



Forschungszentrum Karlsruhe
in der Helmholtz-Gemeinschaft

Wissenschaftliche Berichte
FZKA 7330

Jahresbericht 2006 der Hauptabteilung Sicherheit

Redaktion: M. Urban, A. Bickel
Hauptabteilung Sicherheit

Mai 2007

Forschungszentrum Karlsruhe
In der Helmholtz-Gemeinschaft
Wissenschaftliche Berichte
FZKA 7330

Jahresbericht 2006
der Hauptabteilung Sicherheit

Redaktion: M. Urban, A. Bickel
Hauptabteilung Sicherheit

Forschungszentrum Karlsruhe GmbH, Karlsruhe
2007

Für diesen Bericht behalten wir uns alle Rechte vor

Forschungszentrum Karlsruhe GmbH
Postfach 3640, 76021 Karlsruhe

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

ISSN 0947-8620

ISSN 0948-4310

urn:nbn:de:0005-073306

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. Kompetenzerhalt im Strahlenschutz wird als weitere wichtige Aufgabe im Sinne einer aktiven Personalplanung für die Zukunft angesehen. Nachwuchswissenschaftler, junge Ingenieure, Diplomanden und Doktoranden führen kleine F+E-Projekte durch.

Der vorliegende Bericht informiert über die einzelnen Aufgabengebiete der Hauptabteilung und berichtet über die im Jahr 2006 erarbeiteten Ergebnisse.

Central Safety Department, Annual Report 2006

Summary

The Central Safety Department is responsible for 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. With regard to keep present knowledge in Radiation Protection, junior scientists, young engineers, PhD- and Master students do some R&D projects within the Central Safety Department.

This report gives details of the different duties and reports the results of 2006 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 in more detail.

Inhaltsverzeichnis

1	Hauptabteilung Sicherheit: Aufgaben und Organisation.....	1
2	Genehmigungsverfahren	11
3	Arbeitssicherheit.....	15
3.1	Organisation und Aufgaben der Gruppe konventionelle Arbeitssicherheit	15
3.2	Unfallgeschehen	15
3.3	Arbeitsplatzüberwachungen	16
3.4	Aus- und Fortbildung	17
3.5	Arbeitsschutzausschuss	17
3.6	Umgang mit Gefahrstoffen.....	18
3.7	Wiederkehrende Prüfungen.....	19
4	Strahlenschutz	20
4.1	Strahlenschutzorganisation im Forschungszentrum.....	20
4.2	Administrativer Strahlenschutz	21
4.2.1	Bestellung von Strahlenschutzbeauftragten nach Strahlenschutz- und Röntgenverordnung	21
4.2.2	Umsetzung des atomrechtlichen Regelwerkes	22
4.2.3	Betriebsüberwachung	22
4.2.4	Zentrale Erfassung und Überwachung von Personen nach Röntgen- und Strahlenschutzverordnung	22
4.2.4.1	Überwachung beruflich strahlenexponierter Personen.....	23
4.2.4.2	Überwachung von Personen, die keine beruflich strahlenexponierte Personen der Kategorien A oder B nach StrlSchV sind.....	23
4.2.4.3	Überwachung von Besuchern in Kontrollbereichen des Forschungszentrums	24
4.2.4.4	Inkorporationsüberwachung im Forschungszentrum	24
4.2.4.5	Ergebnisse der Personendosisüberwachung.....	24
4.2.5	Personen in fremden Strahlenschutzbereichen.....	26
4.2.5.1	Fremdfirmenpersonal in Strahlenschutzbereichen des Forschungszentrums.....	26
4.2.5.2	Personal des Forschungszentrums Karlsruhe in Strahlenschutzbereichen fremder Anlagen oder Einrichtungen.....	27
4.2.5.3	Strahlenpassstelle	27
4.2.6	Zentrale Buchführung radioaktiver Stoffe	29
4.2.6.1	Kernmaterialbuchführung und Euratom-Aufsicht.....	29
4.2.6.2	Buchführung sonstiger radioaktiver Stoffe	30
4.2.6.3	Buchführungs- und Berichtspflicht für nach § 29 StrlSchV freigegebene Stoffe.....	31
4.2.7	Transport radioaktiver Stoffe	33

4.3	Verpflichtungen aufgrund des Verifikationsabkommens zur Kernmaterialüberwachung und des Zusatzprotokolls zum Verifikationsabkommen	34
4.4	Meldepflichtige Ereignisse nach Strahlenschutzverordnung	35
4.5	Operationeller Strahlenschutz	36
4.5.1	Arbeitsplatzüberwachung	36
4.5.1.1	Personendosimetrie	36
4.5.1.2	Kontaminationskontrollen	38
4.5.1.3	Arbeitserlaubnisse Strahlenschutz	39
4.5.1.4	Schichtdienst und Rufbereitschaft	39
4.5.1.5	Aus- und Weiterbildung	40
4.5.2	In-vivo Messlabor	40
4.5.2.1	Routine- und Sondermessungen	40
4.5.2.2	Cs-137-Referenzmessungen	43
4.5.2.3	Rekalibrierung des Ganzkörperzählers	44
4.5.3	Betrieb der Eichhalle	46
4.5.3.1	Routinekalibrierung	46
4.5.3.2	Amtliche Eichabfertigungsstelle	46
4.5.3.3	Auftragsarbeiten	47
4.5.4	Strahlenschutzmesstechnik	47
4.5.4.1	Aufgaben	47
4.5.4.2	Wartung und Reparatur	47
4.6	Freigabe nach § 29 StrlSchV	48
4.6.1	Standardverfahren	48
4.6.2	Einzelfallverfahren	48
4.7	Physikalisches Messlabor	52
4.7.1	Aufgaben	52
4.7.2	Messsysteme	52
4.7.2.1	Alpha-Beta-Messtechnik	52
4.7.2.2	Gammapektrometrie	53
4.7.2.3	Alphaspektrometrie	53
4.7.2.4	Flüssigszintillationsspektrometrie	54
4.8	Chemische Analytik	55
4.8.1	Aufgaben	55
4.8.2	Radiochemische Arbeiten	56
4.9	Raumluftüberwachung	58
4.9.1	Probenentnahme	58

4.9.2	Probenauswertung	59
4.10	Dichtheitsprüfungen	60
4.10.1	Voraussetzungen	60
4.10.2	Probenentnahme	60
4.10.3	Probenauswertung	60
5	Kompetenzerhalt im Strahlenschutz.....	61
5.1	Nachweis von Radionukliden im low(est)-level-Bereich	61
5.1.1	Radiochemische Analytik.....	61
5.1.1.1	Bestimmung von schwer nachweisbaren Radionukliden in unterschiedlichen Materialien im low(est)-level Bereich – Trennverfahren.....	61
5.1.1.2	Entwicklung einer Methode zur Bestimmung von Uran in Boden, Gestein und Klärschlamm in pulverförmigen Proben mittels energiedispersiver Röntgenfluoreszenz.....	68
5.1.2	Physikalische Messverfahren	70
5.1.2.1	Aufbau eines mobilen Detektors zur Messung des Myonenflusses	70
5.1.2.2	Automation of a gamma spectrometric analysis method for natural occurring radionuclides in different materials (NORM)	72
5.2	Dosimetrie in gemischten Neutronen/Photonen Strahlungsfeldern	75
5.2.1	Dosimetrie im medizinischen Bereich zur Anwendung von BNCT	75
5.2.1.1	Kalibrierung von CaF ₂ :Tm-Detektoren mit Energiekompensationfilter im PTB- Referenzfeld für thermische Neutronen	75
5.2.1.2	Optimierung des Messverfahrens für TLD-300	76
5.2.1.3	Erste Messungen mit optimiertem Messverfahren am TRIGA Mainz.....	77
5.2.2	Vorbereitung der Albedofeldkalibrierung im Zwischenlager KKP auf der Basis der Ergebnisse im Interimslager	79
5.3	Dosimetrie nach Aufnahme radioaktiver Stoffe in den Körper	81
5.3.1	In-Vivo-Diagnostik	81
5.3.1.1	Entwicklung eines Verfahrens zur numerischen Kalibrierung von Teilkörperzählern	81
5.3.1.2	Numerische Simulation einer Am-241-Messung an einem Knie-Phantom im Rahmen eines internationalen Vergleiches.....	83
5.3.1.3	Numerische Effizienzkalibrierung bei In-vivo-Messverfahren mittels an den Probanden angepassten Voxelmodellen.....	85
5.3.1.4	Lokale Deposition von Am-241 im hautnahem Gewebebereich	88
5.3.2	Biokinetik, Dosimetrie	91
5.3.2.1	Entwicklung biokinetischer Modelle zur Beschreibung der Wirkung von DTPA in Hinblick auf die Diagnostik und Therapie bei Inkorporationen von Plutonium und anderen Transuranen	91
5.3.2.2	Kompartimentsysteme und DTPA-Wirkung.....	95

5.3.2.3	Untersuchung der inter-individuellen Variation von biokinetischen Modellen.....	100
5.4	Natürliche Strahlenexposition, Strahlenexposition bei „Arbeiten“	103
5.4.1	Radonerhebungsmessungen in Wasserwerken in Baden-Württemberg	103
5.5	Anwendung von Routineverfahren	106
5.5.1	TLD Verfahren.....	106
5.5.1.1	Umgebungsdosimetrie und spezielle Anwendungen	106
5.5.1.2	Nichtamtliche Personen- und Teilkörperdosimetrie	107
5.5.2	Kernspurverfahren	107
6	Umweltschutz.....	108
6.1	Betriebsbeauftragte	108
6.1.1	Beförderung gefährlicher Güter und Gefahrgutumschlag.....	108
6.1.2	Kreislaufwirtschaft und Abfallbeseitigung	111
6.1.3	Immissionsschutz	116
6.1.4	Gewässerschutz	118
6.2	Emissions- und Umgebungsüberwachung	118
6.2.1	Fortluftüberwachung	119
6.2.1.1	Ableitung nicht-radioaktiver Stoffe mit der Fortluft im Jahr 2006.....	119
6.2.1.1.1	Verbrennungsanlage der Hauptabteilung Dekontaminationsbetriebe.....	119
6.2.1.1.2	Versuchsanlagen TAMARA und THERESA	120
6.2.1.1.3	Fernheizwerk und Blockheizkraftwerk	121
6.2.1.2	Ableitung radioaktiver Stoffe mit der Fortluft im Jahr 2006	122
6.2.1.3	Strahlenexposition in der Umgebung des Forschungszentrums Karlsruhe durch die mit der Fortluft abgeleiteten radioaktiven Stoffe im Jahr 2006	132
6.2.1.3.1	Berechnungsgrundlagen.....	132
6.2.1.3.2	Meteorologische Daten	132
6.2.1.3.3	Ausbreitung und Ablagerung	133
6.2.1.3.4	Rechenprogramme	133
6.2.1.3.5	Einteilung der radioaktiven Emissionen in Nuklidgruppen und Einzelnuclide.....	133
6.2.1.3.6	Ergebnisse der Dosisberechnung	135
6.2.2	Abwasserüberwachung	140
6.2.2.1	Ableitung nicht radioaktiver Stoffe mit dem Abwasser 2006.....	142
6.2.2.2	Ableitung radioaktiver Stoffe mit dem Abwasser 2006.....	144
6.2.2.3	Strahlenexposition in der Umgebung des Forschungszentrums Karlsruhe durch die mit dem Abwasser in den Rhein abgeleiteten radioaktiven Stoffe im Jahr 2006	146
6.2.3	Radiologische Umgebungsüberwachung	146
6.2.3.1	Direktmessung der Strahlung	150

6.2.3.2	Radioaktivitätsmessungen	151
6.2.3.3	Messfahrten im Rahmen des Störfalltrainingsprogramms	154
7	Biologische Sicherheitsbereiche.....	156
7.1	Gentechnische Anlagen.....	156
7.1.1	Beratung und Organisation (Gentechnikrecht (GenTR)).....	156
7.1.2	Begehungen und Sicherheitsunterweisungen in gentechnischen Anlagen.....	157
7.1.3	Dokumentations- und Berichtspflichten in gentechnischen Anlagen	158
7.2	Tierhaltungsanlagen	158
7.2.1	Beratung und Organisation (Tierschutzrecht).....	158
7.2.2	Dokumentations- und Berichtspflichten gemäß TierSchG	159
7.3	Arbeiten mit infektiösen Materialien	160
8	Werkschutz.....	160
8.1	Anmeldung und Zugang.....	161
8.2	Werkschutzbereiche	162
8.3	Werkfeuerwehr.....	162
8.4	Einsatzleitung und Einsatzplanung	164
8.4.1	Einsatzplanung	164
8.4.2	Statistik und Analyse der Einsatzleiter-Einsätze.....	164
8.4.3	Übungen der Einsatzdienste	165
8.5	Verkehrsdienst.....	166
8.6	Schadensaufnahme	166
8.7	Schlüsselverwaltung.....	167
8.8	Technische Sicherungssysteme	167
9	Zentrale Aufgaben.....	168
9.1	Datenverarbeitung der Hauptabteilung Sicherheit	168
9.1.1	IT-Infrastruktur.....	169
9.1.1.1	LAN.....	169
9.1.1.2	Ausbau der hochverfügbaren Server-Infrastruktur (Cluster)	169
9.1.1.3	Serverkonsolidierung.....	171
9.1.2	Elektronische Dosimetrie	171
9.1.3	Spezielle HS-Programme	171
9.2	Abteilungsübergreifende Arbeiten	172
9.2.1	Erweiterung des Schlüssellersatzsystems.....	173
9.2.2	IT-Ausbau der Alarmzentrale.....	174
9.3	Hausmeistertätigkeiten	174
10	Management-Systeme in der Hauptabteilung Sicherheit	175

10.1	Qualitätsmanagement	175
10.1.1	Akkreditierung des Physikalischen Messlabors	176
10.2	Anerkennung des Radonlabors als „Sachverständige Stelle“ durch das BfS	177
10.3	Arbeitssicherheitsmanagementsystem	178
10.4	Ausblick	179
11	Veröffentlichungen	180
12	Literatur	181

Verzeichnis der Abkürzungen

ANKA	Ängströmquelle Karlsruhe
AtG	Atomgesetz
AtZüG	Atomrechtliche Zuverlässigkeitsüberprüfungs-Verordnung
BAFA	Bundesamt für Wirtschaft- und Ausfuhrkontrolle
BArbBl.	Bundesarbeitsblatt
BfS	Bundesamt für Strahlenschutz
BImSchV	Bundesimmissionsschutz-Verordnung
BImSchG	Bundesimmissionsschutzgesetz
BMBF	Bundesministerium für Bildung und Forschung
BMU	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit
BR	Betriebsrat
BTI	Bereich Technische Infrastruktur
BTI-B	Bereich Technische Infrastruktur, Abteilung Bauplanung
BTI-F	Bereich Technische Infrastruktur, Abteilung Fertigung
BTI-V	Bereich Technische Infrastruktur, Abteilung Ver- und Entsorgung
EKM	Hauptabteilung Einkauf und Materialwirtschaft
FIZ	Fachinformationszentrum Karlsruhe
FR2	Forschungsreaktor 2
FTU	Fortbildungszentrum für Technik und Umwelt
GenTAufzV	Gentechnikaufzeichnungsverordnung
GenTG	Gentechnikgesetz
GenTR	Gentechnikrecht
GenTSV	Gentechniksischerheitsverordnung
GSF	GSF-Forschungszentrum für Umwelt und Gesundheit
HDB	Hauptabteilung Dekontaminationsbetriebe
HS	Hauptabteilung Sicherheit
HS-M	Hauptabteilung Sicherheit, Amtliche Messstelle
HS-TBG	Hauptabteilung Sicherheit, Abteilung Technische Beratung und Genehmigungen
HS-KES	Hauptabteilung Sicherheit – Kompetenzerhalt Strahlenschutz
HS-ÜM	Hauptabteilung Sicherheit, Abteilung Überwachung und Messtechnik
HS-WS	Hauptabteilung Sicherheit, Abteilung Werkschutz
HS-ZA	Hauptabteilung Sicherheit Zentrale Aufgaben
HVT	Hauptabteilung Versuchstechnik
HVT-TL	Hauptabteilung Versuchstechnik/Tritiumlabor

IAEO	Internationale Atomenergie-Organisation
IBG	Institut für Biologische Grenzflächen
IFIA	Institut für Instrumentelle Analytik
IfSG	Infektionsschutzgesetz
IFP	Institut für Festkörperphysik
IHM	Institut für Hochleistungsimpuls- und Mikrowellentechnik
IK	Institut für Kernphysik
IMF-FML	Institut für Materialforschung – Fusionsmateriallabor
IMK	Institut für Meteorologie und Klimaforschung
IMK-IFU	Institut für Meteorologie und Klimaforschung/Atmosphärische Umweltforschung
INE	Institut für Nukleare Entsorgung
IRS	Institut für Reaktorsicherheit
ITC-CPV	Institut für Technische Chemie/Chemisch-Physikalische Verfahren
ITC-TAB	Institut für Technische Chemie/Thermische Abfallbehandlung
ITC-WGT	Institut für Technische Chemie/Wasser- und Geotechnologie
ITG	Institut für Toxikologie und Genetik
ITP	Institut für Technische Physik
ITU	Institut für Transurane
KAZ	Kompaktzyklotron
KHG	Kerntechnische Hilfsdienst GmbH
KIZ	Karlsruher Isochronzyklotron
KNK	Kompakte Natriumgekühlte Kernreaktoranlage
KrW/AbfG	Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz
MAP	Stabsabteilung Marketing, Patente und Lizenzen
MED	Medizinische Abteilung
MZFR	Mehrzweckforschungsreaktor
ÖA	Stabsabteilung Öffentlichkeitsarbeit
OKD	Stabsabteilung Organisation und Kaufmännische Datenverarbeitung
PTB	Physikalisch-Technische Bundesanstalt
RöV	Röntgenverordnung
StFA	Stabsstelle „Fachkräfte für Arbeitssicherheit“
StrlSchV	Strahlenschutzverordnung
TAMARA	Testanlage für Müllverbrennung, Abgasreinigung, Rückstandsverwertung, Abwasserbehandlung
THERESA	Versuchsanlage zur thermischen Entsorgung spezieller Abfälle
TierSchG	Tierschutzgesetz

TRBA	Technische Regeln für Biologische Arbeitsstoffe
TÜV ET	TÜV Energie- und Systemtechnik GmbH Baden-Württemberg
UM	Umweltministerium Baden-Württemberg
VTMVO	Versuchstiermeldeverordnung
WAK	Wiederaufarbeitungsanlage Karlsruhe
WHG	Wasserhaushaltsgesetz
ZAG	Zyklotron Aktiengesellschaft

1 Hauptabteilung Sicherheit: Aufgaben und Organisation

Die Aufgabenstellung der Hauptabteilung Sicherheit umfasst die Kontrolle und die Durchführung von Arbeitssicherheits-, Strahlenschutz-, sowie Werkschutzmaßnahmen in den und für die Institute und Abteilungen des Forschungszentrums Karlsruhe GmbH, sowie die Abwasser- und Umgebungüberwachung für alle Einrichtungen auf dem Gelände des Forschungszentrums, die mit radioaktiven Stoffen umgehen. Eine weitere Kernaufgabe stellt die Bearbeitung und Koordination von Genehmigungsverfahren dar. Kompetenzerhalt im Strahlenschutz wird als weitere wichtige Aufgabe im Sinne einer aktiven Personalplanung für die Zukunft angesehen. Nachwuchswissenschaftler, junge Ingenieure, Diplomanden und Doktoranden führen kleine F+E-Projekte durch.

Die Hauptabteilung Sicherheit verfügt über ein Qualitätsmanagementsystem, für einzelne Labore und Arbeitsgruppen werden eine Zertifizierung und / oder Akkreditierung angestrebt. Das „Physikalische Messlabor“ wurde als erstes Labor der Hauptabteilung Sicherheit akkreditiert.

Am 31. Dezember 2006 waren in der Hauptabteilung Sicherheit 203 wissenschaftliche, technische und administrative Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter, einen Diplomanden der Universität Bologna sowie zwei Doktoranden der Universität Karlsruhe beschäftigt. 11 Studierende wurden im Rahmen der dualen Ausbildung mit der Berufsakademie Karlsruhe zu Ingenieurinnen und -ingenieuren hauptsächlich im Bereich Strahlenschutz, aber auch im Bereich Arbeitssicherheit ausgebildet. Der Organisationsplan der Hauptabteilung ist auf Seite 5 wiedergegeben.

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

Diese Abteilung hat beratende, kontrollierende und administrativ steuernde Funktionen auf den Gebieten der Arbeitssicherheit, der biologischen Sicherheit, des Strahlenschutzes, der Überwachung und Buchführung radioaktiver Stoffe, 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. Weitere Aufgabenschwerpunkte sind die organisatorische und administrative Durchführung der Emissions- und Immissionsüberwachung für alle atomrechtlichen Umgangsgenehmigungen des Forschungszentrums sowie die Planung und Durchführung von Genehmigungsverfahren für den Forschungsbereich mit Ausnahme von Baugenehmigungen.

Die Arbeitsgruppe mit dem Schwerpunkt „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 Strahlenschutzunterweisungen und arbeitsmedizinische Untersuchungen. Er schafft die Voraussetzungen für den Einsatz von Fremdfirmenpersonal in Kontrollbereichen des Forschungszentrums und stellt die Strahlenpässe für die Mitarbeiter und Mitarbeiterinnen des Forschungszentrums aus, die in fremden An-

lagen oder Einrichtungen tätig werden. Als weitere Aufgabe wird hier zentral für das Forschungszentrum die Buchhaltung zur Überwachung von Kernmaterial und sonstigen radioaktiven Stoffen im Forschungszentrum durchgeführt, Materialbilanzberichte erarbeitet und an die zuständigen Behörden weitergeleitet sowie Inspektionen und Inventuren durch Euratom vorbereitet und begleitet. Die administrative Bearbeitung von Freigabeverfahren im Sinne des § 29 StrlSchV einschließlich der zugehörigen Buchführungs- und Mitteilungspflichten wird ebenfalls von dieser Arbeitsgruppe wahrgenommen.

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.

Abteilung Überwachung und Messtechnik (HS-ÜM)

Die Abteilung „Überwachung und Messtechnik (HS-ÜM)“ unterstützt die Strahlenschutzbeauftragten, 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 und Mitarbeiterinnen 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.

Die Abteilung betreibt das Freimesslabor, in dem die nuklidspezifischen Analysen durchgeführt werden, die erforderlich sind, um beim Rückbau und Abriss kerntechnischer Anlagen anfallende radioaktive Reststoffe uneingeschränkt verwerten oder wie gewöhnlicher Abfall beseitigen zu können.

Von den Bereichen „Arbeitsplatzüberwachung“ werden die Auswertung der direkt anzeigenden 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 das Betriebsgelände des Forschungszentrums und aus dem Betriebsgelände nach außen. Ihre Aufgabe umfasst auch die Durchführung von Messungen für die Entscheidung, ob eine Freigabe des Materials aus der atomrechtlichen Überwachung möglich ist, oder ob das Material als radioaktiver Abfall entsorgt werden muss. Neben den strahlenschutzrelevanten Messungen vor Ort werden auch Messaufgaben aus dem Bereich des konventionellen Arbeitsschutzes durchgeführt.

Das akkreditierte „physikalische Messlabor“ ermittelt die Aktivitätskonzentrationen der Abwässer der Einrichtungen des Forschungszentrums und entscheidet, ob diese Abwässer dekontaminiert werden müssen oder direkt der Kläranlage zugeführt werden dürfen. Sie bilanziert die Aktivitätsableitungen in den Vorfluter. Dieser Gruppe obliegt darüber hinaus die Durchführung aller spektrometrischen Nuklidbestimmungen.

In der Gruppe „Chemische Analytik“ werden die radiochemischen Untersuchungen von Umweltproben, von Proben im Rahmen der Emissionsüberwachung und von Proben für das Freimesslabor durchgeführt. Zur Bestimmung des Radioaktivitätsgehaltes von Luft, Wasser, Boden,

Sediment, Fisch und landwirtschaftlichen Produkten werden regelmäßig Proben in der Umgebung des Forschungszentrums genommen und in den Laboratorien der Abteilung gemessen.

Im „In-vivo-Messlabor“ werden mittels Ganz- und Teilkörperzählern Nukliddepositionen im Körper ermittelt und Verfahren zur Bestimmung der Äquivalentdosis bei innerer Strahlenexposition weiterentwickelt. Im Vordergrund steht neben den Routinemessungen die stetige Verbesserung des Nachweises von Thorium, Uran, Plutonium und Americium in Lunge, Leber und im Skelett, sowie die Interpretation von Messergebnissen anhand von Stoffwechselmodellen.

Im Aufgabenschwerpunkt „Strahlenschutzmessgeräte“ werden Wartungsarbeiten, Reparaturen und Kalibrierungen an Anlagen zur Raum- und Abluftüberwachung und an Gammapegel-Messstellen durchgeführt. 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 (HS-WS)

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 Kontrollen von zur Ein- oder Ausfuhr bestimmten Gütern durch, überwacht das Schließwesen und ist für den ordnungsgemäßen Ablauf des Straßenverkehrs im Bereich des Forschungszentrums zuständig. Es wird auf die Einhaltung der Ordnungs- und Kontrollbestimmungen geachtet und im Rahmen der bestehenden Möglichkeiten, die Aufklärung von Schadensfällen betrieben.

Die Gruppe „Administrative und technische Werkschutzmaßnahmen“ ist zuständig für die Bearbeitung und Ausstellung von Zutrittsberechtigungen nach behördlichen Auflagen, die Erstellung von Werksausweisen und für Auswahl, Einsatz und Funktionssicherheit 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, sowie den Feuerlöscheinrichtungen. Der Leiter der Werkfeuerwehr ist Einsatzleiter im Sinne des Alarmplanes des Forschungszentrums, in seiner Abwesenheit wird er vom amtierenden Schichtführer vertreten.

Kompetenzerhalt im Strahlenschutz (HS-KES)

In Zusammenarbeit mit der Universität Karlsruhe und der Berufsakademie Karlsruhe und mit Unterstützung des Umweltministeriums des Landes Baden-Württemberg und des Bundesministeriums für Bildung und Forschung werden in der Hauptabteilung Sicherheit mehrere Programme zum Kompetenzerhalt im Strahlenschutz durchgeführt. Nachwuchswissenschaftlerinnen und -wissenschaftler arbeiten unter Anleitung erfahrener Kollegen und unter Einbindung von Studenten, Diplomanden und Doktoranden auf den Gebieten:

- Kernstrahlenmesstechnik und Spektrometrie
- Radiochemie
- externe Dosimetrie
- Biokinetik sowie In-Vivo-Diagnostik radioaktiver Stoffe im Körper und interne Dosimetrie sowie
- natürliche Strahlenexposition am Arbeitsplatz, in Wohnungen, in der Umwelt

Des Weiteren werden im Bereich „Kompetenzerhalt im Strahlenschutz“ aber auch Routineaufgaben im Bereich der nichtamtlichen Personendosimetrie und Ortsdosimetrie erledigt.

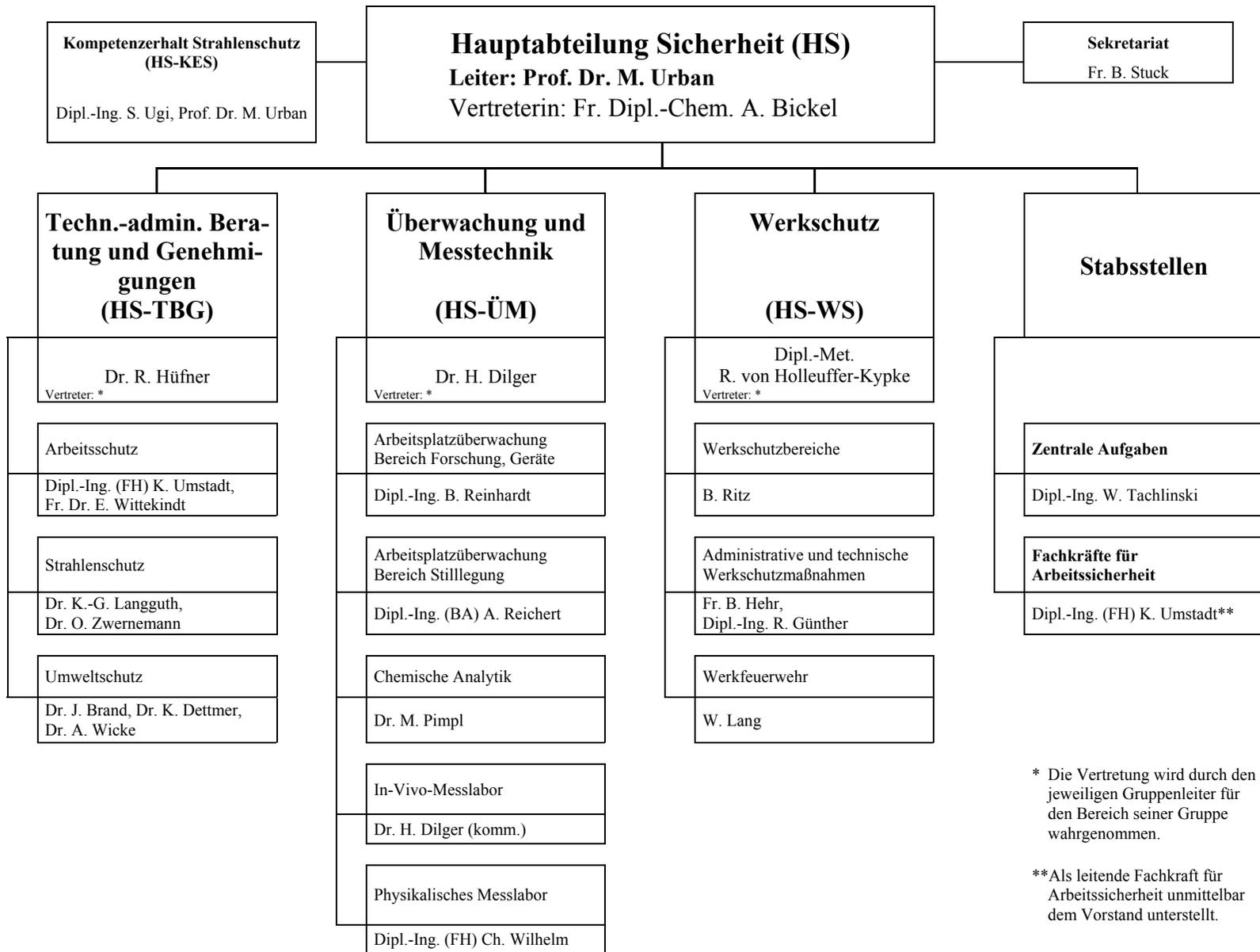
Stabsstelle „Zentrale Aufgaben“ (HS-ZA)

Die Stabsstelle „Zentrale Aufgaben“ nimmt die Erledigung der Querschnittsaufgaben der Hauptabteilung Sicherheit teilweise wahr oder unterstützt zum anderen Teil koordinierend die anderen Abteilungen.

Als Arbeitsschwerpunkte wurde dem Stab der Betrieb und die Weiterentwicklung der HS-Datenverarbeitung und die Koordination von abteilungsübergreifenden Arbeiten übertragen. Des Weiteren wurde innerhalb der Stabsstelle das Qualitätsmanagementsystem (QMS) der Hauptabteilung Sicherheit aufgebaut und weiterentwickelt. Das QMS unterstützte wesentlich die im Jahr 2006 durchgeführte Akkreditierung des Physikalischen Messlabors.

Stabsstelle „Fachkräfte für Arbeitssicherheit“ (StFA)

Zur Umsetzung des Arbeitssicherheitsgesetzes im Forschungszentrum Karlsruhe wurde eine Stabsstelle „Fachkräfte für Arbeitssicherheit“ eingerichtet. Hier sind vier Sicherheitsingenieure tätig, die den Arbeitgeber beim Arbeitsschutz und bei der Unfallverhütung in allen Fragen der Arbeitssicherheit einschließlich der menschengerechten Gestaltung der Arbeit unterstützen. Ihre besondere Aufgaben ergeben sich aus § 6 des Arbeitssicherheitsgesetzes.



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. To keep at least present knowledge in Radiation Protection is regarded to be essential for the future. Therefore junior scientists, young engineers, PhD- and Masters students do some R&D projects in the Central Safety Department. This happens in close cooperation with the Karlsruhe Scientific University and the Karlsruhe University of Cooperative Education.

The Central Safety Department has a quality management system implemented. For most of the laboratories and some working groups an certification or accreditation is planned. The Physical Measurements Laboratory was the first laboratory for which an accreditation was successfully performed.

As per December 31, 2006, the Central Safety Department employed 203 scientific, technical, and administrative staff members, one graduand of the University of Bologna a, two Ph.D. students and 11 students for radiation protection respectively occupational safety engineers.

Technical and administrative Consulting and Licensing (HS-TBG)

The Technical and administrative Consulting and Licensing Unit has consulting, controlling, licensing and managing functions in the various fields such as industrial safety, biological safety, radiation protection, radioactive materials surveillance and accountancy, 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 "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 "Radiation Protection Group" appoints the Radiation Protection Officers and supports their activities as well as practical radiation protection work through providing information, consultancy, and contacts with authorities and monitors compliance with the Radiation Protection and the X ray Ordinance. It manages the computerised data files containing the data measured for occupationally radiation exposed personnel, and also manages the deadlines for radiation protection instructions and health physics examinations. It creates the preconditions for personnel of external companies to be allowed to work in controlled areas, and it fills in the radiation passports for staff members working in external facilities. It is also responsible for central bookkeeping and accountancy as well as surveillance of nuclear materials and radioactive substances at the Centre. It compiles all inventory change reports and prepares inspections and inventory verification exercises by Euratom. The group is also responsible for the central bookkeeping of former radioactive material which passed through the clearance procedure.

The "Environmental Protection Group" combines all officers responsible for waste, hazardous substances, environmental impacts, and protection of water. The main task of the officers is to give information, expert advise and to supervise environmental-related activities. Relevant information about environment and safety are hold in a databank which includes also material safety data sheets and information's around hazardous materials. The group 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. The aim is to record the complete emission and immission and to verify the compliance with the maximum permissible value.

Supervision and Monitoring (HS-ÜM)

The Supervision and Monitoring Unit supports the Radiation Protection Officers responsible for protecting the persons handling radioactive substances or exposed to ionising radiation. In exercising these functions many staff members work in a decentralised way, being assigned to the institutes of the Centre. The members of the Radiation Protection Unit are liaisons to the members of institutes or departments in matters of radiation protection on site and provide information and recommendations.

The unit runs a laboratory for clearance measurements to perform nuclide specific analyses required for clearance of materials originating from decommissioning of nuclear facilities which can be reused without restrictions or disposed of as ordinary waste only if reference values of remaining radioactivity are underrated.

The "Work Place Monitoring Groups" are responsible for the distribution of the official dosimeters and for the evaluation of the working place dosimeters.. 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.

The accredited "Physical 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.

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. For the determination of the radioactivity content in the air, water, ground, sediment, fish and agricultural products samples are collected at regular intervals and evaluated in the labs of the unit.

The "In-vivo-laboratory" runs human body counters and special partial body counters to determine nuclide depositions in the body. Procedures are applied to determine the equivalent dose in cases of internal exposure. These efforts are concentrated mainly on improving methods of detecting thorium, uranium, plutonium, and americium in the lungs, the liver, and the skeleton, and to make available metabolic models for interpretation of the measured results.

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

Works Security Service (HS-WS)

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 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. The "Fire Brigade" provides the Task Force Leader 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.

Keeping competence in radiation protection (HS-KES)

In cooperation with the Karlsruhe Scientific University and the Karlsruhe University of Cooperative Education and with the support of the Department of the Environment of the federal state of Baden-Wuerttemberg and the Federal Department of Education and Research some programmes for keeping competence in radiation protection are arranged in the Central Safety Department. Young scientists work under the guidance of experienced scientists and with the implementation of students, graduands and postgraduates in the following fields:

- Nuclear radiation measurement techniques und spectrometry
- Radiochemistry
- External dosimetry
- Biokinetics and in-vivo-diagnostics of radioactive substances in bodies and internal dosimetry and
- Natural occurring radiation exposition at working places, in living spaces and in the environment

In addition the group completes also routine work in nonofficial personal dosimetry and work place dosimetry.

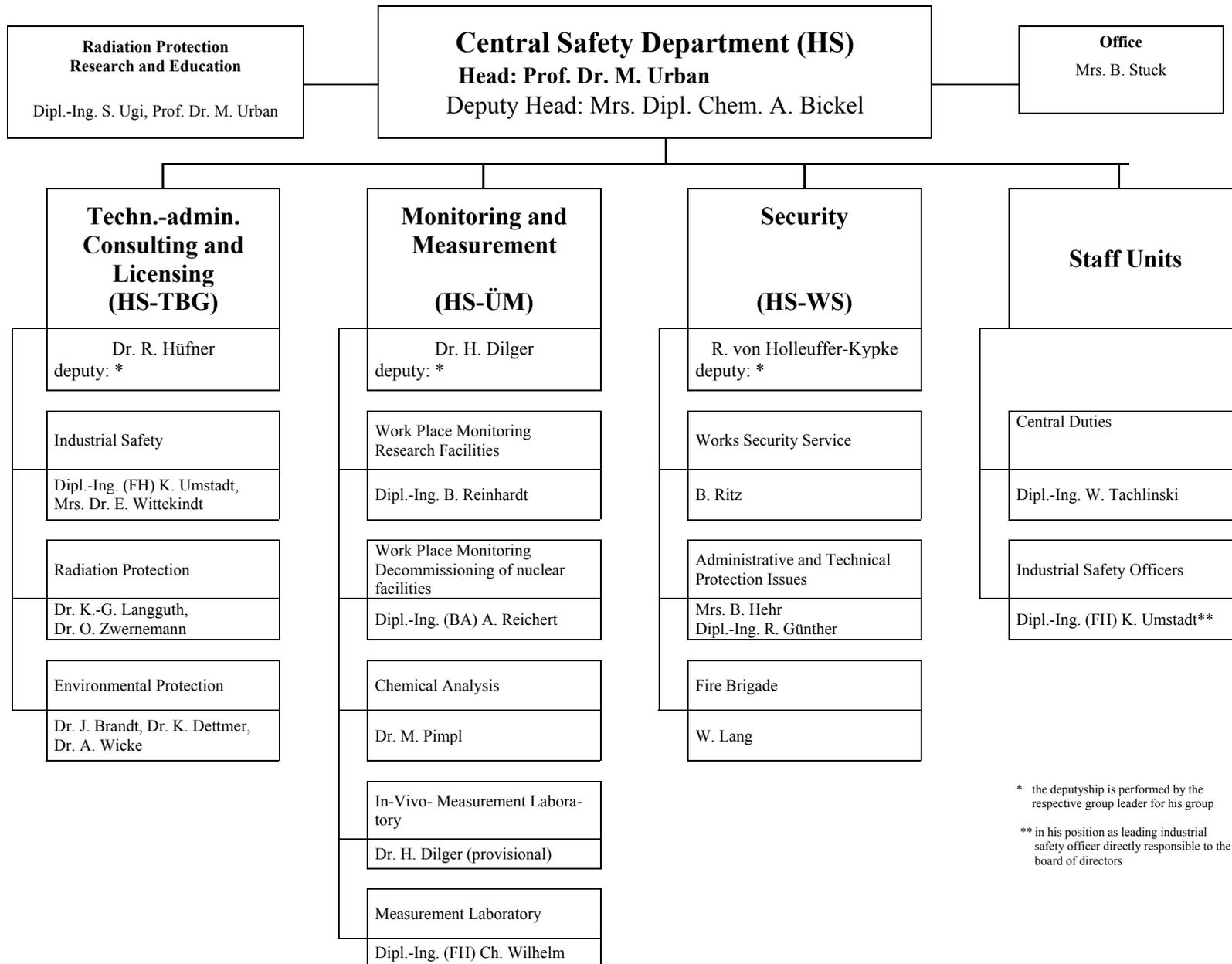
Staff unit "central duties" (HS-ZA)

The staff position „central duties“ is responsible for the implementation and coordination of supporting tasks within the Central Safety Department.

Main duties are the operation and the further development of the data processing of the Central Safety Department and the coordination of supporting tasks concerning the different compartments. Furthermore the quality management system (QMS) of the Central Safety Department was established within this unit and enhanced. The QMS supported significantly the accreditation of the Physical Measurements Laboratory in 2006.

Staff unit “Specialists in occupational safety” (StFA)

To observe the German Occupational Safety laws the staff position “Specialists in occupational safety” was built. The four specialists in occupational safety assist the employer in everything concerning occupational safety and prevention of accidents and in the setup of human working environments.



2 Genehmigungsverfahren

K. Dettmer, M. Fellhauer, R. Hübner, E. Wittekindt, O. Zwernemann

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

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

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

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

In der Tab. 2-1 sind die dem Forschungszentrum Karlsruhe erteilten Genehmigungen und Zulassungen zusammengefasst, die am Jahresende 2006 Gültigkeit besaßen.

Neben den zum Tagesgeschäft zählenden Anpassungen, Erweiterungen und Aktualisierungen bestehender Genehmigungen wurden einige besonders zu erwähnende Vorgänge bearbeitet.

Wie bereits im Jahr 2005 machten die Freigaberegeln nach § 29 der Strahlenschutzverordnung einen großen Anteil der atomrechtlichen Genehmigungen aus. Die Bedeutung wird auch aus der Tatsache deutlich, dass 2006 mehr als 200 Chargen unterschiedlichster Reststoffe die Freigabe nach § 29 durchliefen. Die Freigabe von Gebäuden kann nicht nach standardisierten Verfahren durchgeführt werden. Hier müssen jeweils Freigaben in Einzelfallentscheidungen erwirkt werden. Solche Freigaben wurden für die meisten Labors im Gebäude 351 (ehemalige Hauptabteilung Zyklotron) sowie Gebäude 423 A durchgeführt.

Der Aufbau des Experiments KATRIN erfordert eine Anpassung der Umgangsgenehmigungen des Tritiumlabors Karlsruhe (TLK). Da die bestehende Genehmigungssituation sowohl für den Betreiber, als auch für die Aufsichtsbehörde unbefriedigend geworden war - einerseits existieren vier parallel gültige Genehmigungen, in die durch eine Vielzahl von Änderungsanzeigen eingegriffen wurde, andererseits erfordern eine Reihe historisch bedingter Auflagen einen enormen, oft unnötigen bürokratischen Aufwand - wurde in enger Abstimmung mit der Genehmigungsbe-

hörde mit der Ausarbeitung von Antragsunterlagen für eine neue Umgangsgenehmigung gemäß § 7 der Strahlenschutzverordnung begonnen.

Das Ziel ist, eine Umgangsgenehmigung für ein normales Radioisotopenlabor zu erwirken, die, bei Einhaltung definierter Standards, den flexiblen Aufbau und die Durchführung von Experimenten auch ohne kosten- und zeitintensive Einzelbegutachtung ermöglicht. Die Erarbeitung der Antragsunterlagen konnte 2006 noch nicht abgeschlossen werden. Die Antragstellung ist im ersten Quartal 2007 geplant.

Einen stetig wachsenden Anteil an den genehmigungspflichtigen Aktivitäten nehmen die Arbeiten mit Bezug zum Gentechnik-, Tier- und Infektionsschutzgesetz ein. So wurde im Gebäude 351 (IBG) eine neue gentechnische Anlage der Sicherheitsstufe S1 eingerichtet. Am Jahresende 2006 wurden im Forschungszentrum insgesamt zehn S1 und eine S2 Anlage betrieben.

Als weitere S1-Anlage wurde ein Laborkomplex im Gebäude 330 des ITC-WGT ausgebaut. Es ist geplant, diesen Labortrakt auch als BSL2-Anlage mit einer Erlaubnis gemäß § 44 IfSG zum Umgang mit infektiösen Erregern in Betrieb zu nehmen. Die Genehmigungsverfahren stehen hier kurz vor dem Abschluss. Die Zustimmung der Genehmigungsbehörde wird zu Beginn des Jahres 2007 erwartet. Die Anmeldung einer weiteren gentechnischen Anlage der Sicherheitsstufe S2 im ITG befand sich zum Ende des Berichtszeitraums noch in der Vorbereitungsphase. U. a. war hierfür eine Recherche zur Verwendung kommerzieller viraler Vektoren erforderlich, um die Möglichkeiten des Gentransfers mit Hilfe von Adenovirus Typ 5 Vektoren und solchen retroviralen und lentiviralen Ursprungs unter den Sicherheitsaspekten eines S2 Labors auszuloten.

Auch bei den bereits bestehenden gentechnischen Anlagen war aufgrund organisatorischer und personeller Änderungen, eine umfangreiche Aktualisierung des gemeldeten Raumbestands erforderlich.

Vom Regierungspräsidium Karlsruhe wurden in 2006 drei neue Tierversuchsvorhaben genehmigt. In diesem Rahmen wurden für mehrere Mitarbeiter Ausnahmegenehmigungen gemäß § 9 TierSchG zur Durchführung von Tierversuchen erwirkt und entsprechende Meldungen zu den an den Tierversuchen bereits beteiligten Personen aktualisiert (ITG, IBG). Ein weiterer Antrag zur Durchführung eines Tierversuchsvorhabens des ITG wurde vom Regierungspräsidium Karlsruhe im Jahre 2006 abschlägig beschieden. Wegen der Komplexität der Gesamthematik (Erzeugung von Transgenen- und Knockout-Mäusen) soll das entsprechende Vorhaben auf Anregung der Behörde und der Tierschutzethikkommission in mehrere Einzelvorhaben unterteilt werden, die, entsprechend spezifiziert, neu zu beantragen wären.

Ebenfalls in den Bereich des Tierschutzes fällt die Erweiterung der Tierhaltungseinrichtungen, sowie der Wechsel in deren Leitung. Da diese Aufgabe von einer Veterinärmedizinerin übernommen wurde, besteht für das Forschungszentrum die Möglichkeit der Einrichtung einer tierärztlichen Hausapotheke zur Bevorratung von Schmerz- und Narkosemitteln. Der entsprechende Antrag nach dem Betäubungsmittelgesetz wurde vorbereitet.

Eine Erleichterung beim Betrieb und der Emissionsüberwachung des von BTI betriebenen Fernheizwerks sowie des Blockheizkraftwerks wurde beantragt. Durch Begrenzung der Gesamtfeuerungswärmeleistung sowie der Restlaufzeit der Gasturbine sollen die Anlagen nicht mehr der Kategorie der Großfeuerungsanlagen zugerechnet werden. Sie sollen nur noch den moderateren Regelungen der 1. Verordnung zum Bundesimmissionsschutzgesetz (1.BImSchV, VO zu kleinen und mittleren Feuerungsanlagen) bzw. der TA-Luft unterworfen werden.

Bei der vorbereitenden Planung zum Aufbau einer Versuchsanlage nach dem Bioliq-Verfahren folgte die Überwachungsbehörde der Argumentation des Forschungszentrums, dass für diese Versuchsanlage die Privilegien des § 1 Abs. 6 der 4. Verordnung zum Bundesimmissionsschutzgesetz gelten und somit keine eigenständige Immissionsschutzgenehmigung erforderlich ist. Trotzdem waren im Rahmen der Baugenehmigung verschiedene immissionsschutzrechtliche

Aspekte zu betrachten und entsprechende Unterlagen zu erstellen, insbesondere für den Bau und den Betrieb der „Fackeln“, mit deren Hilfe nicht genutzte Pyrolyse- und Synthesegase verbrannt werden sollen.

Neben den zum Standard gewordenen alltäglichen Genehmigungsfragen standen auch seltenere Vorgänge zur Bearbeitung an. So wurde beispielsweise im Berichtsjahr die Fachbetriebszulassung für BTI zur Herstellung von Stahlbauten, der so genannte „Große Nachweis“, erneut zugeteilt.

Als Beispiele zu Arbeitsthemen aus der Kategorie „Kurioses“ wären hier u. a. der geforderte Nachweis der Standfestigkeit eines korrosionsgefährdeten Stahlgittermasten im bayerischen Höglwald (Messeinrichtung des IMK-IFU) oder die Entfernung störender Markierungen eines ehemaligen Hubschrauberlandeplatzes auf dem Dach der Werkfeuerwehr zu nennen.

Institut/ Abteilung	AtG		StrlSchV					RöV		BImSchG		WHG	GenTG	IfSG	TierSchG			Fach- betriebe
	§ 7	§ 9	§ 7	§ 11	§ 15	§ 29	§ 117					§ 11	§ 44	§ 7	§ 9	§ 6		
	Genehmig.	Genehmig.	Genehmig.	Genehmig.	Genehmig.	Genehmig.	Anzeige.	Genehmig.	Anzeige	Genehmig.	Anzeige	Genehmig.	angemeldete Bereiche	angemeldete Bereiche	Genehmig.	Ausnahme- genehmig.	Anzeige	Zulassung
BTI	1		3			1		1		3		3						3
EKM			1															
FTU			1					2					1					
FZK		3			1	2												
HDB										1								
HS		1	1					2										
HVT			4						1									
IFIA			1															
IFP			1					4	2									
IHM			0					3	2									
IK			3	3					1									
IBG												2		1		1		
IMF		1	1					8	6									
IMK			4				4											
IMT								1										
INE		1	1					1	3									
INT			2					4	6									
ISS			1	1														
ITC			4					5	4	3	1		1	1				
ITG			3									6		4	23	1		
ITP			1						3									
MED			1															
MZFR			2			1												

Tab. 2-1: Genehmigungen und Anzeigen der Institute und Abteilungen des Forschungszentrums Karlsruhe, Stand Dez. 2006, ausgenommen sind die atomrechtlichen Genehmigungen, die vom Geschäftsbereich Stilllegung selbst betreut werden

3 Arbeitssicherheit

K. Umstadt

3.1 Organisation und Aufgaben der Gruppe konventionelle Arbeitssicherheit

Hauptaufgabe des Arbeitsschutzes ist es, Gefährdungen und Schädigungen der Beschäftigten vorsorgend zu verhüten, abzuwehren oder soweit wie möglich zu vermindern, mit dem Ziel, höchstmögliche Arbeitssicherheit zu erreichen. Dabei stehen im Mittelpunkt Maßnahmen zur Erhöhung der Arbeitssicherheit und zur Verhütung arbeitsbedingter Gesundheitsgefahren, von Arbeits- und Wegeunfällen sowie von Berufskrankheiten.

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

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

3.2 Unfallgeschehen

Nach § 193 des Sozialgesetzbuches VII hat der Unternehmer Unfälle von Versicherten in seinem Unternehmen dem Unfallversicherungsträger anzuzeigen, wenn Versicherte getötet oder so verletzt sind, dass sie mehr als drei Tage arbeitsunfähig werden. Darüber hinaus werden aus grundsätzlichen Erwägungen auch Unfälle von Beschäftigten des Forschungszentrums, bei denen ärztliche Hilfe außerhalb des Zentrums in Anspruch genommen wird, dem zuständigen Unfallversicherungsträger angezeigt.

Für das Jahr 2006 wurden insgesamt 74 Arbeitsunfälle an den Unfallversicherer gemeldet. Davon waren 44 Unfälle anzeigepflichtig (Betriebsunfälle: 27, Wegeunfälle: 17, Sportunfälle: 0).

Einen Überblick über Art der Verletzungen und verletzte Körperteile gibt Tab. 3-1. Die Summe der anzeigepflichtigen Unfälle hat sich gegenüber dem Vorjahr erhöht; die Gesamtzahl der gemeldeten Unfälle ist ebenfalls leicht nach oben gegangen. Betrachtet man die anzeigepflichtigen Unfälle differenziert nach Betriebs- und Wegeunfällen, ist festzustellen, dass sich die Anzahl der Betriebsunfälle von 23 im Jahre 2005 auf 27 im Jahre 2006 erhöht hat. Hiervon sind allerdings 6 Unfälle durch den innerbetrieblichen Verkehr verursacht worden. Betrachtet man die Unfälle nach der Art der Verletzungen, so sind Schnittverletzungen an den Händen die häufigsten Schäden. Die Zahl der Wegeunfälle hat von 10 im letzten Jahr auf 17 im Jahre 2006 zugenommen.

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.

verletzte Körperteile	Jahr		Art der Verletzung	Jahr	
	2005	2006		2005	2006
Kopf	2	9	Prellungen, Quetschungen	8	15
Augen	1	2	Verstauchungen	2	4
Rumpf	1	6	Zerrungen, Verrenkungen	3	5
Beine, Knie	1	12	Wunde, Riss	5	11
Füße, Zehen	3	4	Knochenbruch	2	8
Arme	4	6	Verbrennungen, Verätzungen	0	2
Hände, Finger	11	14	Schnitte	4	10
Wirbel	0	4	Sonstige	1	0

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

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 Tab. 3-2 dargestellten Zahlen.

Art der Unfälle	Zahl der meldepflichtigen Unfälle je 1 000 Beschäftigte	
	Forschungszentrum Karlsruhe	gewerbliche Wirtschaft
	2006	2005*
meldepflichtige Betriebs- u. Sportunfälle	7,5	27,2
meldepflichtige Wegeunfälle	4,7	4,5

* Daten von 2006 liegen noch nicht vor.

