prüfblätter vorgenommen. Anschließend wurde die innerhalb eines Jahres archivierte Prüfdokumentation bezüglich sachlicher und zeitlicher Richtigkeit ausgewertet und beurteilt. Als Ergebnis wurde bescheinigt, dass sich die im Jahr 2001 geprüften Objektsicherungseinrichtungen in einem technisch ordnungsgemäßen Zustand befinden.

6 Veröffentlichungen

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,α) converters in moderators. 13th Internat.Conf.on Solid State Dosimetry (SSD 2001), Athina, GR, July 9-13, 2001

BURGGHARDT, B.; VOLK, S.; AMBROSI, P.; HELMSTÄDTER, K.;

Untersuchungen zur Richtungsabhängigkeit und Reproduzierbarkeit des $H_p(0,07)$ -Ansprechvermögens in ^{147}Pm -Betastrahlungsfeldern am BETA-50-Fingerringdosimeter der Karlsruher Messstelle. Ambrosi, P. [Hrsg.], Betadosimetrie mit Teilkörperdosimetersonden II :Ergebnisse der Vergleichsmessungen 1998/1999, PTB-Dos-37 (Dezember 2000) S. 21-30

KHATER, A. E. M.; HIGGY, R. H.; PIMPL, M.;

Radiological impacts of natural radioactivity in Abu-Tartor phosphate deposits, Egypt. Journal of Environmental Radioactivity, 55 (2001) S. 255-67

KOELZER, W.;

Jahresbericht 2000 der Hauptabteilung Sicherheit. Wissenschaftliche Berichte, FZKA-6530 (April 2001)

KOELZER, W.;

Natürliche und künstliche Radionuklide, Strahlenexpositionen und Strahlenwirkungen. Radioaktivität und Kernenergie, Karlsruhe : Forschungszentrum Karlsruhe GmbH, 2001 S. 7-29

KOELZER, W.;

Lexikon zur Kernenergie. Karlsruhe : Forschungszentrum Karlsruhe GmbH, 2001 (vollst. überarb. Aufl.)

LOFF, S.; KABS, F.; WITT, K.; SARTORIS, J.; MANDL, B.; NIESSEN, K. H.; WAAG, K. L.;

Polyvinylchloride infusion lines expose infants to large amounts of toxic plasticizers. Journal of Pediatric Surgery, 35 (2000) S. 1775-81

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

Sensitivity analysis of the urinary excretion of plutonium. *Radiation Protection Dosimetry*, 93 (2001) S. 179-83

PIMPL, M.; HIGGY, R. H.;

Improvement of Am and Cm determination in soil samples. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, 248 (2001) S. 537-41

POLIG, E.;

Modeling the distribution and dosimetry of internal emitters: a review of mathematical procedures using matrix methods. *Health Physics*, 81 (2001) S. 492-501

POLIG, E.; BRUENGER, F. W.; LLOYD, R. D.; MILLER, S.C.;

Model for the occurrence of bone tumors in beagles. *Mathematical and Computer Modeling*, 33 (2001) S. 1315-22