Tab. 3-2: Unfälle im Forschungszentrum Karlsruhe 2006 im Vergleich zur gesamten gewerblichen Wirtschaft

3.3 Arbeitsplatzüberwachungen

Nach § 5 Arbeitsschutzgesetz hat der Arbeitgeber durch eine Beurteilung der für die Beschäftigten mit ihrer Arbeit verbundenen Gefährdung zu ermitteln, welche Maßnahmen des Arbeitsschutzes erforderlich sind. Bei gleichartigen Arbeitsbedingungen ist die Beurteilung eines Arbeitsplatzes oder einer Tätigkeit ausreichend. Eine Gefährdung kann sich insbesondere ergeben durch

- die Gestaltung und die Einrichtung der Arbeitsstätte und des Arbeitsplatzes
- physikalische, chemische und biologische Einwirkungen
- die Gestaltung, die Auswahl und den 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 Messungen zur Arbeitsplatzüberwachung wird entweder bei Betriebsbegehungen festgestellt, oder aufgrund von Anfragen der Mitarbeiter oder der Betriebsärzte festgelegt.

Sind spezielle Arbeitsplatzanalysen erforderlich, so werden amtlich anerkannte Messstellen oder unsere Unfallkasse mit der Durchführung beauftragt.

3.4 Aus- und Fortbildung

Im Berichtszeitraum wurden die internen Aus- und Weiterbildungsmaßnahmen des Zentrums in Arbeitsschutz- und Arbeitssicherheitsfragen unterstützt. Themenschwerpunkte waren: Arbeitsschutz und Brandschutz, Umsetzung von EU-Richtlinien in nationales Recht, Tragen von Atemschutzgeräten, Aus- und Fortbildung für Kranführer und Gabelstaplerfahrer. Weiterhin wurden Kurse mit den Themen „Umgang mit Gefahrstoffen“ und „Umsetzung der Betriebssicherheitsverordnung“ durchgeführt. Insbesondere die Inhalte der Technischen Regeln zur Betriebssicherheitsverordnung wurde den betroffenen Personen erläutert. Die Auszubildenden des – forschungszentrums wurden in einer Erstunterweisung in die betrieblichen Belange des Zentrums eingewiesen und mit den Sicherheitsbelangen einer Forschungseinrichtung vertraut gemacht. Es wurden außerdem Ausbildungen zur befähigten Person für Hebezeugbetrieb und für die Instandhaltung von Aufzügen durchgeführt. Für den innerbetrieblichen Transport wurden Mitarbeiter entsprechend den Berufsgenossenschaftlichen Vorschriften für das Bedienen von Krananlagen und das Führen von Flurförderzeugen geschult. Zur Unterstützung der Aus- und Weiterbildung der Mitarbeiter sowie zur Durchführung der gesetzlich geforderten Unterweisungen werden von HS-TBG ca. 100 Filme bereitgehalten, aktualisiert und ergänzt. Sie können als Videofilme mit Übertragungsgerät ausgeliehen werden. Außerdem stehen sie in digitaler Form im Karlsruher Informationssystem Sicherheit (KISS) zur Verfügung und sind dort von jedem Mitarbeiter per PC abrufbar.

3.5 Arbeitsschutzausschuss

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

- Die neue Maschinenrichtlinie

Mit der neuen Maschinenrichtlinie ergaben sich Veränderungen insbesondere für den Anwendungsbereich und das Konformitätsverfahren. So unterliegen Maschinen, die speziell für Forschungszwecke konstruiert und gebaut wurden und zur vorübergehenden Verwendung in Laboratorien bestimmt sind, nicht der Maschinenrichtlinie. In wieweit dies für bestimmte Projekte im Zentrum zutrifft, wurde von den Teilnehmern diskutiert. Nach der Umsetzung der Richtlinie in nationales Recht sollen die Mitglieder des ASA konkrete Vorschläge erarbeiten.

- Überprüfung elektrischer Anlagen und Betriebsmittel

Von den Mitgliedern wurde die Frage diskutiert, welche elektrischen Betriebsmittel als ortsveränderlich und welche als ortsfest einzustufen sind. Zur Erarbeitung eines Vorschlages wurde eine Arbeitsgruppe mit Fachkräften für Arbeitssicherheit, Elektrotechnikern und einem Vertreter der Berufsgenossenschaft gebildet. Die Mitglieder des ASA sprachen die Empfehlung aus, den Vorschlag der Arbeitsgruppe als Handlungshilfe den Instituten zur Verfügung zu stellen.

- Betriebliches Vorschlagswesen

Verbesserungsvorschläge, die im Zusammenhang mit Arbeits- und Gesundheitsschutz standen, wurden dem ASA zur Bewertung und Stellungnahme zugeleitet. Nach Diskussion und Bewertung der Vorschläge erfolgte eine Stellungnahme an die Abteilung „Betriebliches Vorschlagswesen“.

3.6 Umgang mit Gefahrstoffen

K. Dettmer, P. Kraft

Aufgrund der Verwendung von Gefahrstoffen sind im Forschungszentrum eine Vielzahl chemikalienrechtlicher Unternehmerpflichten zu erfüllen. Hierbei übernimmt die HS einige zentrale Aufgaben. Sie betreffen beispielsweise die Information der Beschäftigten über gefährliche Eigenschaften von Stoffen und die daraus resultierenden Schutzmaßnahmen, sowie die Führung und Administration des vorgeschriebenen Gefahrstoffverzeichnis für das gesamte Unternehmen.

Die Realisierung des Gefahrstoffverzeichnis erfolgte im Forschungszentrum mit Hilfe eines zentralen Datenbankprogramms, das von allen Organisationseinheiten über das Intranet bedient werden kann. Es unterstützt die Beschäftigten bei der Bestandsführung und nutzt alle Daten, die bei der Bestellung von Gefahrstoffen ohnehin benötigt werden, um daraus mit möglichst geringem zusätzlichen Aufwand das Verzeichnis aufzubauen. Das Programm mit dem Namen ChemieAssistent (abgekürzt: ChemA, vergl. Abb. 3-1) bietet die Möglichkeit, Gefahrstoffe direkt im Rahmen der Beschaffung zu registrieren. Bestellte Stoffe werden datentechnisch mit Informationen über ihre gefährlichen Eigenschaften sowie mit Angaben über den Ort ihrer Lagerung oder Handhabung verknüpft.

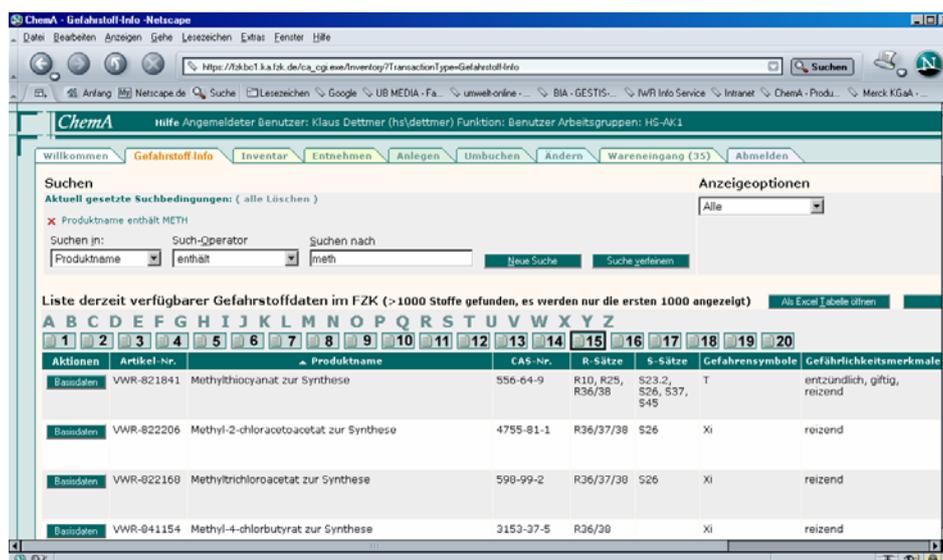


Abb. 3-1: Der ChemieAssistent, das Gefahrstoffverzeichnis des Forschungszentrums – intuitiv nutzbare Bedienoberfläche

Das Datenbankprogramm arbeitet direkt mit dem im Bestellwesen des Forschungszentrums verwendeten Katalogsystem, dem Enterprise Buyer Professional, das auf der Plattform SAP R/3 aufsetzt, zusammen. Der Vorteil dieses Bestellsystems besteht darin, dass eine Bestellung dezentral ausgelöst und das benötigte Produkt direkt aus dem Katalog des Lieferanten selektiert werden kann. Im Hinblick auf die Umsetzung der Gefahrstoffverordnung bedeutet dies, dass sich eine große Auswahl an Stoffen unmittelbar beim Bestellvorgang mit den für das Gefahrstoffverzeichnis erforderlichen Daten elektronisch verbinden lässt. Alle Stoffinformationen können sowohl bei der Bestellung, als auch zu jedem späteren Zeitpunkt datentechnisch mit der Information über den Ort der Verwendung des Gefahrstoffes verknüpft werden.

Die Sicherheitsdatenblätter sowie ausgewählte einzelne Sicherheitsdatenfelder für den Aufbau des Gefahrstoffverzeichnisses führt die HS ebenfalls in der Datenbank. Der Datenpool speist sich aus den Informationen der Hersteller und Vertreiber der eingekauften Stoffe und wird ständig aktualisiert und erweitert. Er enthält mehr als 13 000 Datensätze. Sämtliche Daten einschließlich eingescannter Original-Sicherheitsdatenblätter können über das Intranet des Forschungszentrums zentral und von jedem Institut aus zur allgemeinen Information sowie zur Erstellung von gefahrstoff- und arbeitsplatzbezogenen Betriebsanweisungen abgerufen werden. Da ein Großteil der Gefahrstoffdaten direkt vom Hauptlieferanten für das Forschungszentrum übernommen werden kann, konzentriert sich die von HS zu leistende Aktualisierungsarbeit auf die Datensätze (knapp 4 000 Stück), die für die vorhandenen und neu bestellten Stoffe anderer Hersteller erforderlich sind. Aus diesem Grund kann die erforderliche Aktualität der Daten mit angemessenem Aufwand aufrecht erhalten werden.

Das Datenbanksystem unterstützt die dezentrale Registrierung der vorhandenen Gefahrstoffe sowie die Übernahme relevanter Daten im Rahmen von Neubestellungen in ein einheitliches, zentrales Verzeichnis. Im Berichtsjahr waren mehr als 500 Nutzende aus den relevanten Organisationseinheiten im System registriert. Mehr als 14 000 Bestandspositionen geben Aufschluss über die Lagerungs- und Verwendungsorte der Chemikalien. Die vorhandenen Gefährdungspotentiale und können von unterschiedlichen Stellen der Sicherheitsorganisation (Arbeitssicherheit, Werkfeuerwehr, Arbeitsmedizin) eingesehen und ausgewertet werden.

Zusätzlich zur Administration des Gefahrstoffverzeichnisses wurde die Erstellung von Gebindekennzeichnungen für den Umgang (Gefahrstoffetiketten) sowie von schriftlichen Weisungen für Fahrzeugführer beim Gefahrguttransport (Unfallmerkblätter) als zentrale Dienstleistung angeboten.

3.7 Wiederkehrende Prüfungen

K. Dettmer

Um die technische Betriebssicherheit zu gewährleisten, müssen eine Vielzahl von Anlagen, Anlagenteilen, Maschinen und Gegenständen in regelmäßigen Zeitintervallen wiederkehrend geprüft werden. Die Prüferfordernisse können sich beispielsweise aus Rechtsnormen, Unfallverhütungsvorschriften oder auch unmittelbar aus Genehmigungsaufgaben ergeben. Durch die Betriebssicherheitsverordnung eröffnet sich die Möglichkeit, dass Intervalle für wiederkehrende Prüfungen im Rahmen von Gefährdungsanalysen neu festgelegt werden.

Wiederkehrende Prüfungen erfolgen in allen Organisationseinheiten des Zentrums. Von den zentralen Aufgaben übernimmt der Bereich Technische Infrastruktur die Datenhaltung der wiederkehrend prüfpflichtigen Objekte sowie die Terminsteuerung der Prüfungen. Die Kontrolle sowie das Mahnwesen obliegt der Hauptabteilung Sicherheit. Die Daten zur Identifikation der Prüfobjekte und zum Anstoß der Prüfungen werden in dem SAP-Modul RM-INST geführt, das auch für die Steuerung der Wartung und Instandhaltung infrastruktureller Anlagen zum Einsatz kommt.

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 der Abb. 3-2 sind die neue Aufgabenverteilung sowie der Informationsfluss bei der Durchführung von wiederkehrenden Prüfungen dargestellt.

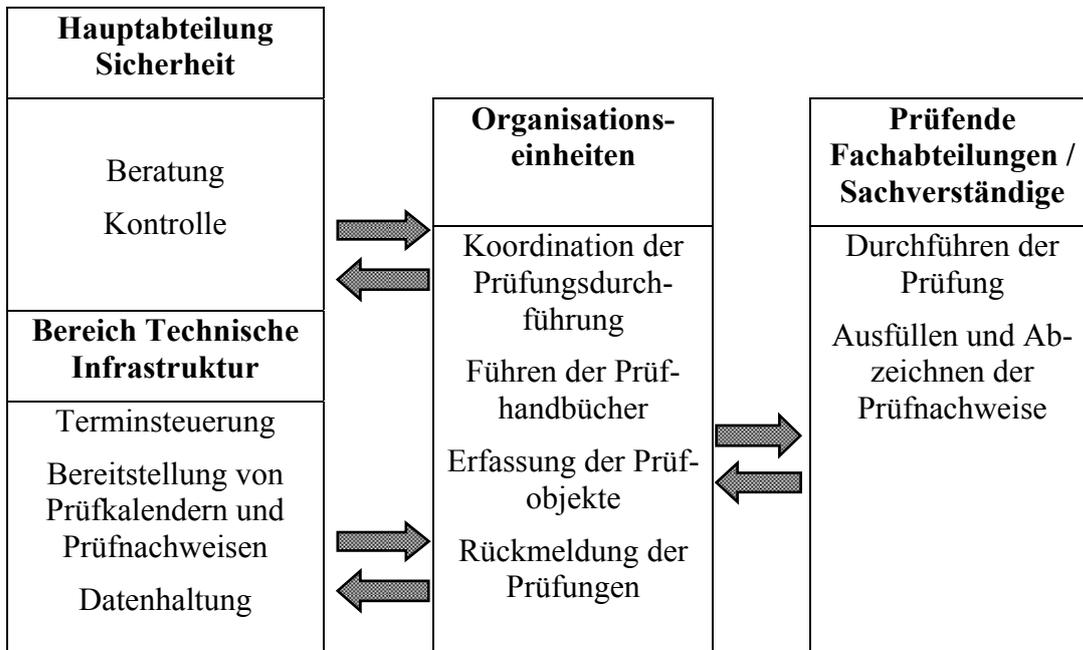


Abb. 3-2: Wiederkehrende Prüfungen – Aufgabenverteilung und Informationsfluss

Zusätzlich zu den Dokumenten, die mit Hilfe des Systems in Papierform erstellt und über den Postweg verteilt werden können, bestehen eine Vielzahl von direkten Auswertungsmöglichkeiten der Datenbank auf elektronischem Wege. Diese Dienste lassen sich dezentral nutzen und ermöglichen Personen, die in den Organisationseinheiten für die Wiederkehrenden Prüfungen zuständig sind, eine schnelle und zuverlässige Information über anstehende Prüftermine.

Im Berichtsjahr konnte der Routinebetrieb des Systems ohne wesentliche Probleme aufrecht erhalten werden.

4 Strahlenschutz

4.1 Strahlenschutzorganisation im Forschungszentrum

Das Forschungszentrum Karlsruhe GmbH ist als juristische Person Inhaber einer Vielzahl von atomrechtlichen Genehmigungen und somit Strahlenschutzverantwortlicher nach Strahlenschutz- und Röntgenverordnung. Der Vorstandsvorsitzende des Forschungszentrums hat als Strahlenschutzverantwortlicher die Wahrnehmung seiner Aufgaben an den Sicherheitsbeauftragten delegiert, der bezüglich des Strahlenschutzes als Strahlenschutzbevollmächtigter handelt.

Zur Durchführung seiner Aufgaben bedient sich der Sicherheitsbeauftragte der Hauptabteilung Sicherheit (HS), deren Leiter er ist. Die Aufgaben des operationellen Strahlenschutzes werden dabei von der Abteilung Überwachung und Messtechnik (HS-ÜM) und die des administrativen Strahlenschutzes von der Abteilung Technisch-administrative Beratung und Genehmigungen (HS-TBG) wahrgenommen.

4.2 Administrativer Strahlenschutz¹

4.2.1 Bestellung von Strahlenschutzbeauftragten nach Strahlenschutz- und Röntgenverordnung

M. Fellhauer, A. Zieger, K.-G. Langguth

Der Strahlenschutzverantwortliche hat zur Gewährleistung des Strahlenschutzes bei atomrechtlich relevanten Tätigkeiten die notwendige Anzahl von Strahlenschutzbeauftragten zu bestellen.

Als Strahlenschutzbeauftragte (SSB) dürfen nur Personen bestellt werden

- die die zur Wahrnehmung ihrer Aufgaben erforderlichen Befugnisse besitzen
- bei denen keine Tatsachen vorliegen, aus denen sich Bedenken gegen ihre Zuverlässigkeit ergeben und
- die im Besitz der erforderlichen Fachkunde sind

Die erforderliche Fachkunde wird durch eine geeignete Ausbildung, praktische Erfahrung und die erfolgreiche Teilnahme an anerkannten Kursen erworben und muss von der zuständigen Behörde bescheinigt werden. Weiterhin muss jeder Strahlenschutzbeauftragte im 5-Jahres-Rhythmus seine Fachkunde durch Teilnahme an einem von der Behörde anerkannten Kurs oder anderen behördlich anerkannten Fortbildungsmaßnahmen aktualisieren.

Die Gruppe „Administrativer Strahlenschutz“ von HS-TBG berät die Organisationseinheiten und die Strahlenschutzbeauftragten über die vom jeweiligen Genehmigungsumfeld abhängenden Anforderungen an die Fachkunde, erwirkt die erforderlichen Fachkundebescheinigungen bei den jeweils zuständigen Behörden und überwacht die Termine zur Fachkundeaktualisierung.

Bei der Bestellung der Strahlenschutzbeauftragten sind deren Aufgaben und lokalen Zuständigkeitsbereiche durch die Organisationseinheiten und HS-TBG so gegeneinander abzugrenzen, dass Doppelverantwortlichkeiten oder Lücken in den Verantwortungsbereichen ausgeschlossen sind. Die Bestellung von Strahlenschutzbeauftragten, ihre Entlastung sowie Änderungen in innerbetrieblichen Entscheidungsbereichen erfolgen schriftlich und müssen der jeweiligen Aufsichtsbehörde mitgeteilt werden.

Die große Zahl der Bereiche des Forschungszentrums, die Vielfalt der erteilten atomrechtlichen Genehmigungen und die ständig erforderlichen Aktualisierungen aufgrund von Änderungen im Genehmigungsumfeld sowie durch Personalwechsel bedingen einen erheblichen administrativen Aufwand. Ende 2006 waren 139 (Vorjahr 147) Personen zu Strahlenschutzbeauftragten nach StrlSchV und RöV bestellt, die in 220 (Vorjahr 241) eigenständigen innerbetrieblichen Entscheidungsbereichen tätig sind. Im Jahr 2006 waren insgesamt 35 Neubestellungen oder Entlastungen von Strahlenschutzbeauftragten durchzuführen sowie 21 innerbetriebliche Entscheidungsbereiche neu festzulegen oder geänderten Gegebenheiten anzupassen. Für Neubestellungen waren 18 Fachkundebescheinigungen einzuholen.

¹ Die dem administrativen Strahlenschutz formal zuzurechnende Durchführung atomrechtlicher Genehmigungsverfahren ist, zusammen mit der Durchführung von Genehmigungsverfahren auf anderer Rechtsgrundlage, in einem gesonderten Kapitel (Kap.2) ausgeführt.

4.2.2 Umsetzung des atomrechtlichen Regelwerkes

K.-G. Langguth, M. Fellhauer

Der Aufgabenbereich administrativer 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 so genannten Strahlenschutzordners. Dieser Ordner ist eine Arbeitsunterlage für die Strahlenschutzbeauftragten in Form einer Loseblattsammlung, in der alle wesentlichen Gesetze, Verordnungen, Richtlinien, das aktuelle interne Regelwerk des Forschungszentrums einschließlich der an die SSB gerichteten Strahlenschutzanweisungen enthalten sind. Wesentliche Inhalte dieses Ordners werden zusätzlich im Intranet des Forschungszentrums unter KISS (Karlsruher Informations System Sicherheit) angeboten.

4.2.3 Betriebsüberwachung

K.-G. Langguth, M. Fellhauer, A. Zieger, O. Zwernemann

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

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

Darüber hinaus werden auch Aufsichtsbesuche durch Vertreter der atomrechtlichen Behörden in Anlagen und Einrichtungen des Forschungszentrums von Mitarbeitern der Gruppe Strahlenschutz begleitet, um zu gewährleisten, dass Regelungen der Organisationseinheiten mit dem übergeordneten Regelwerk des Forschungszentrums in Einklang stehen. Im Jahr 2006 wurden insgesamt 33 Begehungen nach Strahlenschutz- oder Röntgenverordnung und im Rahmen von Aufsichtsbesuchen durchgeführt.

4.2.4 Zentrale Erfassung und Überwachung von Personen nach Röntgen- und Strahlenschutzverordnung

S. Debus, M. Fellhauer, K.-G. Langguth

Nach der Strahlenschutz- und der Röntgenverordnung unterliegen Personen der Strahlenschutzüberwachung, wenn sie sich in Strahlenschutzbereichen aufhalten und dies zu einer effektiven Dosis von mehr als 1 mSv im Kalenderjahr führen kann. Von Personen, die sich in Kontrollbereichen aufhalten, muss - unabhängig von der Höhe der effektiven Dosis im Kalenderjahr - grundsätzlich die Körperdosis ermittelt und gemäß den Bestimmungen der Verordnungen überwacht werden. Die Erfassung dieser Personen ist vorrangig die Aufgabe des jeweils zuständigen Strahlenschutzbeauftragten (SSB) in enger Zusammenarbeit mit der Hauptabteilung Sicherheit. Die dazu erhobenen Personendaten und die gemessenen Dosiswerte werden an HS-TBG übermittelt. Für die Erfassung, Verarbeitung und Dokumentation dieser Daten wird ein umfangreiches „Personendosisregister“ unterhalten, das neben der Erfüllung der gesetzlich vorgeschriebenen Aufzeichnungs- und Mitteilungspflichten auch zur Überwachung von Terminen und Dosisgrenzwerten dient. Die für die einzelnen Personen festgelegten Maßnahmen zur Strahlenschutz-

überwachung werden jährlich durch den zuständigen SSB überprüft und gegebenenfalls neu festgelegt.

Im Jahr 2006 wurden 963 (Vorjahr 913) Personen des Forschungszentrums gemäß Strahlenschutz- und Röntgenverordnung überwacht und die zugehörigen Daten im Personendosisregister dokumentiert. Sofern Änderungen in den Expositionsbedingungen von beruflich strahlenexponierten Personen eintraten, und/oder durch Arbeitsplatzwechsel ein anderer Strahlenschutzbeauftragter zuständig wurde, wurde dies im Personendosisregister durch das Anlegen eines neuen Überwachungsintervalls dokumentiert. Im Jahr 2006 wurden 1 021 (Vorjahr 935) Überwachungsintervalle für Mitarbeiter und Mitarbeiterinnen des Forschungszentrums angelegt.

Im zentralen Personendosisregister werden zudem von Fremdfirmenmitarbeitern (siehe Kap. 4.2.5.1) die nichtamtlichen Dosiswerte aus äußerer Strahlenexposition sowie die Dosiswerte aus innerer Exposition, die auf Aufenthalte in Strahlenschutzbereichen des Forschungszentrums zurückzuführen sind, entsprechend den gesetzlichen Vorgaben dokumentiert.

4.2.4.1 Überwachung beruflich strahlenexponierter Personen

Für Mitarbeiter des Forschungszentrums, die gemäß der Definition der jeweiligen Verordnung beruflich strahlenexponierte Personen sind, werden erfasst: Personendaten, Angaben zum Ort und zur Art des Arbeitsplatzes, Angaben zur möglichen äußeren Strahlenexposition und zur möglichen Strahlenexposition durch Inkorporation sowie Angaben zu den am jeweiligen Arbeitsplatz vorgesehenen Schutzmaßnahmen. Mit der Erfassung unterliegt die betroffene Person je nach Kategorie (A oder B) der routinemäßigen administrativen Strahlenschutzüberwachung. Diese beinhaltet termingerechte arbeitsmedizinische Vorsorgeuntersuchungen nach StrlSchV, termingerechte Strahlenschutzunterweisungen, die Ausrüstung mit Dosimetern, die Dokumentation der Dosiswerte und die Prüfung auf Einhaltung der jeweiligen Dosisgrenzwerte. Die routinemäßige Strahlenschutzüberwachung endet mit der Abmeldung durch den zuständigen Strahlenschutzbeauftragten. Die Daten müssen entsprechend den gesetzlichen Vorgaben, also mindestens bis 30 Jahre nach Beendigung der Tätigkeit als beruflich strahlenexponierte Person, dokumentiert und archiviert werden.

Der zuständige SSB erhält aus dem Personendosisregister als Hilfe zur Wahrnehmung seiner Aufgaben monatlich folgende Informationen über die ihm als SSB zugeordneten Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter des Forschungszentrums:

- Namen der Personen, die im Folgemonat unterwiesen werden müssen
- Namen der Personen, die im Folgemonat von einem ermächtigten Arzt zu untersuchen sind
- Liste der Personen, die aufgrund fehlender termingerechter Unterweisung oder Untersuchung im laufenden Monat gesperrt sind
- Liste der Personen, für die im Folgemonat eine Inkorporationsmessung durchgeführt werden soll
- Übersicht über die im Personendosisregister bis zum entsprechenden Monat registrierten Monatsdosen aus äußerer Bestrahlung.

Die beruflich strahlenexponierten Personen des Forschungszentrums erhalten jährlich einen Auszug aus dem Personendosisregister über ihre berufliche Strahlenexposition des vergangenen Jahres und ihre bis dahin erfasste Berufslebensdosis.

4.2.4.2 Überwachung von Personen, die keine beruflich strahlenexponierte Personen der Kategorien A oder B nach StrlSchV sind

In Kontrollbereichen ist – unabhängig von der zu erwartenden Dosis – grundsätzlich die Personendosis zu messen. Personen, die keine beruflich strahlenexponierten Personen der Kategorie A

oder B gemäß der Definition der Strahlenschutzverordnung sind, besitzen kein persönlich zugeordnetes amtliches Dosimeter und werden darum, wenn sie Kontrollbereiche des Forschungszentrums Karlsruhe GmbH betreten, mit einem nichtamtlichen Dosimeter ausgestattet. Dies gilt sowohl für Eigen- als auch für Fremdpersonal. Im zentrumsinternen Personendosisregister werden die Personendaten dieser Personen, ihre Aufenthaltszeiten im Kontrollbereich, die Dosiswerte aus äußerer Strahlenexposition, und gegebenenfalls Dosiswerte aus innerer Exposition erfasst.

4.2.4.3 Überwachung von Besuchern in Kontrollbereichen des Forschungszentrums

Besucher und Besuchergruppen, die Kontrollbereiche des Forschungszentrums betreten, unterliegen ebenfalls einer Überwachung. Die vorgeschriebene Dokumentation der anhand direkt ablesbarer Dosimeter gemessenen oder ermittelten effektiven Dosis sowie der Personaldaten und des Namens der Begleitperson wird vom zuständigen Strahlenschutzbeauftragten und nicht von HS-TBG vorgenommen.

4.2.4.4 Inkorporationsüberwachung im Forschungszentrum

Eine regelmäßige Inkorporationsüberwachung ist bei Personen erforderlich, die mit offenen radioaktiven Stoffen umgehen und bei denen 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 Organdosisgrenzwerte gemäß § 55 Abs. 2 StrlSchV überschreitet. Zur Bestimmung der Dosis durch Inkorporation können verschiedene Messmethoden angewandt werden, z. B. Messung der Raumluftaktivitätskonzentration am Arbeitsplatz, direkte Messung der Aktivitäten im Körper oder Ausscheidungsanalysen.

Die Notwendigkeit einer regelmäßigen Inkorporationsüberwachung wird in Abstimmung mit der zuständigen Aufsichtsbehörde auf der Grundlage der „Strahlenschutzanweisung des Sicherheitsbeauftragten zur Inkorporationsüberwachung“ festgelegt.

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

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

Nach außergewöhnlichen Ereignissen (z. B. bei Kontaminationen mit Inkorporationsverdacht) werden weiterhin Inkorporationsmessungen durchgeführt. Bei den im Jahr 2006 durchgeführten Inkorporationsanalysen aufgrund außergewöhnlicher Ereignisse, wurde bei insgesamt 13 Mitarbeitern von Fremdfirmen und des Forschungszentrums eine Dosis aufgrund innerer Exposition berechnet. Die daraus resultierenden effektiven Dosen betragen alle 0 mSv. Seit Ende 2004 werden die Werte der berechneten Inkorporationsdosen dem Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) nach standardisiertem Verfahren auf elektronischem Wege übermittelt.

4.2.4.5 Ergebnisse der Personendosisüberwachung

In Tab. 4-1 ist für die Mitarbeiter und Mitarbeiterinnen 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 Inkorporationen und äußerer Bestrahlung angegeben. Die äußere Bestrahlung der beruflich strahlenexponierten Personen wurde mit Phosphatglasdosimetern des GSF – Forschungszentrum für Umwelt und Gesundheit GmbH 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	84,9 [580]
0	<	H	≤	0,5	12,3 [84]
0,5	<	H	≤	1,0	1,6 [11]
1,0	<	H	≤	3,0	0,9 [6]
3,0	<	H	≤	6,0	0,3 [2]
6,0	<	H	≤	10,0	0 [0]
10,0	<	H			0 [0]
Anzahl erfasster Monatsdosiswerte				7 304 (Vorjahr 7 475)	
höchste Jahresdosis in mSv				5,7 (Vorjahr 4,8)	

Tab. 4-1: Ergebnisse der Personendosisüberwachung für das Jahr 2006 für Personen des Forschungszentrums Karlsruhe GmbH

Im Jahr 2006 wurden insgesamt 683 Jahresdosen aufgrund von Kontrollbereichsaufenthalten bestimmt. Die summierte Dosis dieser Personen betrug einschließlich der Dosen aufgrund innerer Exposition 45,2 mSv (Vorjahr: 65,2 mSv). Daraus ergibt sich eine durchschnittliche Strahlenexposition von etwa 0,1 mSv. Der höchste für eine Einzelperson festgestellte Jahreswert der Personendosis betrug 5,7 mSv (Vorjahr 4,8 mSv). Er wurde bei einer beruflich strahlenexponierten Person der Kategorie A festgestellt. Auch dieser Maximalwert blieb deutlich unter dem Jahresdosisgrenzwert der Strahlenschutzverordnung von 20 mSv.

In Tab. 4-2 ist für beruflich strahlenexponierte Mitarbeiter von Fremdfirmen, die nach § 15 StrlSchV in Kontrollbereichen des Forschungszentrum, in denen eine Zweitdosimetrie verpflichtend ist, tätig waren, die prozentuale Häufigkeitsverteilung der ermittelten Betreiberjahresdosis, die Anzahl der Personen mit Jahresdosen im jeweiligen Dosisintervall und die höchste für eine Person festgestellte Betreiberjahresdosis wiedergegeben. Die angegebenen Dosiswerte stammen von elektronischen direkt ablesbaren RADOS-Dosimetern und aus Inkorporationsüberwachungsmaßnahmen.

Dosisintervall in mSv				Häufigkeitsverteilungen der Betreiber-Jahresdosiswerte in Prozent [Anzahl der Personen]	
		H	=	0	69,7 [458]
0	<	H	≤	0,5	18,0 [118]
0,5	<	H	≤	1,0	4,1 [27]
1,0	<	H	≤	3,0	5,3 [35]
3,0	<	H	≤	6,0	2,1 [14]
6,0	<	H	≤	10,0	0,8 [5]
10,0	<	H			0 [0]
höchste Jahresdosis in mSv					9,3 (Vorjahr 8,6)

Tab. 4-2: Ergebnisse der Personendosisüberwachung für das Jahr 2006 des mit Betreiberdosimetern überwachten Fremdfirmenpersonals in Strahlenschutzbereichen des Forschungszentrums Karlsruhe GmbH unter Einschluss der aus außergewöhnlichen Ereignissen resultierenden effektiven Dosen durch Inkorporation

4.2.5 Personen in fremden Strahlenschutzbereichen

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

Die Schutzvorschriften der Strahlenschutzverordnung unterscheiden nicht zwischen fremdem Personal und Personal des Inhabers einer atomrechtlichen Umgangs- oder Betriebsgenehmigung (Betreiber). Da sowohl der Arbeitgeber, der sein Personal in fremde Anlagen oder Einrichtungen entsendet, als auch der Betreiber dieser Anlagen und Einrichtungen, den Schutz der beschäftigten Person sicherzustellen hat, sind die Strahlenschutzverantwortlichkeiten und die daraus resultierenden Aufgaben zwischen beiden Verantwortlichen genau abzugrenzen. Wer sein Personal in fremden Anlagen oder Einrichtungen beschäftigt oder dort selbst Aufgaben wahrnimmt, bedarf einer Genehmigung nach § 15 StrlSchV, wenn dies mit einer beruflichen Strahlenexposition von mehr als 1 mSv pro Jahr verbunden sein kann. Diese Genehmigungen machen zur Auflage, dass zwischen dem Genehmigungsinhaber und dem Betreiber der fremden Anlage oder Einrichtung ein Vertrag über die Abgrenzung der Aufgaben ihrer Strahlenschutzbeauftragten abgeschlossen wird. Diese „Abgrenzungsverträge“ werden für das Forschungszentrum im Aufgabenbereich „Administrativer Strahlenschutz“ abgeschlossen und verwaltet.

4.2.5.1 Fremdfirmenpersonal in Strahlenschutzbereichen des Forschungszentrums

Obwohl das Forschungszentrum nicht Adressat der Genehmigungsbescheide nach § 15 StrlSchV ist, folgt es der bundesweit üblich gewordenen Praxis, sich diese Genehmigungen der Fremdfirmen vor Abschluss eines Abgrenzungsvertrages vorlegen zu lassen und deren zeitlich begrenzte Gültigkeit regelmäßig zu überprüfen. Dadurch soll, obwohl aktuell noch keine Rechtsverpflichtung besteht, das rechtlich einwandfreie Verhalten der in Strahlenschutzbereichen des Forschungszentrums beschäftigten Fremdfirmen und ein höchstmöglicher Strahlenschutz für deren Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter sichergestellt werden. Zum Jahresende 2006 hatte das Forschungszentrum Karlsruhe mit 275 Fremdfirmen gültige Abgrenzungsverträge.

Die wichtigsten Daten der nach § 15 StrlSchV tätigen Fremdfirmen, wie Informationen zu Genehmigungen, Vertragsstatus, Zuständigkeiten, Anschriften, Fax- und Telefonverbindung sind online im Intranet des Forschungszentrums Karlsruhe abrufbar. Durch diesen immer aktuellen Online-Zugriff werden die Strahlenschutzbeauftragten, Strahlenschutzmitarbeiter vor Ort, Ein-

käufer von Werkvertragsleistungen und Einsatzkräfte für Schadensfälle in ihrer Arbeit mit aktuellen Daten unterstützt.

2006 wurde nur noch in den von der Behörde festgelegten Bereichen HDB, IMF II-FML, IK-Zyklotron, MZFR und KNK eine Betreiberdosimetrie durchgeführt. Obwohl behördlich nicht gefordert, wurde außerdem in der INE die nichtamtliche Zweitdosis ermittelt. In allen anderen Bereichen war aufgrund des geringen Gefährdungspotentials sowohl für Fremd- als auch Eigenpersonal nur die amtliche Dosimetrie erforderlich. Die ermittelten nichtamtlichen Dosiswerte wurden beim Verlassen des Forschungszentrums in den Strahlenpass des Fremdfirmenmitarbeiters eingetragen. War der Fremdfirmenmitarbeiter in Kontrollbereichen ohne Erfordernis einer Betreiberdosimetrie eingesetzt, so wurde dies an der entsprechenden Stelle des Strahlenpasses vermerkt.

Waren Fremdfirmenmitarbeiter von Zwischenfällen betroffen, die eine Inkorporationsüberwachungsmaßnahme erforderlich machten, wurde ihren jeweiligen Arbeitgebern das Ermittlungsergebnis und die daraus eventuell resultierenden Körperdosen mitgeteilt.

Außerdem erhält jede Fremdfirma eine Jahresübersicht über die im Kalenderjahr in Strahlenschutzbereichen des Forschungszentrums Karlsruhe erhaltenen nichtamtlichen Dosen ihrer im Forschungszentrum Karlsruhe beschäftigten Mitarbeiter. Neben diesen routinemäßigen Mitteilungen an die Fremdfirmen, übernimmt HS-TBG als Kontaktstelle in allen Fragen des Strahlenschutzes auch die aus den Abgrenzungsverträgen resultierenden Informationspflichten des Forschungszentrums gegenüber diesen Fremdfirmen und den jeweils zuständigen Behörden.

Die Erfordernisse für Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter von Fremdfirmen, die in Strahlenschutzbereichen des Forschungszentrums tätig werden, aber keiner Genehmigung nach § 15 StrlSchV bedürfen, sind in den Kapiteln 4.2.4.2 und 4.2.5.3 ausgeführt.

4.2.5.2 Personal des Forschungszentrums Karlsruhe in Strahlenschutzbereichen fremder Anlagen oder Einrichtungen

Das Forschungszentrum Karlsruhe ist auch im Besitz einer eigenen Genehmigung nach § 15 StrlSchV, damit beruflich strahlenexponierte Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter des Forschungszentrums in fremden Anlagen oder Einrichtungen tätig werden können. Mit insgesamt 37 Betreibern hat das Forschungszentrum Karlsruhe den gemäß dieser Genehmigung erforderlichen Abgrenzungsvertrag abgeschlossen.

Zur Durchführung der Genehmigung und zur Wahrnehmung der Aufgaben und Pflichten hinsichtlich des Strahlenschutzes bei der Beschäftigung in fremden Anlagen und Einrichtungen, wurden zentral bei HS-TBG Strahlenschutzbeauftragte bestellt. Für die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter des Forschungszentrums, die nach § 15 StrlSchV tätig werden, wurden die zu beachtenden Strahlenschutzregelungen in einer Strahlenschutzanweisung des Sicherheitsbeauftragten festgelegt. Diese werden ihnen vor ihrem Einsatz in der fremden Anlage oder Einrichtung ausgehändigt.

HS-TBG ist außerdem für die Registrierung und das Führen der erforderlichen Strahlenpässe des beruflich strahlenexponierten Personals des Forschungszentrums zuständig.

Die in der fremden Anlage oder Einrichtung erhaltenen Dosen werden außerdem im Personendosisregister dokumentiert. Von den derzeit zur Strahlenschutzüberwachung angemeldeten Personen besaßen zum Jahresende 2006 138 einen Strahlenpass, wobei im Jahr 2006 20 Strahlenpässe neu zu registrieren waren.

4.2.5.3 Strahlenpassstelle

Fremdfirmenmitarbeiterinnen und -mitarbeiter, die als beruflich strahlenexponierte Personen im § 15 Genehmigungsumfeld Strahlenschutzbereiche des Forschungszentrums Karlsruhe GmbH

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

Erstreckt sich der Einsatz von Fremdfirmenmitarbeiterinnen und -mitarbeitern über einen längeren Zeitraum, so werden die Strahlenpässe auf Verlangen der Fremdfirma für Nachtragungen ausgehändigt. Der Status des Strahlenpasses (ausgehändigt oder im Archiv des Forschungszentrums) wird in der EDV erfasst. Im Berichtszeitraum wurden über 1 755 mal Strahlenpässe zur Aktualisierung kurzfristig an Fremdfirmen ausgegeben und nach Rückgabe wieder in das Archiv übernommen.

Abhängig vom Einsatzort kann vor der Abmeldung noch eine Ausgangs-Inkorporationsmessung im Bodycounter erforderlich sein. Spätestens bei der Abmeldung wurden in sämtliche Strahlenpässe des im Forschungszentrum Karlsruhe tätigen beruflich strahlenexponierten Fremdfirmenpersonals die bei der Tätigkeit ermittelten nichtamtlichen externen Dosen sowie die aus durchgeführten Inkorporationsüberwachungsmaßnahmen resultierenden Dosiswerte eingetragen. Sofern diese Werte beim Verlassen des Forschungszentrums noch nicht vorlagen, wurden sie den Firmen schriftlich nachgereicht.

Auch Fremdfirmenmitarbeiterinnen und -mitarbeiter, die als nicht beruflich strahlenexponierte Personen im Sinne der Strahlenschutzverordnung Strahlenschutzbereiche des Forschungszentrums Karlsruhe betreten, müssen sich über die zentrale Strahlenpassstelle anmelden. Sie müssen dabei eine Bestätigung ihres Arbeitgebers vorlegen, in der bescheinigt wird, dass sie keine beruflich strahlenexponierte Personen im Sinne des § 54 StrlSchV sind und die Angaben zu einer eventuellen Vordosis im laufenden Kalenderjahr enthalten muss. Danach erfolgt die Anmeldung beim Strahlenschutz vor Ort, wo sie ein elektronisches nichtamtliches Dosimeter erhalten. Nicht beruflich strahlenexponierte Personen halten sich in der Regel nur kurze Zeit in Strahlenschutzbereichen auf. Nach der Abmeldung in der Strahlenpassstelle erhält die Fremdfirma eine Dosisbescheinigung über die in Strahlenschutzbereichen des Forschungszentrums Karlsruhe erhaltene Körperdosis ihres Mitarbeiters.

Im Jahr 2006 wurden insgesamt 680 Anmeldungen in der zentralen Strahlenpassstelle durchgeführt, wovon 100 Mehrfach-Anmeldungen waren. Des Weiteren wurden im Laufe des Jahres 2006 insgesamt 597 Abmeldungen verbucht.

Von den 817 Fremdfirmenmitarbeiterinnen und -mitarbeitern, die von insgesamt 187 Firmen im Jahre 2006 in der Strahlenpassstelle angemeldet waren, waren 671 Personen im Rahmen einer Genehmigung nach § 15 StrlSchV in Strahlenschutzbereichen des Forschungszentrums Karlsruhe. Während ihrer Beschäftigung konnten diese Personen in mehreren Bereichen des Forschungszentrums tätig sein. Insgesamt 109 Personen, die keine beruflich strahlenexponierten Personen im Sinne der StrlSchV waren, haben im Jahr 2006 Kontrollbereiche des Forschungszentrums betreten. 37 Personen verlangten als Sachverständige gemäß § 20 AtG oder als Aufsichtsbeamte Zutritt zu Kontrollbereichen des Forschungszentrums Karlsruhe.

4.2.6 Zentrale Buchführung radioaktiver Stoffe

A. Zieger

4.2.6.1 Kernmaterialbuchführung und Euratom-Aufsicht

Im Rahmen des internationalen Vertrags zur Nichtverbreitung von Kernwaffen hat sich die Bundesrepublik Deutschland verpflichtet, den Umgang mit Kernmaterial der Aufsicht von Euratom und IAEO zu unterstellen und die Bestimmungen der Euratom-Verordnung² anzuwenden. Daraus erwächst dem Forschungszentrum eine umfangreiche Buchführungs- und Berichtspflicht.

Die Begriffsbestimmungen der Euratom-Verordnung definieren als „Kernmaterial“ Erze, Ausgangs- und besonderes spaltbares Material. Darunter fallen Natururan, abgereichertes Uran und Thorium sowie Plutonium-239, Uran-233 und mit Uran-235 oder Uran-233 angereichertes Uran. Diese Kernmaterialien werden in sechs Kategorien eingeteilt, für die getrennte Buchungen in den Bestandsänderungsberichten und Aufstellungen des realen Bestandes auszuweisen und getrennte Materialbilanzberichte zu erstatten sind: abgereichertes Uran, Natururan, bis zu 20 % angereichertes Uran, über 20 % angereichertes Uran, Plutonium und Thorium.

Um Kernmaterialbewegungen innerhalb des Forschungszentrums Karlsruhe erfassen zu können, wurden die in Frage kommenden Betriebsstätten von Euratom in verschiedene Materialbilanzzonen (MBZ) eingeteilt. Der größere Teil dieser MBZ gilt als abgeschaltet, hier sind keine Bestände an Kernmaterial mehr vorhanden. Am Jahresende 2006 wurden nur noch die beiden MBZ WKKE und WWW aktiv genutzt. Weiterhin wird von Euratom die Abgabe von Kernmaterial als Abfall an die Hauptabteilung Dekontaminationsbetriebe kontrolliert und bilanziert. Die Organisationseinheiten des Forschungszentrums melden monatlich alle Bestands- und Chargenänderungen an die zentrale Buchführung bei HS-TBG, wo die Meldungen anhand von Lieferscheinen geprüft und in die EDV aufgenommen werden. Im Jahr 2006 waren 7 Änderungen zu bearbeiten. Zur Erfassung der Daten und Erstellung der Meldungen an Euratom in der speziell vorgeschriebenen Form steht eine Buchführungs-Software mit einer ACCESS-Datenbank zur Verfügung, die in Zusammenarbeit mit HS-ZA entwickelt wurde und stets an aktuelle Anforderungen angepasst wird. Damit wurden bis September 2006 die monatlichen Bestandsänderungsberichte sowie einmal im Jahr die Materialbilanzberichte erstellt, welche zusammen mit den von den Organisationseinheiten verfassten Aufstellungen des realen Bestandes an Euratom gemeldet werden. Zur Erstellung der monatlichen Mitteilungen gemäß § 70 Abs. 1 Punkt 1 StrlSchV an UM und RP-KA ist ebenfalls eine Programmfunktion vorhanden. Zur Übermittlung der genannten Berichte an Euratom wurde in 2006 von Euratom eine spezielle Software im Internet bereitgestellt, die heruntergeladen und auf einem lokalen Rechner installiert werden muss. Das Programm „Enmas Light“ erzeugt die Berichte in dem neuen Format, welches von Euratom gefordert wird (xml-files mit CRC-Kontrollsummen). Allerdings ist Enmas Light kein Buchführungsprogramm, so dass weiterhin die von HS entwickelte Buchführungs-Software benutzt wird und die damit erzeugten Berichte zur Erstellung der xml-Files in Enmas-light herangezogen werden.

Im Jahr 2006 hat die Direktion Nuklearinspektion von Euratom, Luxemburg, meist zusammen mit der IAEO, Wien, im Forschungszentrum Karlsruhe acht Inspektionen durchgeführt. Ende Mai wurde bei HDB eine Betriebsbegehung und Buchprüfung durch Euratom alleine durchgeführt. Anfang August hat die IAEO, zusammen mit Euratom, erstmals aufgrund der erweiterten

² Verordnung (Euratom) Nr. 302/2005 der Kommission vom 8. Februar 2005 über die Anwendung der Euratom-Sicherungsmaßnahmen, veröffentlicht im Amtsblatt der Europäischen Union Nr. L 54

Zutrittsmöglichkeiten gemäß Artikel 5 des Zusatzprotokolls zum Verifikationsabkommen (INFCIRC/193/Add.8) eine Inspektion des vom Forschungszentrum Karlsruhe deklarierten Standortes (SDFKAR2) durchgeführt, wovon mehrere Gebäude im Betriebsbereich der HDB betroffen waren. Im Zuge einer solchen Inspektion ist den IAEO-Inspektoren auch Zugang zu stillgelegten Anlagen außerhalb des deklarierten Standortes zu gewähren. Auf dieser Grundlage wurden im IHM, das zur ehemaligen Materialbilanzzone WKVS gehörte, die Standorte der inzwischen abgebauten Versuchsanlagen KALIF und KALIF-HELIA besichtigt. Zwei Tage danach folgte die gewohnte Inspektion durch Euratom und IAEO, die aufgrund von Artikel 72 des Übereinkommens zwischen IAEO/Euratom und von Artikel 81 Abs. 2 des Euratomvertrages stattfindet. Dabei wurde in der MBZ WKKE, Anlage INE, und in der MBZ WWWW, bei den Anlagen IFP und ITC-CPV, jeweils eine Buchprüfung und Anlagenbegehung mit physikalischer Bestandskontrolle (Sichtprüfung und stichprobenartiges Ausmessen einzelner Chargen) durchgeführt. Zur Verifikation des Status „Decommissioned“ wurde am selben Tag auch eine Begehung bei IMF III in Gebäude 573 und 574, dem ehemaligen Standort eines Plutonium-Labors (MBZ WKKA), vorgenommen. Eine weitere Inspektion fand im November in den ehemaligen MBZ WKKC und WKKD statt. Betroffen davon waren das FTU als Nachfolger der Anlage SKT mit SUR 100 und SUA (zwei Unterrichts-Reaktoren) sowie das IHM als Nachfolger der Anlage INR. Bei dieser Inspektion konnte nach Klärung der Aktenlage auf eine Begehung der längst abgebauten Anlagen verzichtet werden.

4.2.6.2 Buchführung sonstiger radioaktiver Stoffe

Aufgrund der sich aus der Strahlenschutzverordnung und aus behördlichen Auflagen ergebenden Buchführungs- und Mitteilungspflichten muss das Forschungszentrum im Laufe eines Jahres regelmäßig eine Vielzahl von Berichten und Anzeigen erstellen und den jeweils zuständigen Behörden übersenden. Hauptsächlich muss gemäß § 70 StrlSchV den zuständigen Behörden Gewinnung, Erzeugung, Erwerb, Abgabe und sonstiger Verbleib von radioaktiven Stoffen monatlich, der Bestand an radioaktiven Stoffen mit Halbwertszeiten von mehr als 100 Tagen jährlich mitgeteilt werden. Hierzu sind entsprechende Meldungen der Strahlenschutzbeauftragten der einzelnen Organisationseinheiten an HS-TBG erforderlich, die hier bearbeitet, geprüft und rechnergestützt erfasst werden, bevor die zusammenfassenden Mitteilungen an die Behörden versandt werden können.

Für die Buchführung wurde das Programm BURAST (Buchführung Radioaktiver Stoffe) von HS entwickelt und von einer externen Firma als Web-Anwendung mit einer SQL-Datenbank programmiert. Seit 2004 werden sowohl die jährlichen als auch die monatlichen Mitteilungen an die Behörden aus diesem Programm erstellt. Alle Ein- und Ausgänge von radioaktiven Stoffen werden entweder durch die Zentralbuchhalter bei HS-TBG oder durch die Strahlenschutzbeauftragten der Organisationseinheiten und deren Mitarbeiter, die sog. OE-Buchhalter, in BURAST gebucht. Bisher wurden rund 1 125 Positionen umschlossener und 2 190 Positionen offener radioaktiver Stoffe in BURAST erfasst. Der aktuelle Bestand liegt bei ca. 735 bzw. 1 010 Positionen. In enger Zusammenarbeit zwischen HS-TBG und HS-ZA wird ständig weiter an Erweiterungen und Verbesserungen des Programms gearbeitet, welche z. T. selbst vorgenommen werden können bzw. bei der externen Firma in Auftrag gegeben werden. So ist es in BURAST jetzt möglich, zeitweise extern abgegebene Stoffe (z. B. Leihgaben, Kalibrierquellen in Geräten die zur Reparatur oder Wartung waren) wieder anzunehmen, d. h. sie mit derselben Identifikations-Nummer wieder in den aktuellen Bestand aufzunehmen, wodurch sämtliche zu diesem Stoff gespeicherten Daten (Historie) erhalten bleiben. Durch eine Erweiterung des Menüs kann nun auch jeder Benutzer sein Kennwort selbst ändern, wenn er sich eingeloggt hat. Neben den Programmerweiterungen wurden einige Fehler durch die externe Firma behoben und aufgrund der Umstellung der Webserver auf PHP 5 und Apache 2.0 musste auch die Anwendung auf diese neuen Versionen angepasst werden. Derzeit ist an die Firma eine

Programmerweiterung zur Berücksichtigung der Besonderheiten (Meldung, wiederkehrende Prüfung) bei Hochradioaktiven Strahlenquellen (HRQ) in Auftrag gegeben.

Die in BURAST gespeicherten Daten bilden gleichzeitig die Grundlage für die Terminüberwachung der Wiederholungsprüfungen an umschlossenen radioaktiven Stoffen. Gemäß § 66 StrlSchV in Verbindung mit der „Richtlinie über Dichtheitsprüfungen an umschlossenen radioaktiven Stoffen vom 04.02.2004“ ist in der Regel jährlich eine Dichtheitsprüfung durchzuführen. Die Wiederholungsprüfungen können entfallen oder in größeren Zeitabständen durchgeführt werden, sofern bestimmte Bedingungen aus der o. g. Richtlinie erfüllt sind. Wird hiervon Gebrauch gemacht, so ist der Freistellungsgrund in der Jahresmeldung zu vermerken. Die Daten der umschlossenen Stoffe werden von HS-TBG oder den SSB in BURAST eingegeben, die Dichtheitszertifikate der Hersteller werden bei HS-TBG archiviert und eingescannt, um sie als pdf-Files in der Anwendung direkt aufrufen zu können. Die Feststellung der Erforderlichkeit sowie die Festlegungen zur Wiederholungsprüfung selbst werden durch HS-ÜM entsprechend der erteilten Genehmigung getroffen. Aufgrund eines Bescheids des Umweltministeriums Baden-Württemberg vom 13.11.2006 ist nach § 66 Abs. 4 StrlSchV die Dichtheit umschlossener radioaktiver Stoffe, die im Besitz des Forschungszentrums sind, mit Ausnahme Hochradioaktiver Strahlenquellen (HRQ), durch HS-ÜM zu prüfen. Im Jahr 2006 wurden 107 Strahler durch HS-ÜM und zwei weitere Strahler durch den TÜV geprüft. Es wurden keine Undichtigkeiten festgestellt.

4.2.6.3 Buchführungs- und Berichtspflicht für nach § 29 StrlSchV freigegebene Stoffe

Mit der Neufassung der Strahlenschutzverordnung vom 20.07.2001 ist für TBG eine weitere Buchführungs- und Berichtspflicht hinzugekommen: Gemäß § 70 Abs. 2 und 3 StrlSchV ist über die Stoffe, für die eine wirksame Feststellung nach § 29 Abs. 3 Satz 1 getroffen wurde (Freigabe), Buch zu führen und die Masse dieser Stoffe der zuständigen Behörde jährlich mitzuteilen. Das Forschungszentrum erhielt seinen ersten Freigabe-Bescheid im Juni 2004. HS-TBG führt Buch über die seitdem getroffenen Freigabe-Feststellungen und erstattet die erforderliche Jahresmitteilung an die Behörde. Inzwischen wurden dem Forschungszentrum insgesamt sieben Freigabebescheide erteilt, von denen drei bereits abgearbeitet und somit wieder erloschen sind.

Von August 2004 bis Ende 2006 wurden insgesamt 529 Chargen intern zur Freigabe nach § 29 StrlSchV angemeldet. Davon wurden 302 Chargen (57,1 %) bei Behörde und Gutachter angemeldet und gem. § 29 StrlSchV freigegeben. Bei 27 % der intern angemeldeten Chargen war kein Freigabeverfahren nach § 29 erforderlich, sie konnten als konventioneller Abfall entsorgt werden, während 4,3 % der Chargen aufgrund zu hoher Kontaminationswerte als radioaktiver Abfall entsorgt werden mussten. 5,7 % der internen Anmeldungen wurden wieder zurückgezogen, und die restlichen 5,9 % waren am Jahresende 2006 noch in Bearbeitung.

Die buchführungs- und meldepflichtige Masse der freigegebenen Stoffe beläuft sich seither auf insgesamt rund 3 333 Mg. Davon entfallen auf die uneingeschränkte Freigabe von festen Stoffen etwa 1 591 Mg (48 %) und von flüssigen Stoffen ca. 6,4 Mg (<1 %). Auf die zweckgerichtete Freigabe von festen Stoffen, d. h. Abfälle die auf eine Sondermülldeponie gebracht werden, entfallen rund 36 Mg (1 %) sowie auf ein Gebäude zum Abriss rund 1 700 Mg (51 %). Bei vier Freigabe-Bescheiden wurde von Seiten der Behörde die Pflicht zur Buchführung und Meldung der Masse gem. § 70 StrlSchV ganz oder teilweise aufgehoben, da es sich um Gebäude bzw. Gebäudeteile zur Wieder- und Weiterverwendung handelt.

In Tab. 4-3 ist die Art, die Anzahl und die Bezeichnung der Empfänger der Berichte, die im Rahmen der zentralen Buchführung radioaktiver Stoffe und nach § 29 StrlSchV freigegebener Stoffe sowie aufgrund der Verpflichtungen gegenüber Euratom erstellt werden, in übersichtlicher Form wiedergegeben.

Art der Berichte	Anzahl der Berichte pro Empfänger				Gesamtzahl
	Euratom	Umweltministerium Baden-Württ.	Regierungs-Präsidium Karlsruhe	Sonstige Behörden	
Monatsberichte					
- Erwerb, Erzeugung und Abgabe radioaktiver Stoffe		19	12	7	38
- Bestände und Bestandsänderungen von Kernmaterial	12	(12)		(12)	12
- Erwerb und Abgabe von Tritium kanad. Ursprungs	12				12
Quartalsberichte					
- Bestände und Bestandsänderungen an radioaktivem Abfall	4				4
Jahresberichte					
- Bestand an offenen und umschlossenen radioaktiven Stoffen incl. Kernmaterial		1	1	1	3
- Masse der Stoffe, für die eine wirksame Feststellung nach § 29 StrlSchV getroffen wurde (Freigabe)		1			1
- Wiederkehrende Prüfungen an umschlossenen Stoffen		1	(1)		1
- Zugang, Abgabe (§9a AtG) und Bestand radioaktiver Reststoffe in HDB-Zwischenlagern		1	(1)		1
- Bestand an Schwerwasser amerik./kanad. Ursprungs	1				1
- Verzeichnis der Ausrüstungsgegenstände, die dem Abkommen Euratom/Kanada unterliegen	1				1
- Kernmaterialeingänge und Neubewertungen (HDB)	1				1
- Versand von konditioniertem Abfall gem. Artikel 32 a) der Verordnung 302/2005 (HDB)	1				1
- Materialbilanzberichte und Aufstellung des realen Bestandes an Kernmaterial	1				1
- Tätigkeitsprogramme	1				1
insgesamt	34	35	15	20	78

Tab. 4-3: Umfang der Berichterstattung im Jahr 2006. (Berichte, die nur zusätzlich in Kopie an einen weiteren Empfänger verschickt wurden, wurden bei der Summation über alle Empfänger außer Acht gelassen.)

4.2.7 Transport radioaktiver Stoffe

A. Zieger

Zur Durchführung von Transporten radioaktiver Stoffe innerhalb des Forschungszentrums hat das Umweltministerium Baden-Württemberg (UM) im Jahr 1994 eine Genehmigung nach § 9 des Atomgesetzes erteilt. Diese Genehmigung ist mit verschiedenen Auflagen verbunden, so zum Beispiel mit der Einhaltung der internen Transportordnung des Forschungszentrums (ITO), der schriftlichen Anzeige von Transporten der Kategorie S vor deren Durchführung, der Dokumentation der Transporte nach den Kategorien R und S an zentraler Stelle zur Einsicht, der Durchführung eines Qualitätssicherungsprogramms vor dem jeweiligen Erst- und Wiedereinsatz von Transportbehältern sowie dem Führen einer autorisierten Behälterliste und einer Liste der durchgeführten wiederkehrenden Prüfungen.

Der Geltungsbereich der ITO erstreckt sich auf den Transport radioaktiver Stoffe zwischen den Organisationseinheiten mit eigenen atomrechtlichen Genehmigungen innerhalb des gesamten Geländes des Forschungszentrums, unabhängig vom Durchführenden des Transportes, sowie auf alle fremden Genehmigungsinhaber auf dem Gelände. Es werden drei Transportkategorien unterschieden:

- R-Transporte: Transporte, die mit Behältern, die in der autorisierten Behälterliste aufgeführt und dort für diese Stoffe hinsichtlich Aktivität und Aggregatzustand vorgesehen sind, durchgeführt werden
- F-Transporte: Transporte, die aufgrund des geringen Gefährdungspotenzials von einigen Regelungen der ITO freigestellt sind
- S-Transporte: Transporte, die weder als R- noch als F-Transporte durchgeführt werden können und jeweils der Aufsichtsbehörde vorher angezeigt werden müssen

Die schriftliche Anzeige an die Aufsichtsbehörde erfolgt durch den Abgeber der radioaktiven Stoffe, der auch für die Verpackung und Festlegung der Kategorie verantwortlich ist. Eine Kopie dieser Anzeige zusammen mit der in jedem einzelnen Fall anzufertigenden Sicherheitsbetrachtung wird bei HS-TBG auflagentreue zur jederzeitigen Einsicht zur Verfügung gehalten. Desgleichen werden auch die Kopien bzw. Durchschläge der Transportbegleitpapiere der R-Transporte, die der Transporteur direkt nach der Durchführung an HS-TBG sendet, zur Einsicht abgelegt. Im Jahr 2006 wurden 6 S-Transporte und 126 R-Transporte an HS-TBG gemeldet. Die Transporte von Reststoffen zur HDB werden dort dokumentiert und sind deshalb hier nicht mitgerechnet. HS-TBG erhält aber die Kopien der Reststoffbegleitscheine zur Information. Die Transportbegleitpapiere dienen zur Dokumentation des tatsächlichen Überganges der radioaktiven Stoffe von einem Verantwortungsbereich in einen anderen. Der Abgeber bestätigt darauf auch mit seiner Unterschrift, dass die erforderlichen wiederkehrenden Prüfungen des Transportbehälters durchgeführt und dabei keine Mängel festgestellt wurden.

Zur Erfassung aller im Forschungszentrum verfügbaren Transportbehälter wird bei HS-TBG auflagentreue die autorisierte Behälterliste geführt. Sie muss folgende Angaben enthalten: Behälternummer, Bezeichnung, Klassifizierung, Nummer der Prüfbescheinigung, zugelassener Inhalt, zugelassene Aktivitätsmenge und den Vermerk, ob diese Angaben prototypisch sind, oder für einzelne Behälter gelten. Zur Führung der Liste sind HS-TBG der Erwerb und die Inbetriebnahme nicht erfasster Behälter sowie die Beseitigung oder endgültige Außerbetriebnahme erfasster Behälter schriftlich anzuzeigen. Bei Aufnahme neuer Behälter in die Liste muss die verantwortliche Organisationseinheit bei HS-TBG Prüfbescheinigungen, Prüfanweisungen, Zeichnungen und Farbfotos vorlegen. Im Jahr 2006 wurden keine neuen Transportbehälter in die Behälterliste der ITO aufgenommen. Zurzeit sind über 13 600 Transportbehälter in der autorisierten Behälterliste erfasst. Sie werden allerdings nicht alle einzeln aufgeführt sondern können auch in

Gruppen zusammengefasst werden, so dass sich die Gesamtzahl der Einträge auf etwa 200 beläuft.

Die wiederkehrenden Prüfungen der Transportbehälter erfolgen durch einen dazu qualifizierten Prüfer bei BTI-F oder einen externen Prüfer, wie z.B. den TÜV. Die Terminverfolgung wird von HS-TBG durchgeführt, mit Hilfe der Funktionen in der elektronisch geführten Behälterliste. Die Pflege dieser elektronischen Liste, d. h. Einstellen neuer Behälter und aktueller Prüfbescheinigungen, Terminabfragen, Stilllegung beseitigter Behälter etc. obliegt allein HS-TBG.

4.3 Verpflichtungen aufgrund des Verifikationsabkommens zur Kernmaterialüberwachung und des Zusatzprotokolls zum Verifikationsabkommen

R. Hüfner, A. Zieger

Die Bundesrepublik Deutschland ist, wie andere westeuropäische Staaten auch, dem Vertrag über die Nichtweiterverbreitung von Kernwaffen beigetreten und hat sich in einem Übereinkommen (Verifikationsabkommen) zwischen den Nichtkernwaffenstaaten der Europäischen Atomgemeinschaft, der Europäischen Atomgemeinschaft (Euratom) und der Internationalen Atomenergie-Organisation (IAEO) verpflichtet, Kontrollmaßnahmen der IAEO bezüglich des Bestandes und der Verwendung spaltbarer Kernmaterialien (U, Th, Pu) zu dulden.

Aufgrund der Bestrebungen einiger Schwellenländer, Kernwaffen zu entwickeln, sind die im Verifikationsabkommen gebundenen Länder übereingekommen, die Kontrollen der IAEO zu intensivieren. In diesem so genannten Zusatzprotokoll zum Verifikationsabkommen werden die Unterzeichnerstaaten verpflichtet, detaillierte Angaben zu ihren Forschungsarbeiten und den Produktionsanlagen im nuklearen Brennstoffkreislauf, aber auch zur Produktion und dem Export technischer Einrichtungen, die bei der Entwicklung und dem Bau von Kernwaffen benutzt werden könnten, zu machen. Darüber hinaus werden IAEO-Inspektoren erweiterte Zutrittsmöglichkeiten zu nuklearen Forschungseinrichtungen und Anlagen eingeräumt.

Am 30.04.2004 trat das Zusatzprotokoll in Kraft. Damit wurde das „Ausführungsgesetz zu dem Übereinkommen vom 5. April 1973 zwischen den Nichtkernwaffenstaaten der Europäischen Atomgemeinschaft, der Europäischen Atomgemeinschaft und der Internationalen Atomenergie-Organisation in Ausführung von Artikel III Absätze 1 und 4 des Vertrages vom 1. Juli 1968 über die Nichtverbreitung von Kernwaffen (Verifikationsabkommen) sowie zu dem Zusatzprotokoll zu diesem Übereinkommen vom 22. September 1998 (Ausführungsgesetz zum Verifikationsabkommen und zum Zusatzprotokoll – VerifZusAusfG) vom 29. Januar 2000 (BGBl I, Nr. 5, 08. Februar 2000, S. 74 ff)“ wirksam.

Aufgrund des § 15 Abs. 3 dieses Gesetzes musste das Forschungszentrum Karlsruhe GmbH als Zusatzverpflichteter der IAEO über die Kommission der Europäischen Gemeinschaften (EURATOM-Direktorat TREN H) eine Beschreibung des Standortes (Anlagen, betriebliche Einrichtungen und Forschungsinstitute im Zusammenhang mit dem Kernbrennstoffkreislauf) übermitteln. Diese Beschreibung muss jährlich aktualisiert werden.

Die Änderungen gegenüber der Ursprungsdeklaration, die für das abgelaufene Jahr 2006 zu berichten waren, beschränkten sich auf die Nutzung von Gebäuden im Bereich der HDB und des INE. Erstmals wurde auch über die Ortsveränderung konditionierten Abfalls berichtet. Diese bestand ausschließlich in der Rücksendung von Abfällen, die im Auftrag bei der HDB konditioniert wurden, an die Verursacher.

Die Abb. 4-1 zeigt einen Ausschnitt aus dem Generalbebauungsplan, der sich auf die so genannte „site map“ beschränkt.

BTI-B sei an dieser Stelle für die Unterstützung bei der Planerstellung gedankt.

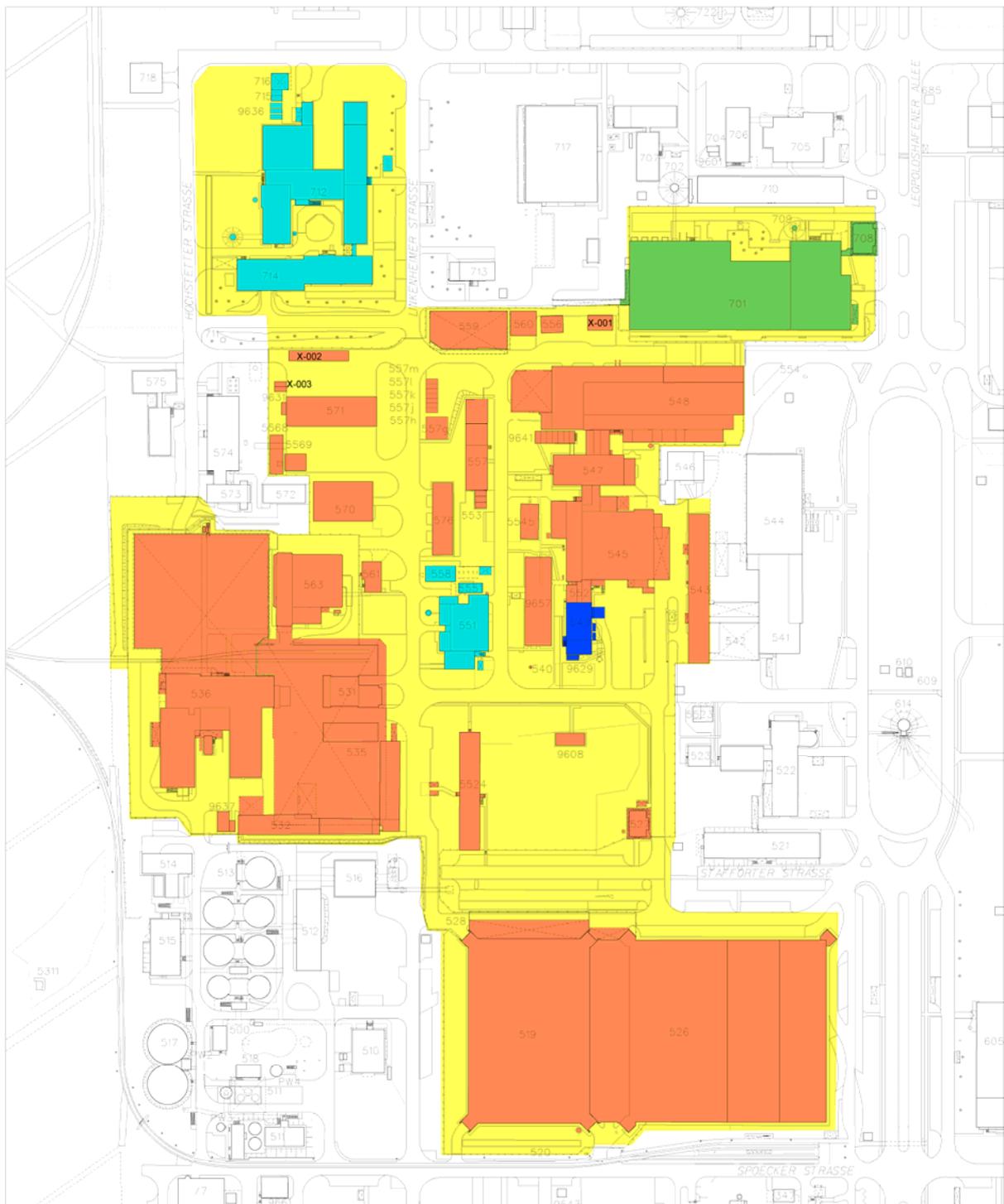


Abb. 4-1: Ausschnitt aus dem Generalbebauungsplan mit dem „Standort“ SDFKAR2

4.4 Meldepflichtige Ereignisse nach Strahlenschutzverordnung

Nach § 51 StrlSchV ist der Eintritt eines Unfalles, eines Störfalles oder eines sonstigen sicherheitstechnisch bedeutsamen Ereignisses der atomrechtlichen Aufsichtsbehörde unverzüglich mitzuteilen. Die Vorgehensweise zur Unterrichtung der atomrechtlichen Genehmigungs- und Aufsichtsbehörden über Vorkommnisse im Forschungszentrum Karlsruhe sind in einer „Melde- und Informationsregelung“ festgelegt.

Im Jahr 2006 wurde den Aufsichtsbehörden kein sicherheitstechnisch bedeutsames Ereignis der Meldestufen I oder II gemeldet.

Fünf Vorkommnisse, die von besonderem Interesse für das Umweltministerium Baden-Württemberg als atomrechtliche Aufsichtsbehörde sein könnten, wurden als Meldungen der Meldestufe „INFO“ übermittelt.

4.5 Operationeller Strahlenschutz

H. Dilger

Die Aufgaben des operationellen Strahlenschutzes umfassen die Bereitstellung von Strahlenschutzpersonal einschließlich der Messgeräte zur Durchführung der Arbeitsplatzüberwachung, der Messungen nach § 44 StrlSchV zur Wiederverwendung und der Freigabemessungen nach § 29 StrlSchV vor Ort (siehe Kap. 4.6).

Die Gruppen Arbeitsplatzüberwachung Forschung und Arbeitsplatzüberwachung Stilllegung unterstützen die Strahlenschutzbeauftragten in der Wahrnehmung ihrer Pflichten gemäß Strahlenschutz und/oder Röntgenverordnung. Der Umfang der Zusammenarbeit ist teilweise in Abgrenzungsregelungen zwischen der Hauptabteilung Sicherheit und den entsprechenden Instituten/Organisationseinheiten festgelegt. Vier Mitarbeiter der Abteilung nehmen Aufgaben als Strahlenschutzbeauftragte für Teilbereiche im MZFR und in der KNK wahr.

4.5.1 Arbeitsplatzüberwachung

A. Reichert, B. Reinhardt

Bedingt durch die Aufgabenstellung sind die Mitarbeiter der Arbeitsplatzüberwachung dezentral in den einzelnen Bereichen des Forschungszentrums tätig. Nach der räumlichen Lage der zu überwachenden Gebäude gliedern sich die zwei Gruppen in die vier Bereiche „Institute“, HDB, MZFR und KNK (siehe Abb. 4-2 und Tab. 4-4). Restliche Räume im Geb. 342, die zur Lagerung von bestrahlten Maschinenteilen aus dem früheren KAZ genutzt wurden, konnten einer anderen Nutzung zugeführt werden. Ein Raum im Geb. 423a, der frühere Neutronenbunker, konnte nach Vorlage der Messergebnisse und Beurteilung durch den Sachverständigen freigegeben werden. Im Geb. 351 des IK-Zyk läuft der Rückbau der Anlagen weiter und bedarf einer intensiven Strahlenschutzkontrolle. Im Keller wurden Räume nach Aufgabe der P-32-Arbeiten nach einer Einzelfallgenehmigung freigegeben. Im MZFR wurde der D₂O-Turm, Geb. 916, nach umfangreicher Dokumentation und Beurteilung durch den Sachverständigen freigegeben (vgl. Kap. 4.6.2).

4.5.1.1 Personendosimetrie

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, des IK-Zyk, des IMF II-FML, des MZFR und der KNK ein selbstablesbares nicht persönlich zugeordnetes elektronisches Dosimeter. Neben der Personendosis kann mit diesem Dosimetriesystem auch die maximale Dosisleistung während eines Arbeitseinsatzes ermittelt werden. Weiterhin werden die elektronischen Dosimeter als Alarmdosimeter hinsichtlich Dosisleistung und Dosis verwendet. Die eingestellten Warnwerte werden der durchzuführenden Arbeit angepasst und betragen für die Dosisleistung zwischen 100 und 3000 $\mu\text{Sv/h}$ und für die Dosis zwischen 0,5 und 2 mSv. Die Anzahl der Personen einschließlich Fremdfirmenangehöriger, die strahlenschutzmäßig überwacht werden (Stichmonat Dezember 2006), ist in Spalte 4 der Tab. 4-4 aufgeführt.

Lageplan der HS/ÜM-Zuständigkeiten

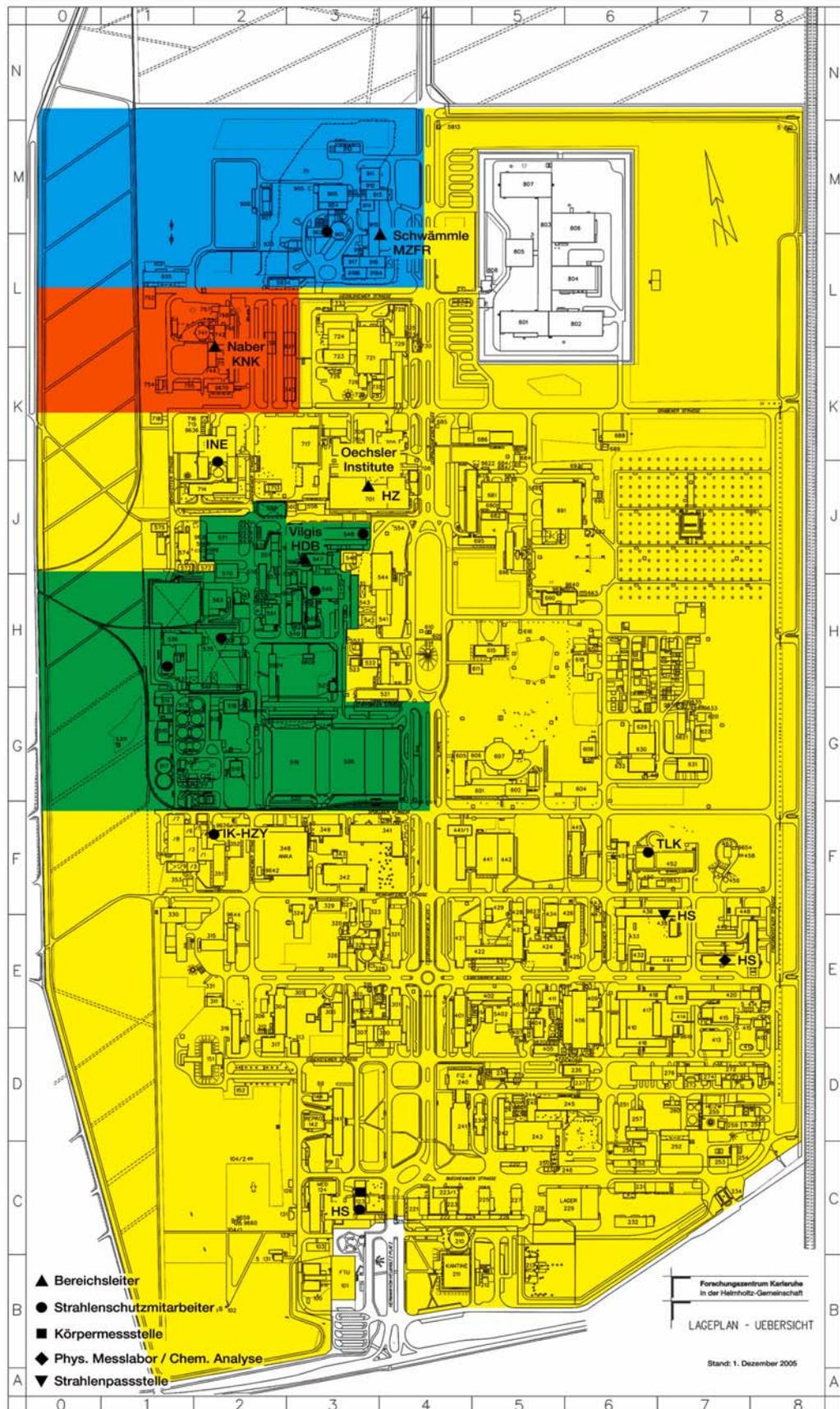


Abb. 4-2: Lageplan des Forschungszentrums Karlsruhe mit Bereichseinteilung

4.5.1.2 Kontaminationskontrollen

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

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

Die Kontaminationskontrolle von Personen am Ausgang von Bereichen, in denen genehmigungspflichtig mit offenen radioaktiven Stoffen umgegangen wird, geschieht in Eigenüberwachung mit Hand-Fuß-Kleider-Monitoren oder in der HDB, in der KNK, im MZFR und im INE mit Ganzkörpermonitoren mit automatisiertem Messablauf. Die Alarmwerte werden gemäß den vorhandenen Nuklidvektoren gebäudespezifisch nach § 44 StrlSchV festgelegt. Die Alarmwerte sind auf eine Alarmverfehlungswahrscheinlichkeit von 5 % eingestellt.

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

Aus den Dosisgrenzwerten für beruflich strahlenexponierte Personen in den Anlagen des Forschungszentrums Karlsruhe werden die Interventionswerte allgemein für α -Aktivitätsgemische auf $0,04 \text{ Bq/m}^3$, für β -Aktivitätsgemische auf 40 Bq/m^3 festgelegt. Diese Werte sind abgeleitet aus der alten Strahlenschutzverordnung und werden auf dem seitherigen niedrigen Niveau belassen, obwohl die Dosiskoeffizienten nach der neuen Strahlenschutzverordnung für α -Strahler geringer sind als nach der alten Strahlenschutzverordnung. Im Tritiumlabor und im Fusionsmateriallabor, in denen mit HTO umgegangen wird, werden die Interventionswerte für HTO auf 1 MBq/m^3 festgelegt.

Bei Raumluftaktivitätskonzentrationen oberhalb dieser Interventionswerte dürfen Arbeiten in den betroffenen Anlagen des Forschungszentrums nur mit Atemschutzfiltergeräten und den entsprechenden Filtern (für Aerosole Typ P3, für Tritium als Wasserdampf Typ K2 (für 1h)) durchgeführt werden. Oberhalb des 20fachen der abgeleiteten Interventionswerte muss im Falle von aerosolförmigen Raumluftaktivitäten mit Atemschutzisoliergeräten, bei Tritium mit fremdbelüfteten gasdichten Schutzanzügen, oberhalb des 200fachen dieser Werte allgemein mit fremdbelüfteten, gasdichten Schutzanzügen gearbeitet werden.

Gruppe	<u>Bereich</u> Überwachte Institutionen	Anzahl der Mitarbeiter der Abteilung Strahlenschutz	Anzahl der überwachten Personen Stichmonat Dezember	Fläche des überwachten Bereichs in m ²	Anzahl der Arbeiterlaub- nisse Strahlen- schutz
1	2	3	4	5	6
Arbeitsplatz- überwachung Forschung	Gruppenleiter	1 (1)			
	<u>Institute</u> ANKA, BTI, , FTU, HS, HVT- TL, IFP, IHM, IK, IK-Zyk, IMFII-FML, INE, ITC-CPV, ITG	11,5 (11)	403 (480)	25100 (25300)	326 (293)
Arbeitsplatz- überwachung Stilllegung	Gruppenleiter	1 (1)			
	<u>HDB</u>	12+4 ⁺ (11,8+5 ⁺)	531 (480)	42200 (42200)	831 (920)
	<u>MZFR</u>	5 (5)	61 (65)	4950 (5500)	344 (312)
	<u>KNK</u>	2+1 ⁺ (3)	86 (72)	2100 (2100)	463 (600)

Tab. 4-4: Anzahl der HS-Mitarbeiter in der Arbeitsplatzüberwachung, strahlenschutzmäßig überwachte Personen (einschließlich Fremdfirmenangehörigen), und Bereichsgröße jeweils Stand Dezember 2006 bzw. Anzahl der Arbeiterlaubnisse im Jahr 2006 (Vorjahreszahlen in Klammern)

Falls die Messungen in einem Raum ergeben, dass ein Interventionswert im Tagesmittel überschritten ist, werden Nachforschungen über die tatsächliche Arbeitsdauer und die getroffenen Atemschutzmaßnahmen angestellt und die individuelle Aktivitätszufuhr der Mitarbeiter in diesem Raum bestimmt. Dabei kommt für Atemschutzfiltergeräte ein Schutzfaktor von 20 und für Atemschutzisoliergeräte ein Schutzfaktor von 200 zur Anrechnung. Wenn die so bestimmten Aktivitätszufuhren den abgeleiteten Tageswert von 1,25 Bq für α -Aktivitätsgemische (Leitnuklid Pu-239 löslich) oder von 1250 Bq für β -Aktivitätsgemische (Leitnuklide Sr-90 löslich) oder von 1,33 MBq für Tritium (als Wasserdampf) überschritten haben, werden bei den betroffenen Mitarbeitern Inkorporationsmessungen aus besonderem Grund durchgeführt und eine spezielle Abschätzung der Aktivitätszufuhr vorgenommen.

4.5.1.3 Arbeiterlaubnisse Strahlenschutz

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 2006 wurden insgesamt ca. 2000 Vorgänge (Vorjahr 2100) bearbeitet, eine Aufteilung auf die Bereiche ist der Spalte 6 von Tab. 4-4 zu entnehmen.

4.5.1.4 Schichtdienst und Rufbereitschaft

Die Abteilung Strahlenschutz unterhält von Montag bis Freitag einen Zweischichtdienst, der auch außerhalb der Regelarbeitszeit u. a. Messungen von Raumluftfiltern durchführt, die Überprüfung von Meldungen vornimmt, in Zwischenfallsituationen Strahlenschutzmaßnahmen er-

greift 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.

4.5.1.5 Aus- und Weiterbildung

Die Aus- und Weiterbildung der Mitarbeiter wurde im vergangenen Jahr fortgeführt. Neben der praktischen Ausbildung unter Anleitung der Bereichsleiter wurden theoretische Kurse im Fortbildungszentrum für Technik und Umwelt des Forschungszentrums besucht. Für die Mitarbeiter des Schichtdienstes und der Rufbereitschaften wurden monatlich Begehungen von Gebäuden mit Fort- und Raumluftmonitoren sowie sonstigen dauernd betriebenen Strahlenschutzmessgeräten durchgeführt.

4.5.2 In-vivo Messlabor

H. Dilger

Das In-vivo Messlabor der Abteilung Überwachung und Messtechnik ist für die personenbezogene Inkorporationsüberwachung durch Direktmessung der Körperaktivität zuständig. Bei der Messung der Körperaktivität stehen im Ganzkörperzähler Cs-137 oder Co-60 und im Teilkörperzähler in Lunge, Leber und Skelett die Aktiniden im Vordergrund. In erster Linie ist das In-vivo Messlabor für die Eigenüberwachung des Forschungszentrums sowie für die Überwachung der auf dem Gelände des Forschungszentrums angesiedelten Institutionen zuständig. Darüber hinaus führt es auch Messungen für externe Auftraggeber (Industrie, Berufsgenossenschaften, Euratom) durch.

Außerdem beschäftigt sich das In-vivo Messlabor mit der Verbesserung der Messverfahren zur internen Dosimetrie. Im Fokus steht hierbei die Simulation des Strahlentransportes anhand von stochastischen Modellen - gegenwärtig wird das Computerprogramm MCNP5 (Monte Carlo N-Particle Transport Code, Version 5) verwendet - und von Voxel-Phantomen.

4.5.2.1 Routine- und Sondermessungen

G. Cordes, N. Dollt, U. Mohr, G. Nagel

Das In-vivo Messlabor betreibt einen Ganzkörperzähler und verschiedene Teilkörperzähler zum gammaspektroskopischen Nachweis von Radionukliden im menschlichen Körper. Der Ganzkörperzähler besteht aus vier NaI(Tl)-Detektoren, die paarweise oberhalb und unterhalb der zu messenden Person angeordnet sind. Mit dieser Messanordnung können in erster Linie Spalt- und Aktivierungsprodukte mit Photonenenergien zwischen 100 keV und 2000 keV nachgewiesen werden. Die verschiedenen Teilkörperzähler umfassen unter anderem drei 8"-Phoswich-Detektoren und vier HPGe-Sandwich-Detektoren. Mit ihnen können u. a. niederenergetischer Photonenstrahler, wie z. B. I-125, Pb-210 und Am-241, nachgewiesen werden. 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. Für räumlich eng begrenzte Nukliddepositionen steht außerdem auch ein kleiner 0,8" Phoswich-Detektor zur Verfügung.

Die Tabellen Tab. 4-5 und Tab. 4-6 vermitteln einen Überblick über die im Jahre 2006 mit den Ganz- bzw. Teilkörperzählern durchgeführten Personenmessungen und ihre Verteilung auf die verschiedenen Institutionen.

Mit dem G a n z k ö r p e r z ä h l e r wurden insgesamt 1478 Personen (ohne Referenzpersonen) untersucht. Ein Teil dieser Personen wurde mehrmals untersucht, so dass sich die Gesamtanzahl

der Ganzkörpermessungen auf 1948 beläuft. Hierbei handelte es sich zum weitaus überwiegenden Teil um Messungen im Rahmen der routinemäßigen Inkorporationsüberwachung. Etwa 29 % der Ganzkörpermessungen wurden 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 (27 %) und Wiederaufarbeitungsanlage Karlsruhe (33 %) sowie im Auftrag externer Institutionen (11 %).

Institution	Anzahl der überwachten Personen	Anzahl der routinemäßigen Messungen						Anzahl der Inkorporationsmessungen aus besonderem Grund	
		Eingang		Ausgang		Wiederkehrende Routine		ohne Befund	mit Befund
		ohne Befund	mit Befund	ohne Befund	mit Befund	ohne Befund	mit Befund		
BTI	9	-	-	6	-	-	-	3	-
HS	5	3	-	4	-	-	-	1	-
HVT	1	1	-	-	-	-	-	-	-
IMF II	7	5	-	6	-	-	-	-	-
INE	1	-	-	1	-	-	-	-	-
ITC-CPV	2	-	.	2	-	-	-	-	-
Summe Bereich Forschung	25	9	-	19	-	-	-	4	-
HDB	157	102	6	142	7	1	-	14	-
KNK	92	46	12	37	11	58	4	7	3
MZFR	45	34	5	30	8	-	-	-	-
Summe Bereich Stilllegung	294	182	23	209	26	59	4	21	3
ITU	401	156	14	156	18	173	6	4	-
WAK	555	4	-	220	11	398	16	-	-
Fremdauftrag	203	-	-	1	-	193	23	-	-
Summe Sonstige	1159	156	14	377	29	764	45	4	-

Tab. 4-5: Anzahl der Personenmessungen mit dem Ganzkörperzähler im Jahr 2006 (ohne Referenzmessungen und Messungen zur Qualitätssicherung)

Bei 83 Personen (etwa 7 %) lag die Cs-137-Körperaktivität über der Erkennungsgrenze für beruflich bedingte Cs-137-Körperaktivitäten, allerdings wurde in vielen dieser Fälle nach Auskunft der Probanden Wildbret oder Pilze verzehrt. Bei 32 Personen (58 Messungen) wurden Inkorporationen von Co-60, in einem Fall I-123 sowie in zwei Fällen Co-58 nachgewiesen. In der Mehrzahl der Fälle handelte es sich um länger zurückliegende Aktivitätszufuhren, die bereits bei früheren Messungen festgestellt wurden.

Alle festgestellten Aktivitäten lagen unter der Interpretationsschwelle nach der „Richtlinie für die physikalische Strahlenschutzkontrolle“.

Mit dem T e i l k ö r p e r z ä h l e r wurden insgesamt 344 Personen untersucht. Ein Teil dieser Personen wurde mehrmals untersucht, so dass sich die Gesamtanzahl der Messungen auf 422 beläuft. Die Messungen wurden für verschiedene Institutionen des Forschungszentrums (4 %),

für das Institut für Transurane (56 %) sowie im Fremdauftrag für andere Firmen bzw. Institutionen (40 %) durchgeführt. Bei etwa 5 % der Teilkörpermessungen handelte es sich um Untersuchungen aus besonderem Grund.

Neben den genannten Überwachungsmessungen wurden regelmäßige Messungen zur Ermittlung der Cs-137-Körperaktivität der Karlsruher Referenzgruppe vorgenommen (vgl. Kap. 4.5.2.2).

Institution	Anzahl der überwachten Personen	Anzahl der routinemäßigen Messungen			Anzahl der Inkorporationsmessungen aus besonderem Grund
		Eingang	Ausgang	wiederkehrende Routine	
KNK	1	-	-	-	1
HS	1	-	-	-	2
HDB	13	-	-	-	14
Summe Bereich Stilllegung	15	-	-	-	17
ITU	160	114	102	15	4
Fremdauftrag	169	-	-	170	-
Summe Sonstige	329	114	102	185	4

Tab. 4-6: Anzahl der Personenmessungen mit den Teilkörperzählern im Jahr 2006 (ohne Messungen zur Qualitätssicherung)

Zur Qualitätssicherung wurden zahlreiche Kalibriermessungen, Referenzmessungen sowie Nulleffektmessungen durchgeführt. Mit Ausnahme der täglich erfolgenden Energiekalibrierungen sind alle Messungen in Tab. 4-7 aufgelistet. Die Gesamtanzahl aller im Jahr 2006 durchgeführten Messungen beläuft sich auf 2713.

Messung	Ganzkörperzähler	Teilkörperzähler	
		8"-Phoswich	HPGe-Sandwich
Eingang	384	114	-
Ausgang	660	102	-
Routine	872	185	-
Besond. Grund	32	21	-
Referenz	82	1	-
Nulleffekt	81	56	1
Materialproben	9	9	-
Kalibrierspektren	72	32	-
Summe	2192	520	1

Tab. 4-7: Anzahl aller Messungen mit Ganz- und Teilkörperzählern im Jahr 2006 (ohne tägliche Funktionskontrollmessungen)

4.5.2.2 Cs-137-Referenzmessungen

G. Cordes, N. Dollt, U. Mohr, G. Nagel

Seit Inbetriebnahme des ersten Ganzkörperzählers im Jahre 1961 werden regelmäßige Messungen zur Bestimmung der Cs-137-Körperaktivität an einer Referenzgruppe nicht beruflich strahlenexponierten Personen aus dem Karlsruher Raum durchgeführt. Die Abb. 4-3 stellt die seit 1961 gemessenen Quartalsmittelwerte der spezifischen Cs-137-Körperaktivität dar. Deutlich erkennbar sind die Auswirkungen des Fallouts der oberirdischen Kernwaffentests in den 60er Jahren sowie des Reaktorunfalls in Tschernobyl im April 1986.

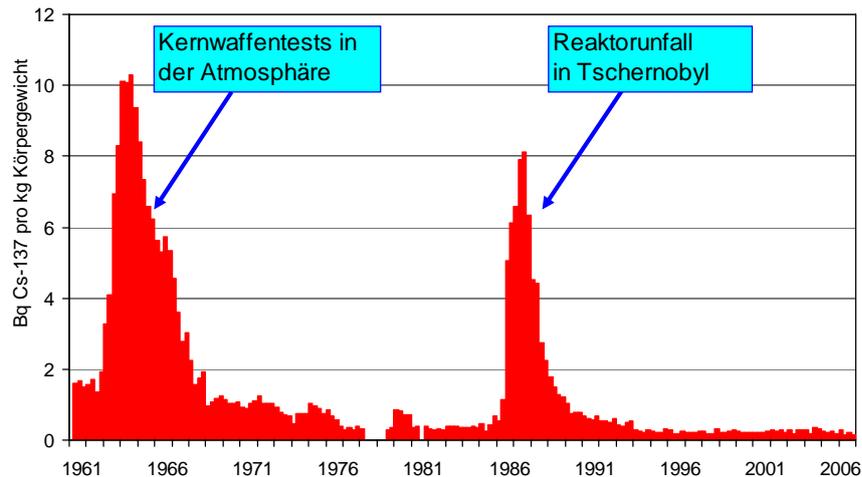


Abb. 4-3: Quartalsmittelwerte der spezifischen Cs-137 Körperaktivität der Karlsruher Referenzgruppe seit 1961

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 ab 2003 arithmetische Mittelwerte der spezifischen Cs-137-Körperaktivität angegeben werden können. Für 2006 ergibt sich so ein Jahresmittelwert von 0,21 Bq/kg.

Bei Frauen ist die effektive Halbwertszeit von Cs-137 kürzer als bei Männern. Aus diesem Grund haben Frauen im Mittel eine geringere spezifische Cs-137-Körperaktivität als Männer. Im Einzelfall lässt sich diese Aussage jedoch nicht immer verifizieren, da auch noch andere Faktoren den Cs-137-Gehalt beeinflussen, wie z. B. das Muskel/Fett-Verhältnis, der Stoffwechsel und die Ernährungsgewohnheiten.

Die arithmetischen Mittelwerte der absoluten Cs-137-Körperaktivität betragen 20 Bq bei den Männern bzw. 10 Bq bei den Frauen. Die Standardabweichung des Mittelwertes beträgt 15 Bq bei den Männern bzw. 7 Bq bei den Frauen. Folglich liegt die zivilisatorisch bedingte Cs-137-Körperaktivität bei den Männern in 95 % der Fälle unter 50 Bq, während sie bei den Frauen in 95 % der Fälle unter 24 Bq liegt. Demnach können in Anlehnung an DIN 25482 die Werte von 50 Bq (Männer) bzw. 24 Bq (Frauen) als Erkennungsgrenzen einer berufsbedingten Cs-137-Körperaktivität angesehen werden.

4.5.2.3 Rekalibrierung des Ganzkörperzählers

U. Mohr, G. Cordes, N. Dollt, Chr. Wilhelm, B. Reinhardt, H. Dilger, B. Breustedt

Nach Umbauten an der Messelektronik wurde die Wirkungsgradkalibrierung des Ganzkörperzählers erneuert. Es wurden u. a. die Potentiometer der Verstärker in der Elektronikwerkstatt erneuert und der Elektronikzweig in einem umgebauten Rack neu aufgebaut.

An das gemessene Spektrum einer Personenmessung wird zur Auswertung mit der Fitmethode eine gewichtete Summe von Kalibrierspektren angepasst. Die Wichtungsfaktoren (= gemessene Aktivitäten) werden dabei von der BCME-Software durch eine Optimierung mit der kleinsten-Quadrat-Methode (gelöst durch eine Singulärwertzerlegung) berechnet.

Für die Neuaufnahme der Fitspektren wurde vom Bundesamt für Strahlenschutz das Ziegelphantom „Igor“ [Kov97] geliehen. Das Phantom besteht aus Polystyrolziegeln, die mit Stabquellen gefüllt und in „Menschenform“ aufgebaut werden können. Mit dem Phantom wurden kalibrierte Quellensätze für die Nuklide K-40, Co-60, Ba-133, Cs-137 geliefert.



Abb. 4-4: Das in den Ringvergleichen und zur Kalibrierung verwendete Ziegelphantom „Igor“

Es wurden für jedes Nuklid eine Kalibriermessung mit „voller Bestückung“ (d. h. 2 bzw. 1 Quelle pro Ziegel) mit 1 800 s Dauer durchgeführt. Für die K-40-Messung wurde aufgrund der niedrigen Photonenausbeute die Messzeit auf 50 000 s erhöht um eine bessere Zählstatistik zu erhalten. Zusätzlich wurde zeitnah über Nacht eine Messung des Kammeruntergrundes mit „leerem“ Igor durchgeführt. Die Messungen wurden mit zwei Auflösungen (256 Kanäle und 1 024 Kanäle) durchgeführt. Die Umstellung der Spektroskopiesoftware (Genie2K, Fa. Canberra [CAN06]) auf die neue Auflösung ist durch eine neue Konfigurationsdatei recht einfach. Der ADC kann durch einen Dreh-Schalter ebenfalls leicht umgestellt werden. Das AIM-Modul muss aber aus dem Überrahmen entfernt und aufgeschraubt werden um einen Schalter im Gehäuse umzulegen. Daher wurde ein Ersatzmodul umgestellt und für die Messungen verwendet. Es mussten dabei lediglich die Kabel des AIM-Moduls umgesteckt werden um die Auflösung zu ändern (und es muss die neue Konfigurationsdatei geladen werden). Im Spektrum können die Strukturen (z. B. Comptonkanten) besser erkannt werden. Der Zugewinn an „Struktur“-Information ist allerdings nicht so groß wie erhofft. Da die Umstellung der BCME-Auswertesoftware auf 1024 Kanäle zeitaufwendig ist (es sind dazu einige Programmierarbeiten erforderlich) und mittelfristig ein

Umstieg auf HPGe-Detektoren geplant ist, ist es zunächst nicht angebracht für den Routinebetrieb die Auflösung zu erhöhen.

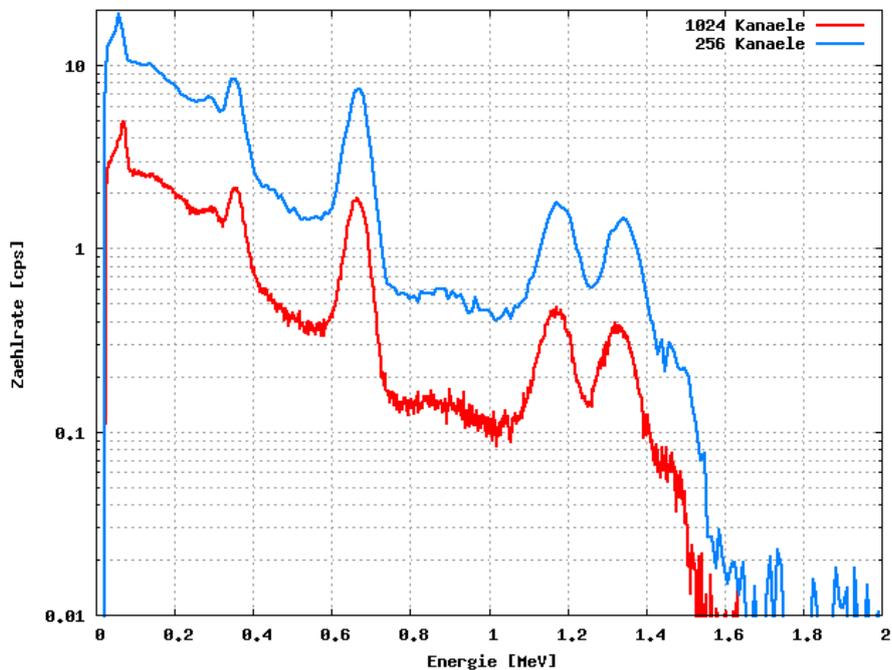


Abb. 4-5: Spektren der Ringvergleichsmessung in verschiedenen Auflösungen

Aus den gemessenen Spektren wurden mit der BCME-Software durch Untergrundabzug geeignete Fitspektren (s. folgende Abbildung) erzeugt. Die Daten (Aktivitäten, Messzeiten, ...) der neuen Fitspektren wurden in der Software hinterlegt und stehen nun zur Auswertung von Inkorporationsmessungen mit dem Ganzkörperzähler zur Verfügung.

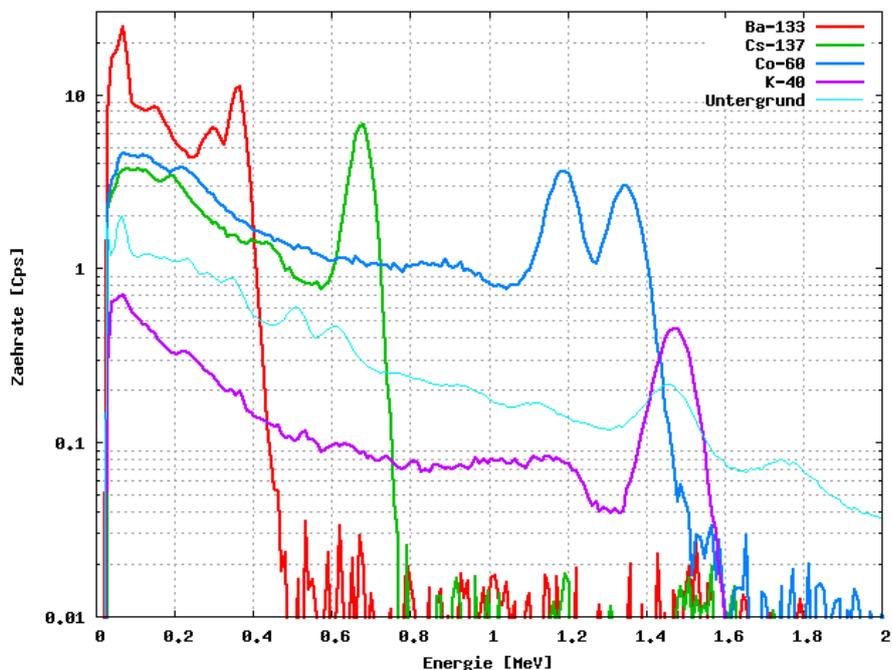


Abb. 4-6: Zählraten der neu aufgenommenen Fitspektren (zum Vergleich ist die Untergrundzählrate mit eingezeichnet)

Nach der erfolgreichen Neueinstellung und Kalibrierung des Bodycounters wurde eine Messung im Aufbau des Ringversuches durchgeführt. Ringvergleiche mit dem Ziegelphantom werden als

Qualitätskontrollmaßnahme regelmäßig vom Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) durchgeführt. Die dabei (nach Auskunft von Herrn Buchholz (BfS)) gut im Toleranzbereich des Ringvergleiches liegenden) ermittelten Werte zeigt die folgende Tabelle. Die Rekalibrierung war demnach erfolgreich.

Nuklid	Ba-133	Cs-137	Co-60	K-40
Messwert [Bq]	3408+-64	4694+-71	1779+-27	2814+-275
Referenzwert [Bq]	3154	4657	1777	2807

Tab. 4-8: Messwerte der Wiederholungsmessung des Ringvergleiches 2006 (70kg-Phantom)

4.5.3 Betrieb der Eichhalle

B. Reinhardt

Die Abteilung Überwachung und Messtechnik betreibt in der "Eichhalle" auf dem Gelände des Forschungszentrums Karlsruhe unterschiedliche Bestrahlungseinrichtungen. Ein Neutronen- und Röntgen-Kalibrierstand, sowie mehrere Gamma-Kalibrierstände sind vorhanden. Die Kalibrierstände werden für eigene Routinekalibrierungen und Eichfristverlängerungen benutzt. Dem Eichamt Baden-Württemberg und anderen externen sowie internen Interessenten stehen diese Bestrahlungseinrichtungen auch zur Verfügung.

4.5.3.1 Routinekalibrierung

M. Hauser, P. Bohn

Die Kalibrierung von Dosisleistungsmessgeräten garantiert die Messgenauigkeit der Geräteanzeige. Die Messgenauigkeit ergibt sich aus den Anforderungen der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt für die Zulassung zur Eichung und den Prüffregeln für Strahlenschutzmessgeräte.

Folgende Aufgaben stehen im Vordergrund:

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

Im Berichtsjahr wurden 21 Neutronen-Dosisleistungsmessgeräte sowie 20 Neutronen-Dosimeter kalibriert. Im Bestrahlungsbunker fanden 142 Dosimeter-Bestrahlungen statt. Alle Cs-137-Bestrahlungseinrichtungen wurden regelmäßig mit einem Sekundärstandard kontrolliert. Die Überprüfung von 1329 Strahlenschutzmessgeräten zwecks Eichfristverlängerung erfolgte mit der von der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt zugelassenen stationären Kontrollvorrichtung (SKV). Bei 150 Strahlenschutzmessgeräten, meist Reparaturfälle, erschien eine Messprüfung mit der stationären Kontrollvorrichtung sinnvoll, bevor sie der Eichbehörde überstellt wurden. Wenn notwendig und möglich wurden defekte Geräte repariert und anschließend kalibriert.

4.5.3.2 Amtliche Eichabfertigungsstelle

M. Hauser, P. Bohn

Nach der Eichordnung ist es Aufgabe des Landes Baden-Württemberg, regelmäßige Eichungen von Personen- und Ortsdosimetern vorzunehmen. Entsprechend einem Vertrag zwischen dem Land Baden-Württemberg und dem Forschungszentrum Karlsruhe werden Beamte der Aufsichtsbehörde, an den hierfür vom Forschungszentrum Karlsruhe zur Verfügung gestellten technischen Einrichtungen, hoheitlich tätig.

Der Beitrag der Hauptabteilung Sicherheit bei der Eichabfertigung besteht in der Bereitstellung der Bestrahlungseinrichtungen und in der Unterstützung bei der Durchführung der Eichungen mit insgesamt 8 298 Eichpunkten im Jahr 2006.

4.5.3.3 Auftragsarbeiten

M. Hauser, P. Bohn

Im Berichtszeitraum wurden Auftragsarbeiten in einer Größenordnung von zirka 10 Stunden für Fremdfirmen durchgeführt. Hierbei handelte es sich um Kalibrierbestrahlungen von Zählrohren und neu entwickelten Strahlenschutzmesssystemen.

4.5.4 Strahlenschutzmesstechnik

B. Reinhardt

4.5.4.1 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 Eigenpersonal oder durch Sachkundige einer Service-Firma oder durch hinzugezogene Sachverständige durchgeführt.

Bei der Instandhaltung der Strahlenschutzmessgeräte fallen folgende Aufgaben an:

- Reparatur und Kalibrierung von Dosisleistungs- und Luftüberwachungsanlagen
- Reparatur sonstiger elektronischer Geräte
- Erstellung von Prüfanweisungen

Außerdem werden bei neu beschafften Geräten Eingangskontrollen und Gerätetests durchgeführt. Die dabei gewonnenen Erfahrungen stehen auch anderen Abteilungen für die Beschaffung und Installation von Geräten und Überwachungsanlagen zur Verfügung. Schließlich werden auch Umbauten und Anpassungen von Messsystemen vorgenommen und kommerziell nicht erhältliche Geräte für den Eigenbedarf der Hauptabteilung Sicherheit entwickelt.

4.5.4.2 Wartung und Reparatur

J. Burkhardt, B. Reinhardt, T. Wächter

Zur Instandhaltung der von der Abteilung Überwachung und Messtechnik betreuten kontinuierlich messenden Raumluf- und Fortluftüberwachungsanlagen, sowie Ortsdosisleistungsmessstellen und Handgeräte waren tägliche Reparatursätze notwendig. Ältere Raumlufsammler wurden ertüchtigt und neue Raumlufsammler gebaut.

Ein Teil der anfallenden Reparaturen an Strahlenschutzmessgeräten ist vertraglich an eine Fremdfirma vergeben. Bei diesen Reparaturarbeiten musste die Abteilung Überwachung und Messtechnik öfters Hilfestellung leisten.

Zwei neue Fortluftmessstellen wurden projektiert und in Auftrag gegeben. Die Ertüchtigung der Strahlenschutzüberwachung des Tritiumlabors Karlsruhe ist abgeschlossen.

4.6 Freigabe nach § 29 StrlSchV

H. Dilger, A. Reichert

4.6.1 Standardverfahren

Nach der Strahlenschutzverordnung von 2001 dürfen radioaktive Stoffe sowie bewegliche Gegenstände, Gebäude, Bodenflächen, Anlagen oder Anlagenteile, die aktiviert oder kontaminiert sind und aus dem genehmigten Umgang stammen, als nicht radioaktive Stoffe nur abgegeben werden, wenn die zuständige Behörde die Freigabe erteilt hat. Da es nicht praktikabel ist, für jeden einzelnen Vorgang einen Bescheid zu erlangen, hat das Forschungszentrum Karlsruhe im August 2004 einen standardisierten Bescheid für verschiedene Stoffströme zur uneingeschränkten Freigabe erlangt. Es wurden folgende Stoffströme genehmigt (in der Fassung des zweiten Änderungsbescheides vom 11.11.2005):

- Metallschrott
- Nichtmetalle
- Beton
- geschredderte Elektrokabel
- Bauschutt
- Bodenaushub
- brennbare Abfälle
- Schüttgüter aus homogenem Material
- Flüssigkeiten und
- Mischungen aus den o. g. Stoffströmen.

Die Messverfahren werden in einer „Messvorschrift für die Strahlenschutzkontrolle zur Freigabe nach § 29 StrlSchV und zum Herausbringen von Gegenständen nach § 44 StrlSchV im Forschungszentrum Karlsruhe GmbH“ konkret beschrieben. Diese Messvorschrift wurde vom Sachverständigen positiv begutachtet. Aufgrund der Vorgaben aus dem erteilten Freigabebescheid ist der Gutachter angehalten ca. 10% der vom FZK durchgeführten Freimessungen stichprobenartig zu überprüfen. Um dieser Forderung nachkommen zu können, müssen alle freizugebenden Chargen eine Woche vorher beim Sachverständigen angemeldet werden. Im Jahre 2006 wurden 209 Vorgänge an HS zur Bearbeitung übergeben. Von diesen sind im Berichtszeitraum 114 Materialchargen von den Autoren in ihrer Eigenschaft als SSB freigegeben worden, 3 Anträge wurden zurückgezogen, 12 Chargen wurden als radioaktiver Abfall entsorgt.

Sofern bei den Voruntersuchungen keine Aktivität erkannt wird, kann bei Materialien aus Überwachungsbereichen und Kontrollbereichen mit einer geringen Kontaminationswahrscheinlichkeit (Zone I und II der „Kleider- und Zonenordnung bei Umgang mit offenen radioaktiven Stoffen“ des Forschungszentrums Karlsruhe) nach der Bewertung durch den SSB für die Freigabe auf ein Verfahren nach § 29 StrlSchV verzichtet werden. Dies war bei 52 Chargen der Fall.

4.6.2 Einzelfallverfahren

Da die Freigabe von Gebäuden nicht in einem Standardverfahren nach § 29 StrlSchV abgewickelt werden können, muss hier im Rahmen von Einzelfallverfahren für jedes Gebäude bzw. jede Anlage ein separater Antrag auf Freigabe gestellt werden, so auch für den Mehrzweckforschungsreaktor (MZFR) im Forschungszentrum Karlsruhe.

Der Rückbau des MZFR erfolgt in mehreren Stilllegungsschritten, bzw. im Rahmen mehrerer Stilllegungsgenehmigungen (SG), die derzeit (Stand Dez. 2006) laufende 7. SG endet mit dem kompletten Ausbau, der Zerlegung und Verpackung des Reaktordruckbehälters. Die abschließende 8. SG beinhaltet u. a. den Abbau des aktivierten Teil des Bioschildes, bis hin zum vollständigen Abriss der Gebäude nach erfolgter Freigabe gemäß § 29 StrlSchV. Da ein Teil der Gebäu-

de bereits jetzt nicht mehr direkt genutzt werden, wie z.B. das Gebäude 916 (D₂O-Turm) stand dieses zur Freigabe an.

Während des Reaktorbetriebs wurde hier der Moderatorkreislauf gereinigt, was verfahrensbedingt zu einer stark variierenden H-3-Kontamination der Gebäudeinnenflächen führte. Aufgrund dieser H-3-Kontaminationen waren auch umfangreiche Dekontaminationsmaßnahmen mit Materialabtrag erforderlich. Die höchsten Kontaminationswerte wurden in Raum 101 ermittelt. Aus diesem Grund wurden in diesem Raum Tiefenprofile zur Ermittlung der eingedrungenen H-3-Aktivität erstellt. Die gemessenen H-3-Aktivitäten variierten hierbei in einem Bereich von einigen Bq/g bis zu 3,5 E 3 Bq/g. Die Abb. 4-7 zeigt beispielhaft den Aktivitätsverlauf des Tiefenprofils MP 227.

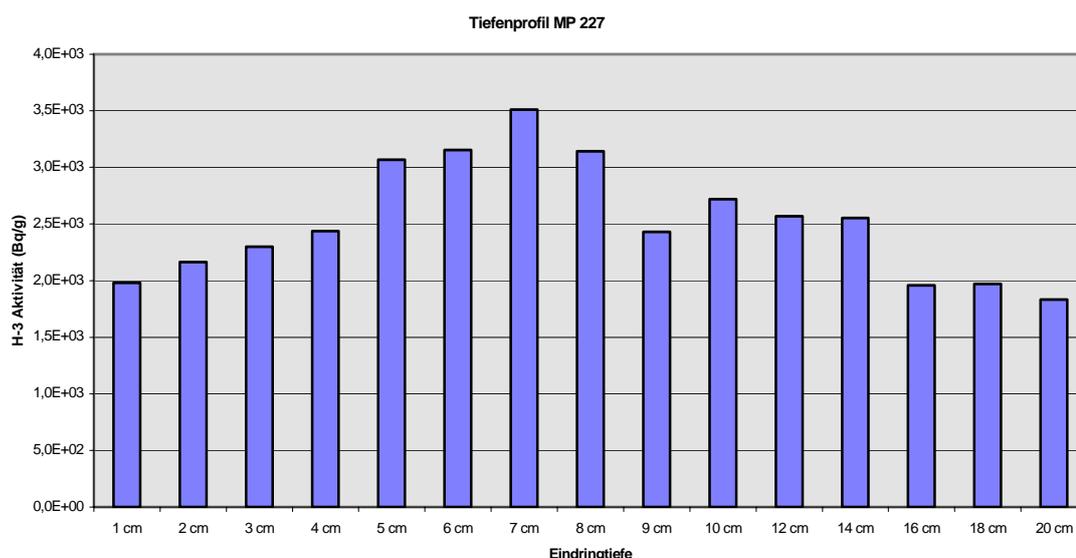


Abb. 4-7: Tiefenprofil Raum 101 Boden MP 227

Bei Betrachtung des Tiefenprofils fällt auf, dass das Aktivitätsmaximum zwischenzeitlich in einer Tiefe von ca. 6 – 8 cm liegt, was darin begründet ist, dass das H-3 aus den oberen Schichten im Laufe der Jahre bereits wieder ausdiffundiert ist.

Da eine weitere Nutzung der Gebäude aufgrund des vorgesehenen Rückbaukonzeptes nicht relevant war, wurde bereits 2003 die „Freigabe der Gebäude zum Abriss“ nach § 29 Abs. 2 Nr. 2 c StrlSchV beantragt. Mit dem Freigabebescheid E 02/2003 vom 8.6.2004 wurde dem FZK die Freigabe der im Antrag genannten Gebäude des MZFR unter Einhaltung der Freigabewerte aus Anlage III Tab. 1 Sp. 10, sowie der Festlegungen nach Anlage IV Teil A Nr. 1 sowie Teil D StrlSchV erteilt. Der Freigabebescheid enthielt weitere 14 Nebenbestimmungen. Die Nebenbestimmung Nr. 11 des o. g. Freigabebescheides besagt, dass

„ ... zur Freigabe des D₂O-Turms zum Abriss die aus dem Arbeitsplan Nr. 723 vorliegenden Messergebnisse zur Überprüfung der Einhaltung der Oberflächenaktivitätsgrenzwerte aus Anlage III Tabelle 1 Spalte 10 StrlSchV aufzubereiten sind ...“.

Gemäß dem Arbeitsplan Nr. 723 (6. SG) wurden zur Aufhebung der Kontrollbereiche Oberflächenaktivitätsmessungen (Direktmessungen bzw. Wischproben für H-3) durchgeführt. Für die Feststellung der Einhaltung der Oberflächenaktivitätsgrenzwerte aus der Anlage III Tabelle 1 Spalte 10 StrlSchV der für den D₂O-Turm relevanten einzelnen Nuklide wurden daher jeweils die Maximalwerte der Direktmessungen vom Boden, von der Decke und von den Wänden eines Raumes herangezogen. Unter Anwendung des auf das jeweilige Datum der Messungen hin zerfallskorrigierten Nuklidvektors wurden die Oberflächenaktivitäten aller messbaren und nicht messbaren Nuklide ermittelt und diese auf Januar 2006 umgerechnet.

In der Tab. 4-9 ist dargestellt, welche maximalen zerfallskorrigierten ($t = 5,5$ a) Oberflächenaktivitäten sich beispielhaft für den Raum 101 ergeben, ausgehend von den Werten der Direktmessung vom Juni 2000 mit $DM(\alpha) = 0,0014 \text{ Bq/cm}^2$ und $DM(\beta) = 0,215 \text{ Bq/cm}^2$.

Radionuklide	Anteil 01/2006	Oberflächenaktivität 01/2006 [Bq/cm ²]	Freigabewerte Anlage III Tab. 1 Sp. 10 [Bq/cm ²]	Oberflächenaktivität/ Freigabewerte [Bq/cm ²]
C-14	6,85E-01	7,20E-01	6,00E+03	1,20E-04
Fe-55	2,00E-03	2,00E-03	2,00E+04	1,00E-07
Co-60	8,50E-03	9,00E-03	3,00E+00	3,00E-03
Ni-63	9,64E-02	1,00E-01	4,00E+04	2,50E-06
Sr-90	4,70E-03	5,00E-03	3,00E+01	1,67E-04
Cs-137	1,58E-01	1,70E-01	1,00E+01	1,70E-02
Eu-154	7,00E-04	7,10E-04	6,00E+00	1,18E-04
Pu-239/240	1,50E-03	5,00E-03	2,00E+00	2,50E-03
Pu-241	4,35E-02	1,50E-01	9,00E+01	1,67E-03
Am-241	2,50E-03	8,90E-03	3,00E+00	2,97E-03
Summe	1,00E+00			2,75E-02

Tab. 4-9: Zerfallskorrigierte Oberflächenaktivitäten des Raumes 101

Aus den so berechneten Oberflächenaktivitäten lässt sich nun unter Beachtung der Summenformel die maximal zulässige Oberflächenkontamination für H-3 wie folgt berechnen:

$$OA_{H-3} = 4000 \text{ Bq/cm}^2 * (1 - 0,0275) = 3,9 \text{ E3 Bq/cm}^2 .$$

Wie aus der Berechnung zu Raum 101 ersichtlich (siehe Tab. 4-9), sind die sonstigen Radionuklide für die Freigabe des Gebäudes 916 von unter geordneter Bedeutung, so dass im „aktuellen Freimessverfahren“ nur noch H-3 zu betrachten war.

Da aus den Oberflächenaktivitätsmessungen gemäß Arbeitsplan Nr. 723 keine ausreichende Anzahl von H-3-Proben vorlagen, wurden im Januar 2006 ergänzende Tiefenbohrungen in den Böden und in den Wänden der Räume 101 und 219 mit einem Kernlochbohrgerät durchgeführt. In den übrigen Räumen wurden keine Tiefenbohrungen durchgeführt, da die Messungen zur Aufhebung des Kontrollbereiches gemäß Arbeitsplan Nr. 723 gezeigt haben, dass die H-3-Aktivitäten in diesen Räumen vernachlässigbar sind.

Die gewonnenen Bohrkern (20 – 30 cm lang) wurden vor Ort in etwa 1 bis 2 cm dicke Scheiben zerschnitten und im HS-Labor mit einem Laborbackenbrecher auf eine definierte Korngröße zerkleinert. Nach einer Austauschzeit (Wasseraustausch) von 24 h wurde eine Wasserprobe mittels Flüssigszintillationsmessungen ausgemessen. Die vorliegenden Messergebnisse [Bq/g] aus den in die Betonstrukturen eingedrungenen H-3-Aktivitäten wurden wie folgt jeweils integral auf die Oberfläche projiziert:

$$H-3 \text{ [Bq/cm}^2\text{]} = \text{Betondichte [2,3 g/cm}^3\text{]} * \{d_{\text{Sch1}} \text{ [cm]} * A_{H-3 \text{ Sch1}} \text{ [Bq/g]} + d_{\text{Sch2}} \text{ [cm]} * A_{H-3 \text{ Sch2}} \text{ [Bq/g]} + \dots + d_{\text{Schx}} \text{ [cm]} * A_{H-3 \text{ Schx}} \text{ [Bq/g]}\} .$$

In der folgenden Tab. 4-10 sind für den Raum 101 die maximalen integralen Summenwerte der H-3-Aktivitäten bis zur tatsächlichen Bohrtiefe (Spalte 2) zusammengestellt. Ist die Betondicke größer als die Bohrtiefe, wird jeweils für die Extrapolation auf die Gesamttiefe der H-3-Messwert der tiefsten Bohrkernscheibe auf die restliche Dicke hochgerechnet. Die daraus resultierenden gesamten H-3-Oberflächenaktivitäten sind in der Spalte 4 dargestellt.

Messpunkt	gemessene H-3-Aktivität Integral [Bq/cm ²]	Betondicke [cm]	Gesamte H-3- Oberflächen- Aktivität [Bq/cm ²]
Sp. 1	Sp. 2	Sp. 3	Sp.4
Wand Nord Raster 28	1,7E+02 (bis 27 cm)	35	1,9 E+02
Wand West Raster 68	1,8 E+02 (bis 16,5 cm)	35	2,7 E+02
Wand Süd Raster 71	2,0 E+02 (bis 27,5 cm)	45	3,4 E+02
Wand Ost Raster 245	1,9 E+02 (bis 18 cm)	40	3,2 E+02
Boden Raster 199	2,5 E+03 (bis 36 cm)	65	2,6 E+03
Decke Raster 336	1,2 E+03 (bis 9,5 cm)	20	1,2 E+03

Tab. 4-10: Maximale H-3-Oberflächenaktivitäten aus Tiefenbohrungen im Raum 101

In der Tab. 4-11 werden beispielhaft für den Raum 101 die aus der Summenformel abgeleiteten maximal möglichen Werte für die H-3-Oberflächenkontamination sowie die aus Probenentnahme und Messung ermittelten Werte für die H-3-Oberflächenkontamination dargestellt.

Gebäudeteil	Flächenraster	$\Sigma OA_i/FGW_i$ ohne H-3	H-3-Oberflächenkontamination [Bq/cm ²]	
			möglich	gemessen
Boden	199	2,75E-2	3,9E3	2,6E3
Decke	336	2,20E-2	3,9E3	1,2E3
Wand Nord	28	4,30E-2	3,8E3	1,9E2
Wand West	68	3,10E-2	3,9E3	2,7E2
Wand Süd	71	1,70E-2	3,9E3	3,4E2
Wand Ost	245	1,50E-2	3,9E3	3,2E2

Tab. 4-11: H-3-Oberflächenkontamination möglich/gemessen

Wie aus Tab. 4-11 ersichtlich waren die gemessenen und auf die Oberflächen projizierten H-3-Aktivitäten in allen Fällen unterhalb des, unter Anwendung der Summenformel ausschöpfbaren Oberflächenaktivitätsgrenzwerts für H-3, so dass diesbezüglich die Voraussetzungen für die Freigabe des Gebäudes zum Abriss eingehalten waren.

Die vom Sachverständigen durchgeführten Kontrollmessungen beliefen sich auf ca. 10 % unserer Freimessungen, die Kontrollmessungen wurden dabei in Form von In-situ-Messung (sonstige Radionuklide) und Flüssigszintillationsmessung (H-3) durchgeführt. Nach Vorlage der positiven Stellungnahme des Sachverständigen konnte in Verbindung mit der Nebenbestimmung Nr. 13 des Freigabebescheides E 02/2003 die Feststellung der Übereinstimmung nach § 29 (3) StrlSchV durch den zuständigen SSB des FZK getroffen werden, womit das Gebäude 916 aus Sicht des Strahlenschutzes zukünftig außer Acht gelassen werden und damit, unter Berücksichtigung der Belange der Gesamtanlage, konventionell abgerissen werden kann.

Mit diesem Freigabeverfahren konnte aufgezeigt werden, dass es beim Rückbau von kerntechnischen Anlagen durchaus sinnvoll ist, die Freigabe der von der atomrechtlichen Genehmigung erfassten Gebäude in einem separaten Freigabebescheid nach StrlSchV schon sehr frühzeitig zu beantragen. Die Freigabe einzelner Gebäude kann dann unabhängig von der aktuellen Stilllegungsgenehmigung abgewickelt werden.

Weiter konnte aufgezeigt werden, dass ein Gebäude auch dann freigegeben werden kann, wenn die Oberflächenkontamination sich aus zwei Radionuklidgruppen zusammensetzt, deren Anteile nicht in einem gemeinsamen Nuklidvektor betrachtet werden können.

Mit der Freigabe des Gebäudes 916 galt es auch, Erfahrungen mit diesem Freigabeverfahren zu sammeln, welche dann bei der Freigabe weiterer Gebäude des MZFR genutzt werden können.

4.7 Physikalisches Messlabor

Chr. Wilhelm

Im Berichtsjahr wurde der Arbeitsschwerpunkt im Physikalischen Messlabor auf die Erlangung der Akkreditierung gemäß DIN EN ISO/IEC17025 gelegt (siehe Kap. 10.1). Dazu wurde in Zusammenarbeit mit Qualitätsmanagementbeauftragten der HS die notwendige Dokumentation erstellt, wobei sich das Messlabor hauptsächlich auf die Dokumentation der Messaufgaben konzentrierte. Seit dem 6. November 2006 ist das Physikalische Messlabor gemäß DIN EN ISO/IEC17025 akkreditiert. Die vollständige Angabe des akkreditierten Umfangs findet sich unter folgendem Link: „<http://www.dap.de/anl/PL385900.pdf>“.

4.7.1 Aufgaben

Das ist das zentrale Messlabor für die Hauptabteilung Sicherheit und Im „Physikalischen Messlabor“ werden alle Messungen an Proben für die Raumluftüberwachung, an Proben zur Dichtheitsprüfung sowie alle Messungen zur Bilanzierung der Ableitung radioaktiver Stoffe mit der Fortluft durchgeführt. Ebenso erfolgen hier alle Messungen an Umweltproben, an Proben für die Arbeitsplatzüberwachung und an Proben zur Abwasserüberwachung. Für die Freigabe von radioaktiven Reststoffen werden α - und γ -spektrometrische Messungen, sowie die Bestimmung von Betastrahlern mittels Flüssigszintillationsmessung durchgeführt. Einen Überblick über die Anzahl an Proben und der daran durchgeführten Analysen aus den einzelnen Arbeitsgebieten gibt die Tab. 4-12 wieder.

Die Gruppe „Physikalisches Messlabor“ ist darüber hinaus zuständig für die Überwachung radioaktiver Stoffe in den Abwassersystemen auf dem Betriebsgelände des Forschungszentrums Karlsruhe (s. Kap. 6.2.2.2). Diese Aufgabe umfasst sowohl die Umsetzung der Auflagen der strahlenschutzrechtlichen Genehmigung in ein Überwachungskonzept, als auch die Durchführung der Aktivitätsmessungen einschließlich der Entscheidung über die Weiterverarbeitung der Abwässer.

4.7.2 Messsysteme

S. Kaminski, C. Leim

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. Das Labor nimmt an verschiedenen Ringversuchen teil, so dass alle Messverfahren mindestens einmal jährlich durch Ringversuche überprüft werden. Die Vorgaben aus allen Regelwerken der verschiedenen Arbeitsgebiete werden erfüllt.

4.7.2.1 Alpha-Beta-Messtechnik

Zur Messung von Alpha- und Beta-Gesamtaktivitäten werden sieben Großflächen-Proportionalzähler mit Probenwechslern und Pseudokoinzidenz-Elektronik betrieben. An diesen Messplätzen werden die Kontroll- und Bilanzierungsmessungen von Aerosolfiltern zur Fortluftüberwachung sowie die Messungen von Raumluftfiltern (s. Kap. 4.9) durchgeführt.

Neben diesen Detektoren wird zur Durchführung von Alpha- und Beta-Gesamtaktivitätsmessungen an Abwasser ein Messsystem betrieben, in dem sechs Großflächen-Proportionalzähler integriert sind. Die Proportionalzähler arbeiten einheitlich mit einem integrierten Elektronikmodul (Serial-Micro-Channel). 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.

Für die Alpha-Beta-Gesamtaktivitätsmessung an Umweltproben steht zusätzlich noch ein Großflächen-Proportionalzähler zur Verfügung. Dieses System wird separat betrieben.

In Abb. 4-8 sind beispielhaft die Ergebnisse einer internen Qualitätssicherungsmaßnahme für die Alpha-Beta-Pseudokoinzidenz-Messplätze Raumluft dargestellt. Monatlich werden an den Messplätzen die Wirkungsgrade Alpha und Beta überprüft, indem die Aktivitäten eines Pu-238 und eines Cl-36 Präparats bestimmt werden. Aus den in Abb. 4-8 aufgetragenen Aktivitäten über die Zeit wird ersichtlich, dass alle Messungen im Jahr 2006 innerhalb der Messunsicherheit um den Sollwert schwanken.

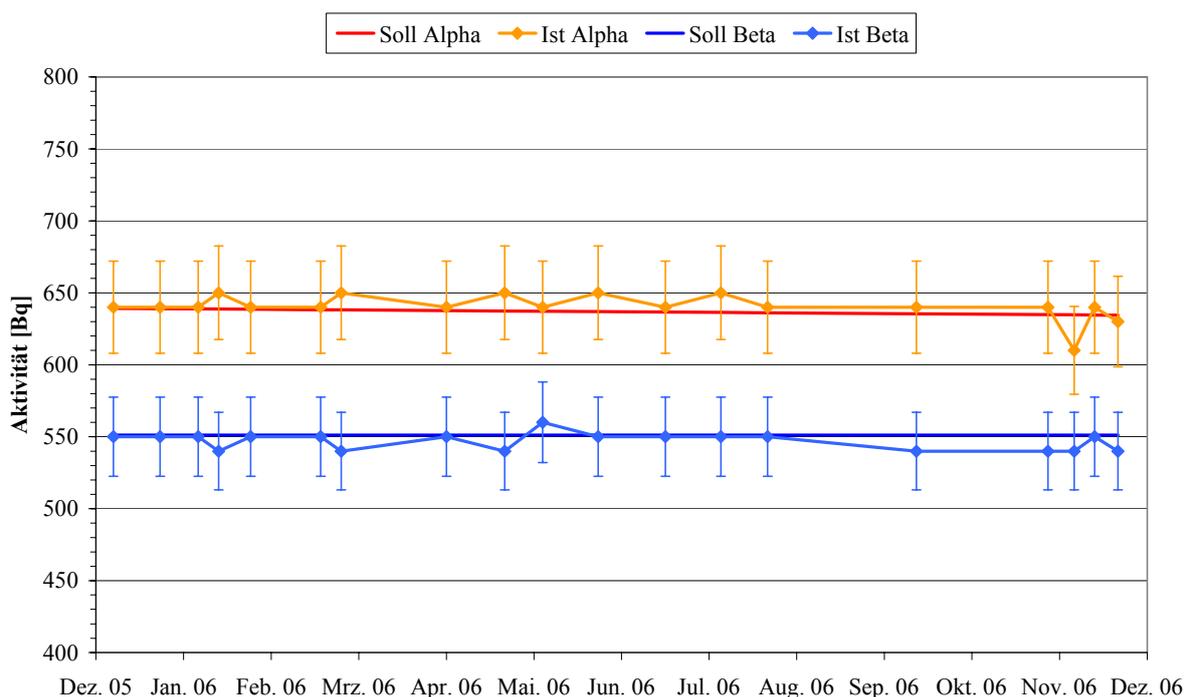


Abb. 4-8: Interne Qualitätssicherung an einem Alpha-Beta-Messplatz

4.7.2.2 Gammaspektrometrie

Für die Gammaspektrometrie stehen in der Gruppe „Physikalisches Messlabor“ 18 Reinstgermanium-Detektoren zur Verfügung, deren Auswertelektronik über ein Messnetz miteinander verbunden ist. Es handelt sich um verschiedene Detektor-Typen: Niederenergie-Detektoren für den Energie-Bereich von 10 keV bis 150 keV, Hochenergie-Detektoren für den Energie-Bereich von 50 keV bis 2000 keV, kombinierte Gamma-X-Detektoren für den Energiebereich von 10 keV bis 2000 keV. Zwei der Germanium-Detektoren sind mit Probenwechslern ausgerüstet. Die Auswertung in der Standardroutine erfolgt mit dem Programmpaket Genie 2000 der Firma Canberra. Vier Detektoren wurden im Werk von Canberra charakterisiert, so dass es an diesen Detektoren möglich ist, mit Hilfe der zugehörigen Software mathematische Effizienzkalibrierungen durchzuführen. Vorteile dieses Verfahrens sind, dass für die Wirkungsgradkalibrierung keine radioaktiven Präparate eingesetzt werden müssen und dass Geometrien nahezu jeder Form, Material und Dichte kalibriert werden können.

4.7.2.3 Alphaspektrometrie

Für die Alphaspektrometrie stehen in der Gruppe „Physikalisches Messlabor“ 12 Halbleiter-Detektoren zur Verfügung. Die Alphaspektrometrie wird mit dem integrierten System Alpha-

Analyst betrieben. Die Alphaspektrometrie ist in das gleiche Messnetz wie die Gammasspektrometrie integriert und auch die Auswertung erfolgt mit dem selben Programmpaket.

Für Übersichtsmessungen an Proben mit erhöhter Aktivität steht zusätzlich ein Alphaspektrometrie-Messplatz mit Halbleiterdetektor und großer Vakuum-Probenkammer zur Verfügung.

Außerdem werden für Abwasser- und Umgebungsproben zwei Gitterionisationskammern betrieben, die in das gleiche Messnetz wie die Halbleiterdetektoren integriert sind.

Messzweck	Anzahl der Proben	Anzahl der durchgeführten Messungen				
		α/β	Flüssigszintillation		α -Spektrometrie	γ -Spektrometrie
			Einzel-Nuklide	Spektrometrie		
Abwasserüberwachung						
- Innerbetrieblich	665	673	403	37	-	410
- Ableitungen	67	43	65	-	-	72
Umgebungsüberwachung	484	195	240	25	12	78
Überwachung der Fortluft	3014	1240	1000	45	-	676
Überwachung der Raumluft	36951	36872	-	-	-	130
Dichtheitsprüfungen	107	-	35	-	-	72
Auftragsmessungen						
- Fortluftüberwachung für WAK	539	-	52	5	-	926
- Fortluftüberwachung für ZAG	162	162	-	-	-	162
- Interne Aufträge	1173	3	0	0	162	802
- Externe Aufträge	152	8	40	8	-	128
Messungen für Arbeitsplatzüberwachung	180	-	210	57	10	8
Sondermessungen	238	-	-	-	-	238
Entwicklungsarbeiten	0	20	120	190	117	5
Qualitätssicherung	-	1973	3025	102	1470	632
Ringversuche	13	25	-	-	24	49

Tab. 4-12: Art und Anzahl der Proben sowie der 2006 in der Gruppe „Physikalisches Messlabor“ durchgeführten Einzelmessungen

4.7.2.4 Flüssigszintillationsspektrometrie

Für die Messung der reinen Beta-Strahler H-3, C-14, S-35, P-32, Ni-63 bzw. des K-Einfangstrahlers Fe-55 stehen drei Flüssigszintillationsspektrometer der Fa. Perkin Elmer Life Science 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 einer aktiven Abschirmung 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 entwickelten Programm „LSC-Messungen“, das die Übernahme der Messwerte in die PCs verwaltet, können auch Spektren dargestellt und bearbeitet werden. Ebenso bietet dieses Programm Entfaltungsmethoden, um bei komplexen Multinuklidspektren Einzelaktivitäten abzuschätzen.

Des Weiteren wurden aus aktuellem Anlass im Jahr 2006 Untersuchungen durchgeführt, ob für die Bestimmung von Po-210 in Urin die Flüssigszintillationsmesstechnik als Screening-Methode geeignet ist. Erste Versuche haben ergeben, dass auf Grund des stark schwankenden K-40-Gehalts im Urin keine klare Aussage über die Alpha-Aktivitätskonzentration gemacht werden kann. Für eine Verifizierung der Flüssigszintillationsmesstechnik als Screening-Methode für die Inkorporationsfeststellung von Alpha-Strahlern dauern die Versuche unter Verwendung der Alpha-Beta-Diskriminierung noch an.

4.8 Chemische Analytik

4.8.1 Aufgaben

M. Pimpl

Die Gruppe „Chemische Analytik“ führt die nuklidspezifischen Bestimmungen für die Emissions- und Immissionsüberwachung des Forschungszentrums aus, bei denen radiochemische Analysenverfahren zur Probenpräparation notwendig sind. Darüber hinaus werden radiochemische Analysen für die Bereiche der „Arbeitsplatzüberwachung“ zur Bestimmung der Nuklidvektoren oder bei Zwischenfällen durchgeführt. Weiterhin werden nuklidspezifische Analysen durchgeführt, die im Rahmen der Freigabe radioaktiver Stoffe aller Art erforderlich sind.

Für die Fortluft-, 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.

Zur Freigabe von Materialien nach § 29 StrlSchV und zur Wiederverwendung nach § 44 StrlSchV 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. Wie schon im Vorjahr war auch in 2006 der Aufwand für radiochemische Analysen zur Freigabe deutlich höher als der für interne Messungen für Strahlenschutzaufgaben. Die Anzahl an Analysen zur Ermittlung des Nuklidvektors einer Anlage oder eines Instituts durch Bestimmung des Aktivitätsgehaltes aller interessierenden Radioisotope in einer Stichprobe oder in mehreren repräsentativen Proben ist in 2006 weiter zurückgegangen.

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. Weiterhin werden außer begleitenden Arbeiten zur Qualitätssicherung zusätzlich auch Entwicklungsarbeiten zur Verbesserung bestehender Verfahren und zur Einführung neuer Methoden geleistet. Im Rahmen eines Forschungsvorhabens der Gruppe KES (Kompetenzerhalt Strahlenschutz) werden Analysenmethoden zur Bestimmung von Alpha- und Beta-Strahlern in unterschiedlichen Materialien im low(est)-level Bereich er-

stellt und optimiert. Zeit- und Kostenaufwand sollten deutlich gesenkt werden können, wenn die für die Analyse erforderliche Probenmenge auf etwa 1 bis 2 g begrenzt und damit die zeitaufwendige Probenvorbereitung mittels Mikrowellenaufschluss ausgeführt werden kann. An Freimessproben, insbesondere Bauschuttproben, die beim Rückbau kerntechnischer Anlagen in großer Zahl anfallen, wurden verschiedene Aufschlussverfahren getestet. Zur Bestimmung interessierender Alpha-Strahler wurden extraktionschromatographische Trennverfahren erprobt und optimiert, wodurch eine Simultanbestimmung dieser Alpha-Strahler in einer aufgeschlossenen Probe möglich wird.

Neben diesen Routineaufgaben werden nuklidspezifische Bestimmungen gegen Berechnung auch für externe Auftraggeber durchgeführt. Zur Überprüfung von Geräten und Methoden hat die Gruppe auch 2006 an verschiedenen Ringversuchen und Vergleichsmessungen teilgenommen, wobei durchweg gute Ergebnisse erzielt werden konnten.

4.8.2 Radiochemische Arbeiten

M. Pimpl, A. Bohnstedt, A. Hager, U. Malsch, P. Perchio, P. Steinbach, S. Vater

Die im Laufe des Jahres 2006 insgesamt in der Gruppe „Chemische Analytik“ durchgeführten Laborarbeiten sind in Tab. 4-13 aufgelistet. Abb. 4-9 vermittelt einen Überblick über die Verteilung des zeitlichen Aufwands für die 2006 angefallenen radiochemischen Arbeiten.

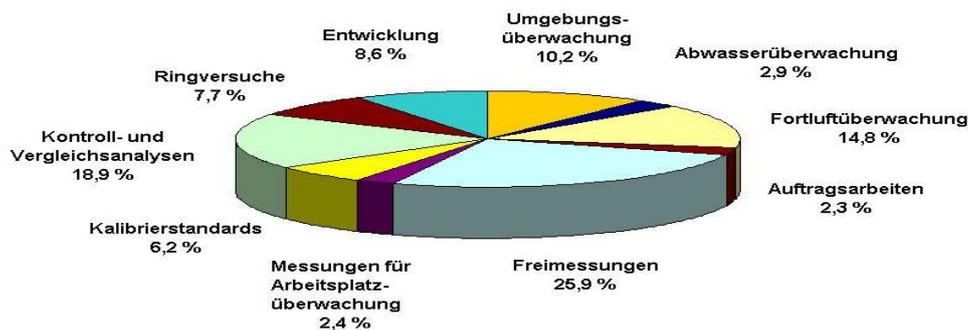


Abb. 4-9: Aufteilung der radiochemischen Arbeiten nach Zeitaufwand im Jahr 2006

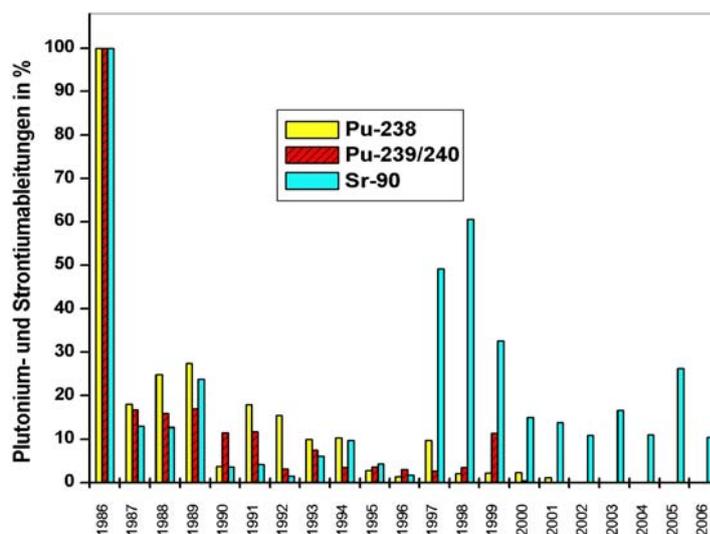


Abb. 4-10: Entwicklung der mit dem Abwasser aus dem Forschungszentrum abgeleiteten Aktivitäten an Pu-238, Pu-239/240 und Sr-90 von 1986 bis 2006 (Ableitungen von 1986 sind gleich 100 % gesetzt)

Tätigkeitsgebiet	Art der Analysen	Anzahl der Bestimmungen
Umgebungsüberwachung	Pu-238, Pu-239/240	15
	Sr-89, Sr-90	9
	K-40	81
Abwasserüberwachung	Pu-238, Pu-239/240	1
	Pu-241	1
	Sr-89, Sr-90	4
	C-14, S-35	je 4
Fortluftüberwachung	C-14	255
	Sr-89, Sr-90	4
Freimessungen (Freigaben nach § 29 oder zur Weiterverwendung nach §44 StrlSchV)	U-238, U-235, U-234	22
	Pu-238, Pu-239/240, Pu-241	59
	Sr-89, Sr-90	41
	Fe-55, Ni-63	je 17
	C-14	2
	H-3 (Austausch / Ausheizen)	20 / 2
Messungen für Arbeitsplatzüberwachung	Pu-238, Pu-239/240, Pu-241	5
	Sr-89, Sr-90	4
	Fe-55, Ni-63	je 2
Kalibrierstandards	K, Th, U, Pu, Am, Cm, Sr, Fe, Ni, Ra	60
	Proben für Röntgenfluoreszenz	ca. 80
Kontroll- und Vergleichsanalysen	Sr-89, Sr-90	25
	Pu (α -Strahler), Pu-241	6
	U (α -Strahler)	22
	Am-241, Cm-242, Cm-244	3
	Th (α -Strahler)	4
	Po-210	2
	C-14, S-35 (Abwasser)	je 1
	C-14 (Fortluft)	12
	Fe-55, Ni-63	je 7
	Blindelektrolysen	273
Ringversuche	U (α -Strahler)	20
	Am/Cm	4
	Sr-89, Sr-90	6
	Fe-55, Ni-63	je 4
Entwicklungsarbeiten	Th, U, Pu, Am, Cm	51
	Ra-226, Sr-89/90	8

Tab. 4-13: Arbeiten der Gruppe „Chemische Analytik“ im Jahr 2006

Im Berichtszeitraum wurde wöchentlich die Fortluft der Verbrennungsanlage der HDB (Bau 536), der LAW-Eindampfanlage (Bau 545), der Anlagen zur Gerätedekontamination und Verschrottung der HDB (Bau 548 Ost und West) und des MZFR (Bau 920c) auf C-14 überwacht. Aus der Verbrennungsanlage wurden im gesamten Jahr 2006 nur 6,5 % der nach Abluft-

plan zulässigen C-14-Ableitungen von 1,4 TBq emittiert, aus den Anlagen zur Gerätedekontamination und Verschrottung der HDB (Bau 548 Ost und West) lediglich 0,16 % von zulässigen 50 GBq C-14. Aus den Anlagen MZFR und der LAW-Eindampfanlage wurden 2006 keine messbaren C-14-Aktivitäten mit der Fortluft abgegeben.

Zur Bilanzierung der mit dem Abwasser abgeleiteten radioaktiven Stoffe wurden in Quartalsmischproben aus den Endbecken der Kläranlage Sr-Isotope sowie C-14 und S-35 bestimmt. Wie im Vorjahr wurden auch im Jahr 2006 in den Abwassermischproben keine messbaren Konzentrationen an S-35 und C-14 gefunden. Die Erkennungsgrenze lag für S-35 bei 7,2-7,8 Bq/l und betrug für C-14 bei allen Messungen 1,7 Bq/l. Die Sr-89-Aktivitätskonzentration lag in allen vier Quartalsproben unter den erreichten Erkennungsgrenzen, die zwischen 0,03 und 0,05 kBq/m³ lagen.

Nur für Sr-90 wurden Aktivitätskonzentrationen zwischen 0,14 und 0,29 kBq/m³ gemessen. Im Jahr 2006 wurden insgesamt 8,34 MBq Sr-90 mit dem Abwasser abgeleitet. Die Ableitung von Sr-90 mit dem Abwasser ist auch 2006 deutlich geringer als in den Jahren 1997-2000, wie aus Abb. 4-10 ersichtlich ist.

Zur Überwachung der Plutoniumkonzentrationen der bodennahen Luft wurden an den Aerosolsammelstellen Messhütte "Südwest", Messhütte "Nordost" und "Forsthaus" Quartalsproben gesammelt, wobei Erkennungsgrenzen erreicht wurden, die zwischen 0,04 und 0,11 µBq/m³ lagen. An allen 4 Aerosolsammelstellen wurden in allen 4 Quartalsproben nur Werte unter den Nachweisgrenzen ermittelt. Die erreichten Nachweisgrenzen lagen dabei zwischen 0,07 und 0,17 µBq/m³ sowohl für Pu-238 als auch für Pu-239/240.

Auch 2006 wurden, wie schon in 2005, nur sehr wenige Auftragsarbeiten für kerntechnische Anlagen, die nach einer aufwandsbezogenen Gebührentabelle in Rechnung gestellt werden, durchgeführt. Außer den vierteljährlich anfallenden Sr-89/90-Analysen von Fortluftfiltern für das Hochtemperatur-Kernkraftwerk Hamm wurden zusätzlich nur einzelne Analysen gegen Verrechnung durchgeführt.

4.9 Raumlufüberwachung

E. Rückert-Kammerichs, K. Schultze, Chr. Wilhelm

Die Inkorporationsüberwachung im Jahr 2006 wurde gemäß der „Strahlenschutzanweisung des Sicherheitsbeauftragten zur Inkorporationsüberwachung“ des Forschungszentrums durchgeführt. Diese erfolgte in Anlehnung an die „Richtlinie für die physikalische Strahlenschutzkontrolle“ in der 2006 gültigen Fassung, aber bereits unter Berücksichtigung der Dosisgrenzwerte der im Jahr 2007 in Kraft getretenen „Richtlinie für die physikalische Strahlenschutzkontrolle zur Ermittlung der Körperdosis, Teil 2: Ermittlung der Körperdosis bei innerer Strahlenexposition“. Danach ist eine regelmäßige Inkorporationsüberwachung nur notwendig, wenn zu besorgen ist, dass infolge von inkorporierten Radionukliden jährliche Körperdosen von mehr als 1 mSv auftreten können. Durch tägliche Messungen der Aktivitätskonzentration in der Raumluf am Arbeitsplatz und durch einmal jährlich je eine Messung der Aktivität im Stuhl und in Urin wird nachgewiesen, dass im Forschungszentrum Karlsruhe für keine Person eine Erfordernis für die Ermittlung personenbezogener Werte der Körperdosis besteht.

4.9.1 Probenentnahme

Zur routinemäßigen Überwachung werden Aerosolsammler eingesetzt, die an repräsentativen Stellen in allen Bereichen mit potenziellen Raumluf-Kontaminationen installiert sind. Die Sammler saugen die Raumluf mit Durchsatzraten zwischen 25 m³/h und 70 m³/h über ein Aerosolfilter mit einem Durchmesser von 20 cm. Die Filter werden arbeitstäglich oder wöchentlich gewechselt. Die Dateneingabe für das Messsystem in die SQL-Datenbank erfolgt mit einer Web

basierenden Intranet-Anwendung, über die vor Ort der Luftdurchsatz, die Sammelzeit, der verwendete Atemschutz und die effektive Arbeitszeit zu den Raumlufffiltern eingegeben werden.

4.9.2 Probenauswertung

Im Jahr 2006 wurden 36 900 Filter mit Pseudokoinzidenzanlagen auf künstliche α - und β -Aktivität ausgemessen. Als untere Messschwelle wurde bei α -Aktivität 12 mBq/m^3 und bei der β -Aktivität 10 Bq/m^3 gewählt. Damit ist bei einem nach der Strahlenschutzverordnung angenommenen Jahres-Inhalationsvolumen von 2400 m^3 , das aber in der Praxis wegen kürzerer Aufenthaltszeiten weit unterschritten wird, eine α - und β -Aktivitätszufuhr nachweisbar, die 10 % des Grenzwertes der Teilkörperdosis Knochenoberfläche für beruflich strahlenexponierte Personen der Kategorie A – bezogen auf Pu-239, löslich, und Sr-90, löslich – entspricht. Dieser Grenzwert wurde im Berichtszeitraum in keiner Anlage des Forschungszentrums erreicht.

Konnte die Messschwelle von 12 mBq/m^3 aufgrund der auf den Filtern vorhandenen natürlichen Aktivität nicht erreicht werden, wird eine Nachmessung des betreffenden Filters am folgenden Tag durchgeführt. Dadurch ergibt sich eine Anzahl von Messungen die ca. 25 % größer ist als die Anzahl an Filter. Die Häufigkeitsverteilung der Aerosolaktivitätskonzentration in der Raumluft ist in der nachfolgenden Grafik und Tabelle wiedergegeben.

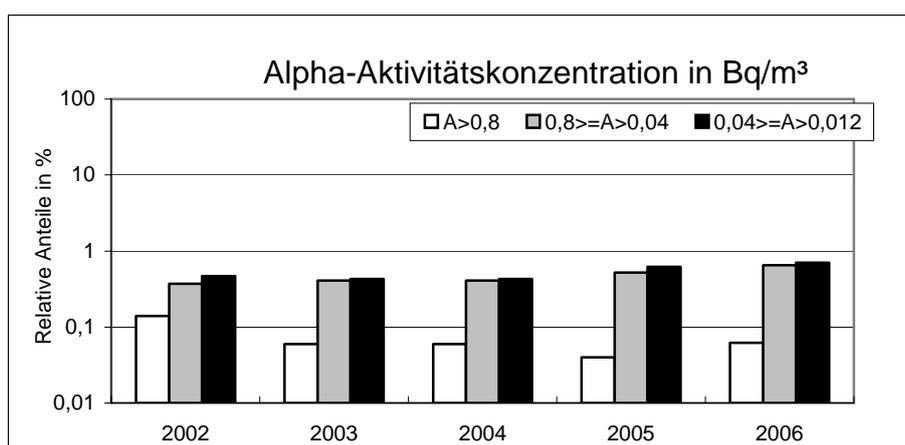


Abb. 4-11: Häufigkeitsverteilung der α -Aerosolaktivitätskonzentrationen in der Raumluft oberhalb der Messschwelle in den Jahren 2002 bis 2006

Aktivität	Aktivitätsgrenzen in Bq/m ³	Anteil an der Gesamtzahl in %
α -Aktivität	A > 0,8	0,06 (0,04)
	0,8 ≥ A > 0,04	0,65 (0,52)
	0,04 ≥ A ≥ 0,012	0,70 (0,62)
	A < 0,012	98,59 (98,82)
β -Aktivität	A > 800	0 (0)
	800 ≥ A > 40	0,00 (0,03)
	40 ≥ A ≥ 10	0,01 (0,06)
	A < 10	99,99 (99,91)

Tab. 4-14: Häufigkeitsverteilung der Aerosolaktivitätskonzentration in der Raumluft im Jahr 2006. Die in Klammern angegebenen Werte sind die des Vorjahres.

4.10 Dichtheitsprüfungen

K. Schultze

4.10.1 Voraussetzungen

Die Abteilung Überwachung und Messtechnik hat die Aufgabe an umschlossenen Strahlern, die sich im Besitz des Forschungszentrums befinden, Dichtheitsprüfungen durchzuführen. Hierfür liegt der Hauptabteilung Sicherheit eine Bestätigung des Umweltministeriums Baden-Württemberg vom 2. September 2003 vor, wonach die Hauptabteilung Sicherheit eine anerkannte Prüfstelle gemäß § 66 Strahlenschutzverordnung ist. Diese Bestätigung wurde am 13. November 2006 durch eine Entscheidung des Umweltministeriums Baden-Württemberg ersetzt, die es der Hauptabteilung Sicherheit erlaubt, Dichtheitsprüfungen nach § 66 (4) Satz 1 StrlSchV an Strahlern, die sich im Besitz des Forschungszentrum befinden, selbst durchzuführen. Davon ausgenommen sind alle hochradioaktiven Quellen. Diese müssen von externen Gutachtern geprüft werden. Als Prüfgrundlage dient DIN 25 426 Teil 4. Danach müssen alle umschlossenen Strahler oberhalb des 100fachen der Freigrenze jährlich einer Dichtheitsprüfung unterzogen werden. Bei gasförmigen Strahlern und bei radioaktiven Stoffen mit Halbwertszeiten bis zu 100 Tagen, kann auf die Durchführung der Dichtheitsprüfung verzichtet werden.

4.10.2 Probenentnahme

Das zu wählende Prüfverfahren wird gemäß DIN 25426 und den Gegebenheiten des Strahlers festgelegt. Als Prüfverfahren werden für die Strahler Wischprüfungen, Tauchprüfungen oder die Emanationsprüfung angewandt. Die Dokumentation der Festlegung und die Terminverfolgung erfolgt über das Buchführungsprogramm für radioaktive Stoffe - BURAST. Über dieses System werden die Mitarbeiter vor Ort zur Sichtprüfung und Probenahme aufgefordert. Die Mitarbeiter kontrollieren die Strahler auf Schäden und tragen die Ergebnisse der Sichtprüfung in das Programm ein.

4.10.3 Probenauswertung

Die Proben werden je nach Strahlenart im Proportionalzähler (evtl. nach Eindampfen), durch γ -Spektroskopie oder durch Flüssigszintillationsmesstechnik ausgewertet. Die Anzahl der geprüften Strahler ist in Tab. 4-15 nach Nuklid und Institution sortiert aufgeführt. Im Berichtszeitraum wurde kein undichter Strahler gefunden.

	Cs-137	Str-90	Am-241	Cf-252	Co-57	Fe-55	Pb-210	Co-60	Ba-133	Pm-147	Sm-151	Np-237	Am-241 Gemisch	sonst. Gemisch	
HS-KES	12	11	2	2						1					28
FTU	9	3	1	2			1								16
HS-UEM	8		2				1					1	4		16
IK	1	3	9			2					1				16
HDB	4		4					1	1					1	11
HZY		5													5
INT					4										4
MZFR	3	1													4
ITC-TAB			3												3
IMF II-FML	1														1
IMK-AAF			1												1
INE				1											1
ISS						1									1
Summe	38	23	22	5	4	3	2	1	1	1	1	1	4	1	107

Tab. 4-15: Anzahl der im Jahr 2006 durchgeführten Dichtheitsprüfungen an umschlossenen Strahlern

- 5 Kompetenzerhalt im Strahlenschutz
- 5.1 Nachweis von Radionukliden im low(est)-level-Bereich
- 5.1.1 Radiochemische Analytik
- 5.1.1.1 Bestimmung von schwer nachweisbaren Radionukliden in unterschiedlichen Materialien im low(est)-level Bereich – Trennverfahren
 - A. Bohnstedt

Im Rahmen eines Forschungsvorhaben der Gruppe KES (Kompetenzerhalt Strahlenschutz) werden Analysemethoden zum Nachweis von Radionukliden in unterschiedlichen Matrices unter Berücksichtigung von Zeit- und Kostenfaktoren erstellt.

In der Chemischen Analytik der Hauptabteilung Sicherheit/Überwachung und Messtechnik müssen für die Emissions-/Immissions- und Arbeitsplatzüberwachung reine Alpha- und Beta-Strahler ohne Gamma-Komponente mit aufwändigen nuklidspezifischen Verfahren bestimmt werden. Die dazu verwendeten chemischen Methoden der Nass- und Trockenveraschung zum Matrixaufschluss und der Flüssig-Flüssig-Extraktion, Mitfällung und Ionenaustausch-Chromatographie zur Abtrennung von Matrix- und Spurenelementen sowie störender Radionuklide zeichnen sich durch große Variabilität aus. Sie sind universell für Probenmengen von 0,1 bis 100 Gramm einsetzbar, trennen störende Matrixelemente (z. B. Ca, Ba, Fe) gut ab und der radiochemische Trennungsgang ist auf die gängigen nachzuweisenden bzw. abzutrennenden Nuklide eingestellt. Allerdings ist ein relativ großer Zeitaufwand und Einsatz von Chemikalien nötig und die Handhabung der chemischen Verfahren ist nicht trivial.

Im Zusammenhang mit der Stilllegung und dem Rückbau kerntechnischer Anlagen müssen zahlreiche Proben sowohl wiederholt von gleichen, aber auch von unterschiedlichen Materialien, entnommen und auf ihren Gehalt an radioaktiven Stoffen untersucht werden. Wenn durch diese Messungen nachgewiesen wird, dass der Gehalt an radioaktiven Stoffen unter dem behördlich vorgegebenen Grenzwert (Strahlenschutzverordnung vom 20.07.2001, Anlage III, Tab.1) liegt, können die Materialien frei gegeben werden.

Für große Stückzahlen an Proben gleicher Matrixzusammensetzung besteht der Bedarf an kostengünstigen und schnellen Analyseverfahren. Auf Grund der unterschiedlichen Grenzwerte für die Freigabeanalytik einerseits (Tab. 5-1) und andererseits Emissions- und Immissionsüberwachung (Tab. 5-2) ergibt sich für die Freigabeanalytik die Möglichkeit die zu untersuchende Einzelprobenmenge auf wenige Gramm zu reduzieren. Dadurch können auch andere Matrixaufschlussverfahren, z. B. alternativ zum Nass- und Trockenaufschluss die Mikrowellen-Aufschluss-Technik und Trennmethode für kleine Probenmengen, z. B. Extraktionschromatographie, getestet werden.

<i>Probe-Materialien</i>	<i>zu bestimmende Radionuklide</i>	<i>geforderte Nachweisgrenze (StrlSchV Anlage III, Tab. 1)</i>	<i>Mindestmenge Probenmatrix für Analyse</i>
Bauschutt	H-3, C-14,		
Beton	Sr-89/90	Sr-90: 2,00 [Bq/g]	Sr-90: 0,1 - 0,3 g
Stahl	Fe-55/59, Ni-63	Fe-55/59, Ni-63: 200,00 [Bq/g]	Fe-55/59: 0,01 g
Kunststoffe	Th-, U-, Pu-,	Th-, U-, Pu-,	Ni-63: 0,01 g
Holz	Am/Cm- Isotope	Am/Cm-Isotope: 0,04 [Bq/g]	Aktiniden: 2,00 g
Öle			

Tab. 5-1: Grenzwerte Freigabeanalytik

<i>Probe-Materialien</i>	<i>zu bestimmende Radionuklide</i>	<i>geforderte Nachweisgrenze nach REI 1993 (*1997)</i>	<i>Mindestmenge Probenmatrix für Analyse</i>
Filter (Glasfaser, Cellulose)	H-3, C-14, Sr-89/90 Th-, U-, Pu-, Am/Cm- Isotope	Sr-90: 0,002 [Bq/m³] α - gesamt*: 0,0000037 [Bq/m³]	Sr-90: 100 - 300 m³ Umgebungsluft -> bis zu 1g Filterbelegung α -gesamt: 20.000 - 30.000 m³ Umgebungsluft -> bis zu 1g Filterbelegung
Wasser (Grund-, Oberflächen-, Niederschlags-, Abwasser)		H-3: 10,0 [Bq/l]	H-3: 2 - 4 ml
Boden und Gestein Sediment		Sr-90*: 0,00007 [Bq/g]	Sr-90: 200g
Pflanzen Lebensmittel (tierisch und pflanzlich)		Sr-90: 0,00002 [Bq/g]	Sr-90: 20 – 50 g Asche

Tab. 5-2: Grenzwerte Emissions- und Immissions-Überwachung

Ein weiterer Aspekt der Freigabe-Messungen ist die große Anzahl an gleichartigen Proben wodurch „spezifische“ Trennverfahren angewendet werden können. Dabei werden diese Verfahren auf bestimmte Matrices und nachzuweisende Radionuklide abgestimmt und dadurch eine Verkürzung und Vereinfachung des chemischen Trennungsganges erzielt. Diese Vorgehensweise eignet sich aber nur für eine größere Stückzahl an gleichen Proben, da das Anpassen der Methoden arbeitsaufwändig ist.

Nachweis von Am, Cm, Pu, U und Th im Rahmen der Freigabeanalytik

Für den Nachweis von Americium, Curium, Thorium, Uran und Plutonium in verschiedenen Probenmaterialien (z. B.: Bauschutt-, Chemieschlamm- und Erdaushubproben) wurde ein Trennungsgang erarbeitet, bei dem das Auflösen der Probenmatrix mittels Mikrowellen-Aufschlüsse und die Nuklidabtrennung durch Extraktionschromatographie erfolgt.

Mikrowellen-Aufschlussverfahren

Mikrowellen-Gerät

Das verwendete Mikrowellen-Gerät ist eine mikroPREP 1500 der Firma MWS Vertriebs GmbH, die mit einem MR-10 HT Rotorarbeitsplatz HTV-75 versehen ist. Da einer der 10 HTV Behälter (V=100 ml; p_{max}=90 bar) mit der automatischen Temperatur-Kontrolleinheit ATC CE-400 bestückt wird, können in den anderen Gefäßen bis zu 9 gleiche Proben zur selben Zeit aufgeschlossen werden. Außerdem verfügt das System durch eine so genannte Q/P-Sensorik über eine Druckkontrolle, wodurch die Dichtigkeit aller Behälter gleichzeitig überwacht wird.

Aufschlussverfahren

Als erstes wurden Bauschuttproben aus dem Rückbau des Mehrzweck-Forschungsreaktor (MZFR) des Forschungszentrum Karlsruhe mit verschiedenen Mikrowellen-Aufschluss-Vorschriften für Zement, Boden, Sand und Sandstein [Ale90, Roi95, Mar98, Mih99] bearbeitet.

Da keine der Vorschriften sofort zu dem gewünschten Ergebnis einer klaren Aufschlusslösung führte, wurden diese durch weitere Säurezugaben bzw. Zeit- und Temperaturveränderungen [Kin98] schrittweise modifiziert und getestet bis eine gelöste Probe vorlag. Das folgend beschriebene Verfahren wurde sowohl für mehrere Bauschuttproben derselben Probenentnahmestelle als auch für räumlich verschiedene Entnahmestelle der Bauschuttproben erfolgreich angewendet. Zum Nachweis wurden unterschiedliche Proben mit Pu- und Am-Tracer versetzt und sowohl mit dem herkömmlichen nasschemischen als auch mit dem neuen Mikrowellen-Verfahren aufgeschlossen und anschließend Pu und Am mit den in der Gruppe Chemische Analytik verwendeten Trenn- und Messverfahren nachgewiesen. Ein Vergleich der Ausbeuteergebnisse zeigt eine gute Übereinstimmung für beide Aufschlussverfahren:

- nasschemischer Aufschluss: Pu 75-88 % und Am 21-30 %;
- Mikrowellen-Aufschluss: Pu 90-97 % und Am 20-25 %

Mikrowellen-Aufschluss	Bauschutt	
Probe:	1 g Einwaage	
<u>1. Schritt</u>		
Chemikalien:	15 ml HNO ₃	(65 %)
	6 ml HCl	(32 %)
	5 ml HF	(40 %)
Mikrowellenleistung:	1000 W	10 min 160 °C
	1000 W	7 min 210 °C
	700 W	30 min 210 °C
<u>2. Schritt</u>		
Chemikalien:	15 ml H ₃ BO ₃	(gesättigte Lösung)
Mikrowellenleistung:	1000 W	10 min 160 °C
	700 W	15 min 160 °C

Beim Mikrowellen-Aufschluss kommen im Gegensatz zum nasschemischen Aufschluss kleine Mengen Säure zum Einsatz wodurch eine Änderung der Matrixzusammensetzung einen größeren Einfluss auf das Aufschluss-Ergebnis hat. Daher müssen für verschiedene Matrices unterschiedliche Säurekombinationen und Aufschlusszeiten getestet werden. Dem gegenüber steht der Vorteil der kürzeren Proben-Aufschlusszeit, des Einsatzes geringerer Chemikalien- und Anfall kleinerer Abfallmengen bei den Mikrowellen-Aufschluss-Verfahren.

Für Chemieschlamm, der bei der betriebseigenen Abwasserbehandlung entsteht, wurde das nachfolgende Verfahren erarbeitet, das zu einem guten Aufschluss-Ergebnis führt.

Mikrowellen-Aufschluss Chemieschlamm			
Probe:	1 g Einwaage		
<u>1. Schritt</u>			
Chemikalien:	10 ml HNO ₃	(65 %)	
	1 ml H ₂ O ₂	(30 %)	
	Gasentwicklung	abwarten	
	5 ml HNO ₃	(65 %)	
	6 ml HCl	(32 %)	
	5 ml HF	(40 %)	
Mikrowellenleistung:	800 W	15 min	160 °C
	1000 W	7 min	210 °C
	700 W	40 min	210 °C
<u>2. Schritt</u>			
Chemikalien:	7 ml H ₃ BO ₃	(gesättigte Lösung)	
Mikrowellenleistung:	600 W	10 min	160 °C
	800 W	15 min	160 °C

Sowohl bei dem Mikrowellen-Aufschluss für Bauschutt als auch für Chemieschlamm kann die Probe nach dem ersten Aufschlussschritt auch eingedampft und in HNO₃/HF-Lösung aufgenommen werden, wenn anschließend mit einer Flüssig-Flüssig-Extraktion weiter gearbeitet wird. Soll die Probe mittels extraktionschromatographischer Methode getrennt werden, muss der 2. Schritt mit Borsäure durchlaufen werden, da es ansonsten während des Trennungsgangs zu großen Zeitverzögerungen durch die Matrix kommt.

Auf Grund des hohen Siliziumgehalts in Erdaushubproben, genommen im Bereich des MZFRs, muss bei dieser Matrix im Aufschlussverfahren mit größeren Mengen Flusssäure gearbeitet werden. Dadurch ist der Aufschluss einstufig und anschließend wird überschüssiges HF durch Eindampfen mit Salzsäure entfernt.

Mikrowellen-Aufschluss Erdaushub

Probe:	1 g Einwaage			
Chemikalien:	3 ml H ₂ O ₂	(30 %)		
	Gasentwicklung	abwarten		
	10 ml HNO ₃	(65 %)		
	15 ml HF	(40 %)		
	Gasentwicklung	abwarten		
Mikrowellenleistung:	1000 W	15 min	180 °C	
	600 W	30 min	180 °C	
	800 W	15 min	210 °C	
	700 W	30 min	210 °C	

Das Aufschluss-Verfahren kann sowohl mit getrockneten als auch mit im Muffelofen veraschten Erdaushub-Proben durchgeführt werden. Proben, die nur getrocknet wurden, laufen aber z. T. im Trennungsgang auf den Extraktionschromatographie-Säulen langsamer. Somit ist ein Veraschen im Muffelofen über Nacht von Vorteil.

Am/Cm, Pu, Th und U-Trennungsgang

Extraktionschromatographie

Bei der Extraktionschromatographie ist die Selektivität eines organischen Extraktionsmittels der Flüssig-Flüssig-Extraktion mit der Schnelligkeit der Chromatographie, auf Grund vieler Wechselschritte zwischen stationärer und mobiler Phase, kombiniert. Die käuflich zu erwerbenden Extraktionschromatographie-Materialien (Eichrom Industries Inc., Darien/Illinois – USA) enthalten ein selektives, organisches Extraktionsmittel, das auf ein inertes Trägermaterial aufgetragen ist. Dort bleibt es auf Grund von Adsorptions- und Kapillareffekten haften und bildet die stationäre Phase. Die mobile Phase ist die wässrige, häufig saure Probenlösung, die die zu extrahierenden Ionen oder Verbindungen enthält. Die Trennung verschiedener Metallionen/ -verbindungen ist auf Grund der unterschiedlichen Verteilung der verschiedenen Spezies in der stationären, organischen Phase und der mobilen, wässrigen Phase möglich.

Trennungsgang

Die kommerzielle erhältlichen Extraktionschromatographie-Säulen (z. B. TRU-Resin, UTEVA-Resin, TEVA-Resin u.a.) sind nicht spezifisch für die Abtrennung eines Elements (z. B. U, Th, Am, Pu, Np, Tc), sondern können durch die Variation der Säuren (meistens Salpetersäure oder Salzsäure) und der Säurestärke bzw. durch Nutzung eines Aussalzeffekts (z. B. Ca²⁺, Fe³⁺, SO₄²⁻) und wässriger Komplexbildner (z.B. Oxalsäure) unterschiedlich angewendet werden [Hor93, Hor95, Max97]. Auch ein und dasselbe Element kann durch diese Variabilität auf verschiedenen Säulen (z. B. Uran auf TRU und UTEVA Resin) abgetrennt werden. Dadurch ergibt sich die Möglichkeit einen Trennungsgang sowohl auf die Probenmatrix als auch auf die nachzuweisenden Elemente abzustimmen [Dul01, Pil00]. Wie auch für die Mikrowellen-Aufschlüsse ist die

Entwicklung eines bestimmten Trennungsgangs besonders vorteilhaft bei der anschließenden Anwendung auf eine größere Anzahl identischer Proben.

Nachfolgend wird ein Trennungsgang (Abb. 5-1) vorgestellt bei dem zuerst die Hauptmenge der chemisch gelösten Probenmatrix entfernt und anschließend die nachzuweisenden Radionuklide voneinander getrennt werden.

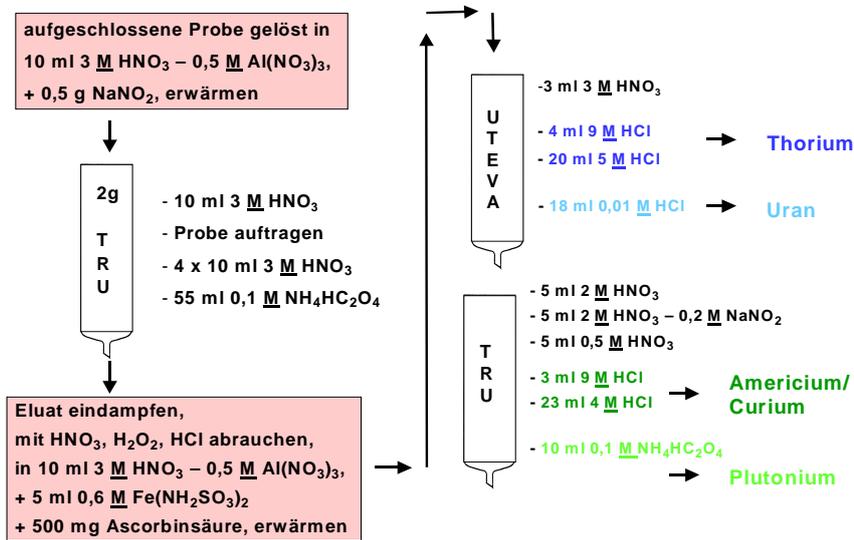


Abb. 5-1: Trennungsgang für Th, U, Am/Cm und Pu

Besteht nicht der Bedarf Th, U, Am/Cm und Pu gleichzeitig in einer Probe nachzuweisen so kann der Trennungsgang auch der Anforderung entsprechend angepasst werden. Z. B. für den Nachweis von U und Pu werden die Eluierungsschritte von Th und Am/Cm nur als einfache Reinigungsschritte durchgeführt. Sind nur Th und U bzw. nur Th oder nur U zu bestimmen, kann eine Extraktionschromatographie-Säule komplett aus dem Trennungsgang heraus genommen werden (Abb. 5-2) und auch wieder entsprechende Eluierungsschritte zu Reinigungsschritten verkürzt werden. Dies ist ebenso für Am/Cm und Pu (Abb. 5-3) durchführbar.

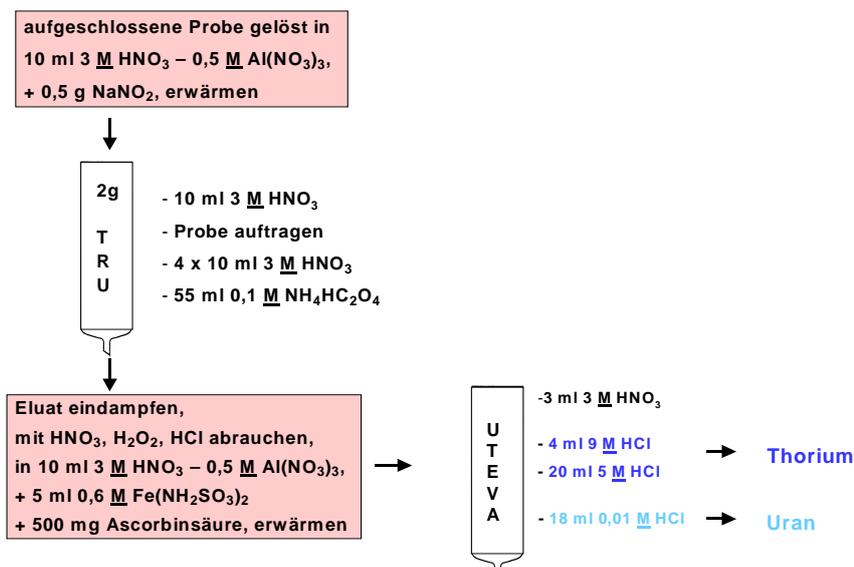


Abb. 5-2: Trennungsgang für Th und/oder U

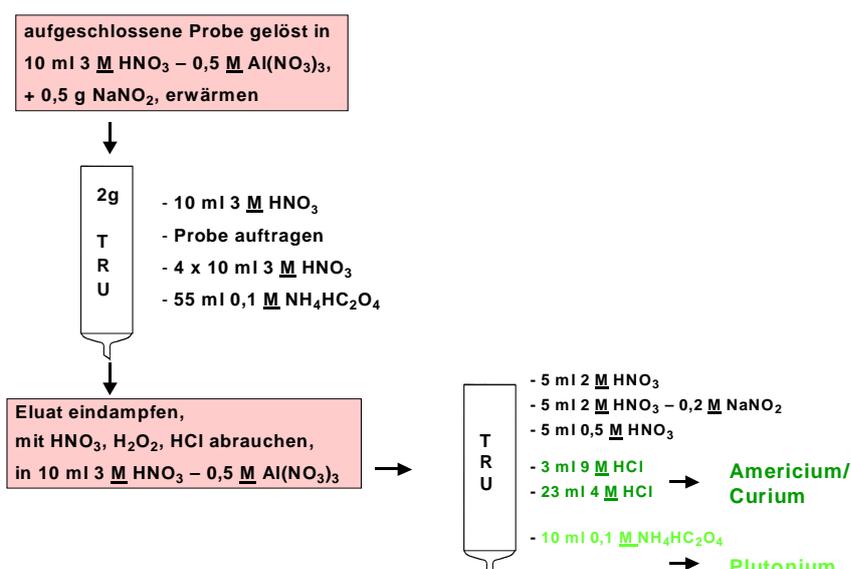


Abb. 5-3: Trennungsgang für Am/Cm und/oder Pu

Analysengang für Bauschutt-, Erdaushub- und Chemieschlamm-Proben

Zuerst wurden die Trennungsgänge in einzelnen Teilschritten und mit Tracerlösungen, die nur jeweils ein Nuklid enthielten, getestet. Nach der Abtrennung wurden die Messpräparate durch Elektroplattierung hergestellt und in einem Alpha-Spektrometer gemessen (*Ausbeute*: Th: 34-39 %; U: 70-92 %; Am: 75-94 %; Pu: 75-85 %). Anschließend wurde der Gesamttrennungsgang mit Mischtracerlösungen von vier Nukliden (Am und Cm verhalten sich im Trennungsgang gleich) ausprobiert (*Ausbeute*: Th: 35-52 %; U: 70-101 %; Am: 80-95 %; Pu: 78-89 %). Dieser Trennungsgang wurde dann auf Bauschuttpoben, denen Am-, U-, Th- und Pu-Tracer zugesetzt worden waren, angewendet. Vorher wurde das Probenmaterial sowohl durch nasschemische als auch durch Mikrowellen-Aufschlüsse in Lösung gebracht. Die dabei erzielten Ausbeuten (1. nasschemischer Aufschluss und Trennungsgang Ausbeute: Th: 35-48 %; U: 71-107 %; Am: 16-25 %; Pu: 77-85 % und 2. Mikrowellen-Aufschluss und Trennungsgang Ausbeute: Th: 61-89 %; U: 37-63 %, Am: 8-25 %; Pu: 77-94 %) waren zwar mit den vorherigen Ergebnissen vergleichbar, aber es konnte keine saubere Trennung der Elemente erreicht werden, d. h. bei der Messung im Alpha-Spektrometer entstanden Spektren, die mehr als einen Peak enthielten. Dieses kann dann bei Freimess-Proben, die Kontaminationen enthalten, zu Problemen bei der Auswertung der Spektren führen, da pro Element neben dem Peak des Tracernuklids auch noch ein bis mehrere Peaks unterschiedlicher Energien für die nachzuweisenden Nuklide auftreten.

Der Effekt der Verschleppung von Elementen in unterschiedliche Trennfraktionen ist bedingt durch die Menge an störender inaktiver Matrix bei den Bauschuttproben. Da zur Einhaltung der Grenzwerte für die Freigabe (Tab. 5-1) eine Mindestprobenmenge bei der Analyse Voraussetzung ist, wurde versucht, eine bessere Abtrennung der Matrix durch Verdopplung des ersten Abtrennschritts (1. TRU-Säule in Abb. 5-1, Abb. 5-2, Abb. 5-3) zu erzielen. Das bedeutet anstelle von 0,7 g TRU 1,4 g Resinmaterial einzusetzen. Aber auch dieses konnte eine Verschleppung der Elemente nicht ganz verhindern.

Als nächste Möglichkeit wurde eine klassische Flüssig-Flüssig-Extraktion mit TOPO (Tri-n-octylphosphinoxid) als organisches Extraktionsmittel zur Abtrennung des Hauptanteils an Matrix getestet. Hierbei gibt es verschiedene Wege der Rückextraktion aus der organischen Phase, z. B. Ascorbinsäure, Ammoniumfluorid etc. Diese erwiesen sich jedoch als störend im Extraktionschromatographie-Trennungsgang und es konnte auch mit dieser Methode keine vernünftige

Trennung der Elemente erreicht werden. Ein zusätzlicher Fällungsschritt im Gesamtverfahren, um die Flüssig-Flüssig-Extraktion mit der Extraktionschromatographie kombinieren zu können, bedeutet entsprechend mehr Zeit und Materialkosten.

Daher wurde erneut die Matrixabtrennung mittels noch größerer TRU-Säule (2g) untersucht und es konnte für eine Tracer-Mischlösung Ausbeuten von 56% für Thorium und über 90 % für Americium, Uran und Plutonium erzielt werden. Als nächstes wurde der Trennungsgang (Abb. 3-1) auf mittels Mikrowellenaufschluss gelöste Erdaushub-Proben angewendet und gute Ergebnisse erzielt (*Ausbeute*: Th: 30-52 %; U: 41-56 %, Am: 25-40 %; Pu: 77-85 %). Für Chemieschlammproben waren nur die Uran und Plutonium Ausbeuten gefragt. Somit wurden im Trennungsgang die Th- und Am-Eluierungsschritte lediglich als Reinigungsschritte durchgeführt (*Ausbeute*: U: 57-89%, Pu: 47-86%).

5.1.1.2 Entwicklung einer Methode zur Bestimmung von Uran in Boden, Gestein und Klärschlamm in pulverförmigen Proben mittels energiedispersiver Röntgenfluoreszenz

S. Tachlinski, M. Pimpl

Um in Umweltproben einen erhöhten Urangehalt natürlichen Ursprungs oder eine Erhöhung dieses Gehaltes z. B. durch Kontamination oder Immission zu erkennen, werden davon repräsentative Proben genommen und analysiert. Aufgabe einer Diplomarbeit (S. Tachlinski, Berufsakademie Karlsruhe) war die Erstellung von Messmethoden, die eine möglichst empfindliche Uranbestimmung in Boden-, Gestein- und Klärschlammproben mittels energiedispersiver Röntgenfluoreszenz (EDRFA) ermöglichen. Die zu untersuchende Probe wird dabei durch Bestrahlung mit Röntgenstrahlen zur Emission von Fluoreszenzstrahlung angeregt. Anhand der Fluoreszenzstrahlung ist eine selektive Elementbestimmung der Elemente von Na bis U in einem Analysevorgang nebeneinander möglich (Abb. 5-4).

Vorteile der energiedispersiven Röntgenfluoreszenzanalyse (RFA) gegenüber anderen Analysemethoden sind die vielen gleichzeitig damit erfassbaren Elemente und deren Gehaltsbereiche, hohe Präzision, geringer Zeit- und Arbeitsaufwand, sowie die zerstörungsfreie Analyse einer Probe. Sie zeichnet sich durch einen geringen Arbeitsaufwand in der Routine aus, ist einfach zu bedienen, erfordert für Pulverproben keine aufwendige Probenvorbereitung und ist, nach einmaliger Kalibrierung, leicht rekali­brierbar. Sie erlaubt die Analyse von verschiedenen Probenarten und ermöglicht mit ihrer kurzen Messzeit von 15 Minuten einen hohen Probendurchsatz.

Nachteil der RFA ist eine sehr starke Abhängigkeit von der Probenmatrix. Weiteren Einfluss auf das Messergebnis haben die Korngröße und deren Verteilung, die Feuchtigkeit der Probe und Oberflächenrauigkeit. Die Güte des Ergebnisses einer quantitativen Bestimmung wird also überwiegend dadurch vorgegeben, wie gut es gelingt, bei einer sorgfältigen Kalibrierung all diese Abhängigkeiten und Einflüsse angemessen zu berücksichtigen. Hierzu benötigt man für jedes Probematerial zertifizierte Referenzproben mit unterschiedlichen Gehalten des zu analysierenden Elements, die aber oftmals nicht erhältlich sind. Durch Aufstocken eines Probematerials oder eines Referenzmaterials mit unterschiedlichen, bekannten Mengen des zu bestimmenden Elements kann eine Kalibrierung vorgenommen werden, die dann zur Messung von weiteren Proben gleicher oder ähnlicher Matrix verwendet werden kann.

Da Referenzmaterialien für Uran in Boden-, Gestein- und Klärschlammproben mit unterschiedlichem Urangehalt nicht erhältlich sind, wurden Kalibrierproben durch Zugabe von Uranyl­nitrat bekannten Gehaltes selbst hergestellt und zur Kalibrierung verwendet. Bei der Analyse von Uran stört vor allem Rubidium, da dessen Röntgenlinien mit dem verwendeten Detektor nicht von den Uranlinien getrennt werden. Bei der Kalibrierung wurde deshalb Rubidium bis zu einem Gehalt von 100 ppm berücksichtigt.

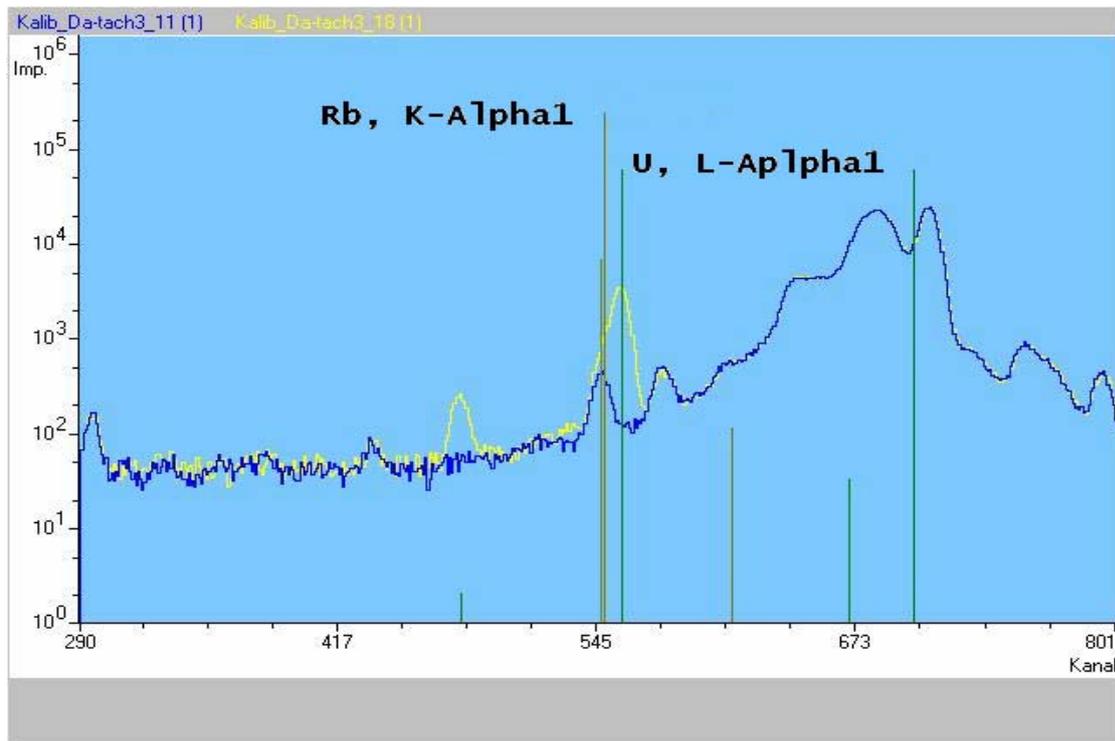


Abb. 5-4: Spektrum von Uran in Boden (Blau: Bodenprobe mit 4 ppm Uran; Gelb: Bodenprobe mit 348,6 ppm Uran)

Die erhaltenen Messmethoden eignen sich zur Bestimmung des Urangehalts in pulverförmigen Proben aus Boden, Gestein, Seesand und Proben ähnlicher Matrix (z. B. Klärschlamm, Schlacke). Zu analysierende Proben werden, je nach Korngröße des Aufgabeguts, mit einem Backenbrecher oder einer Schwingmühle pulverisiert und in Messbehälter (sog. Messküvetten) überführt. Der qualitative Nachweis von Uran ist ab einer Konzentration von 1 µg Uran pro Gramm Probenmaterial möglich. Die Nachweisgrenze bei der quantitativen Bestimmung von Uran in Boden, Gestein und Seesand liegt bei etwa 12 µg Uran pro Gramm Probenmaterial. In Proben, deren chemische Zusammensetzung den eben genannten Matrizes sehr ähnlich ist (z. B. Klärschlamm), liegt die Nachweisgrenze für die quantitative Uranbestimmung bei etwa 20 µg Uran pro Gramm Probenmaterial. Die Unsicherheit der gemessenen Urankonzentration nimmt mit steigender Urankonzentration in der Probe ab, für mehr als 50 µg Uran pro Gramm Probenmaterial beträgt sie bei der matrixspezifischen Analyse etwa 5 %.

Die erstellten Methoden zur Bestimmung des Urangehalts in pulverförmigen Proben von Boden, Gestein, Seesand und Proben ähnlicher Matrix (z. B. Klärschlamm, Schlacke) können ergänzend zu anderen Messverfahren, wie z. B. der Radiochemie oder der Gamma-Spektrometrie angewendet werden. Wenn die Probenmatrix mit der RFA bestimmt wurde, kann damit der Analysengang optimiert und anhand der Abschätzung der Urankonzentration kann die Einwaage den geforderten Nachweisgrenzen entsprechend angepasst werden. Bei der Gamma-Spektrometrie ist es möglich, anhand der Matrixzusammensetzung die mathematische Effizienzkalibrierung zu vervollständigen. Eine weitere mögliche Anwendung der RFA wäre die Selektion von Proben mit erhöhter Urankonzentration aus einer Reihe von Proben. Da zur Analyse der Probe mit der RFA nur eine sehr kurze Messzeit nötig ist, kann auf diese Weise durch die Reduzierung der Probenzahl der Arbeitsaufwand für ein weiteres, aufwändigeres Bestimmungsverfahren erheblich reduziert werden.

5.1.2 Physikalische Messverfahren

5.1.2.1 Aufbau eines mobilen Detektors zur Messung des Myonenflusses

I. Swillus, Chr. Wilhelm

Das physikalische Messlabor des Forschungszentrums Karlsruhe betreibt ein Gammaskpektrometrielabor, in dem auch Messungen von sehr geringer Probenaktivität (Low-Level-Messungen) durchgeführt werden. Hier kommt es auf einen sehr geringen Untergrund während der Messungen an, die bereits durch verschiedene Maßnahmen optimiert wurden.

Der Großteil des Untergrundes entsteht durch die sekundäre Komponente der kosmischen Strahlung, insbesondere durch kosmische Myonen. Deswegen ist es interessant, den Myonenfluss am Standort der Messgeräte zu kennen.

Myonen gehören formal zu den Leptonen, sind einfach positiv geladen und haben eine Ruhemasse, die dem 207-fachen eines Elektrons entspricht. Die Energieverteilung der Myonen auf Meereshöhe erstreckt sich über mehrere Größenordnungen bis in einen Bereich von weit über 100 GeV.

Es ist es prinzipiell möglich Myonen über Cherenkoeffekt nachzuweisen (Studienarbeit I. Swillus, Berufsakademie Karlsruhe).

Im Verlauf einer Diplomarbeit (I. Swillus, Berufsakademie Karlsruhe) wurde ein Detektorsystem aus einer mit Wasser gefüllten, handelsüblichen Thermoskanne aufgebaut, auf die ein Photomultiplier aufgebracht wurde, um das entstehende Cherenkov-Licht zu detektieren.

Fliegt ein Myon durch die mit destilliertem Wasser gefüllte Kanne löst dieses einen Lichtblitz im Wellenlängenbereich zwischen 290 nm und 600 nm aus, der dann vom Photomultiplier registriert wird und in ein elektrisches Signal umgewandelt wird. Diese Signale werden verstärkt und im Vielkanalanalysator einer Impulshöhe zugeordnet. Das so entstehende Spektrum ist in nachstehender Abb. 5-5 zu sehen.

Das Impulshöhenspektrum ist mit und ohne Wasser in der Thermoskanne aufgenommen worden, um zu zeigen, dass die durch Cherenkov-Licht erzeugten Signale eine andere Impulshöhe haben, als die Signale, die durch Untergrundrauschen der Elektronik und des Photomultipliers entstehen. Durch die unterschiedlichen Impulshöhen ist es möglich die Signale zu unterscheiden und auch zu trennen. Damit hat sich gezeigt, dass das Detektorsystem zum Nachweis von Myonen geeignet ist.

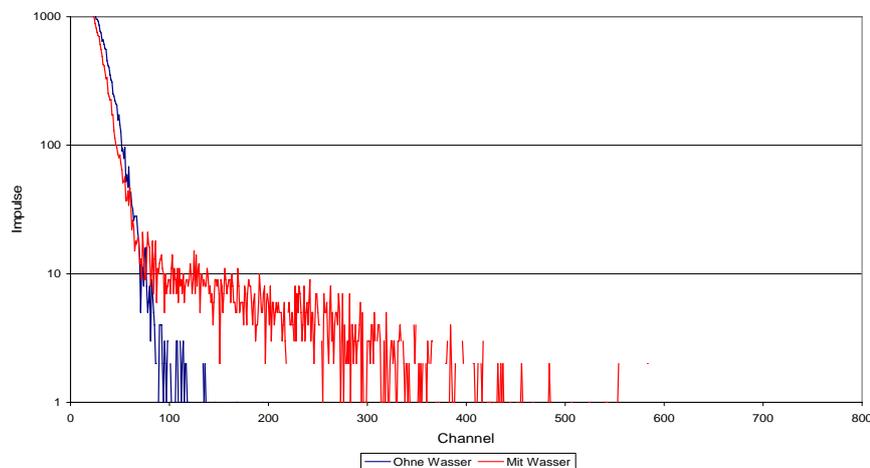


Abb. 5-5: Impulshöhenspektrum. Aufgenommen mit dem Thermoskannendetektor mit und ohne Wasserfüllung bei einer Spannung von 1670 V und einer Messzeit von 1000 s.

Im Verlauf der Arbeit wurde die für die Vorversuche verwendete NIM-Elektronik durch eine Standardelektronik ersetzt. Das Messsystem kann nun in einem Koffer transportiert und mit einem herkömmlichen Stromanschluss betrieben werden.

Weiterhin konnten Messungen an verschiedenen Stellen in Gebäuden vorgenommen und die Zählraten miteinander verglichen werden. Die Auswertung ergab, wie bereits erwartet, eine Zunahme der Zählrate mit zunehmender Höhe. Generell ist bei den Messungen in Gebäuden jedoch anzumerken, dass die Schwächung durch die einzelnen Stockwerke nicht sehr hoch ausfällt, wodurch das hohe Durchdringungsvermögen der Strahlung bewiesen wird. Bei Messungen in der freien Natur traten die höchsten Zählraten auf, da dort keine abschwächende Wirkung durch Gebäude zum Tragen kommt. In Abb. 5-6 sind die Messorte der einzelnen Messungen in dem Beispielgebäude Bau 439 markiert.

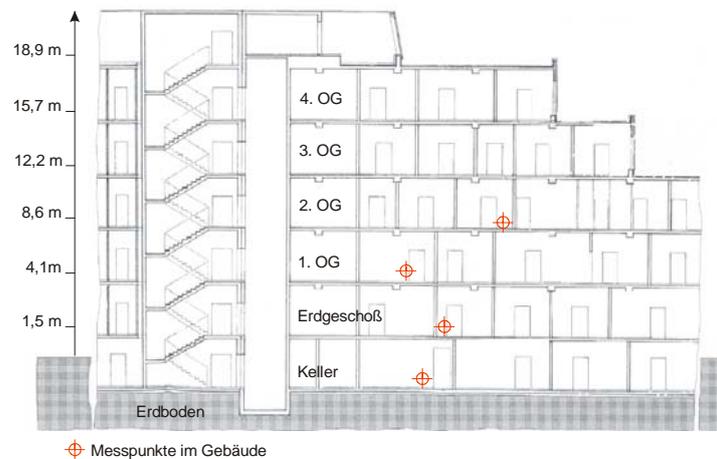


Abb. 5-6: Längsschnitt durch das Gebäude 439. Die Messorte der Myonenmessungen sind markiert.

Messort	rel. Zählrate
Keller Geb. 439	0,64
Erdgeschoss Geb. 439	0,69
1. OG Geb. 439	0,74
2. OG Geb. 439	0,79
Natur (freie Wiese)	1,00
“Body Counter” Geb. 123	0,79

Tab. 5-3: Myonenmessungen an verschiedenen Standorten

Es wurde anschließend versucht die Zählausbeute durch den Einsatz von verschiedenen Medien in der Thermoskanne zu optimieren. Alle transparenten Flüssigkeiten mit einem Brechungsindex über dem der Luft kommen hierfür in Frage. Um diese Vergleichswerte zu erhalten wurde die Thermoskanne mit einer Natriumchloridlösung befüllt, deren Salzgehalt bis zur gesättigten Lösung erhöht wurde. Die Zählraten sinken jedoch bei Zugabe eines Salzgehaltes unter dem einer gesättigten Lösung. Erst bei der Einstellung einer gesättigten Lösung konnten die Zählraten er-

hört werden. In nachstehender Tab. 5-4 sind die Zählraten bei den einzelnen Messungen mit Salzzugabe aufgeführt.

Natriumchloridgehalt [g]	rel. Zählrate
Ohne Salzzugabe	1,00
30	0,84
100	0,77
300	0,80
400	1,10
540	1,29

Tab. 5-4: Messreihe bei verschiedener Zugabe von Natriumchlorid

Eine Vergleichsmessung mit dem Myonendetektorsystem MUDOS der Physikalisch Technischen Bundesanstalt wird für künftige Projekte angestrebt. Hierbei könnte die derzeit angezeigte Rate in einen Myonenfluss Φ kalibriert werden.

5.1.2.2 Automation of a gamma spectrometric analysis method for natural occurring radionuclides in different materials (NORM)

O. Marzocchi (Student of University of Bologna), Chr. Wilhelm

Analyses of NORM material with gamma spectrometry become more and more important. The time needed now in the lab for a full analysis is up to two hours. The aim of the project is a substantial reduction of the time required for analyses of NORM samples (Master Thesis O. Marzocchi University of Bologna).

With the current analysis procedure, a big amount of user interaction is required in all the major steps because the standard routines are suboptimal when applied to NORM samples. The spectra of NORM samples are characterized by the presence of many energy lines, often overlapping, and of a continuum level not flat. As result, the software with its peak locate and peak area calculation algorithm is not able to discern and to fit all peaks correctly and the user has to heavily work on the peak results. This is a time consuming process because it requires going back and forth between different applications and windows, each one not optimized.

To solve this problem, the software analysis sequence has been changed and a new software based on standard routines of the Canberra Genie software was developed. The counting procedure has been kept unchanged.

The new analysis sequence uses a different approach to find peaks in the spectrum, so it's able to find more peaks without user interaction. The concept is the following: instead of marking peaks only where the algorithm is able to find them, we mark peaks also wherever there could be an energy line (a library of energy lines is needed). The key discovery is that discarding non-existent peaks is more accurate than finding peaks by analyzing the spectrum. A list of important peaks has also been included and is automatically shown, in order to be sure that no key peaks are missed (Abb. 5-7).

The new software group all the functions needed during the sample analysis into a unified interface and use a custom routine for the peak identification (the step where peaks in the spectrum are assigned to nuclides listed in an external library).

The interface is designed to always give the user every data he needs, without having to cycle windows and/or applications. In each step of the analysis, the user is also able to go back to the spectrum, to check the original data and to correct the fitting. In addition, in the last step a graphical display of the activities of the nuclides of each decay chain is shown, previously calculated by hand (Abb. 5-8 und Abb. 5-9).

The new routine for peak identification bypasses the standard Genie functions and compares directly the list of peaks of the spectrum with the energy lines listed in a nuclide library.

The software is completely developed and now in the validation.

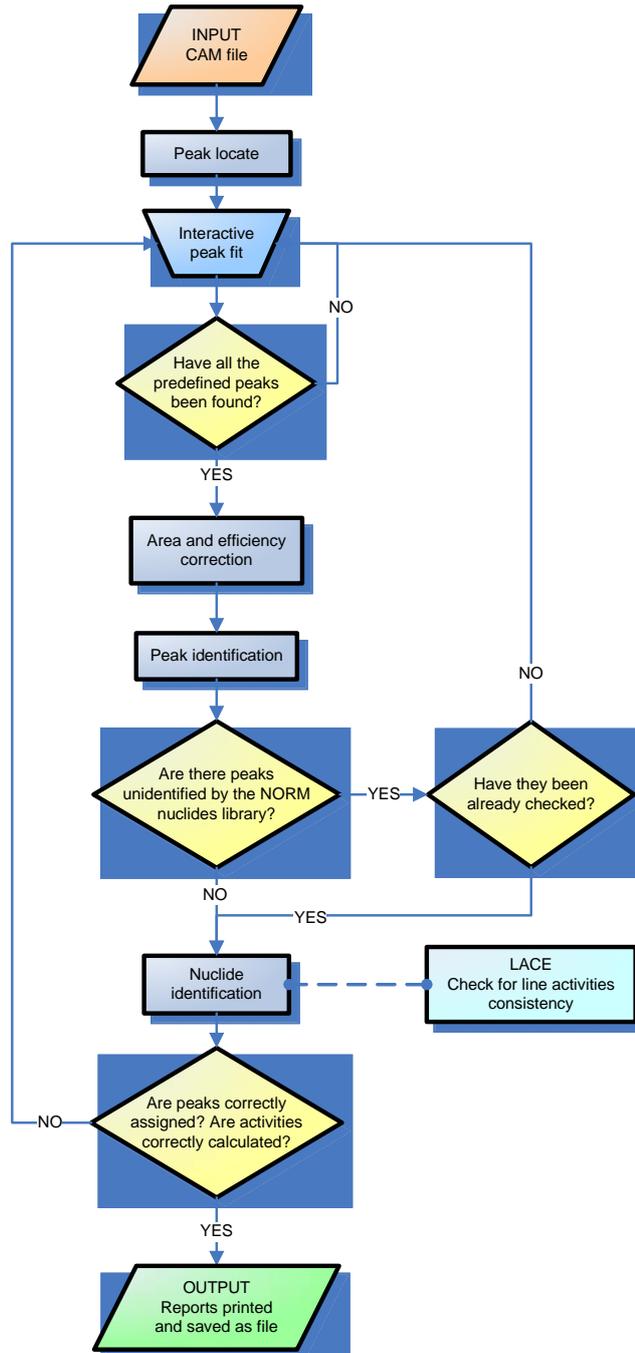


Abb. 5-7: Flow chart of the software structure.

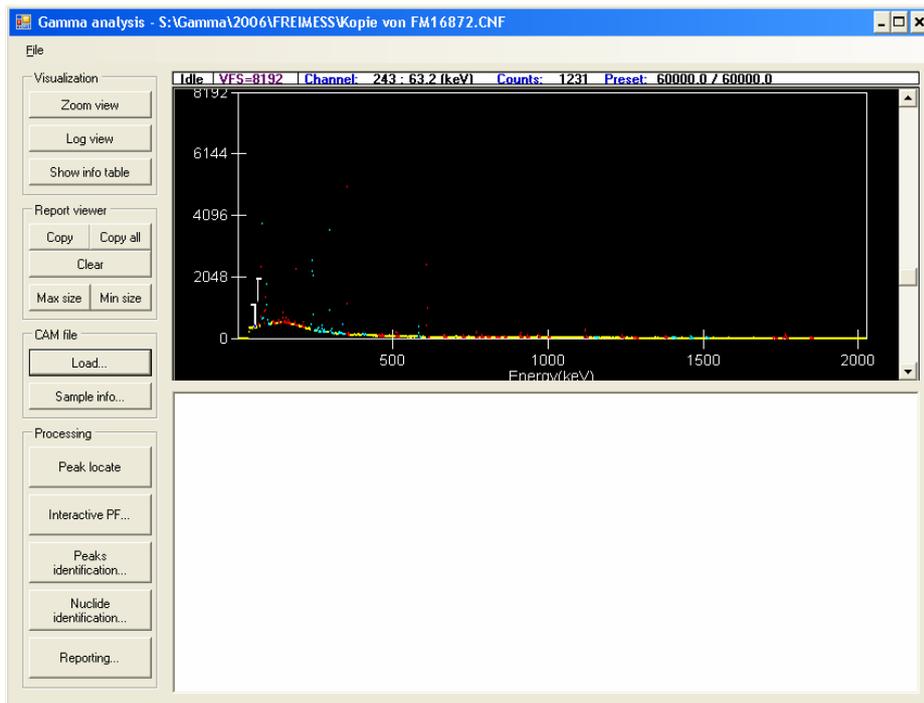


Abb. 5-8: The screenshot shows the main window, with the spectrum always visible in the upper right part, the report on the bottom right and the buttons for the different actions on the left

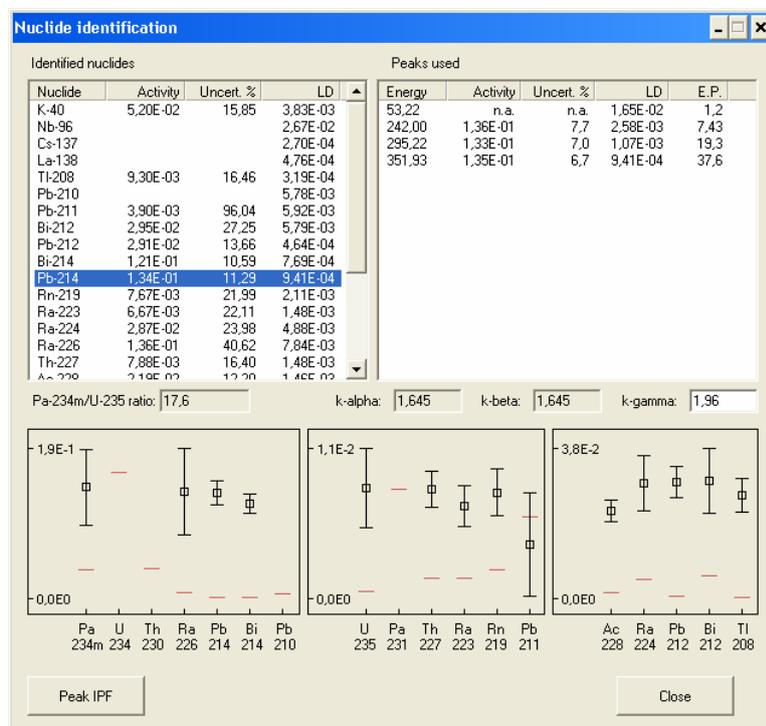


Abb. 5-9: The screenshot is the nuclide identification window, where the final results about found nuclides are shown on the left, peaks used for each nuclide identification are shown on the right and the decay chains equilibrium are plotted on the bottom. As usual, the user can go back to the peak fitting with the first button.

5.2 Dosimetrie in gemischten Neutronen/Photonen Strahlungsfeldern

5.2.1 Dosimetrie im medizinischen Bereich zur Anwendung von BNCT

F. Becker, S. Nagels, B. Burgkhardt

Am Forschungsreaktor TRIGA (Training Research Isotopes General Atomics) der Johannes Gutenberg Universität Mainz laufen Voruntersuchungen einer Bor-Neutroneneinfang-Therapie (BNCT = Boron Neutron Capture Therapy) zur Behandlung von Lebermetastasen.

Bei der BNCT wird dem Patienten ein mit Bor angereichertes Medikament appliziert, das sich bevorzugt an Tumorzellen anlagert. Das natürliche Isotop ^{10}B besitzt einen ungewöhnlich hohen Wirkungsquerschnitt für den Einfang thermischer Neutronen, wobei die aus der Reaktion $^{10}\text{B}(n,\alpha)^7\text{Li}$ entstehende kurzreichweitige Strahlung gezielt die Tumorzellen zerstört.

Thermische Neutronen produziert der TRIGA Reaktor, ein Schwimmbeckenreaktor, der ausschließlich für die Forschung, Ausbildung und Isotopenproduktion eingesetzt wird. Der Reaktor verfügt über eine geeignete großvolumige Bestrahlungseinrichtung, die so genannte thermische Säule [Kre05].

Für die Therapie müssen die Strahlungsfeldparameter genau bekannt sein, die Bestrahlungsbedingungen optimiert und die verschiedenen Komponenten der Strahlendosen für das Organ zuverlässig ermittelt werden.

Bei der Bestrahlung am TRIGA treten bei der Bestrahlung nicht nur die Neutronen auf, auch ein Photonenanteil ist bei der Bestimmung der Dosis zu berücksichtigen.

5.2.1.1 Kalibrierung von $\text{CaF}_2:\text{Tm}$ -Detektoren mit Energiekompensationsfilter im PTB-Referenzfeld für thermische Neutronen

F. Becker, S. Nagels, B. Burgkhardt, R. Böttger (PTB)

Beim Einsatz von Thermolumineszenzdetektoren (TLD) des Typs TLD-300 ($\text{CaF}_2:\text{Tm}$) zur Bestimmung des Dosisanteils von Photonen in gemischten Photon-Neutronfeldern ist auch die Kenntnis des Ansprechvermögens R_{th} für thermische Neutronen wichtig. Damit kann beim Einsatz zur Photonendosismessung der Messwertanteil durch die thermischen Neutronen subtrahiert werden, der bei den hohen Neutronenfluenzen nicht mehr zu vernachlässigen ist. Wird der Detektor mit Energiekompensationsfiltern eingesetzt, interessiert auch deren Einfluss auf das Messergebnis hinsichtlich Abschirmung und einer möglichen Aktivierung durch thermische Neutronen.

Diese Untersuchungen wurden in der Neutronen-Bestrahlungseinrichtung Geesthacht (GeNF: Geesthacht Neutron Facility) durchgeführt. Das von der PTB betriebene Neutronenreferenzfeld besitzt einen sehr geringen Gammauntergrund und einen praktisch vernachlässigbaren Anteil an epithermischen Neutronen [Kre05].

Der Neutronenreferenzstrahl, mit $\sim 10^6$ Neutronen/s bei einem Targetstrahlfleck von $\sim 35 \times 35 \text{ mm}^2$, hat eine inhomogene Fluenzverteilung. Daher werden im Allgemeinen zu bestrahlende Targets (z.B. auch Dosimeter) auf einer Fläche von $\sim 30 \times 30 \text{ cm}^2$ „gescannt“. Dadurch ist die effektive Neutronenfluenz noch geringer, so dass bislang das Ansprechvermögen R_{th} für TLD-700(^7LiF)-Detektoren bei einer Langzeitbestrahlung über Nacht genau bestimmt, für die TLD-300 aber nur eine obere Grenze für das Ansprechvermögen ($R_{\text{th}} < 3,5 \cdot 10^{-11} \text{ mGy} \cdot \text{cm}^2$) angegeben werden konnte [Bur06]. Bei einer im Frühsommer durchgeführten Messung wurde der Targetstrahlfleck auf 8 mm Durchmesser verkleinert und das TLD-300 ohne Scan über Nacht bestrahlt. Dies ergab für die höhere Neutronenfluenz einen Wert für R_{th} von $3,2 \cdot 10^{-11} \text{ mGy} \cdot \text{cm}^2$. Bei dieser Untersuchung wurden auch 2 mm dicke Zinnkapseln der Universität Mainz eingesetzt. Für das Neutronenansprechvermögen eines TLD-300 in dieser Zinnkapsel konnte ein Wert von $R_{\text{Sn}} = 2,9 \cdot 10^{-11} \text{ mGy} \cdot \text{cm}^2$ ermittelt werden. Zum Vergleich wurde in der gleichen Position auch ein

TLD-700-Detektor bestrahlt, der die gleiche Größe von $3 \times 3 \times 1 \text{ mm}^3$ hatte wie das TLD-300 und für den im vorangegangenen Experiment R_{th} bereits bestimmt wurde. Das unter Verwendung der Neutronenfluenz für den 8 mm-Targetstrahlfleck ermittelte R_{th} wich um 30 % vom vorher bestimmten ab. Zur Abklärung sind weitere Messungen an der GeNF erforderlich.

5.2.1.2 Optimierung des Messverfahrens für TLD-300

A. Herzenstiel, S. Nagels, F. Becker, B. Burgkhardt

Zur Bestimmung des Dosisanteils durch Photonen in einem gemischten Photonen-Neutronen-Strahlungsfeld eignen sich Thermolumineszenzdetektoren TLD-300 aufgrund des geringen Ansprechvermögens für thermische Neutronen besonders gut. Die TLD-300, die aus Thulium dotierten Calciumfluorid ($\text{CaF}_2:\text{Tm}$) bestehen, haben den Nachteil einer Überempfindlichkeit für weiche Photonenstrahlung.

Ein erster Schritt war die Ermittlung eines geeigneten Energiekompensationsfilters zur Reduzierung dieser Überempfindlichkeit (Projektarbeit A. Herzenstiel, Berufsakademie Karlsruhe).



Abb. 5-10: Verwendete Zinnkapseln als Energiekompensationsfilter

Geeignete Zinn- und Wismutfilter verschiedener Dicke wurden als Energiekompensationsfilter eingesetzt, um die Photonenenergieabhängigkeit für $\text{CaF}_2:\text{Tm}$ -Detektoren im Hinblick auf den Einsatz in der Bor-Neutroneneinfang-Therapie zu optimieren.

Neben 2 mm dicken Zinnkapseln der Universität Mainz (siehe Abb. 5-10) wurden 1,5 mm und 2,5 mm dicke Zinnfilter sowie ein 1 mm dicker Wismutfilter bei der Bestrahlung eingesetzt und deren Photonen-Ansprechvermögen R im Energiebereich mit der gefilterten Röntgenstrahlung (DIN A-Serie) von 17 keV bis 247 keV und Cs-137 Photonenstrahlung (662 keV) ermittelt.

Durch Kombination des Ansprechvermögens der verschiedenen Materialien mittels eines Algorithmus der gewichteten Summe konnte die optimale Filterkombination für eine weitgehend energieunabhängige Anzeige ermittelt werden.

Das beste Ergebnis lieferte die Energiekompensation durch 1,5 mm Zinn und 1 mm Wismut; hier ist das Ansprechvermögen für Energien $> 30 \text{ keV}$ nahezu konstant und die Abweichung des Ansprechvermögens vom Wert 1 kleiner als 10%. (siehe Abb. 5-11, links). Leider ist Wismut ein sehr sprödes Material und dadurch schlecht zu bearbeiten.

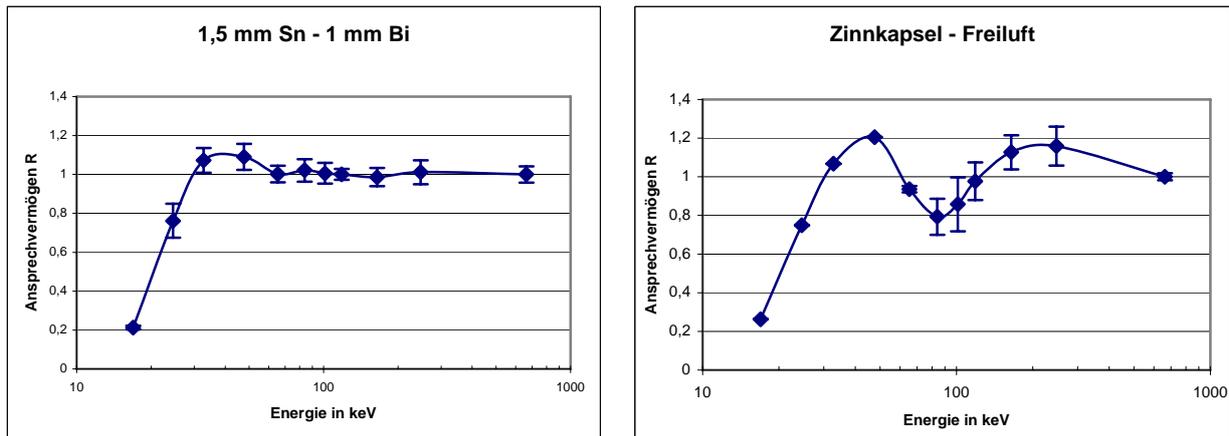


Abb. 5-11: Photonen-Ansprechvermögen R als Ergebnis der Energiekompensation durch 1,5 mm Sn und 1 mm Bi bzw. durch Freiluft und 2 mm Zinnkapsel

Deshalb ist in Betracht zu ziehen, die Kombination Zinnkapsel – Freiluft einzusetzen, mit der bei einer Abweichung des Ansprechvermögens vom Wert 1 mit $\pm 20\%$ auch ein gutes Ergebnis erzielt werden kann (Abb. 5-11, rechts).

5.2.1.3 Erste Messungen mit optimiertem Messverfahren am TRIGA Mainz

A. Herzenstiel, S. Nagels, F. Becker, B. Burgkhardt

Zum Test der Energiekompensationsfilter wurden Messungen der optimierten Detektoren am Forschungsreaktor TRIGA in der thermischen Säule in Freiluft und in einem Phantom durchgeführt. Es wurden die TLD-300 in das Plexiglasphantom eingebracht oder in eine Plexiglasscheibe mit verschiedenen Abschirmungen gelegt. Ein 9 cm dicker Wismutblock diente zur Abschirmung des Gammauntergrundes des Reaktors. Die Plexiglasscheibe wurde einmal mit und einmal ohne Wismutblock bestrahlt.

Die Ergebnisse ohne Phantom sind in Abb. 5-12 dargestellt. Durch den Wismutblock wird der Photonenanteil in der thermischen Säule um etwa 30 % verringert. Im Vergleich mit den Photonendosis-Messwerten der TLD-300 ohne Energiekompensationsfilter (als Freiluft auf der Abszisse bezeichnet) liegen die Dosiswerte mit Energiekompensationsfilter (E-komp) um 5 % bzw. 15 % tiefer (Filterkombination von 2 mm-Zinnkapsel + ohne Filter bzw. 1,5 mm Zinn + 1 mm Wismut).

So beträgt zum Beispiel die Luftkerma K_a für Freiluft 45,1 mGy, mit der ersten Filterkombination 43,1 mGy und mit der zweiten 38,9 mGy. Es ist also mit einem kleinen Anteil weicher Photonen in der thermischen Säule auch hinter dem allerdings nur in Strahlrichtung wirksamen Wismutblock zu rechnen. Wegen der Größe der verwendeten Filter lagen die Detektoren bei den Messungen jedoch mindestens 2 cm auseinander, worauf zum Teil der Unterschied der Ergebnisse der beiden Filterkombinationen zurückzuführen ist. Die Messungen sollten mit einer kompakteren Filterkombination wiederholt werden, damit beide Filter annähernd das gleiche Strahlenfeld sehen. Erst dann lässt sich auch klären, ob der zusätzliche Einsatz von Wismutfiltern am TLD-300 eine Verbesserung der Photonendosisbestimmung in der thermischen Säule ermöglicht.

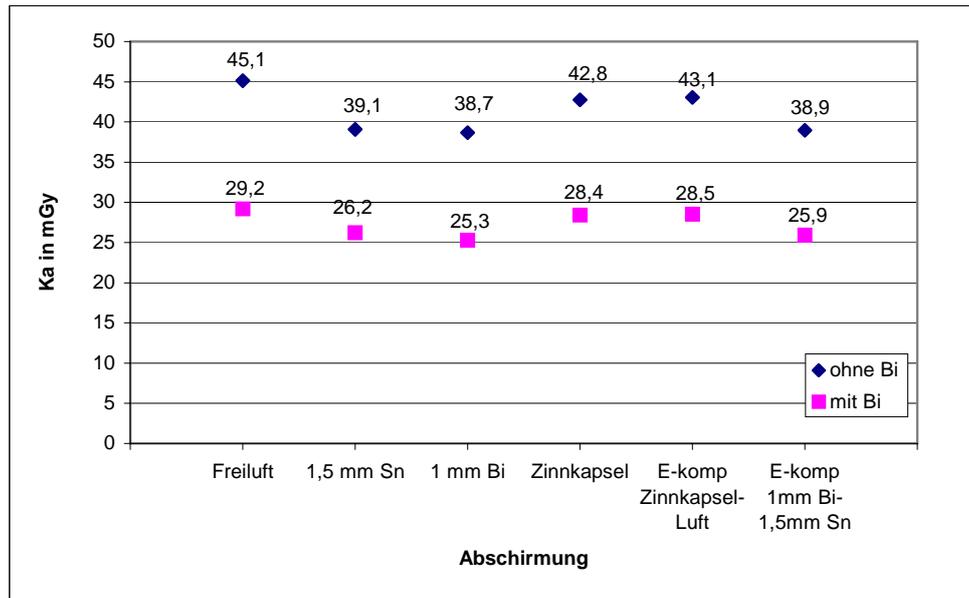


Abb. 5-12: Ermittelte Dosiswerte (Luftkerma K_a) der Bestrahlung mit und ohne Wismutblock (mit Bi bzw. ohne Bi). Mit Freiluft sind die Messungen ohne Filter gemeint, Energiekompensationsfilter wird als E-komp abgekürzt

Bei einem weiteren Versuch wurden Detektoren mit und ohne Zinnkapsel von 2 mm Wandstärke in ein Plexiglasphantom eingebracht. Es konnte der Photonen-Dosisverlauf nach Korrektur der Zinnaktivierung und des Restansprechvermögens der TLD-300 durch thermische Neutronen und der Energiekompensation mit einer Unsicherheit von kleiner 15 % ermittelt werden. In Tabelle 5-5 sind für die Messung mit der Zinnkapsel nicht nur das Photonendosisergebnis $K_{a,ph}$, sondern auch der unkorrigierte Messwert $K_{a,i}$ und die zu subtrahierenden Dosisanteile $K_{a,th}$ und $K_{a,Sn}$, induziert durch die thermischen Neutronen, aufgelistet. Für die TLD-300 ohne Filter wird nur das Photonendosisergebnis $K_{a,ph}$ angegeben. Aus beiden Photonendosisresultaten ergibt sich nach Anwendung des Algorithmus der Energiekompensation das Endergebnis $K_{a,ph}$. Der Neutronenfluss wurde hier mit Goldfolienaktivierung bestimmt.

Phantomtiefe [mm]	mit Zinnkapsel				ohne Zinnkapsel	Energiekompensation
	$K_{a,i}$ [mGy]	$K_{a,th}$ [mGy]	$K_{a,Sn}$ [mGy/5min]	$K_{a,Ph}$ [mGy]	$K_{a,Ph}$ [mGy]	$K_{a,Ph}$ [mGy]
0,0	39,1	1,30	4,09E-03	37,84	40,07	38,12
27,5	40,3	1,18	3,72E-03	39,17	40,91	39,38
115,0	31,3	0,80	2,52E-03	30,52	34,16	30,96
202,5	20,5	0,42	1,32E-03	20,12	22,27	20,39
230,0	16,6	0,30	0,95E-03	16,29	16,64	16,34

Tab. 5-5: Ergebnisse der Berechnung des Photonenanteils mit und ohne Zinnkapsel nach einer Bestrahlung des Plexiglasphantoms in der thermischen Säule

mit:

$K_{a,i}$ gemessene Dosis individuell für jeden Detektor in Luftkerma

$K_{a,th}$ erwarteter Dosisanteil durch thermische Neutronen in Luftkerma

$K_{a,Sn}$ erwarteter Dosisanteil durch Zinnaktivierung in Luftkerma

$K_{a,Ph}$ erwarteter Dosisanteil durch Photonen in Luftkerma

In Abb. 5-13 sind die Ergebnisse von $K_{a,Ph}$ (Tab. 5.5, letzte Spalte) gegen die Phantomtiefe aufgetragen. Aufgrund von Streu- und Aufbaueffekten steigt die Kurve bis ca. 30 mm Tiefe leicht an, anschließend nimmt die Dosis nahezu linear ab.

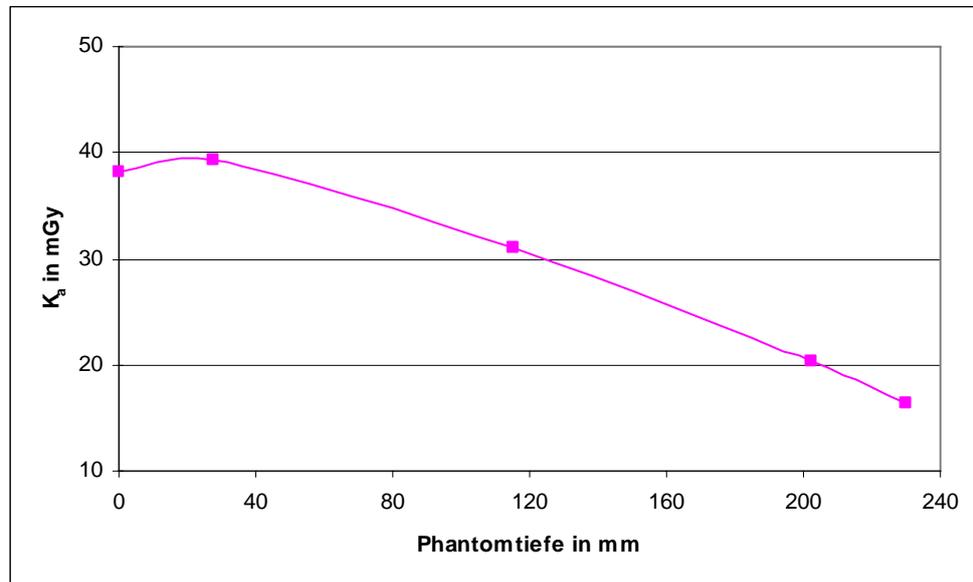


Abb. 5-13: Verlauf der energiekompensierten Dosis (Luftkerma K_a) in Abhängigkeit von der Phantomtiefe

Die im Rahmen dieser Projektarbeit [Her06] gewonnenen, viel versprechenden Ergebnisse sind Gegenstand weiterer Untersuchungen.

5.2.2 Vorbereitung der Albedofeldkalibrierung im Zwischenlager KKP auf der Basis der Ergebnisse im Interimslager

B. Burgkhardt, F. Becker, S. Nagels,

H. Auerbach, H. Wittemann EnBW Kraftwerke AG, KKP

In der Bundesrepublik Deutschland werden zur amtlichen Personendosimetrie in gemischten Neutronen/Photonen-Strahlungsfeldern insbesondere Albedodosimeter eingesetzt. Zur Überwindung der Neutronenenergieabhängigkeit in der praktischen Anwendung des Albedodosimeters werden nach DIN 6802-4 „Neutronendosimetrie – Teil 4: Verfahren zur Personendosimetrie mit Albedodosimetern“ [DIN6802-4] entweder „Feldkalibrierungen“ im interessierenden Strahlungsfeld durchgeführt oder das interessierende Strahlungsfeld einem von vier Anwendungsbereichen N1 bis N4 entsprechend der in der [DIN6802-4] aufgeführten Tabelle 1 zugeordnet, die auf Feldkalibrierungen in der Vergangenheit in vergleichbaren Arbeitsplätzen beruhen.

Demnach wird die Personendosisüberwachung mit Albedodosimetern an einem Kernreaktor dem Anwendungsbereich N1 zugeordnet. Beim Transport von abgebrannten Brennelementen - insbesondere bei der Personenüberwachung des vorwiegend nicht beruflich strahlenexponierten Begleitpersonals - geht man vom Anwendungsbereich N2 aus [BUR00]. Bei Vergleichsmessungen von elektronischen Neutronen-Dosimetern an Transportbehältern mit abgebrannten Brennelementen im Bereich des Interimslagers am Kernkraftwerk Philippsburg (KKP) wurden auch Albedodosimeter eingesetzt, die eine Überempfindlichkeit zwischen dem Faktor 2 bis 3 zeigten. Dies war der Anlass, bei KKP umfangreichere Feldkalibrierungen an Transportbehältern mit dem Albedodosimeter durchzuführen.

Zur Feldkalibrierung wird ein Phantom mit Albedodosimetern an seiner Oberfläche an repräsentativen Arbeitsplätzen exponiert. Aus der Anzeige des Albedosimeters sowie der an diesem Ort

bestimmten Neutronendosis wird der Kalibrierfaktor ($N_n(k)$) des Albedodosimeters für diesen Ort ermittelt. Dabei ist k das Verhältnis aus der Albedo- und der Felddetektoranzeige. Als Phantom werden hier nach den Empfehlungen in [DIN6802-4] Polyethylen-Kugeln mit einem Durchmesser von 30 cm verwendet. Dabei werden zwei diametral positionierte Albedodosimeter (VoHi = vorne + hinten, ReLi = rechts + links) als Einheit betrachtet wie in [Bur07] beschrieben und begründet wird. Zur Ermittlung der Referenz-Neutronen-Äquivalentdosis H_{nRef} diente das Neutronen-Dosisleistungsmessgerät der Firma Berthold Technologies, Typ LB6411, das vor den Messungen im FZK an einer ^{252}Cf -Quelle mit PTB-Zertifikat kalibriert wurde. Vergleichsmessungen des Bundesamtes für Strahlenschutz (BfS) an verschiedenen Transportbehältern ergaben für den Typ LB6411 ein mittleres Ansprechvermögen von 0,92 [BfS98].

In Abb. 5-14 sind entsprechend [DIN6802-4] die $N_n(k)$ vs. k der durchgeführten Messungen am KKP-Interimslager aufgetragen. Die geschlossenen Messpunkte geben die Werte für die Albedodosimeter vorn & hinten (VoHi) und die offenen für die rechts & links (ReLi) wieder. Die durchgezogenen Linien sind die Kalibrierkurven für den Anwendungsbereich N2 bzw. N1 nach [DIN6802-4]. Detaillierte Ergebnisse sind in einem Tagungsbeitrag zur Jahrestagung der kerntechnischen Gesellschaft 2007 (22. bis 24. Mai 2007) zu finden [Bur07].

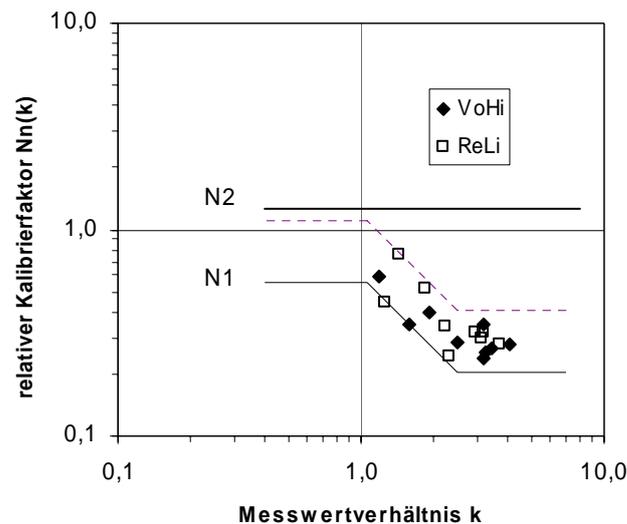


Abb. 5-14 Ergebnisse der Feldkalibrierungen von Albedodosimetern im Bereich des Interimslagers im KKP

Abb. 5-14 bestätigt, dass in den Strahlungsfeldern um Brennelementtransportbehälter bei KKP für die Neutronen-Persondosisüberwachung mit Albedodosimetern der Anwendungsbereich N2 durchgängig zur Dosis-Überschätzungen führt. Die Messpunkte der Feldkalibrierung werden eingeschlossen von der Kalibrierkurve für den Anwendungsbereich N1 und ihre maximal zulässige Abweichung (gestrichelte Kurve), die sich aus den Empfehlungen der Strahlenschutzkommission ableitet [SSK93].

Auf Grund der Messergebnisse dieser Feldkalibrierung kann auch das Interimslager wie die übrigen Kontrollbereiche bei KKP in den Anwendungsbereich N1 eingestuft werden. Messungen im neuen Zwischenlager bei KKP sollen zeigen, in wie weit dies auch dort zutrifft.

5.3 Dosimetrie nach Aufnahme radioaktiver Stoffe in den Körper

5.3.1 In-Vivo-Diagnostik

5.3.1.1 Entwicklung eines Verfahrens zur numerischen Kalibrierung von Teilkörperzählern

B. Heide

Der Fehler bei der Aktivitätsbestimmung mit Hilfe von Teilkörperzählern (vgl. Abb. 5-15) wird in führender Ordnung von dem systematischen Fehler bzgl. der Wirkungsgrad-Kalibrierung beeinflusst. Dies gilt insbesondere für inhomogene Nuklidverteilungen sowie für niederenergetische γ -Strahler, wie z. B. für Am-241, Pb-210 oder U-235.



Abb. 5-15: Teilkörperzähler mit Phoswich-Detektoren der Hauptabteilung Sicherheit

Der Wirkungsgrad ist abhängig von der Geometrie zwischen dem Probanden und dem Detektorsystem, von der Aktivitätsverteilung im Körper des Probanden, von den durchstrahlten Gewebeschichten, sowie von der Energie der emittierten Photonen. Die ersten drei Faktoren hängen von den individuellen Körperproportionen ab und können daher mit anthropomorphen Phantomen meist nur unzureichend genau ermittelt werden.

Zur Verbesserung der Wirkungsgradbestimmung wurde ein numerisches Verfahren entwickelt, mit dem die Kalibrierfaktoren für Teilkörperzähler individuell berechnet werden können.

Das Verfahren ist in Abb. 5-16 für den Fall einer Teilkörpermessung mit Phoswich-Detektoren schematisch dargestellt. Als Basis des Verfahrens dienen das Voxelmodell „MEETMan“ [Sac97] und das stochastische Strahlentransportprogramm „MCNP5“ [Pel05]. Bei dem Verfahren werden mit Hilfe eines Zufallsgenerators diejenigen (Quell-) Voxel des Voxelmodells ausgewählt, von denen ein γ -Quant mit vorgegebener Energie isotrop ausgesandt wird. Für jedes γ -Quant wird sodann unter Berücksichtigung von Streueignissen der Weg nachempfunden und – falls es den Detektor trifft – die im Detektor abgegebene Energie berechnet. Mit der Anzahl der ausgesandten γ -Quanten und der Anzahl der zu einer bestimmten Energie, d. h. zu einem bestimmten Peak gehörenden γ -Quanten ist der Wirkungsgrad festgelegt.



Abb. 5-16: Schematische Darstellung der Simulation einer Teilkörpermessung mit Phoswich-Detektoren

Zur Implementierung des Verfahrens wurden zunächst einfache Simulationen für Punktstrahler an bestimmten Referenzpunkten in der Messzelle des Teilkörperzählers durchgeführt. Auf diese Weise wurden für die beiden Phoswich-Detektoren sowie für die vier HPGe-Detektoren des Teilkörperzählers sowohl die Geometrieabhängigkeit als auch die Energieabhängigkeit des Wirkungsgrades für Punktstrahler berechnet und mit den entsprechenden Messwerten verglichen. Anhand des Vergleichs wurden verschiedene Parameter wie z. B. die Packungsdichte des Reflektormaterials bei den Phoswich-Detektoren sowie das empfindliche Volumen der planaren Kristalle der HPGe-Detektoren empirisch ermittelt. Nach Anpassung dieser Parameter ergab sich eine sehr gute Übereinstimmung zwischen den gemessenen und den berechneten Wirkungsgradwerten.

Danach erfolgte die explizite Implementierung des oben erwähnte Voxelmodells MeetMan in den Monte-Carlo-Code MCNP5. Hierbei wurde die Lattice-Struktur von MCNP5 verwendet. Zur Spiegelung des Voxelmodells, welche hinsichtlich der Positionierung des Modells von Bedeutung ist, wurde eine eigene Programm-Routine entwickelt, da die entsprechende MCNP5-Option (aus technischen Gründen) nicht angewandt werden konnte.

Nach der Implementierung des Voxelmodells wurden Simulationen des Strahlentransports von verschiedenen Quellbereichen (Lunge, Leber, Skelett) zu den Detektoren in verschiedenen Messpositionen (Lunge, Leber, Knie) durchgeführt. Die auf diese Weise ermittelten Kalibrierfaktoren wurden mit den an den anthropomorphen Phantomen in entsprechender Geometrie gemessenen Kalibrierfaktoren verglichen. Für diese Vergleiche wurden das Torso-Phantom vom „Lawrence Livermore National Laboratory“ sowie die Knochenphantome des „New York University Medical Centers“ und das Knochenphantom des „U.S. Transuranium and Uranium Registry“ herangezogen.

Beim Vergleich der Simulationsergebnisse mit den Messergebnissen von dem Torso-Phantom zeigte sich, dass die für die Phoswich-Detektoren für Lungen- und Leberdepositionen berechneten Kalibrierfaktoren mit den am Torso-Phantom gemessenen Werten gut übereinstimmen. Allerdings ist das bei der Simulation ermittelte Wirkungsgradverhältnis der beiden Phoswich-Detektoren wesentlich größer als das gemessene Verhältnis. Diese Diskrepanz konnte auf Asymmetrien der Brustwandstärke beim MEETMan und beim Torso-Phantom zurückgeführt werden. Bei den HPGe-Detektoren ergibt sich bei Summierung über alle Detektoren eine gute Übereinstimmung zwischen den gemessenen und berechneten Wirkungsgradwerten. Bei den einzelnen HPGe-Detektoren können allerdings signifikante Diskrepanzen zwischen der Simulation und der Messung auftreten. Diese Diskrepanzen sind darauf zurückzuführen, dass bei den HPGe-Detektoren die Positionierung relativ zu den Rippen infolge des relativ geringen Kristalldurchmessers wesentlich stärker zum Tragen kommt als bei den Phoswich-Detektoren.

Beim Vergleich der Simulation mit den Messungen an den Knochenphantomen ergaben sich teilweise signifikante Unterschiede. So war der mit der Simulation ermittelte Gesamtwirkungs-

grad der Phoswich-Detektoren für eine Am-241-Deposition im Skelett in der Kniemessposition signifikant geringer als alle an den Knochenphantomen gemessenen Werte. Im Gegensatz dazu war die Querempfindlichkeit der Phoswich-Detektoren für Am-241 im Skelett bei Messung über der Lunge bzw. über der Leber in der Simulation systematisch größer als die entsprechenden Phantomwerte. Dies liefert eine Erklärung für die in der Vergangenheit häufig beobachteten Inkonsistenzen der in den verschiedenen Messgeometrien abgeschätzten Teilkörperaktivitäten von Am-241[Doe06_1, Doe06_2].

5.3.1.2 Numerische Simulation einer Am-241-Messung an einem Knie-Phantom im Rahmen eines internationalen Vergleiches

B. Heide

Im Rahmen des von der Europäischen Union geförderten Netzwerkes CONRAD [CON05] wurde an einem internationalen Vergleich teilgenommen, bei dem die folgenden Aufgaben hinsichtlich einer Am-241-Messung an einem Knie-Phantom [Spi00] durchzuführen waren: 1. Simulation einer Messung an einem Punktstrahler mit einem Ge-Detektor, 2. numerische Berechnung von Fluenzspektren und 3. Simulation einer Messung an dem Phantom mit zwei Ge-Detektoren. Alle Angaben, die zur Modellierung der Messzenarien notwendig waren, wie etwa die Messgeometrie oder die Elementzusammensetzungen der einzelnen Stoffe sowie ihre Dichten, waren vorgegeben. Gleichmaßen war die Energieauflösung sowohl für einen als auch für zwei Ge-Detektoren in der Aufgabenstellung enthalten.

Hinsichtlich der Simulation einer Messung an einem Punktstrahler mit einem Ge-Detektor war das Energiespektrum sowie die Effizienz zu berechnen. Gemäß der Vorgabe war der Detektor 30 cm von der Punktquelle entfernt; die „Region Of Interest (ROI)“ lag zwischen 57,4 keV und 61,7 keV. Das Messzenarium ist in Abb. 5-17: Linke Seite: Ge-Detektor im Abstand von 30 cm von einem Punktstrahler in der yz-Ebene. Der Punktstrahler (realisiert als kleiner Punkt) befindet am unteren Rand des Bildes und ist ca. genauso weit von dem „+“ – Symbol entfernt, wie der Detektor (oben). Rechte Seite: simuliertes Energiespektrum bzgl. Am-241 und des auf der linken Seite skizzierten Messzenariums Abb. 5-17 links skizziert. Das Energiespektrum ist auf der rechten Seite von Abb. 5-17 dargestellt. Es ergab sich eine (zerfallskorrigierte) Effizienz von $1.04E-03 \pm 3.7E-06$ bzgl. der obigen ROI.

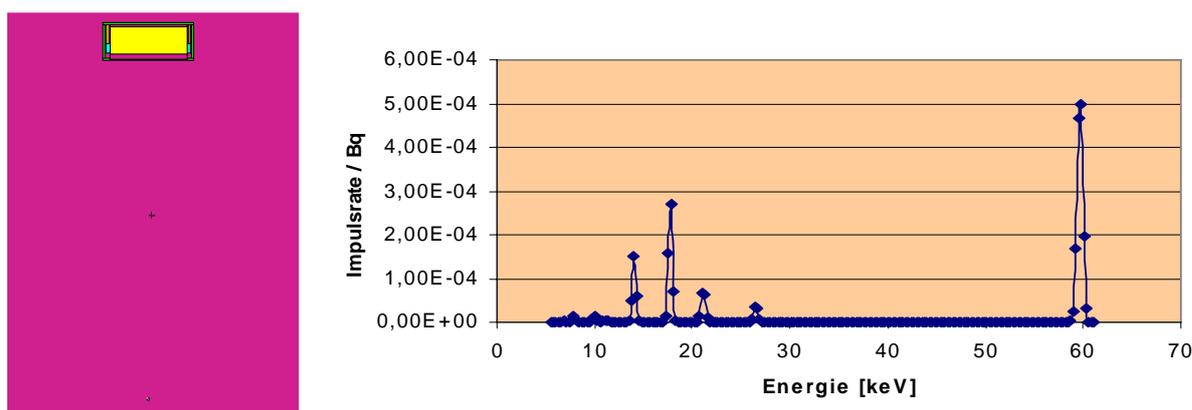


Abb. 5-17: Linke Seite: Ge-Detektor im Abstand von 30 cm von einem Punktstrahler in der yz-Ebene. Der Punktstrahler (realisiert als kleiner Punkt) befindet am unteren Rand des Bildes und ist ca. genauso weit von dem „+“ – Symbol entfernt, wie der Detektor (oben). Rechte Seite: simuliertes Energiespektrum bzgl. Am-241 und des auf der linken Seite skizzierten Messzenariums

Die numerische Berechnung der Fluenzspektren bezog sich auf das entsprechende Knie-Voxel-Phantom. Es wurde angenommen, dass das Am-241 homogen im Knochen verteilt ist. Ferner wurde festgelegt, dass sich vier Kugeln mit je einem Radius von 3,5 cm an den Orten $O_1 = (7 \text{ cm}, 17 \text{ cm}, 26 \text{ cm})$, $O_2 = (-2,5 \text{ cm}, 15 \text{ cm}, 15,5 \text{ cm})$, $O_3 = (7 \text{ cm}, 13 \text{ cm}, 5 \text{ cm})$, und $O_4 = (17,5 \text{ cm}, 15 \text{ cm}, 15,5 \text{ cm})$ befinden. Die Messgeometrie ist in Abb. 5-18, die Fluenzspektren sind in Abb. 5-19 dargestellt.

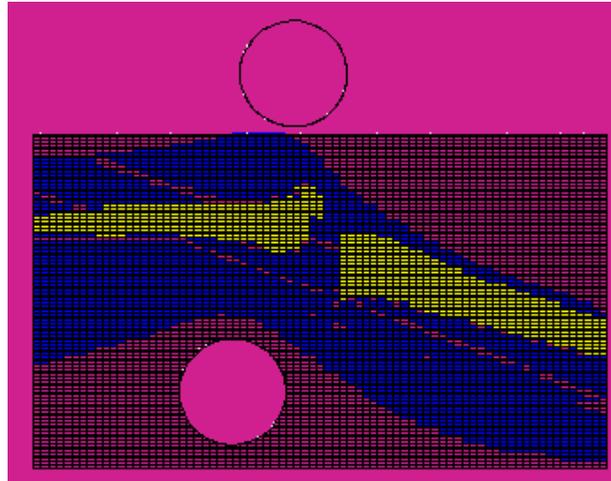


Abb. 5-18: Messgeometrie bzgl. der Fluenzberechnung in der yz – Ebene. Die Kreise symbolisieren 2 luftgefüllte Kugeln mit einem Radius von 3,5 cm

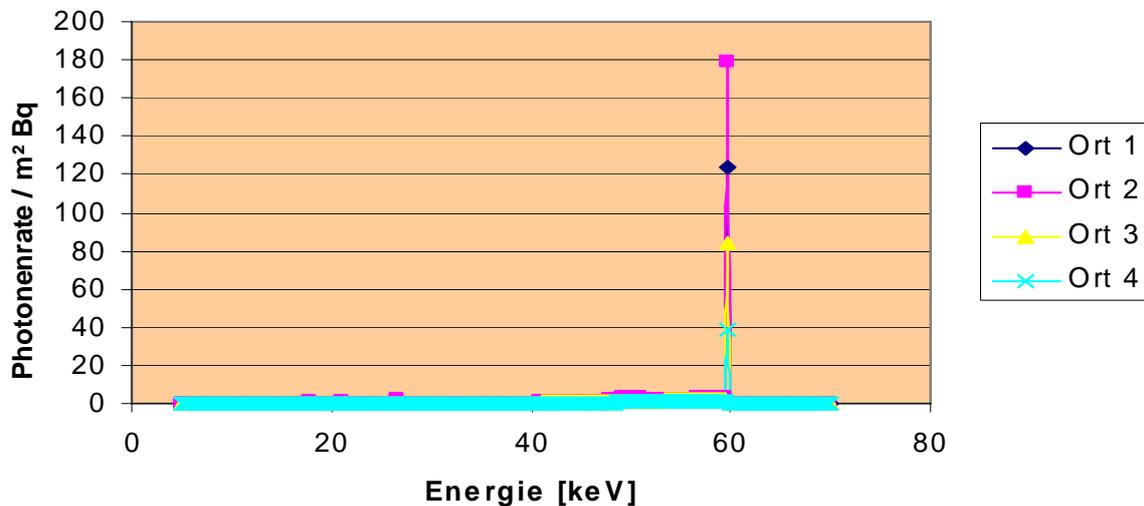


Abb. 5-19: Fluenzspektren für an vier unterschiedlichen Orten im Knochen homogen verteiltes Am-241

Für die Simulation einer Am-241-Messung an dem Knie-Phantom wurden zwei Ge-Detektoren parallel über das entsprechende Knie-Voxel-Phantom positioniert. Abb. 5-20 zeigt die entsprechende Messgeometrie in der yz – Ebene. Es ergab sich eine (zerfallskorrigierte) Effizienz von $3,57348\text{E-}03 \pm 8,41973\text{E-}06$, wobei der ROI – Bereich zwischen 57,7 keV und 61,4 keV lag. Das Energiespektrum ist in Abb. 5-21 dargestellt. Im Gegensatz zum Energiespektrum bzgl. des Punktstrahlers sind hier die niederenergetischen Linien nicht erkennbar. Dies ist der hohen Wahrscheinlichkeit geschuldet, mit der die niederenergetischen Photonen vom umgebenden Gewebe absorbiert werden. Der Anstieg vor dem Peak wird durch die Compton-Streuung im Phantom bewirkt.

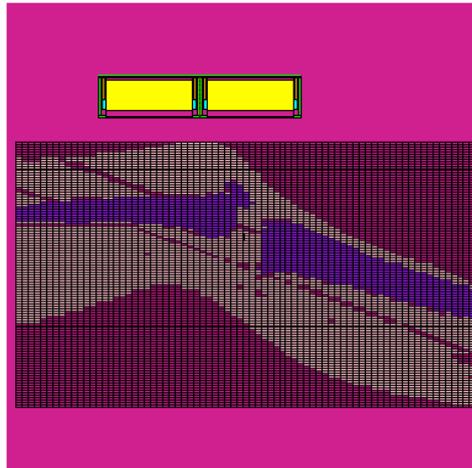


Abb. 5-20: Messgeometrie bzgl. der Am-241-Messung an dem Knie-Phantom mit zwei Ge-Detektoren

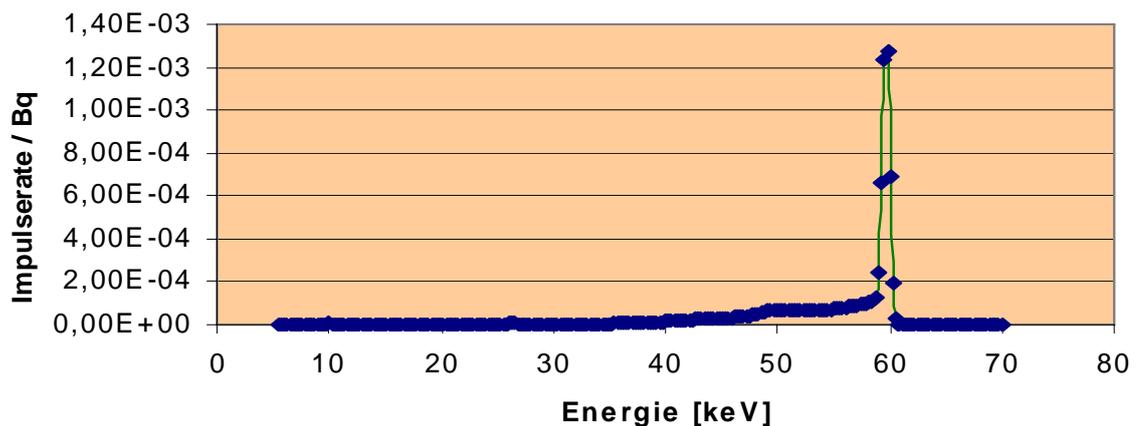


Abb. 5-21: simuliertes Energiespektrum für Am-241, welches als homogen im Knochen des Knie-Phantoms verteilt angenommen wurde

5.3.1.3 Numerische Effizienzkalibrierung bei In-vivo-Messverfahren mittels an den Probanden angepassten Voxelmodellen

L. Hegenbart, B. Heide

Im Rahmen einer Forschungsarbeit soll das unter Punkt 5.3.1.1 beschriebene Verfahren zur Bestimmung des Wirkungsgrades verbessert werden. Verbesserungen sind bei der Umsetzung der folgenden Punkte zu erwarten:

- Erstellung von rechnergestützten Werkzeugen
- Genauere Erfassung der Abstände zwischen dem Probanden und den Detektoren
- a) Wahl eines geeigneten Voxelmodells und b) die individuelle Anpassung an den jeweiligen Probanden

Erstellung rechnergestützter Werkzeuge

Es wurden rechnergestützte Werkzeuge geschaffen, mit denen das Erstellen eines Simulations-szenarios wesentlich einfacher gelingt. Der Benutzer gibt alle erforderlichen Daten über Geometrien, Voxelmodell und Radionukliden über ein GUI in die selbstentwickelte Software *voxel2mcnp* ein, welche dann schnell und automatisch eine Input-Datei für die Simulation mit MCNP generiert. Simulationsergebnisse können mit der Software zur weiteren Analyse in MS-Excel exportiert werden. Auch eine dreidimensionale Visualisierung ist möglich. Um die Rechenzeit für Monte Carlo Simulationen zu verkürzen, wird das von MCNP unterstützte Message Passing Interface (MPI) in einem heterogenen Computer-Cluster verwendet. Der Cluster besteht aus derzeit sechs vernetzten Rechnern, die einzelne Inputfiles gleichzeitig berechnen können.

Genauere Erfassung der Abstände zwischen dem Probanden und den Detektoren

Um reale Messungen mit numerischen Simulationen vergleichen zu können, müssen die geometrischen Abmessungen in der Simulation mit der Realität übereinstimmen. Um eine Vorstellung davon zu bekommen, wie genau man diese Abmessungen bestimmen muss, wurde eine Sensitivitätsanalyse durchgeführt.

Dazu wurde ein Referenzszenario mit dem MEETMan als Voxelmodell entworfen, welches einer typischen Lungenmessung im Teilkörperzähler entspricht. Lungenvoxel wurden als Am-241-Strahlenquelle definiert. Als Region Of Interest (ROI) für die Wirkungsgradberechnung wurde der Bereich zwischen 20 keV und 80 keV gewählt. Eine große Anzahl von simulierten Photonen erlaubte die Bestimmung des Wirkungsgrades bei allen Szenarien mit einer relativen Standardabweichung von wenigen Promille.

Das Referenzszenario ist der Ausgangspunkt für alle weiteren Messszenarien, bei denen die Detektorposition eines Detektors in allen Raumrichtungen variiert wurde. Versuche haben gezeigt, dass horizontale und vertikale Neigungen eines Detektors im Bereich von -10° bis $+10^\circ$ wenig Einfluss auf den Wirkungsgrad haben. Die größten Änderungen im Wirkungsgrad konnte man bei Variation der z- und besonders bei Variation der x- und y-Koordinate feststellen; die Wirkungsgradänderungen lagen im Bereich von -6 % bis über 6 %. In Abb. 5-22 ist dies für 6 ausgewählte Variationen veranschaulicht.

Die Position von Detektor und Proband muss daher millimetergenau bestimmt werden, um die Abweichungen im Wirkungsgrad unter 3 % zu halten.

Wahl eines geeigneten Voxelmodells und individuelle Anpassung an den jeweiligen Probanden

a) Vorbereitend zur individuellen Anpassung eines Voxelmodells gehört zunächst die Wahl eines geeigneten Voxelmodells. Die Anzahl der uns zur Verfügung stehenden Voxelmodelle ist begrenzt. Dennoch steht uns das MEETMan-Voxelmodell in sechs Auflösungen von 1 mm bis 6 mm Voxelkantenlängen zur Verfügung. Die fünf in ihrer Auflösung reduzierten Voxelmodelle sind aus dem 1-mm-Modell durch Vergrößerungsalgorithmen konstruiert worden. Mehrere kleine Voxel wurden zu einem großen Voxel zusammengefasst. Das hierbei am häufigsten vorkommende Gewebe bestimmt das Gewebe des neuen großen Voxel. Dies hat zur Folge, dass das Volumen von Gewebe mit feinen Strukturen und großer Oberfläche durch die Vergrößerung abnahmen. Simulationen mit den MEETMan-Modellen verschiedener Auflösungen zeigte, dass die Organvolumina im Vergleich zum 1-mm-Modell zum Teil stark variierten. Das Volumen von Fettgewebe nimmt beispielsweise mit einer gröberen Voxelstruktur zu. Beim 6-mm-Modell ist der Zuwachs von über 5 % zu beobachten. Die große Oberfläche von Knochengewebe bedingt, dass in diesem Fall das Volumen um mehr als 5 % beim 6-mm-Modell abnimmt.

Vergleichssimulationen mit MEETMan-Voxelmodellen verschiedener Auflösungen haben gezeigt, dass der Wirkungsgrad bei einem gröberen Modell um wenige Prozent erhöht wird. Die Ursache hierfür ist, dass Fettgewebe von Photonen besser durchdrungen wird, und Knochengewe-

webe schlechter. Als Fazit dieser Vergleichssimulationen lässt sich zusammenfassend sagen, dass Simulationen mit feiner aufgelösten Modellen vorzuziehen sind. Hochaufgelöste Voxelm Modelle stellen allerdings große Anforderungen an Hard- und Software.



Abb. 5-22: Sechs ausgewählte Werte von Wirkungsgradabweichungen bei x- (links nach rechts), y- (Rücken zum Bauch) und z- (Kopf zu Füßen) Bewegungen des Detektors relativ zur Referenzposition

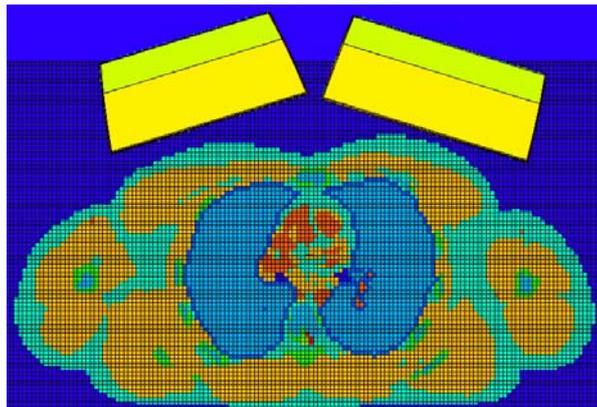


Abb. 5-23: Schnitt durch den Thorax des manipulierten Voxelmodells inklusive beider Detektoren. Die dunkelblauen Voxel am Rand der Lunge sind hier als Wasser deklariert.

b) Die individuelle Anpassung eines vorhandenen Voxelmodells an den jeweiligen Probanden muss nach den unter Punkt 5.3.1.1 gewonnenen Erfahrungen über eine lineare Voxeltransformation hinausgehen. Der Arbeitsaufwand steigt mit der geforderten Genauigkeit an die Anpassung des Voxelmodells. Um die Güte der Anpassung zu untersuchen, wurde eine weitere Sensibilitätsanalyse durchgeführt.

Diesmal wurden die Auswirkungen einer veränderten Organposition und -größe auf den Wirkungsgrad untersucht. Wieder wurde ein der Realität nachempfundenes Referenzszenario entworfen. Über je einem Lungenflügel wurde ein Detektor positioniert. Die Lunge wurde als Am-241-Strahlenquelle definiert. Die Bestimmung des Wirkungsgrades – wieder im Bereich 20 bis 80 keV – erfolgte bei allen Simulationen mit einer relativen Standardabweichung von wenigen Promille.

Durch Umdeklarierung der Randvoxel der Lunge in Wasservoxel (Abb. 5-23) wurde in das Volumen der Lunge um etwa 26 % verkleinert. Wasser hat mit 1 g/cm^3 eine höhere Dichte als das Lungengewebe, welches mit einer Dichte von $0,26 \text{ g/cm}^3$ definiert wurde. Die Abnahme des Wirkungsgrades betrug hierdurch etwa 4 %.

Die um ihre Randvoxel verkleinerte Lunge wurde um je 1 Voxel in alle drei Raumrichtungen verschoben werden. Dabei wurden lediglich Wasservoxel überdeckt. Frei werdende Voxelpositionen wurden wiederum mit Wasservoxel gefüllt.

Messszenario	Lungen- volumen [L]	Wirkungsgrad beider Detek- toren	Wirkungsgrad in Bezug zur Referenz	Wirkungsgrad- Abweichung zur Referenz
Lunge in Normalgröße und – position	3,75	0,04318	103,91%	3,91%
<i>Um ein Randvoxel verkleiner- te Lunge (Referenz)</i>	2,97	0,04156	100,00%	0,00%
Referenzlunge um 1 Voxel verschoben in positive x- Richtung	2,97	0,04155	99,99%	-0,01%
Referenzlunge um 1 Voxel verschoben in negative x- Richtung	2,97	0,04147	99,78%	-0,22%
Referenzlunge um 1 Voxel verschoben in positive y- Richtung	2,97	0,04466	107,46%	7,46%
Referenzlunge um 1 Voxel verschoben in negative y- Richtung	2,97	0,03854	92,74%	-7,26%
Referenzlunge um 1 Voxel verschoben in positive z- Richtung	2,97	0,04067	97,86%	-2,14%
Referenzlunge um 1 Voxel verschoben in negative z- Richtung	2,97	0,04233	101,85%	1,85%

Tab. 5-6: Änderungen im Wirkungsgrad bzgl. Positions- und Volumenänderungen der Lunge

Anhand der Tab. 5-6 wird deutlich, dass durch die Verwendung von zwei Phoswich-Detektoren die x-Verschiebungen nicht so stark den Gesamtwirkungsgrad ändern, wie das bei der zuvor dargestellten Detektorverschiebung der Fall war. Die Zugewinne und Verluste im Wirkungsgrad werden durch den zweiten Detektor nahezu ausgeglichen und bewegen sich je unter einem Prozent Abweichung zur Referenz. Die Verschiebung in z-Richtung bewirkt Änderungen des Wirkungsgrades um -2,14 % bis 1,85 %. Auffällig ist eine starke y-Abhängigkeit. Die Abweichungen des Wirkungsgrades gegenüber der Referenz reichen von unter -7 % bis über 7 % wenn die Lunge um 1 Voxel vom Detektor weg bzw. hinbewegt wird. Eine 4 mm dünne Wasserschicht kann also den Wirkungsgrad schon um 7 % verringern.

5.3.1.4 Lokale Deposition von Am-241 im hautnahem Gewebebereich

B. Heide, M. Steinhoff

Befindet sich Am-241 in einem Punktpräparat, so erhält man bei der Messung mit Szintillations-Detektoren zwei Peaks: eine 17 keV – Linie und eine 60 keV – Linie.

Befindet sich Am-241 innerhalb des Körpers, so wird die 17 keV – Linie durch das Körperge-
webe stark geschwächt, wohingegen die 60 keV – Linie verhältnismäßig leicht geschwächt wird.
Abb. 5-24 illustriert die Schwächung beider Linien, nachdem zwischen einem Am-241 – Punkt-

präparat und einem $8''$ – Phoswich – Detektor Scheiben aus Polyethylen (PE) unterschiedlicher (Schicht-) Dicke eingebracht wurden. Die Kurven wurden mit dem Computer-Code MCNP5 simuliert. Die Dichte der Scheiben betrug $0,95 \text{ g/cm}^3$. Da die Dichte mit der von Wasser vergleichbar ist, wurden die PE-Scheiben als gewebeäquivalentes Phantom betrachtet.

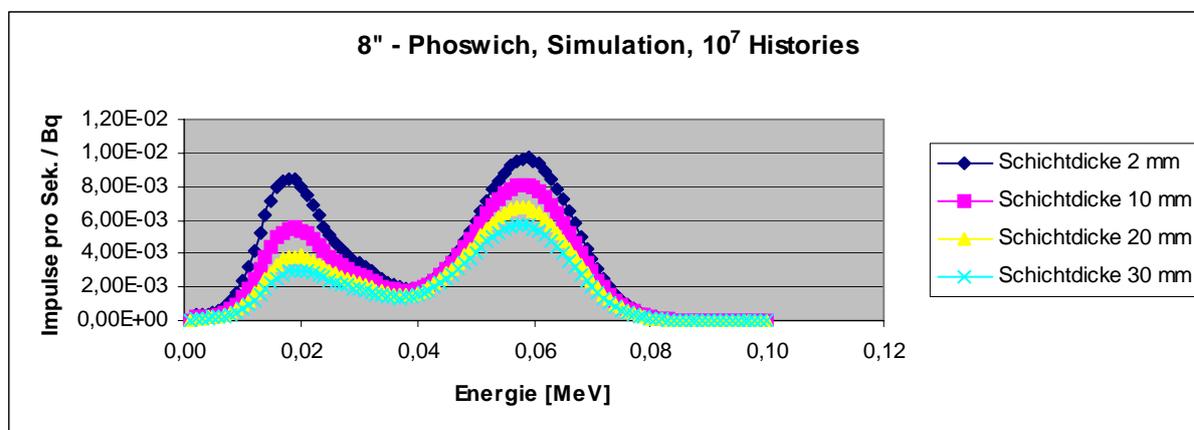


Abb. 5-24: Simulation eines Szenarios, bei dem zwischen einem Am-241 – Punktstrahler und einem $8''$ – Phoswich – Detektor Polyethylenscheiben mit Schichtdicken zwischen 2 mm und 30 mm eingebracht wurden. Die Werte der prozentualen Messunsicherheit lagen unter 0,03 %.

Aufgrund der unterschiedlichen Schwächung der 17 keV – Linie und der 60 keV – Linie kann, falls sich die Aktivität nicht allzu tief im Körper (also im hautnahem Gewebereich) befindet, aus dem Verhältnis der Peakflächen der beiden Linien auf die Tiefe der Aktivitätsdeposition geschlossen werden.

Zur Lokalisierung einer begrenzten Aktivitätsdeposition eignet sich ein (kleiner) $0,8''$ – Phoswich – Detektor besser als ein (großer) $8''$ – Phoswich – Detektor. Aus diesem Grunde wurde ein Vorexperiment durchgeführt, bei dem das oben beschriebene Mess-Szenario (vgl. Abb. 5-24) mit einem Phoswich – Detektor durchgeführt wurde, der einen Durchmesser von $0,8''$ besaß. In Abb. 5-25 ist das Ergebnis (siehe blaue Kurve) dieses Experimentes dargestellt.

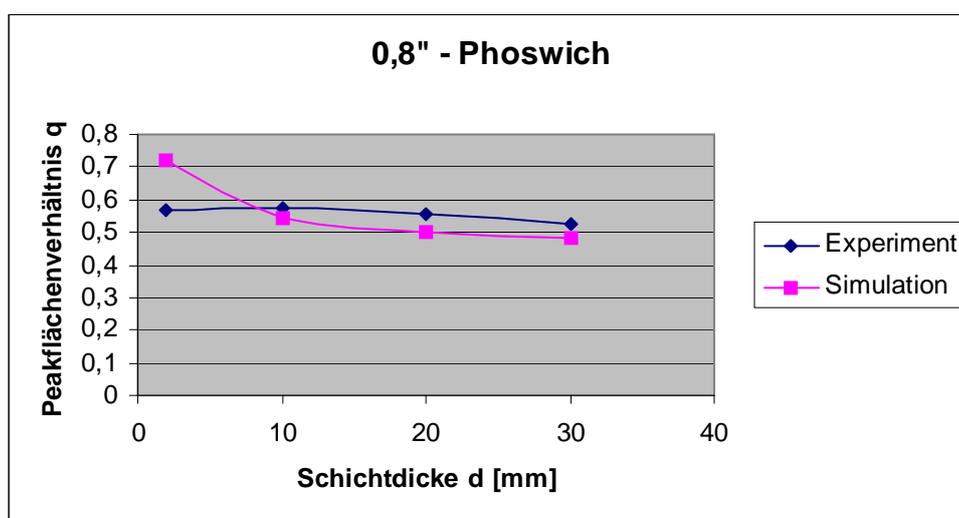


Abb. 5-25: Messung und Simulation eines Szenarios, bei dem zwischen einem Am-241 – Punktstrahler und einem $0,8''$ – Phoswich – Detektor Polyethylenscheiben mit Schichtdicken zwischen 2 mm und 30 mm eingebracht wurden. Die Werte der prozentualen Standardabweichung lagen unter 0,16 %.

Entgegen der Erwartung fiel die experimentelle (blaue) Kurve bzgl. geringer Schichtdicken (2 mm – 10 mm) nicht deutlich ab, sondern stieg leicht an.

Zur Klärung der Frage, warum das Peakflächenverhältnis bzgl. geringer Schichtdicken nicht deutlich abfällt, wurde das obige Messzenario mit einem 8“ – Phoswich – Detektor durchgeführt und ferner mit dem Computer – Code MCNP5 simuliert. Die Ergebnisse sind in Abb. 5-25 und Abb. 5-26 dargelegt.

Anhand der experimentellen (blauen) Kurve von Abb. 5-26 ist erkennbar, dass - zumindest hinsichtlich eines 8“ – Phoswich – Detektors - das Peakflächenverhältnis bzgl. geringer Schichtdicken, wie erwartet, deutlich abfällt. Die simulierte (rote) Kurve von Abb. 5-26 ist nahezu der experimentellen Kurve gleich; zeigt also insbesondere denselben Abfall bzgl. geringer Schichtdicken. Die geringfügigen Unterschiede werden vermutlich von den zwischen Experiment und Simulation nicht ganz gleichen ROIs³ sowie den leicht unterschiedlichen geometrischen Wirkungsgrad-Werten⁴ bewirkt. Der gleiche Kurvenverlauf von Experiment und Simulation deutet darauf hin, dass die Simulation das Experiment im wesentlichen richtig wiedergibt. Unter dieser Voraussetzung weist die Diskrepanz zwischen der experimentellen und der simulierten Kurve bzgl. des 0,8“ – Phoswich – Detektors in Abb. 5-25 darauf hin, dass die experimentelle Kurve von einem Artefakt überlagert ist. Demnach sollte es möglich sein, auch mit einem 0,8“ – Phoswich – Detektor die Tiefe einer begrenzten Am-241 – Deposition zu bestimmen.

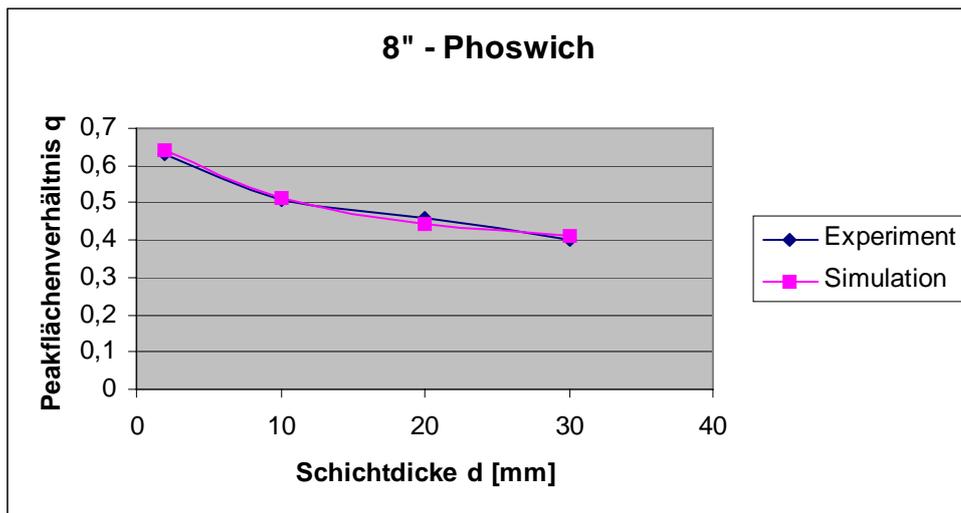


Abb. 5-26: Messung und Simulation eines Szenarios, bei dem zwischen einem Am-241 – Punktstrahler und einem 8“ – Phoswich – Detektor Polyethylenscheiben mit Schichtdicken zwischen 2 mm und 30 mm eingebracht wurden. Die Werte der prozentualen Standardabweichung lagen unter 0,16 %.

Künftig soll der Einfluss von Cs-137, K-40, Co-60 und anderen Radionukliden als Störstrahler untersucht werden (auch im Hinblick auf die erreichbaren Nachweisgrenzen).

³ Ein nicht allzu großer Unterschied in den ROIs bewirkt, dass eine Kurve gegenüber der anderen Kurve im ganzen verschoben wird. Die Kurvenform bleibt hingegen erhalten.

⁴ Aus technischen Gründen konnte im Experiment, im Gegensatz zur Simulation, die Detektorachse nicht ganz parallel zur Normalen der PE-Flächen ausgerichtet werden.

5.3.2 Biokinetik, Dosimetrie

5.3.2.1 Entwicklung biokinetischer Modelle zur Beschreibung der Wirkung von DTPA in Hinblick auf die Diagnostik und Therapie bei Inkorporationen von Plutonium und anderen Transuranen

B. Breustedt

Dekorporationstherapie

Als therapeutische Maßnahme zur Reduktion der Strahlenexposition nach einer Inkorporation kann die Ausscheidung des beteiligten Radionuklids mit geeigneten Medikamenten beschleunigt werden. Die Beschleunigung der Radionuklidausscheidung erfolgt durch eine chemische Komplexierung (Chelatbildung) mit einer Verbindung, die aufgrund ihrer guten Löslichkeit schnell ausgeschieden wird. Für die Dekorporation von Plutonium und Transuranen zeigte sich **Diethylen-Triamin-Penta-Acetat (DTPA)** als wichtigster Chelatbildner. Dieses in Deutschland als Arzneimittel zugelassene Medikament ist nahezu nebenwirkungsfrei, wirkt aber nicht selektiv für Transurane, sondern komplexiert auch andere Metallionen, so dass deren Spiegel im Körper während der Therapie überwacht werden müssen. Verwendet wird das Ca- oder Zn-Salz der DTPA, welches als intravenöse Infusion verabreicht wird [Rup01].

Einen Tag nach der DTPA-Gabe ist eine deutliche Erhöhung der mit dem Urin ausgeschiedene Aktivität der inkorporierten Radionuklide zu beobachten. Im Urin liegt diese für ^{239}Pu bei einem Faktor von ca. 40-120, im Stuhl bei einem Faktor von ca. 10 [Vol78]. Die Überhöhung der Ausscheidung der Transurane nach einer DTPA-Gabe ist über einige Tage hin zu beobachten, obwohl der überwiegende Teil des applizierten DTPA bereits nach einem Tag ausgeschieden wurde („Nachklangeffekt“). Dies wird dadurch erklärt, dass der Chelatkomplex zeitweise durch Bildung eines „ternären Komplexes“ an interne Rezeptoren gebunden und danach verzögert ausgeschieden wird [Vol78]. Die folgende Abbildung zeigt die gemessene Ausscheidungsüberhöhung nach der DTPA-Therapie in einem Wundinkorporationsfall.

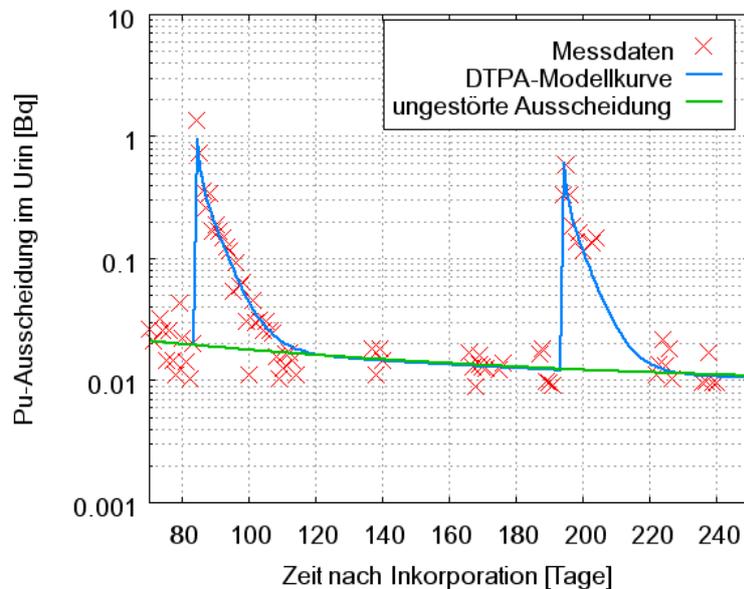


Abb. 5-27: Zum „Nachklangeffekt“ der DTPA-Wirkung, die DTPA-Gaben erfolgten an den Tagen 83 und 193

Die Wirkung von DTPA beschränkt sich auf den extrazellulären Raum, da auf Grund ihrer negativen Ladungen und der hydrophilen Natur Chelate die Zellmembranen nicht aktiv durchdringen können [Vol78]. Für einen möglichst großen Therapieerfolg ist es daher wichtig mit der Thera-

pie zu beginnen bevor das Radionuklid in den Organen/Geweben eingelagert wird. Die Berechnung der aufgenommenen Aktivität und der daraus resultierenden Dosis kann nach einer DTPA-Gabe aber nicht mehr mit den bekannten systemischen Stoffwechselmodellen erfolgen.

Biokinetische Stoffwechselmodelle

Biokinetische Modelle im Kompartimentformalismus unterteilen den Körper in Untereinheiten (Kompartimente), zwischen denen der Stoff transportiert wird. Kompartimente können Gewebe/Gewebegruppen (z. B. Weichteilgewebe), einzelne Organe (z. B. Gonaden) oder Organanteile (z. B. Knochenoberfläche) sein. Die Struktur des Modells beschreibt die möglichen Stoffwechselfade für den betrachteten Stoff. Die Rate, mit welcher der Transport des Stoffes zwischen den einzelnen Kompartimenten erfolgt, ist (bei angenommener linearer Kinetik) zum Inhalt des abgebenden Kompartiments proportional. Die Internationale Strahlenschutz-kommission (ICRP) veröffentlicht solche systemischen Modelle und ihre Parameter für verschiedene Nuklide/Verbindungen. Zusätzlich gibt es Modelle für den Atemtrakt und den Verdauungstrakt, die für alle Nuklide gleichermaßen gelten. Aus den Differentialgleichungen der Modelle können die zeitlichen Verläufe der Ausscheidung des Radionuklids berechnet werden. Durch den Vergleich tatsächlichen Ausscheidungsverläufe mit den berechneten, kann die Aktivität der in den Körper aufgenommenen Radionuklide und die daraus folgende Strahlendosis abgeschätzt werden.

Modellierung der Dekorporationstherapie

Zur mathematischen Beschreibung der Dekorporationstherapie können zwei unterschiedliche Vorgehensweisen angewandt werden.

- Empirische Modellierung

Es werden lediglich die Zeitverläufe der Ausscheidungsraten betrachtet und mathematisch modifiziert, um die Wirkung des DTPA zu berücksichtigen.

- Kompartimentformalismus

In einem vorhandenen Kompartimentmodell werden Strukturen und Raten verändert um die Wirkung des DTPA zu beschreiben.

Mit einer empirischen Modellierung können nur Informationen über die durch die Therapie zusätzlich ausgeschiedene Menge des Radionuklids gewonnen werden. Aussagen über die Dosisreduktion in einzelnen Organen können nur auf Basis von Kompartimentmodellen getroffen werden.

Empirische Modellierung

Erste Ansätze zur empirischen Beschreibung der durch DTPA beeinflussten Urinausscheidung stammen aus den 1970er Jahren. Jech et al. [Jec72] gehen davon aus, dass 100 Tage nach der DTPA-Gabe die Ausscheidungskinetik wieder ungestört verläuft und berechnen aus solchen Messwerten die „effektiv aufgenommen Aktivität“ und daraus die Dosis. Mit diesem Modell kann aber weder eine Aussage über die Effizienz der Therapie (d. h. die Dosisreduktion durch die Therapie) getroffen werden noch kann die Dosisbewertung zeitnah zur Inkorporation erfolgen.

Im Modell von Hall et al [Hal78] wird versucht, basierend auf empirischen Ausscheidungsfunktionen den Effekt der Chelation zu beschreiben. Im Rahmen des gegenwärtigen Projektes wurde das Hall'sche Modell modifiziert und entsprechende Software entwickelt um das Modell effizient anwenden zu können. Im Folgenden wird das modifizierte Modell kurz skizziert. Es wird von den folgenden drei Grundannahmen ausgegangen:

- Zum Zeitpunkt t_c der Chelatorgabe (bzw. in den Folgenden 24h (= Verweildauer des Komplexbildners im Blut/Körper)) steht eine Menge Q der ursprünglich aufgenommenen Menge I von Plutonium zur Bildung eines Chelats zur Verfügung.
- Der Pu-Chelat-Komplex ist stabil und wird mit seiner eigenen Ausscheidungsfunktion $i_c(t, t_c)$ ausgeschieden.
- Die Ausscheidung des Pu läuft ungestört mit der Basisausscheidungsfunktion $i_u(t)$, weiter, allerdings mit reduzierter Aufnahme (I_{red}). Die Reduktion $\Delta Q(t, t_c)$ entspricht gerade dem Anteil von Q , der zur Zeit t ($t > t_c$) bereits ausgeschieden wurde.

Zusätzlich wird (wie bei Hall auch) angenommen, dass die einzelnen DTPA-Gaben unabhängig voneinander wirken und jeweils einen Anteil Q_i aus dem Blut entfernen. Der gesamte durch die Therapie entfernte Anteil ergibt sich durch Summation aller Q_i . Im Hall'schen Modell wird angenommen, dass sofort am Tag der DTPA-Gabe die Reduktion um den Anteil Q_i erfolgt. Realistischerweise muss aber angenommen werden, dass die Reduktion nicht schlagartig sondern sukzessive erfolgt. Wir gehen daher davon aus, dass die Reduktion $\Delta Q(t, t_c)$ gerade dem Anteil von Q entspricht, der zum Zeitpunkt t ausgeschieden wurde. Für die Ausscheidungsfunktion $i_c(t, t_c)$ des Pu-Chelatkomplexes wird wie bei Hall auch eine Summe von zwei Exponentialfunktionen angesetzt.

$$i_c(t, t_c) = a_1 \cdot e^{-\lambda_1(t-t_c)} + a_2 \cdot e^{-\lambda_2(t-t_c)}$$

Daraus kann die auf 1 Bq Aufnahme bezogene Zusatzausscheidung $q(t, t_c)$ berechnet werden:

$$q(t, t_c) = i_u(t_c) \cdot \left(\frac{a_1}{\lambda_1} \cdot (1 - e^{-\lambda_1(t-t_c)}) + \frac{a_2}{\lambda_2} \cdot (1 - e^{-\lambda_2(t-t_c)}) \right)$$

Die erwartete Urinausscheidung $e_u(t)$ kann dann beschrieben werden durch eine stückweise definierte Funktion:

vor einer DTPA-Gabe:

$$e_u(t) = I \cdot i_u(t)$$

nach einer DTPA-Gabe:

$$e_u(t) = I \cdot \left((1 - q(t, t_c)) \cdot i_u(t) + i_u(t_c) \cdot i_c(t, t_c) \right)$$

nach der i-ten DTPA-Gabe:

$$e_u(t) = I \cdot \left(\left(1 - \sum_i q(t, t_i) \right) \cdot i_u(t) + \sum_i i_u(t_i) \cdot i_c(t, t_i) \right)$$

Die Koeffizienten dieser Exponentialfunktionen ($a_1, \lambda_1, a_2, \lambda_2$) und die ursprünglich aufgenommene Aktivität (I) können nach Einsetzen und Umformen der entstehenden Gleichungen als Parameter für eine Anpassung der Modellkurve an die Messdaten verwendet werden. Aus Praxisgründen (es gibt oft nur sehr wenige Messpunkte pro Chelation, bzw. es wurde in kurzen Zeitabständen mehrfach therapiert) kann häufig nur ein Exponentialterm in den Rechnungen verwendet werden. Aus den ermittelten Parametern kann dann für jede Chelation die zusätzlich ausgeschiedene Menge Q_i und die daraus resultierende Dosisreduktion berechnet werden. Zur Kontrolle kann der aus den ermittelten Parametern berechnete Überhöhungsfaktor mit der gemessenen Überhöhung der Urinausscheidung verglichen werden. Als Grundausscheidungsfunktionen $i_u(t)$ werden die Lösungen eines Kompartimentmodells verwendet. Alternativ zur direkten Lösung der Differentialgleichungen des biokinetischen Modells wurden mehrere (semi-)empirische Aus-

scheidungskurven berechnet. Dazu wurden im Vorfeld die einzelnen numerisch gewonnenen Lösungen der jeweiligen biokinetischen Modelle durch Exponentialsummen beschrieben.

Kompartimentformalismus

Durch die DTPA-Gabe wird die Kinetik gestört. Dieses kann in den Kompartimentmodellen z. B. durch eine zeitliche Änderung der Transferkoeffizienten erfolgen. Alternativ kann die DTPA-Gabe durch das Einführen neuer Kompartimente bzw. das Öffnen neuer Stoffwechselfade in das Modell eingeführt werden. In einem ersten Schritt wurde ein vereinfachtes Modell für den Pu-Stoffwechsel aufgestellt um verschiedene Möglichkeiten, die Transferraten nach DTPA-Gaben zu variieren, untersuchen zu können. Es zeigt sich dabei, dass eine Überhöhung der Transferkoeffizienten (Blut nach Harnblase/Urin) mit einem exponentiellen Abklingen zurück auf den Ausgangswert vorhandene Messdaten am besten beschreibt. Die Dauer der Abklingphase muss dabei aber ca. 20 Tage betragen. Dieses ist unphysiologisch lange, da die Halbwertszeit der DTPA im Körper ca. 12h beträgt [Sta83]. Der „Nachklangeffekt“ in der Ausscheidungsüberhöhung kann am besten durch die Bildung der ternären Komplexe (s. o.) erklärt werden. Durch die explizite Berücksichtigung dieser ternären Komplexe als eigenständiges Kompartiment kann die Überhöhung der Raten auf die physiologische Verweildauer der DTPA im Körper reduziert werden und dennoch die langfristige Wirkung im Urin beobachtet werden. Als Basis für diese und weitere Arbeiten dient zunächst das Modell von Legget et al. [Leg05].

In einem ersten naiven Ansatz werden zur Beschreibung einer einzelnen DTPA-Gabe 3 Phasen angenommen:

1. Prae-DTPA: ungestörte Kinetik vor der DTPA-Gabe
2. During-DTPA: gestörte Kinetik in der Wirkphase des DTPA
3. Post-DTPA: modifizierte Kinetik nach der DTPA-Gabe

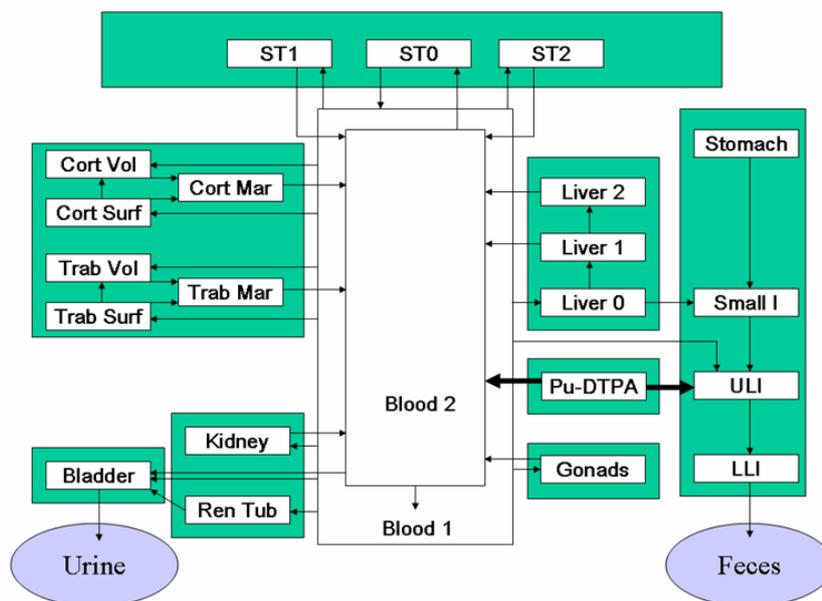


Abb. 5-28: Modifiziertes Kompartimentmodell für den Plutonium Stoffwechsel. Gezeigt ist die Post-DTPA-Phase.

In der Wirkphase werden die Transportraten vom Blut in die Harnblase um einen Faktor erhöht. Zusätzlich wird ein Kompartiment Pu-DTPA eingeführt, um auch die Überhöhung der Ausscheidung im Stuhl beschreiben zu können. Dieses Kompartiment kann als „ternärer Komplex“ (s.o.) interpretiert werden. Nur während der Wirkphase wird das Kompartiment Pu-DTPA aus dem Blutkompartiment (Blood 1) gefüllt. In der Post-DTPA-Phase (vgl. obenstehende Abbil-

dung) wird wieder die ungestörte Kinetik angenommen. Zusätzlich leert sich das nun gefüllte Pu-DTPA-Kompartiment langsam in Blut- (Blood2) und das Dickdarm (ULI).

Rechnungen mit diesem Modellansatz zeigen, dass es auf diese Weise prinzipiell möglich ist beobachtete Ausscheidungsverläufe näherungsweise wiederzugeben. Zu Überlegen ist, ob es weitere Kompartimente für die ternären Komplexe gibt und wo diese im Modell implementiert werden können, bzw. ob die vorgeschlagenen Pfade für das eingeführte Kompartiment zu modifizieren sind.

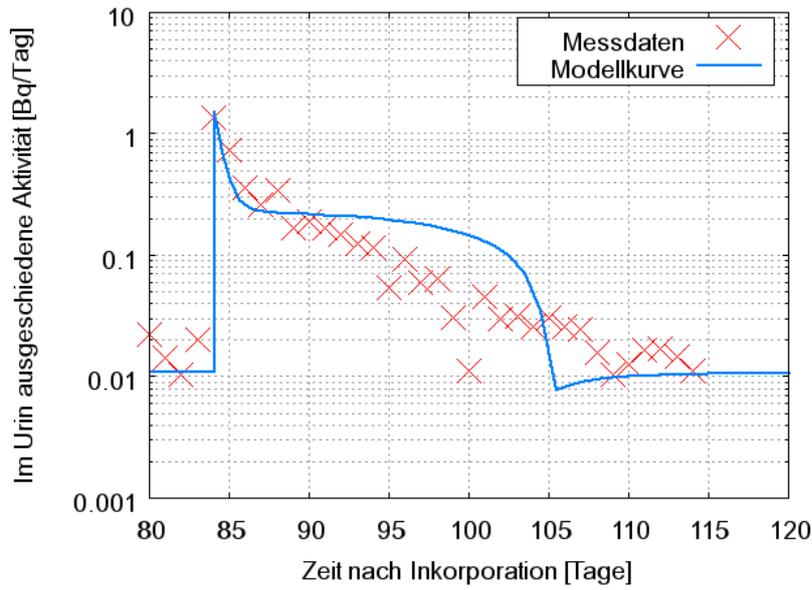


Abb. 5-29: Gemessene und mit einem erweiterten Kompartimentmodell berechnete Urinausscheidungen. Die Parameter des Modells wurden iterativ „von Hand“ angepasst.

Im nächsten Schritt soll die Bildung des Komplexes und dessen Transport im Modell explizit berücksichtigt werden. Dabei kann auf die Unterteilung des Modells zur DTPA-Wirkung in drei Phasen verzichtet werden, es werden aber zusätzliche parallel zum System laufende Kompartimente benötigt.

5.3.2.2 Kompartimentsysteme und DTPA-Wirkung

E. Polig

Lineare Kompartimentsysteme machen eine bestimmte Annahme über die Verteilung der Verweilzeit in einem Kompartiment. Die Annahme eines linearen Kompartimentsystems impliziert eine Exponentialverteilung der Verweilzeit, d. h. wenn zu einem bestimmten Zeitpunkt N Moleküle der betreffenden Substanz im Kompartiment anwesend sind und λ die Summe aller Transferaten aus dem Kompartiment ist, dann ist die Wahrscheinlichkeitsdichte der Verweilzeit für ein einzelnes Molekül

$$\varphi(t) = \lambda e^{-\lambda t} \quad (1)$$

Dies ist jedoch nicht die allgemeine Formulierung für den Transport einer Substanz durch Kompartimente. Man kann z. B. eine Familie von Verteilungsfunktionen annehmen, welche die Exponentialverteilung als Sonderfall enthält. Das gilt für die Familie der Weibull-Verteilungen.

$$\begin{aligned} \varphi(t) &= \lambda k t^{k-1} e^{-\lambda t^k} \quad (\text{Dichtefunktion}) \\ \Theta(t) &= 1 - e^{-\lambda t^k} \quad (\text{Verteilungsfunktion}) \end{aligned} \quad (2)$$

Für $k = 1$ geht die Weibullverteilung in die Exponentialverteilung über. In einem einzelnen Kompartiment mit der Verweilzeitdichte $\varphi(t)$ findet die Entleerung nach dem Gesetz

$$q(t) = q_0(1 - \Theta(t)) \quad (3)$$

statt. D. h.

$$q(t) = q_0 e^{-\lambda t^k} \quad (4)$$

Im Allgemeinen gibt es keine konstanten Transferraten mehr. Die Ausscheidungsrate ist jetzt:

$$\frac{dq}{dt} = -q_0 \lambda k t^{k-1} e^{-\lambda t^k} \quad (5)$$

oder allgemein:

$$\frac{dq}{dt} = -q_0 \varphi(t) \quad (6)$$

Ist ein solches Kompartiment in einem System mit anderen Kompartimenten verbunden, erhält man den zeitlichen Verlauf durch Anwendung des Faltungintegrals:

$$q(t) = \int_0^t i(\tau)(1 - \Theta(t - \tau))d\tau = \int_0^t i(t - \tau)(1 - \Theta(\tau))d\tau \quad (7)$$

Dabei ist $i(t)$ die Summe aller Transferraten in das Kompartiment zur Zeit t . Auf diese Weise können „normale“ Kompartimente mit exponentiell verteilten Verweilzeiten mit Kompartimenten verbunden werden, deren Verweilzeit einem anderen Gesetz folgen.

Dieses Konzept kann auch zur Modellierung der Chelatwirkung herangezogen werden. Das wohl einfachste Modell zur Beschreibung der DTPA-Wirkung besteht in der Annahme, dass sofort nach Aufnahme des Chelatbildners in das Blut die radioaktive Substanz (z. B. Plutonium) vollständig komplexiert und dann mit einer Verweilzeit aus dem Körper ausgeschieden wird, die durch die Weibull-Verteilung beschrieben werden kann. Dieses sogenannte „Empirische Modell“ wurde in abgewandelter Form auch schon bei früheren Untersuchungen angewandt. Im obigen Formalismus entspricht die nach der DTPA-Gabe beobachtete Ausscheidungsrate im Urin:

$$\hat{e}_u(t) = (I - q(t, t_0))i_u(t) + i_c(t, t_0) ; \quad t > t_0 \quad (8)$$

$$q(t, t_0) = \int_{t_0}^t i_c(\tau, t_0)d\tau$$

Hierbei ist $\hat{e}_u(t)$ die Ausscheidungsrate, $i_u(t)$ die Basis-Ausscheidungsrate (ohne DTPA) pro aufgenommener Aktivitätseinheit, I die aufgenommene Aktivität und $i_c(t, t_0)$ die zusätzlich durch Komplexierung bewirkte Aktivitätsausscheidung zur Zeit t , wenn DTPA zur Zeit t_0 gegeben wurde.

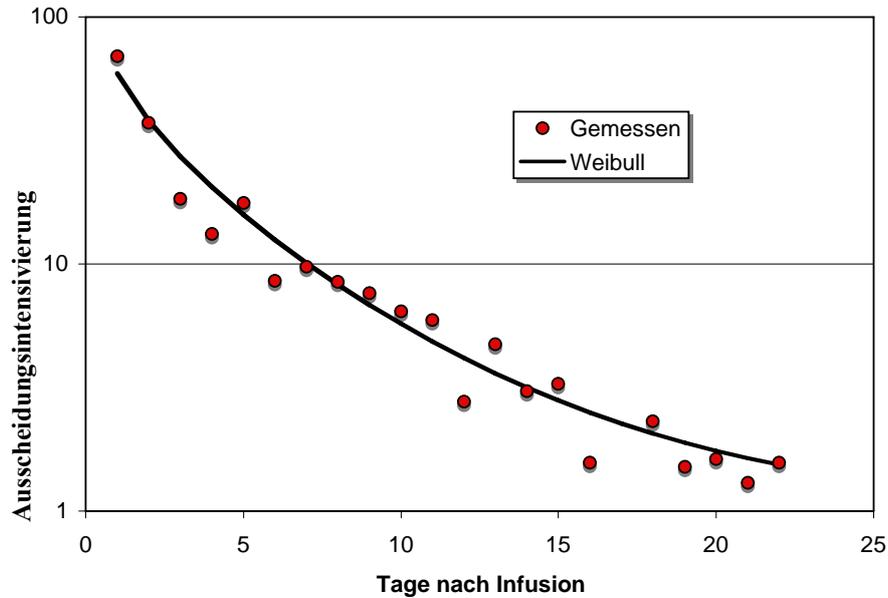


Abb. 5-30: Abklingphase der Ausscheidungsintensivierung von ^{239}Pu im Urin nach Wundkontamination and DTPA-Infusion

Nimmt man zusätzlich an, dass die zur Komplexierung verfügbare Aktivität proportional zur Aktivität im Blut kurz vor der Therapie ist, dann beginnt das Kompartiment der komplexierten Aktivität zur Zeit t_0 mit der Menge $\eta I_u(t_0)$ und wird gemäß der Weibull-Verteilung entleert. Also nach Gl. 5:

$$i_c(t, t_0) = \eta I_u(t_0) \lambda k t^{k-1} e^{-\lambda t^k} \quad (9)$$

Durch Division mit I_u kann dieser Ausdruck normiert werden und man erhält näherungsweise:

$$\frac{\hat{e}_u(t)}{I_u} \approx 1 + \eta \lambda k (t - t_0)^{k-1} e^{-\lambda (t-t_0)^k} ; t > t_0 \quad (10)$$

Die Abklingphase der Ausscheidungsintensivierung lässt sich also durch die drei Parameter η , λ , k beschreiben. In Gl. 10 wurde $q(t, t_0) \ll I$ angenommen.

Abb. 5-30 zeigt die gemessene Abklingphase der Ausscheidungsintensivierung einer Person mit Wundkontamination durch ^{239}Pu und die angepasste Modellkurve. Die Werte der Parameter sind $\eta = 279$, $\lambda = 0.41$, $k = 0.77$. Eine möglichst genaue Beschreibung der Abklingphase ist wichtig zur Berechnung des Dekorporationseffektes. Das hier diskutierte Modell hat den Vorteil, dass mit nur drei Parametern eine gute Übereinstimmung mit den Messwerten erzielt werden kann.

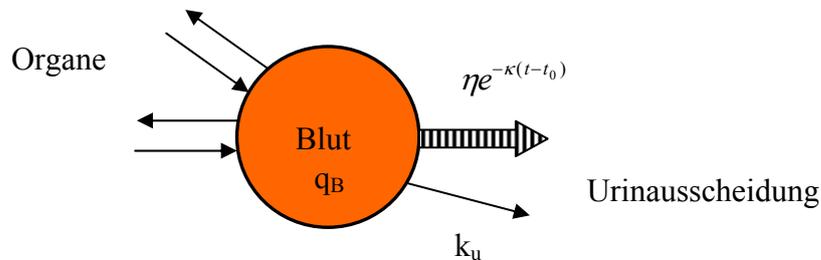


Abb. 5-31: Einfaches „mechanistisches“ Modell der DTPA-Wirkung

Die bisher übliche Anpassung von zwei Exponentialtermen erfordert die Schätzung von vier Parametern und führt gelegentlich - besonders bei schlechter Qualität der Daten - zu numerischer Instabilität. Außerdem ist das Modell nicht rein formal sondern erlaubt eine mechanistische Interpretation im Sinne eines Kompartimentes, bei dem die Verweilzeiten nach Weibull verteilt

sind. Es ist sogar möglich, die Verteilung und ihre Momente mit bekannten Parametern λ , k zu berechnen.

Mit den sogen. "empirischen" Modellen kann der Erfolg einer DTPA Therapie relativ genau abgeschätzt werden. Man erhält einen Wert für die zusätzlich durch Dekorporation entfernte Aktivität.

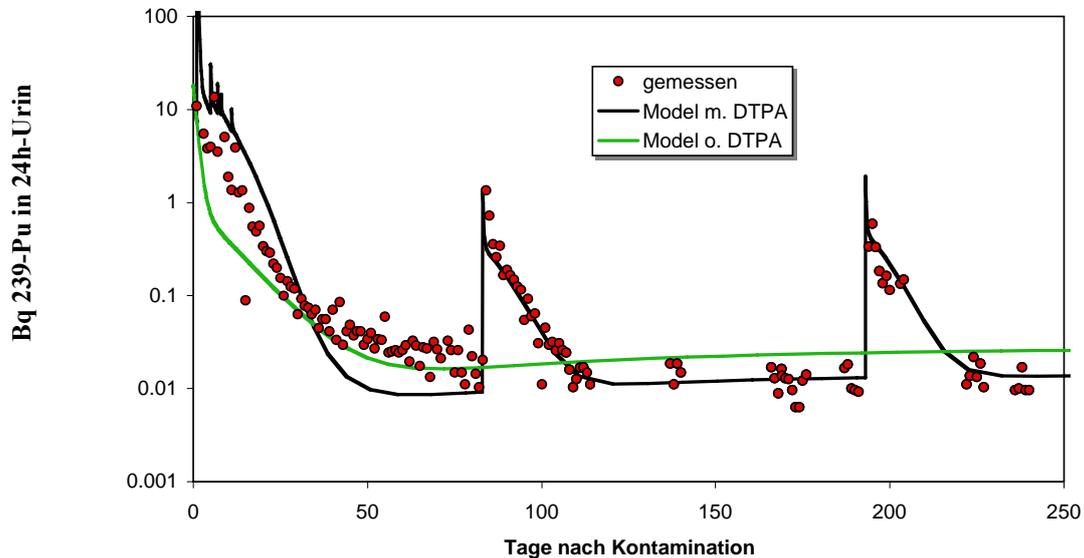


Abb. 5-32: Urinausscheidung von ^{239}Pu nach Wundkontamination. DTPA-Therapie am 1., 5., 7., 8., 11., 83. und 193. Tag nach Aufnahme

Die Reduktion der Strahlendosis in einzelnen Organ ist damit jedoch noch nicht bekannt. Zur Abschätzung der Dosisreduktion ist es erforderlich, detaillierte biokinetische Modelle einzusetzen und diese mit Annahmen über die Wirkung des Chelatbildners zu kombinieren. Ein solches Modell ist in Abb. 5-31 angedeutet. Es handelt sich wahrscheinlich um das einfachste denkbare Modell. Es wird lediglich angenommen, dass DTPA zusätzlich zur normalen Urinausscheidung (k_u) einen weiteren Ausscheidungspfad in den Urin öffnet. Dieser zusätzliche Pfad wird beschrieben durch eine zeitabhängige Ausscheidungsrate $\eta e^{-\kappa(t-t_0)}$. η kann dabei von der applizierten DTPA Dosis abhängig sein. κ steht in Beziehung zur typischen Wirkungsdauer (T) einer einzelnen DTPA Injektion/Infusion ($T = \ln 2 / \kappa$). Beide Parameter werden aus den Messungen durch Optimierung bestimmt. t_0 ist

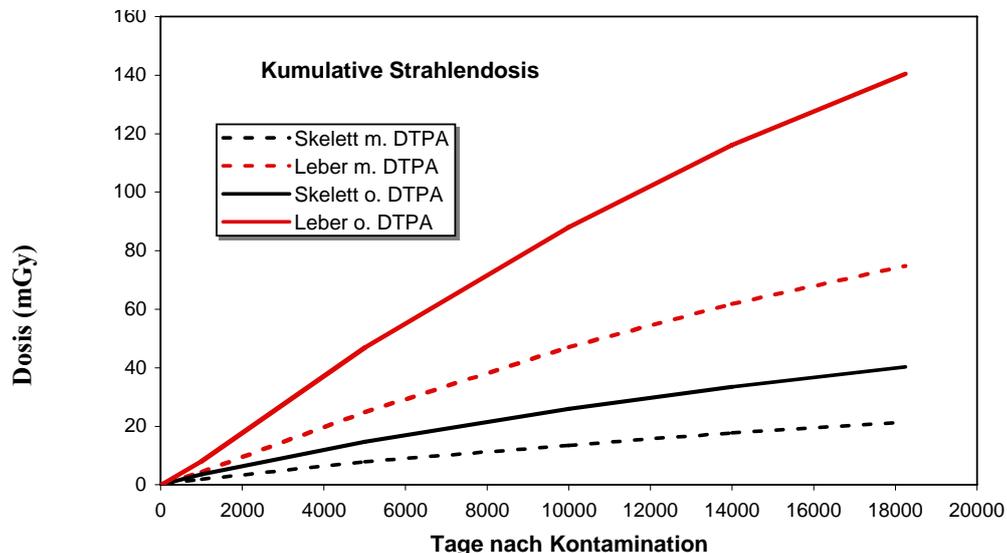


Abb. 5-33: Kumulative Strahlendosis in Skelett und Leber über 50 Jahre nach Wundkontamination (936 Bq ^{239}Pu)

der Zeitpunkt der DTPA-Injektion/Infusion. Das jeweils gewählte biokinetische Modell ist in Abb. 5-31 nur durch die Transferpfeile "Organe" angedeutet. In Frage kommen das derzeit gültige ICRP-Modell für Plutonium und andere Aktinide [ICRP94], das Modell von Luciani und Polig [Luc00] und das Modell von Leggett et al. [Leg05]. Das ICRP-Modell ist ungeeignet, da es einen unphysiologischen Ausscheidungspfad in den Urin annimmt und dieser Transportweg, abgesehen von kurzen Zeiten nach Aufnahme, im Wesentlichen die Urinausscheidung dieses Modells bestimmt. Das neue Plutonium-Modell von Leggett führt zwei Blutkompartimente ein, obwohl es dafür keine experimentelle Bestätigung gibt. Es hat außerdem eine andere Struktur als das vom gleichen Autor publizierte Americium-Modell. Die Berechnungen wurden deshalb mit dem Modell von Luciani und Polig durchgeführt.

Abb. 5-32 zeigt die Ausscheidungsrate im Urin einer Person, die ^{239}Pu durch Wundkontamination in das Blut aufgenommen hat. Die aufgenommene Aktivität und die Parameter η , κ wurden so gewählt, dass die beobachtete Ausscheidungsintensivierung am 83. und 193. Tag optimal mit den Messwerten übereinstimmen. Die Übereinstimmung mit Messungen zu früheren Zeiten ist nicht optimal und zeigt systematische Abweichungen. Die gesamte systemisch aufgenommene Aktivität ist 936 Bq, $\eta = 2.93 \text{ d}^{-1}$, $\kappa = 0.22 \text{ d}^{-1}$ entsprechend einer Wirkungsdauer (T) von 3.2 Tagen. Die grüne Kurve in Abb. 5-32 zeigt die erwartete Urinausscheidung, wenn keine DTPA-Therapie stattgefunden hätte. Trotz der Abweichungen bei kleinen Zeiten scheint das Modell die wesentlichen Eigenschaften der Messkurven richtig zu beschreiben.

Abb. 5-33 zeigt die 50-Jahre Folgedosis in Skelett und Leber berechnet auf der Grundlage des modifizierten biokinetischen Modells [Luc00]. Es wurden dabei lediglich die genannten 7 DTPA-Injektionen/Infusion berücksichtigt. In Wirklichkeit wurde die DTPA-Therapie über einen längeren Zeitraum fortgesetzt. In beiden Organen ergibt sich eine Dosisreduktion auf 55 % der Dosis ohne DTPA. Dieser Prozentsatz ist praktisch unabhängig von der Zeit und variiert lediglich um ca. 2 % zwischen 100 Tagen und 50 Jahren nach Kontamination.

In zahlreichen Tierversuchen wurde die Wichtigkeit der frühen Dekorporationstherapie für einen möglichst großen Therapieeffekt bestätigt. Insbesondere die Aktinide sind nach wenigen Tagen bereits fest an Knochenoberflächen oder intrazellulär gebunden und damit für die meisten Chelatbildner nicht mehr zugänglich. Eine Dekorporationswirkung kann dann nur noch durch die Unterbrechung der Rezirkulation erreicht werden. Rezirkulation bedeutet hier die Freisetzung des Radionuklids aus den Organen ins Blut durch natürliche physiologische Prozesse und die erneute Deposition in Organen. Die rezirkulierende Menge ist jedoch zu späteren Zeiten gering und entsprechend bescheiden ist der Therapieeffekt. Mit dem hier dargestellten Modell wurde

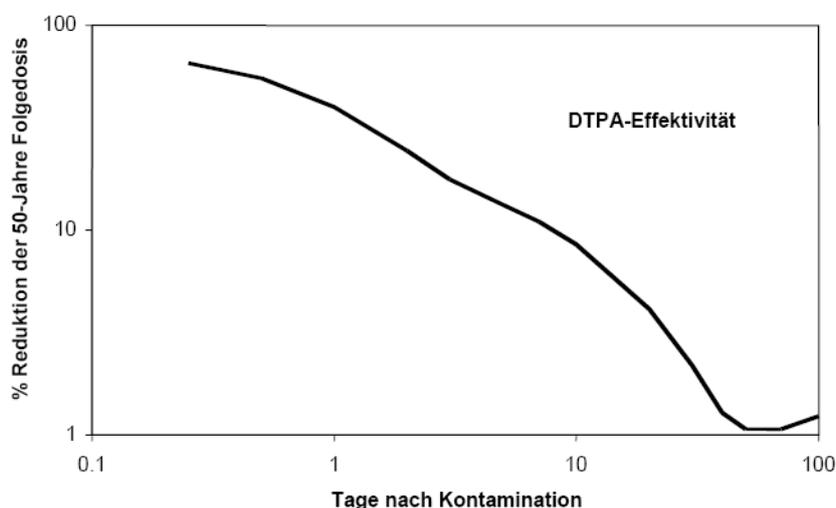


Abb. 5-34: Berechnete Effektivität einer DTPA- Injektion in Abhängigkeit von der Zeit nach Kontamination

die Wirkung einer einzelnen DTPA-Gabe in Abhängigkeit von der Zeit nach Pu-Aufnahme berechnet. Abb. 5-34 zeigt, dass nach ca. 6 h ungefähr 65 % der ins Blut aufgenommenen Aktivität entfernt werden können. Die Effektivität fällt schnell ab. Sie beträgt nach 10 Tagen noch 8.5 % und nach 50 Tagen nur noch 1 %. Die Prozentangaben beziehen sich wieder auf die Reduktion der 50-Jahre Folgedosis in Skelett und Leber.

Dieses sehr einfache Modell der DTPA-Wirkung beschreibt zwar einige der bekannten Dekorporationsphänomene richtig, man kann jedoch nicht erwarten dass damit bereits alle Einzelheiten erfasst werden. Ein Problem stellt insbesondere der gleichförmige Reduktionseffekt in allen Organen dar. In Tierversuchen wurde beobachtet, dass die Dekorporationswirkung von DTPA in einzelnen Organen unterschiedlich ist. Eine gleichmäßige Reduktion in allen Kompartimenten resultiert aus der Tatsache, dass hier nur eine Wirkung im Blut, nicht im extrazellulären Wasser (EZW) angenommen wurde. Eine Dekorporationswirkung im EZW wird jedoch grundsätzlich für möglich gehalten. Ob die unterschiedliche Wirkung in einzelnen Organen durch die verschiedenen EZW-Anteile erklärbar ist, bleibt zukünftigen Untersuchungen vorbehalten.

5.3.2.3 Untersuchung der inter-individuellen Variation von biokinetischen Modellen

W. Klein, B. Breustedt

Bei der Dosimetrie inkorporierter radioaktiver Stoffe (interne Dosimetrie) spielen die zeitliche und räumliche Verteilung der Radionuklide im menschlichen Körper eine wichtige Rolle. Oft können sie aber nicht außerhalb des Körpers gemessen werden. Um trotzdem eine Dosisabschätzung vornehmen zu können, werden biokinetische Modelle [And83, God83, Jaq96, Jaq99] verwendet. Diese Modelle vereinfachen den Menschen meist, indem sie ihn in mehrere biologisch homogene Einheiten, sogenannte Kompartimente unterteilen. Die Umverteilung, der an den Stoffwechselprozessen teilnehmenden Stoffe, wird mittels Übergangsraten beschrieben. Die Übergangsrate von einem in ein anderes Kompartiment ist proportional zum Inhalt des liefernden Kompartiments. Die Proportionalitätsfaktoren liefert das Modell. Sie werden als Transferkoeffizienten bezeichnet. Die Transferkoeffizienten der verwendeten Modelle sind Mittelwerte und entsprechen nicht immer denen einer realen Person, deren Werte mitunter stark von den Werten des Standardmenschen abweichen können.

Untersuchungen im Rahmen einer Diplomarbeit haben ergeben, dass man davon ausgehen kann, dass die Transferkoeffizienten wie auch andere physiologische Parameter lognormalverteilt sind. Ein Vergleich der Streuungen von in Fallstudien gemessenen Verteilungen mit Monte-Carlo-Simulationen des Modells deutet darauf hin, dass die durchschnittliche relative Standardabweichung (Variationskoeffizient) der Lognormalverteilungen bei ca. 60 % liegt. Bedingt durch die dürftige Datenlage lassen sich die Verteilungen der einzelnen Transferkoeffizienten nicht genauer bestimmen.

Für die Dosis, die durch Inkorporation radioaktiver Stoffe entsteht, ist die Menge des aufgenommenen Nuklids entscheidend. Die Aktivitäten der hier betrachteten Nuklide lassen sich außerhalb des Körpers nur sehr schwer ermitteln (Pu-239 ist ein reiner alpha-Strahler), daher werden für die Berechnung der inkorporierten Aktivität und der damit einhergehenden Dosis Proben der Ausscheidungsprodukte genommen, radiochemisch aufbereitet und deren Aktivität bestimmt. Abhängig von der Aufnahme (Inhalation, Ingestion, Inkorporation über eine Wunde), der chemischen und physikalischen (Korngröße) Form unterscheiden sich die Ausscheidungskurven und die sie beschreibenden biokinetischen Modelle. Selbst wenn in einem konkreten Fall Inkorporationspfad, chemische Zusammensetzung und Korngrößen bekannt sind, können die modellierten Kurven für die Ausscheidung nur Richtwerte liefern, da die Geschwindigkeiten der Stoffwechselprozesse einer Person unter Umständen stark von den gemittelten Werten des Modells abweichen können. In den folgenden Abbildungen (Abb. 5-35 und Abb. 5-36) werden die Unsicherheiten bei der Ausscheidung von Plutonium verdeutlicht, indem sowohl der Kurvenver-

lauf des Modells als auch die Verläufe der Erwartungswerte und des 95 %-Vertrauensbands variiert Modelle dargestellt werden. Die statistischen Kurven erhält man durch Variation der Transferkoeffizienten des Stoffwechselmodells, so dass sie Lognormalverteilungen mit Variationskoeffizienten von 0,6 entsprechen.

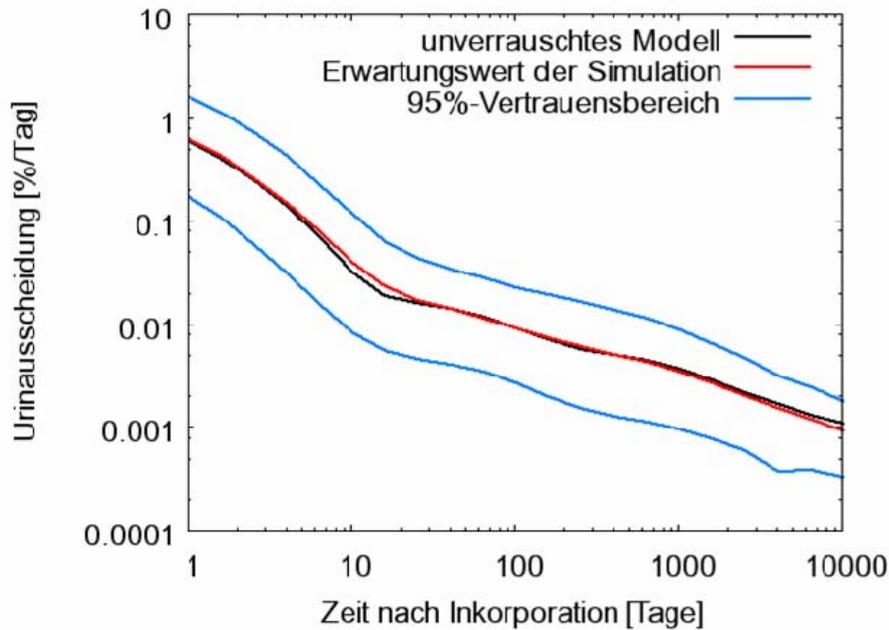


Abb. 5-35: Zeitlicher Verlauf der Urinausscheidung von Pu

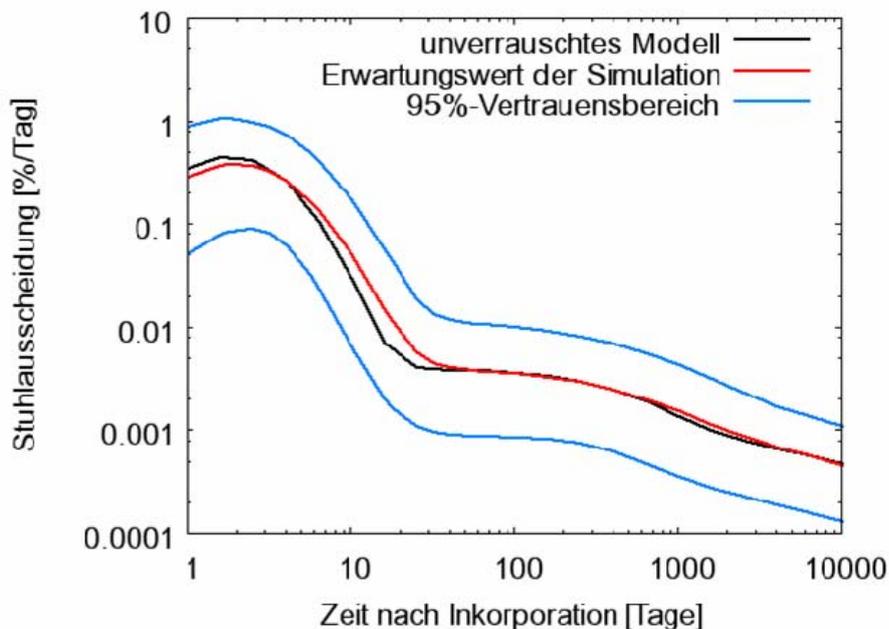


Abb. 5-36: Zeitlicher Verlauf der Stuhlausscheidung von Pu

Zur Berechnung der aufgenommenen Aktivität (Intake) müssen die Kurven, die den Anteil der mit Stuhl und Urin ausgeschiedenen Aktivität zeigen, durch Skalierung an gemessene Daten angepasst werden. Die Breite des Vertrauensbands zeigt, dass eine verlässliche Berechnung der

aufgenommenen Aktivität nicht möglich ist, sondern nur eine Abschätzung der Größenordnung erfolgen kann.

Um zu untersuchen wie stark die Abschätzung der aufgenommenen Aktivität nur aufgrund der persönlichen Abweichungen der Transferkoeffizienten von den Mittelwerten differieren, wurden mit Hilfe von Computersimulationen Ausscheidungsdatenreihen generiert (hier: 10 Werte für die Urinausscheidung an 10 aufeinanderfolgenden Tagen) und damit die aufgenommene Aktivität berechnet. Der Skalierungsfaktor kann über verschiedene Verfahren ermittelt werden. Die gebräuchlichsten Optimierungsfunktionen sind die Minimierung der Abstandsquadrate, der Abstandsquadrate der logarithmierten Werte und das Quadrat der relativen Abweichungen. In Abb. 5-37 wird von dem häufigsten Aufnahmeweg, der Inhalation, ausgegangen. Die Abschätzung der aufgenommenen Aktivität erfolgt durch Minimierung der Abstandsquadrate der logarithmierten Werte, da so die Abweichungen angemessen berücksichtigt werden, auch wenn sich die Daten über mehrere Größenordnungen erstrecken.

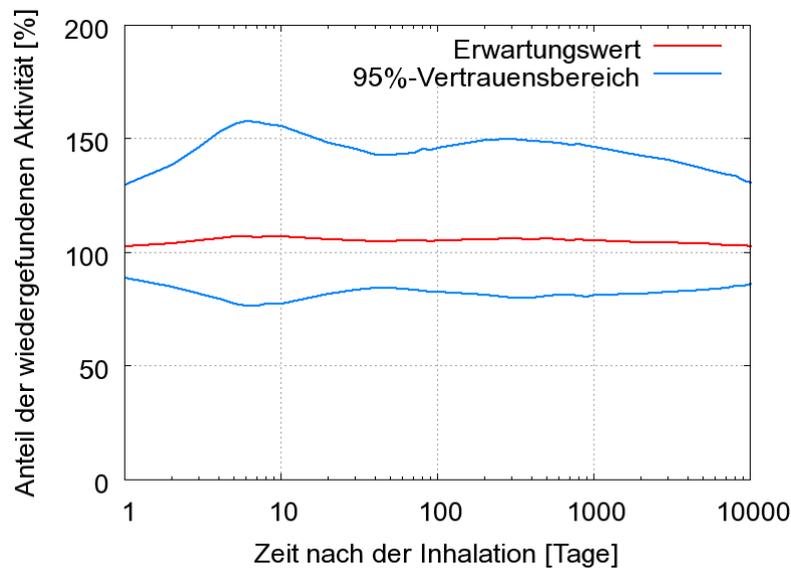


Abb. 5-37: Berechnung der inhalierten Aktivität

Möchte man eine Verbesserung der Abschätzung erreichen, so kann man sich auf Erwartungswerte anstelle der Werte des unverrauschte Modell beziehen und die Werte der zu Grunde liegenden Datenreihen unterschiedlich gewichten, so dass Werte zu Zeiten an denen die Unsicherheit besonders groß ist weniger stark in die Berechnung eingehen. In der unten gezeigten Abbildung (Abb. 5-38) wurden die Datenpunkte mit dem Kehrwert der relativen Breite des Vertrauensbereichs an der jeweiligen Stelle gewichtet und die Abstände zu den Erwartungswerten minimiert.

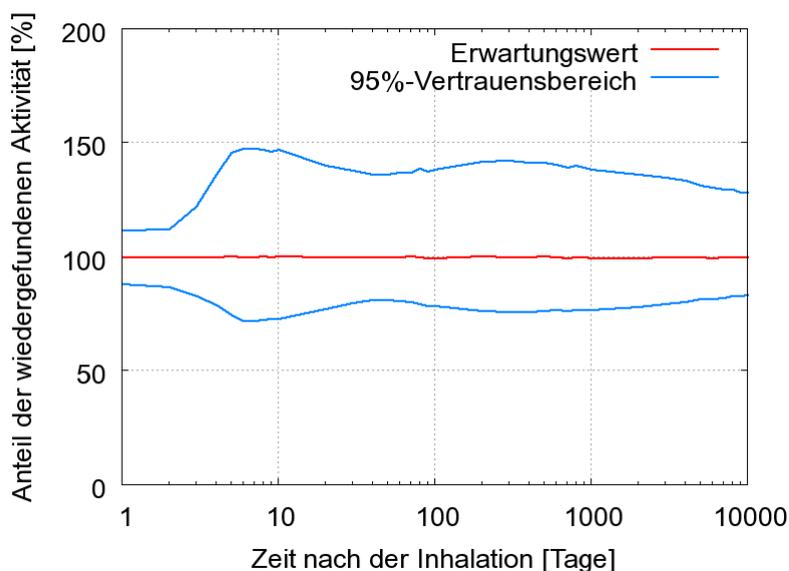


Abb. 5-38: Optimierte Berechnung der inhalierten Aktivität

Wie zu erwarten führt das zu einer Anpassung der Erwartungswerte der berechneten Aktivität. Die Vertrauensbereichsbreite für die berechnete aufgenommene Aktivität lässt sich so um ca. 20 % verringern. Auch bei idealer Berücksichtigung der unterschiedlichen Sicherheit der eingehenden Werte ist kein bedeutend größerer Effekt zu erreichen, da der Vertrauensbereich der verwendeten Daten über den kompletten Wertebereich relativ konstant bleibt.

Eine weitere Optimierung des Verfahrens soll erreicht werden, indem eine gewichtete Berechnung, die sowohl die Urin- als auch die Stuhlausscheidung berücksichtigt, durchgeführt wird. Des Weiteren folgen Untersuchungen, die die Empfindlichkeit der Ausscheidungen bezüglich einzelner Transferkoeffizienten, Auswirkungen korrelierter Variation der Transferkoeffizienten und der Einfluss anderer Fehlerquellen auf die Dosisberechnung behandeln.

5.4 Natürliche Strahlenexposition, Strahlenexposition bei „Arbeiten“

5.4.1 Radonerhebungsmessungen in Wasserwerken in Baden-Württemberg

S. Nagels, F. Becker, S. Ugi

Die Inhalation kurzlebiger Radon-Zerfallsprodukte ist eine wesentliche Quelle auch für eine berufliche Strahlenexposition z. B. in Wasserwerken. Ein Rückschluss auf die zu erwartende berufliche Exposition in Wasserwerken aus der Konzentration in Bodenluft (z. B. Vorhaben "Radon in Häusern" oder aus dem Vorhaben "Radon in Trinkwasser") hat sich als nicht möglich erwiesen, dies ist u. a. auf weitaus größere zurückgelegte Wegstrecken des geförderten radonhaltigen Wassers zurückzuführen. Während Radon in Häusern von der bodennahen Geologie (z. B. Granit im Südschwarzwald) abhängt, spielen bei der Radonkonzentration in Trinkwasser vor allem geologische Aspekte des Wassergewinnungshorizontes eine Rolle (z. B. Gneis im süddeutschen Schichtstufenland). Bei Radon in Wasserwerken kommen zusätzlich noch bauliche und geologische Aspekte (z. B. der Belüftungsanlagen, Auslegung der Gebäude) zum Tragen.

In Baden-Württemberg werden derzeit ca. 350 Wasserwerke mit ca. 3 500 Trinkwassergewinnungsstellen betrieben. Aus Voruntersuchungen ist bekannt, dass auch in Baden-Württemberg Anlagen existieren, deren Mitarbeiter erhöhten Strahlenexpositionen durch Radon ausgesetzt sein können. Dabei wurde deutlich, dass es keine verlässlichen Anhaltspunkte für eine Prognose z. B. aufgrund des jeweils vorherrschenden Untergrunds oder der Wassergewinnung aus Quellen oder Tiefbrunnen gibt. Ende 2005 wurde ein 18-monatiges Vorhaben begonnen, um möglichst flächendeckend Betreiber von Wasserwerken zu informieren. In Form von begleiten-

den Messungen in Baden-Württemberg soll ein Überblick über die tatsächliche Strahlenexposition von Mitarbeitern gewonnen werden und, sofern erforderlich und möglich, Vorschläge für einfache aber wirkungsvolle Maßnahmen zur Reduzierung der Strahlenexposition gemacht werden. Dieses Vorhaben wird über den Projektträger BWPlus im Auftrag des Landes Baden-Württemberg finanziert und schließt an frühere Arbeiten der Hauptabteilung Sicherheit zu diesem Thema an.

Die Gruppe Kompetenzerhalt im Strahlenschutz - externe Dosimetrie der Hauptabteilung Sicherheit (HS-KES) hat zusammen mit dem Umweltministerium Baden-Württemberg (UM) den Städte- und Gemeindetag Baden-Württemberg sowie die Regionalgruppe der Deutschen Vereinigung des Gas und Wasserfaches e.V. (DVGW) über das Radonprojekt informiert.

HS-KES hat zu Beginn des Projekts die Internetpräsenz www.fzk-radon.de erstellt, auf der alles Wissenswerte für die Wasserwerke, wie Anmeldeformular, Termine, Vorträge und weiterführende Informationen zu finden sind. Auf verschiedenen Informationsveranstaltungen hat HS-KES Wasserwerksmitarbeiter, Berufsgenossenschaften und Verbände des Wasserfaches über das Radonprojekt informiert, Gründe für die Durchführung gezeigt und Informationen verbreitet. Auf diesen Wegen wurden bisher ungefähr 300 Wasserversorgungsunternehmen (WVU) erreicht. Einige dieser WVU haben in der Vergangenheit schon Messungen durchgeführt und nehmen von daher nicht mehr an dem Radonprojekt teil. Zum jetzigen Zeitpunkt verzeichnet das Radonprojekt 126 teilnehmende WVU.

In jedem Hochbehälter-Kammerraum und jedem Aufbereitungsgebäude, also überall dort, wo eine erhöhte Radonkonzentration nicht ausgeschlossen werden kann, wird ein Radonexposimeterpaar positioniert. Die Wasserwerksbetreiber bestimmen die Orte und bestellen die gewünschte Anzahl an Ortsexposimetern. Diese werden dann von HS-KES in gasdicht verschweißten Aluminiumtüten an die WW versandt. Das WW erhält dazu die erforderlichen Beschreibungen sowie ein Protokoll. In dieses Protokoll trägt der Mitarbeiter die Expositionsorte sowie den Expositionstartzeitpunkt (Zeitpunkt des Auspackens) sowie den Endpunkt (Zeitpunkt des Einpackens) ein. Zusammen mit den exponierten Detektoren sendet der Mitarbeiter die Protokolle nach maximal 14 Tagen Expositionszeit an HS-KES zurück. Die Ortsmessungen geben Aufschluss über Orte in den Anlagen, an denen eine erhöhte Radonkonzentration vorhanden ist. Für Sonderarbeiten wie zum Beispiel Behälterreinigungen sind gesonderte Messungen vorgesehen.

Zusätzlich wählen die WVU die Mitarbeiter der Wasserwerksanlage aus, bei denen auf Grund ihrer routinemäßigen Arbeiten eine höhere Radonexposition zu erwarten ist und die deshalb ein Radonexposimeter tragen sollten. Dabei können Personen mit vergleichbaren Arbeiten zusammengefasst werden, dann trägt repräsentativ für diese Personengruppe nur eine Person das Radonexposimeter. Jedes Personenexposimeter besitzt ein zugehöriges Referenzexposimeter, das an Orten mit geringer Radonkonzentration gelagert werden soll. An diesem Ort wird das Personenexposimeter außerhalb der Arbeitszeit aufbewahrt. Die Konzentration des Referenzortes wird bei der Auswertung des personengebundenen Exposimeters berücksichtigt. Die personengebundenen Exposimeter werden für mindestens drei Monate von den ausgewählten Personen bei Arbeiten im Wasserwerk getragen.

Bisher gewonnene Ergebnisse zeigen, dass erhöhte Konzentrationen von Radon und seinen kurzlebigen Folgeprodukten an Arbeitsplätzen in Wasserwerken auftreten können und damit das dort beschäftigte Personal schon bei einer arbeitstäglichen Aufenthaltsdauer von 1 Stunde in den betroffenen Bereichen einer Strahlenexposition über dem Jahres-Eingreifwert ausgesetzt werden kann (siehe Abb. 5-39 und Abb. 5-40).

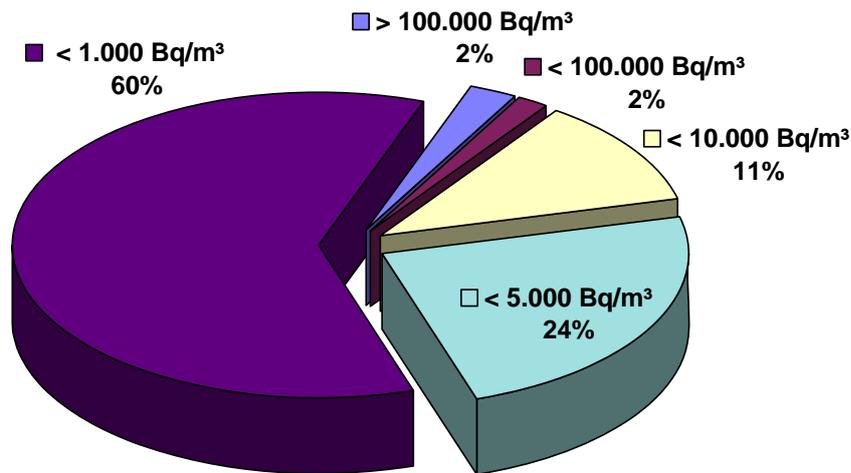


Abb. 5-39: Zusammenfassung aller bisher gemessenen Ortskonzentrationen des Edelgases Radon in Wasserwerken

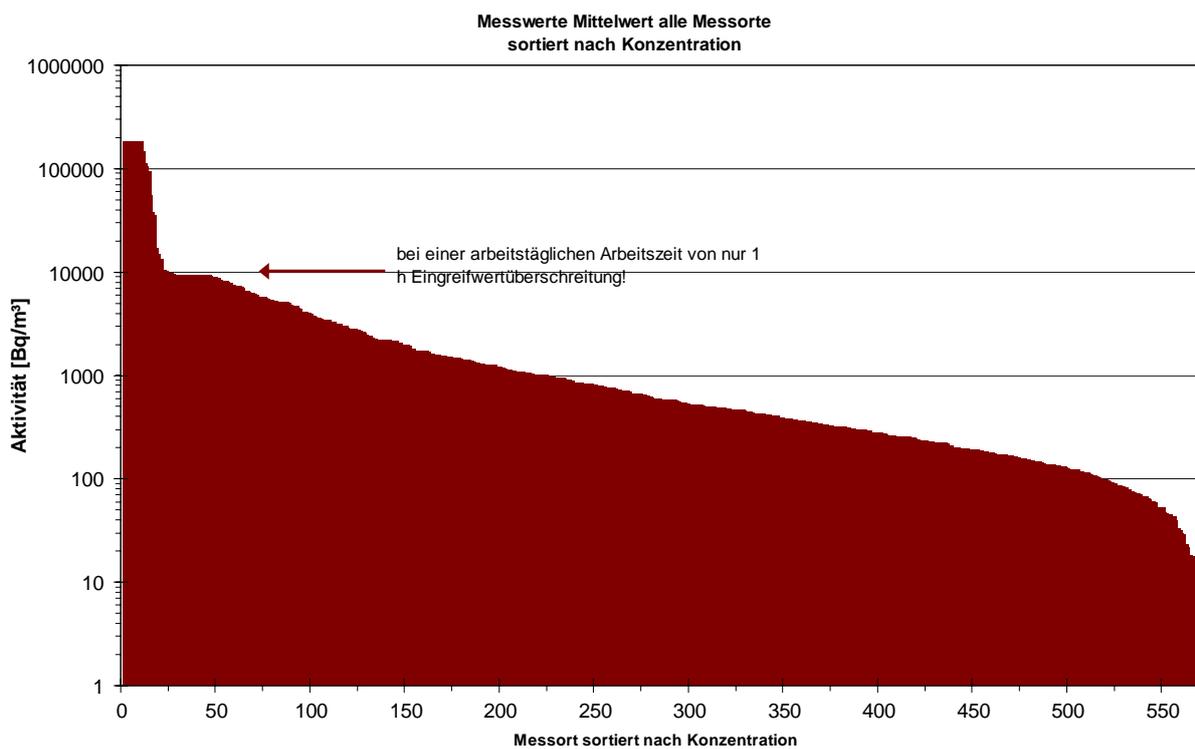


Abb. 5-40: Übersicht über alle Ortsmesswerte des Edelgases Radon in Wasserwerken sortiert nach der Konzentration

Wenn die Abschätzung der aus der Radonexposition ermittelten effektiven Dosis ergibt, dass diese für im Wasserwerk beschäftigtes Personal mehr als 6 Millisievert (mSv) im Kalenderjahr beträgt, sind weitere Maßnahmen zu ergreifen. So ist u. a. die Radonexposition der betroffenen Mitarbeiter dauerhaft zu ermitteln, um die Einhaltung des Jahresgrenzwerts der effektiven Dosis für beruflich strahlenexponierte Personen von 20 mSv sicherstellen zu können. Bei Radonexpositionen kann davon ausgegangen werden, dass die effektive Dosis von 6 mSv im Jahr durch diese Expositionen nicht überschritten ist, wenn das Produkt aus Aktivitätskonzentration von

Radon-222 am Arbeitsplatz und Aufenthaltszeit im Kalenderjahr den Wert von $2\,000\text{ kBq h m}^{-3}$ nicht überschreitet (§ 95 (2) StrlSchV).

Eine Abschätzung der Radonexposition aus den gemessenen Ortskonzentrationen ist beliebig ungenau, deswegen werden im Zuge des Projekts auch personenbezogene Messungen durchgeführt. Die Ergebnisse der bisher gemessenen Personen sind in Abb. 5-41 dargestellt. Ab einer Jahrespersonensexposition von $1\,000\text{ kBq h m}^{-3}$ sollten im Rahmen des allgemeinen Arbeitsschutzes Maßnahmen besondere Beachtung finden, die zu einer weiteren Verringerung der Radon-Arbeitsplatzkonzentrationen beitragen können (z. B. häufiges Lüften, Verringerung der Aufenthaltszeiten in den Räumen mit erhöhter Radonkonzentration).

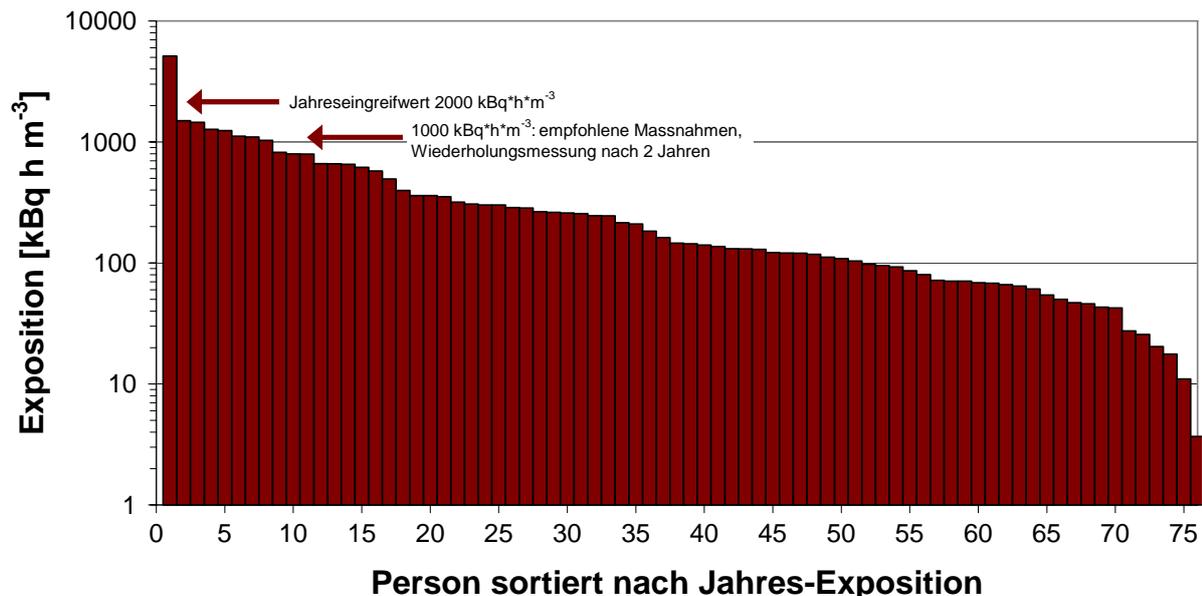


Abb. 5-41: Zusammenfassung der bisher gemessenen Personenexpositionen durch Radon an Arbeitsplätzen in Wasserwerken

Bis zum Ende des Projekts im September 2007 sollen noch möglichst viele Wasserwerke an dem Projekt teilnehmen. Weitere Informationsveranstaltungen, Pressemitteilungen und akquisitive Maßnahmen werden durchgeführt.

5.5 Anwendung von Routineverfahren

Um den von HS-KES angestrebten Kompetenzerhalt zu garantieren, werden auch Routineverfahren angeboten. Der direkte Kontakt zu Benutzern der verschiedenen Verfahren bietet die Möglichkeit von Verbesserungen und Anpassungen. Bei HS-KES wurden als Routineverfahren Thermolumineszenzdosimetrie sowie passive und aktive Radonmessverfahren eingesetzt.

5.5.1 TLD Verfahren

5.5.1.1 Umgebungsdosimetrie und spezielle Anwendungen

Bei HS-KES, Gruppe externe Dosimetrie werden für die Umgebungsdosimetrie zwei Verfahren angeboten. Zum Nachweis der Photonenumgebungsäquivalentdosis werden Thermolumineszenzdosimeter bestehend aus TLD-700-Detektoren in einer Polyäthylenkapsel entsprechend einer Abdeckung von 500 mg/cm^2 angeboten. Im Jahr 2006 wurden von diesen Dosimetern 516 Stück ausgegeben.

Bei HS-KES läuft die Umstellung der Umgebungsdosimetrie für Photonen auf die selbst entwickelten H*(10) -Kugeln. Die meisten Kunden wurden im Jahr 2006 aber noch mit der PE-Kapsel versorgt.

Zum Nachweis der Neutronenäquivalentdosis werden passive Neutronen-Äquivalentdosismesser, bestehend aus einer Polyäthylenkugel von 30 cm Durchmesser mit einem thermischen Neutronendetektor im Zentrum angeboten. Als Detektoren werden TLD700 / TLD600 - Detektorpärchen verwendet. Dieses Detektorsystem wurde 62 mal im Jahr 2006 ausgegeben.

Im Jahr 2006 wurden weiterhin 810 Thermolumineszenzdetektoren für spezielle Anwendungen, z. B. Messungen in Phantomen in der Medizin oder Hochdosismessungen an Beschleunigeranlagen ausgegeben.

5.5.1.2 Nichtamtliche Personen- und Teilkörperdosimetrie

M. Schaller, S. Nagels

Für die nichtamtliche Teilkörperdosimetrie der lokalen Hautdosis der Hände bietet HS-KES externe Dosimetrie drei Fingerringdosimeter aus Edelstahl mit Thermolumineszenzdetektoren an: für Röntgen- und Gammastrahlungsfelder den Typ PHOTONEN, für Mischstrahlungsfelder mit Betastrahlung die Typen BETA-200 und BETA-50. Die Zahl 200 und 50 bezieht sich auf die jeweilige untere Grenze der mittleren Betaenergie, die mit dem Fingerringdosimeter noch nachgewiesen werden kann.

Alle drei Fingerringdosimetertypen sind bauartgleich der Fingerringdosimeter die im August 2001 die Bauartzulassung für den Photonennachweis in der neuen Messgröße Oberflächen- Äquivalentdosis $H_p(0,07)$ unter Federführung der ehemaligen Karlsruher Messstelle erhielten. Im Jahre 2003 wurde der Photonenenergiebereich des Typs BETA-50 bis zu 7 keV erweitert. Im Jahr 2006 wurden von HS-KES nur FZK intern Betaringe ausgegeben.

Als weiteres nichtamtliches Dosimeter wird ein am Forschungszentrum Karlsruhe entwickeltes universelles Albedoneutronendosimeter eingesetzt. Das Neutronendosimeter 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. 2006 wurden von HS-KES Albedodosimeter nur innerhalb des Zentrums ausgegeben.

5.5.2 Kernspurverfahren

M. Schaller, S. Nagels

Zur Überwachung der Radonkonzentration in der Luft werden im Forschungszentrum Karlsruhe entwickelte passive Radondiffusionskammern (Radonexposimeter) mit Kernspurätzdetektoren eingesetzt. Zusätzlich erfolgt die Bereitstellung von Kernspurdetektoren für Kunden, die die Auswertung der Radonexposimeter selbst durchführen.

Voraussetzung für die Zulassung als Radonmessstelle nach der "Richtlinie für die Überwachung der Strahlenexposition bei Arbeiten nach Teil 3 Kapitel 2 der Strahlenschutzverordnung" durch das Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) ist die jährliche Teilnahme an der seit 2003 vom BfS veranstalteten Vergleichsprüfung. Die Ergebnisse unserer Auswertungen im Jahr 2006 sind in Tab. 5-7 wiedergegeben.

$P_{Rn, Ref} [\text{kBq}\cdot\text{h}\cdot\text{m}^{-3}]$	$U_{Rn, Ref}$ in %	$P_{Rn, FZK} [\text{kBq}\cdot\text{h}\cdot\text{m}^{-3}]$	rel. Messabweichung zu $P_{Rn, Ref}$ [%]
157	12	174,1	10,9
671	7	729,1	8,7
716	7	688,1	-3,9
3423	7	3261,6	-4,7

Tab. 5-7: Ergebnisse des Radonlabors bei der BfS Radonvergleichsbestrahlung 2006

Im Jahre 2006 wurden, außerhalb des Radonprojekts (s. Kap. 5.4.1), 296 Radonexposimeter und zusätzlich 1 199 Kernspurfolien ausgewertet.

6 Umweltschutz

6.1 Betriebsbeauftragte

J. Brand, K. Dettmer

Das Forschungszentrum Karlsruhe ist gesetzlich verpflichtet, Betriebsbeauftragte für Abfall, für Gewässerschutz, für Immissionsschutz sowie einen Gefahrgutbeauftragten zu bestellen. Die Aufgaben dieser Betriebsbeauftragten wurden im Berichtsjahr durch zwei Mitarbeiter der Abteilung „Technisch administrative Beratung und Genehmigungen“ wahrgenommen. Jeweils in Personalunion erfüllen der Gefahrgut- und Abfallbeauftragte sowie der Gewässerschutz- und Immissionsschutzbeauftragte die gesetzlichen Anforderungen, die sich insbesondere aus dem Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz (KrW-/AbfG), der Gefahrgutbeauftragtenverordnung (GbV), dem Wasserhaushaltsgesetz (WHG) und dem Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG) ergeben. Die Beauftragten sind organisatorisch der Hauptabteilung Sicherheit (HS) zugeordnet, so dass neben der organisatorischen Unabhängigkeit von den operativen Betriebsbereichen auch der rechtlichen Forderung nach Zusammenarbeit im Arbeits- und Umweltschutzbereich Rechnung getragen werden kann. Auf diese Weise sind die Umweltschutzbeauftragten darüber hinaus enger in genehmigungsrelevante Vorhaben des Forschungszentrums eingebunden.

Zu den rechtlich vorgeschriebenen Aufgaben der Betriebsbeauftragten im Umweltschutz gehören vorwiegend Beratungs- und Kontrolltätigkeiten sowie Überwachung, Information und Dokumentation. Zusätzlich werden von den Umweltschutzbeauftragten die wiederkehrenden Prüfungen innerhalb des Zentrums überwacht sowie bestimmte Aufgaben im Hinblick auf die Umsetzung der chemikalienrechtlichen Anforderungen, insbesondere der Gefahrstoffverordnung wahrgenommen.

6.1.1 Beförderung gefährlicher Güter und Gefahrgutumschlag

J. Brand

Das Forschungszentrum Karlsruhe ist an der Beförderung gefährlicher Güter auf öffentlichen Verkehrswegen in mehrfacher Hinsicht beteiligt. Es sind vor allem die gesetzlichen Pflichten für die Transportvorbereitung (als Auftraggeber, Absender bzw. Versender, Verpacker, Befüller und Verlader) und für die Transportnachbereitung (Empfänger) wahrzunehmen. Die Beförderungen finden im Straßen-, Schienen- und im Luftverkehr, gelegentlich auch im Seeverkehr statt. Regelmäßig werden gefährlicher Güter fast aller Klassen⁵ versendet und empfangen, mit Ausnahme von Explosivstoffen der Klasse 1 und von ansteckungsgefährlichen Stoffen der Klasse 6.2.

Die Aufgaben des Forschungszentrums im Zusammenhang mit der Gefahrgutbeförderung wurden organisatorisch unterteilt in

- den Umschlag von (nicht-radioaktiven) Gefahrgütern als Produkte

⁵ Gefahrgüter werden nach der Art ihrer Gefährlichkeit in 9 Klassen eingeteilt. Diese Gefahrgutklassen sind verkehrsträgerübergreifend weitgehend harmonisiert und in den jeweiligen verkehrsträgerspezifischen Vorschriften beschrieben, z.B. in Teil 2 des ADR bzw. RID für den Straßen- bzw. Schienenverkehr, in Kapitel 2 der ICAO-TI und in Abschnitt 3 der IATA-DGR für den Luftverkehr sowie in Teil 2 des IMDG-Codes für den Seeverkehr.

- den Umschlag von (nicht-radioaktiven) gefährlichen Abfällen und
- den Umschlag radioaktiver Gefahrgüter der Klasse 7

Die Beförderung von Gütern der Klasse 7 ist aufgrund der besonderen Eigenschaft radioaktiver Stoffe und der Überschneidung von umgangs- und transportrechtlichen Anforderungen an besondere technische und organisatorische Voraussetzungen geknüpft. In erster Linie sind davon die materiellen Verpackungs- und Versandanforderungen betroffen. Darüber hinaus erfordert die Vorbereitung und Nachbereitung einer Radioaktivbeförderung die enge Zusammenarbeit von Versand-, Verlade- bzw. Empfangspersonal mit dem Personal des operativen Strahlenschutzes.

Aufgrund des Umfangs und der erheblichen Änderungsdynamik der gefahrgutrechtlichen Vorschriften wurden im Forschungszentrum alle Tätigkeiten, die mit der Beförderung gefährlicher Güter 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. Darüber hinaus werden die wissenschaftlich tätigen Mitarbeiter in den Instituten von der Anwendung der komplexen Gefahrgutvorschriften – allein das internationale Regelwerk für den Straßenverkehr ADR⁶ hat einen Umfang rund 1 000 Seiten Papier – weitgehend entlastet.

Die Abfertigung aller Sendungen von radioaktiven Gefahrgütern der Klasse 7 wird durch die Beförderungsleitstelle der Hauptabteilung Dekontaminationsbetriebe (HDB) wahrgenommen. 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. Auch bei der Entgegennahme von angelieferten Radioaktivsendungen ist die Beförderungsleitstelle einzubinden. Hierzu liegen verbindlich anzuwendende Verfahrensweisungen vor.

Für Beförderungen radioaktiver Stoffe, die vom Forschungszentrum ausgehen, werden zuverlässige Transportunternehmen mit – sofern erforderlich – entsprechender Beförderungsgenehmigung beauftragt. Insgesamt wurden von der Hauptabteilung Dekontaminationsbetriebe (HDB) für das Forschungszentrum 41 und für eigene Zwecke 94 An- und Abtransporte über die Verkehrsträger Straße und Schiene abgefertigt (teilweise mit anschließendem bzw. vorausgegangenem Lufttransport). Als Transportmittel wurden auf der Straße Lkw, Pkw, Kleintransporter bzw. Container und auf der Schiene Eisenbahnwagen und Container eingesetzt.

Der Transport radioaktiver Stoffe innerhalb des Betriebsgeländes ist durch die interne Transportordnung (ITO) geregelt. Diese ist Bestandteil der atomrechtlichen Genehmigung des Forschungszentrums nach § 9 Abs. 1 AtG.

Die Beförderungsvorbereitung und der Versand nicht-radioaktiver Gefahrgüter als Produkte findet durch die Hauptabteilung Einkauf- und Materialwirtschaft (EKM-MW) statt, während die entsprechenden Tätigkeiten bei nicht-radioaktiven Abfällen als gefährliche Güter durch die Abfallwirtschaftszentrale (BTI-V) des Forschungszentrums wahrgenommen werden. Der Empfang von Gefahrgut erfolgt über den Wareneingang beim Chemikalienlager. Von dort werden die Gü-

⁶ ADR = Accord européen relatif au transport international des marchandises Dangereuses par Route (Europäisches Übereinkommen über die internationale Beförderung gefährlicher Güter auf der Straße)

ter in den Originalverpackungen unterschiedlicher Größe innerbetrieblich weitertransportiert und verteilt. Eingehende Tanktransporte und Anlieferungen von Druckgasflaschen bedienen direkt die Entladeeinrichtungen bei den Organisationseinheiten.

Im Berichtsjahr wurden rund 200 Antransporte von Gasen in Druckbehältern oder Tankfahrzeugen und anschließendem Abtransport von leeren ungereinigten Gefäßen oder Tankfahrzeugen (ebenfalls Gefahrguttransporte) abgewickelt. Hinzu kamen etwa 90 Anlieferungen sowie 19 ausgehende Sendungen von Feinchemikalien und technischen Chemikalien. Heizöl wurde 2006 nicht angeliefert. Über die Abfallwirtschaftszentrale wurden rund 20 Beförderungen von gefährlichen Abfällen (als Gefahrgut) durchgeführt. Insgesamt wurden rund 2 000 Mg nicht-radioaktiver Gefahrgüter umgeschlagen.

Neben den Beförderungen, die das Forschungszentrums betreffen, finden über das Betriebsgelände am Standort Eggenstein-Leopoldshafen Aus- bzw. Anlieferungen von Gefahrgutsendungen für die stationären Fremdfirmen, insbesondere für das Institut für Transurane (ITU), die Wiederaufarbeitungsanlage Karlsruhe Rückbau- und Entsorgungs-GmbH (WAK) und die Zyklotron Karlsruhe AG (ZAG) statt.

Im Berichtszeitraum kam es weder zu Unfällen, noch zu sicherheitsrelevanten besonderen Ereignissen. Insgesamt wurden nahezu 100 Einzelvorgänge zum Gefahrgutumschlag durch den Gefahrgutbeauftragten kontrolliert. Zumeist formale Mängel wurden bei der Anlieferung bzw. Annahme radioaktiver Stoffe bei der Beförderungsleitstelle bzw. bei nicht-radioaktiven Gefahrgütern bei EKM-MW (Wareneingang) sowie bei der Beförderung gefährlicher Abfälle durch Fremdfirmen festgestellt. Diese Mängel wurden jeweils unmittelbar den Verantwortlichen der Hersteller, Lieferanten und Speditionen mit der Maßgabe zur Beseitigung mitgeteilt sowie intern kommuniziert.

Insgesamt gab es wenig Anlass zu Beanstandungen. Allgemein ist ein hohes Sicherheitsniveau festzustellen, das zurückgeführt werden kann auf eine übersichtliche Organisation mit einer klaren Zuweisung der Zuständigkeiten, die intensive Beratungstätigkeit und Informationsvermittlung, sowie eine funktionierende Zusammenarbeit der Verantwortlichen (beauftragte 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 im Rahmen der Erfüllung allgemeiner Sorgfaltspflichten über die spezifischen Absender- oder Verladerpflichten hinausgehen. Auch im Berichtszeitraum wurden die Dokumente und Kontrolllisten für die Annahme und den Abtransport radioaktiver Stoffe sowie für nicht-radioaktive Gefahrgüter den rechtlichen und betrieblichen Belangen ständig angepasst.

Die Aufbauorganisation zur Beteiligung des Forschungszentrums an der Beförderung gefährlicher Güter sowie die festgelegten Abläufe werden 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 verfolgt der Gefahrgutbeauftragte eine intensive Beratungs-, Informations- und Schulungstätigkeit. Aufgrund der zahlreichen Änderungen in den relevanten Vorschriften wurden im Berichtszeitraum alle am Gefahrgutumschlag beteiligten Mitarbeiter der Abfallwirtschaftszentrale (BTI-V-AF), von EKM, HS-ÜM sowie der HDB tätigkeitsbezogen geschult und auf die künftigen gefahrgutrechtlichen Anforderungen vorbereitet.

Die ständigen Änderungen und Neuerungen der Regelungen zum Gefahrguttransport werden auch künftig eine intensive Informationsvermittlung und Beratung erfordern. Das Ziel ist dabei nach wie vor, bei allen am Gefahrgutumschlag beteiligten Mitarbeitern ein hohes Maß an Fachwissen und darüber hinaus einen Diskussionsrahmen für auftretende Fragestellungen aller Art im Zusammenhang mit dem Gefahrgutumschlag zu gewährleisten.

6.1.2 Kreislaufwirtschaft und Abfallbeseitigung

J. Brand

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

- die Abgrenzungsproblematik Abfall und Produkt sowie Verwertung und Beseitigung
- die Abfallbestimmung nach der europäischen Abfallnomenklatur und der Abfallverzeichnisverordnung
- die Verfolgung der Entsorgungswege, auch für Abfälle, die von Lieferanten auf Grund einer Rücknahmeverordnung oder auf freiwilliger Basis zurückgenommen werden
- die verwaltungstechnischen Abläufe zu den Nachweisverfahren insbesondere zum Verbleib der besonders überwachungsbedürftigen Abfälle sowie
- die Umsetzung der neueren abfallspezifischen Rechtsvorschriften

Die Organisation der Kreislauf- und Abfallwirtschaft des Forschungszentrums, mit der Übertragung nahezu aller abfallrechtlich geforderten Pflichten und der damit zusammenhängenden Aufgaben und auf die Abfallwirtschaftszentrale (Bereich Technische Infrastruktur – Ver- und Entsorgung – BTI-V-AF), hat sich hierbei erneut in besonderer Weise bewährt. Das dort beschäftigte, fachkundige Personal bewältigt die gestellten Aufgaben, nicht zuletzt auch auf Grund der intensiven Zusammenarbeit mit dem Betriebsbeauftragten für Abfall, effektiv und ökonomisch. Die zentrale Abwicklung aller Entsorgungsmaßnahmen durch die Mitarbeiter der Abfallwirtschaftszentrale vereinfacht die innerbetrieblichen Abläufe erheblich. Gleichzeitig bleibt der innerbetriebliche Aufwand für die Abfallentsorgung trotz zunehmender rechtlicher Anforderungen auf das notwendige Maß beschränkt. Nicht zuletzt dient die Fokussierung der abfallrechtlichen Pflichten des Forschungszentrums auf eine Organisationseinheit der notwendigen Rechtssicherheit im Bereich unserer betrieblichen Abfallwirtschaft. Die Art und Menge der im Berichtszeitraum entsorgten nicht-radioaktiven Abfälle des Forschungszentrums sind nach den Entsorgungsarten Beseitigung und Verwertung in nachstehenden Tabellen aufgeführt.

Abfallbezeichnung	Abfallschlüssel-Nr.	Menge [Mg]
Schlämme aus der betriebseigenen Abwasserbehandlung mit Ausnahme derjenigen, die unter 06 05 02 fallen (Kläwerk-Chemieschlamm)	06 05 03 (üb)	24,602
Wässrige Waschflüssigkeiten und Mutterlaugen (sonstige Konzentrate und Halbkonzentrate)	07 07 01 (bü)	7,258
Andere organische Lösemittel, Waschflüssigkeiten und Mutterlaugen (halogenfreie Lösungsmittel)	07 07 04 (bü)	3,655
Tonerabfälle mit Ausnahme derjenigen, die unter 08 03 17 fallen (Verbraucher Toner)	08 03 18 (üb)	0,794

Abfallbezeichnung	Abfallschlüssel-Nr.	Menge [Mg]
Saure Beizlösungen (Säuregemische)	11 01 05 (bü)	0,464
Boden und Steine, die gefährliche Stoffe enthalten	17 05 03 (bü)	0,860
Asbesthaltige Baustoffe	17 06 05 (bü)	10,200
Gemischte Siedlungsabfälle (hausmüllähnliche Gewerbeabfälle)	20 03 01 (üb)	358,305
Summe		406,138

(bü) besonders überwachungsbedürftige Abfälle; (üb) überwachungsbedürftige Abfälle

Tab. 6-1: Abfälle zur Beseitigung 2006

Abfallbezeichnung	Abfallschlüssel-Nr.	Menge [Mg]
Schlämme aus der betriebseigenen Abwasserbehandlung (Fettabscheiderinhalte)	02 02 04 (üb)	46,301
Sägemehl, Späne, Abschnitte, Holz, Spanplatten und Furniere mit Ausnahme derjenigen, die unter 03 01 04 fallen (Sägespäne)	03 01 05 (nü)	2,080
Farb- und Lackabfälle, die organische Lösemittel oder andere gefährliche Stoffe enthalten (Altfarben, Altlacke)	08 01 11 (bü)	2,181
Tonerabfälle mit Ausnahme derjenigen, die unter 08 03 17 fallen (Tonerkartuschen)	08 03 18 (nü)	1,688
Entwickler und Aktivatorlösungen auf Wasserbasis	09 01 01 (bü)	1,319
Fixierbäder	09 01 04 (bü)	0,655
Filme und fotografische Papiere, die Silber oder Silberverbindungen enthalten (Filmabfälle)	09 01 07 (nü)	0,057
Halogenfreie Bearbeitungsemulsionen und -lösungen (Bohr- und Schleifölemulsionen)	12 01 09 (bü)	7,402
Nichtchlorierte Maschinen-, Getriebe- und Schmieröle auf Mineralölbasis (Altöl, mineralisch)	13 02 05 (bü)	12,800
Schlämme aus Öl-/Wasserabscheidern (Öl- und Benzinabscheiderinhalte)	13 05 02 (bü)	8,500
Verpackungen aus Metall (Leergebinde)	15 01 04 (nü)	0,760
Gemischte Verpackungen („Grüner Punkt“)	15 01 06 (nü)	22,100
Gemischte Verpackungen (Styropor)	15 01 06 (nü)	0,120
Verpackungen, die Rückstände gefährlicher Stoffe enthalten oder durch gefährliche Stoffe verunreinigt sind (Metallbehälter, ohne Druckgaspackungen)	15 01 10 (bü)	0,836
Verpackungen, die Rückstände gefährlicher Stoffe enthalten oder durch gefährliche Stoffe verunreinigt sind (Kunststoffbehälter)	15 01 10 (bü)	1,427

Abfallbezeichnung	Abfallschlüssel-Nr.	Menge [Mg]
Aufsaug- und Filtermaterialien (einschließlich Ölfilter a.n.g.), Wischtücher und Schutzkleidung, die durch gefährliche Stoffe verunreinigt sind (mit Öl verunreinigte Betriebsmittel)	15 02 02 (bü)	7,593
Altreifen (Altreifen)	16 01 03 (üb)	6,776
Gebrauchte Geräte mit Ausnahme derjenigen, die unter 16 02 09 bis 16 02 13 fallen (Großgeräte)	16 02 14 (nü)	8,510
Gebrauchte Geräte mit Ausnahme derjenigen, die unter 16 02 09 bis 16 02 13 fallen (Elektronikschrott)	16 02 14 (nü)	46,634
Gebrauchte Geräte mit Ausnahme derjenigen, die unter 16 02 09 bis 16 02 13 fallen (Magnetbänder)	16 02 14 (nü)	0,627
Bleibatterien (Bleiakkumulatoren)	16 06 01 (bü)	0,200
Ni-Cd-Batterien	16 06 02 (bü)	0,085
Alkalibatterien (außer 16 06 03) (Trockenbatterien)	16 06 04 (nü)	2,401
Beton (Bauschutt)	17 01 01 (nü)	2046,511
Glas (Fensterglas)	17 02 02 (nü)	10,560
Kohlenteerhaltige Bitumengemische (Asphalt)	17 03 01 (bü)	81,850
Bitumengemische mit Ausnahme derjenigen, die unter 17 03 01 fallen (Straßenaufbruch, teerfrei)	17 03 02 (nü)	121,350
Kohlenteer und teerhaltige Produkte (teerhaltige Materialien)	17 03 03 (bü)	15,500
Kabel mit Ausnahme derjenigen, die unter 17 04 10 fallen (Kupferkabelabfälle)	17 04 11 (nü)	5,526
Boden und Steine mit Ausnahme derjenigen, die unter 17 05 03 fallen (Erdaushub)	17 05 04 (nü)	5507,310
Anderes Dämmmaterial, das aus gefährlichen Stoffen besteht oder solche Stoffe enthält (Mineralfaserabfälle)	17 06 03 (bü)	31,323
Baustoffe auf Gipsbasis mit Ausnahme derjenigen, die unter 17 08 01 fallen (Leichtbaustoffe)	17 08 02 (nü)	2,380
Gemischte Bau- und Abbruchabfälle mit Ausnahme derjenigen, die unter 17 09 01, 17 09 02 und 17 09 03 fallen	17 09 04 (nü)	184,170
Rost- und Kesselaschen sowie Schlacken mit Ausnahme derjenigen, die unter 19 01 11 fallen (Schlacke aus der Hausmüllverbrennung)	19 01 12 (üb)	47,980
Sieb- und Rechenrückstände (Kanal- und Sielabfälle)	19 08 01 (üb)	17,220
Schlämme aus der Behandlung von kommunalem Abwasser (Klärschlamm)	19 08 05 (üb)	112,241
Papier und Pappe (Altpapier)	20 01 01 (nü)	275,250

Abfallbezeichnung	Abfallschlüssel-Nr.	Menge [Mg]
Papier und Pappe (Datenschutzpapier)	20 01 01 (nü)	43,778
Glas (Flach,- Gewerbe- und Laborglas)	20 01 02 (nü)	20,300
Textilien (Wäsche)	20 01 11 (nü)	0,830
Leuchtstoffröhren und andere quecksilberhaltige Abfälle	20 01 21 (bü)	1,237
Gebrauchte Geräte, die Fluorchlorkohlenwasserstoffe enthalten (Kühlschränke)	20 01 23 (bü)	2,030
Gebrauchte elektrische und elektronische Geräte, die gefährliche Bauteile enthalten, mit Ausnahme derjenigen, die unter 20 01 21 und 20 01 23 fallen (Bildschirme)	20 01 35 (bü)	16,210
Holz mit Ausnahme desjenigen, das unter 20 01 37 fällt	20 01 38 (nü)	139,546
Kunststoffe (Styropor)	20 01 39 (nü)	1,903
Kunststoffe (PE, sortenrein)	20 01 39 (nü)	0,673
Kunststoffe (PVC)	20 01 39 (nü)	20,685
Kunststoffe (Polyurethan, Schaumstoffe)	20 01 39 (nü)	0,701
Metalle (Metallschrott)	20 01 40 (nü)	363,595
Kompostierbare Abfälle (Gras- und Sträucher)	20 02 01 (nü)	156,900
Straßenkehricht	20 03 03 (nü)	20,980
Summe		9429,591

(bü) besonders überwachungsbedürftige Abfälle; (üb) überwachungsbedürftige Abfälle; (nü) nicht überwachungsbedürftige Abfälle

Tab. 6-2: Abfälle zur Verwertung 2006

Nach wie vor zeigte sich auch im Berichtszeitraum, dass durch eine gewissenhafte Sortierleistung bei der Abfallerfassung qualitativ hochwertige und wirtschaftliche Verwertungswege eingeschlagen werden können. Die Umsetzung der umfangreichen abfallrechtlichen Anforderungen erfordert regelmäßig einen hohen Aufwand für den Informationsaustausch und für die Kommunikation mit externen Entsorgern und Behörden.

Die Durchführung des abfallrechtlich vorgeschriebenen Nachweisverfahrens zur Überwachung der Abfallströme im Verbund mit dem Forschungszentrum als Abfallerzeuger, den Beförderern, Entsorgern und Behörden erfolgt routinemäßig und nahezu problemlos. Dies ist nicht zuletzt auch auf die zentrale Zuständigkeit der Sonderabfallagentur (SAA) in Baden-Württemberg für die verwaltungsmäßige Überwachung der Abfallströme zurückzuführen. Kleinere interne Kommunikationsstörungen, insbesondere beim Datenfluss im Zusammenhang mit der Abgabe von Abfällen durch die Organisationseinheiten sowie bei der gelegentlichen Anlieferung von Sonderabfällen, die ausschließlich zu Forschungszwecken eingesetzt werden, konnten zügig behoben werden.

Für alle besonders überwachungsbedürftigen und überwachungsbedürftigen Abfälle des Forschungszentrums werden Entsorgungsnachweise bzw. vereinfachte Nachweise geführt. Eine Ausnahme bilden lediglich Abfälle, die bei der Rücknahme ge- bzw. verbrauchter Produkte als besonders überwachungsbedürftige oder überwachungsbedürftige Abfälle zur Verwertung oder Beseitigung (z. B. Altbatterien oder Altchemikalien) entsorgt werden. So ist bei einer Rücknah-

me- oder Rückgabepflicht nach § 24 KrW-/AbfG (z. B. durch BattV) bzw. bei freiwilliger Rücknahme nach § 25 Abs. 2 KrW-/AbfG keine Nachweisführung für den Abfallerzeuger erforderlich. Unabhängig davon wird der Verbleib dieser Abfallströme durch den Abfallbeauftragten überwacht.

Im Berichtszeitraum kam es weder zu Unfällen noch zu Zwischenfällen, bei denen Personen oder die Umwelt im Zusammenhang mit der Sammlung, dem Umschlag und der Entsorgung von Abfällen zu Schaden kamen oder die Abfallentsorgung grob fehlerhaft durchgeführt wurde. Auch waren keinerlei behördliche Beanstandungen oder rechtliche Sanktionen hinzunehmen bzw. abzuwehren.

Die mit der Abfallsatzung 2004 grundlegend geänderten Entsorgungsmodalitäten von gewerblichen Siedlungsabfällen (hausmüllähnlicher Gewerbeabfall) über ein elektronisch gesteuertes Abholsystem (Behälter-Chipsystem) im Rahmen einer Entsorgungsvereinbarung zwischen dem Forschungszentrum und dem Abfallwirtschaftsbetrieb des Landkreises verläuft mittlerweile zufriedenstellend. Abgesehen von auftretenden Unstimmigkeiten im Hinblick auf die Abrechnungspraxis kann man von einer routinemäßigen Abholung der Gewerbeabfälle durch den Landkreis sprechen.

Vereinzelt gab es Anlässe, Mitarbeiter auf die Einhaltung der internen Abfallregelungen hinzuweisen. Dies betraf insbesondere die Nichtbeachtung von Sortiervorgaben an den betrieblichen Sammelstellen. Bei den Abfallcontainern für Sammlung von Metallabfällen bei der Hauptwerkstatt wurden Maßnahmen zur Verminderung von unbeabsichtigten oder beabsichtigten Fehlwürfen vorgenommen.

Darüber hinaus mussten Defizite bei der Sammlung und Sortierung von Fremdfirmenabfällen im Zusammenhang mit Bautätigkeiten auf dem Betriebsgelände beanstandet und mit den Bauleitungen bzw. Projektverantwortlichen kommuniziert werden. Der Umgang mit Abfällen von Fremdfirmen auf dem Betriebsgelände des Forschungszentrums ist durch die Baustellenordnung klar geregelt. Dennoch entsprach der Zustand der Abfallsammeleinrichtungen der Fremdfirmen in einigen Fällen nicht den Standards des Forschungszentrums. Maßnahmen zur Anpassung der entsprechenden Vertragsmodalitäten sind eingeleitet.

Im Auftrag des Vorstandes untersuchte die Stabsabteilung Innenrevision (IR) im Berichtszeitraum unter Mitwirkung des Betriebsbeauftragten für Abfall die „Organisation und tatsächliche Handhabung der Abgabe von Wertstoffen“. Die Prüfung im Infrastrukturbereich bezog sich schwerpunktmäßig auf das Auffinden von Schwachstellen vor dem Hintergrund monetärer Aspekte (z. B. Diebstahlrisiko) bei der Abgabe von Abfällen mit positivem Restwert wie z. B. Buntmetalle oder Edelstahl. IR stellte im Abschlussbericht ausdrücklich fest, dass sowohl die Entsorgung von Wertstoffen in hinreichendem Maße geregelt ist als auch die Abwicklung der Abgabe ordentlich funktioniert.

Im Berichtszeitraum wurden zahlreiche abfallrechtliche Änderungen veröffentlicht. Von besonderer Bedeutung ist das Gesetzes- und Verordnungspaket zur Vereinfachung der abfallrechtlichen Überwachung. Zentrale Elemente der Neuerungen sind:

- der Ersatz der bisherigen dreiteiligen Überwachungsbedürftigkeit (besonderes überwachungsbedürftig, überwachungsbedürftig, nicht überwachungsbedürftig) durch die neue zweigeteilte Unterscheidung von Abfällen nach ihrer Gefährlichkeit (gefährlich, nicht gefährlich)
- die damit verbundenen Änderungen im Nachweisverfahren selbst (Abschaffung der Bestimmungsverordnung überwachungsbedürftige Abfälle zur Verwertung, BestüVAbfV), Aufhebung der Nachweispflicht für bislang überwachungsbedürftige Abfälle, Ersatz des Nachweisbuches durch ein Entsorgungsregister)

- die mittelfristige Umstellung der formalisierten papiergebundenen Dokumentation und Kommunikation auf ein ausschließlich elektronisches Verfahren bis zum Jahr 2010 bzw. 2011

Die Pflicht zu Erstellung betrieblicher Abfallwirtschaftskonzepte und Abfallbilanzen wurde im Berichtszeitraum aufgehoben und in eine freiwillige Maßnahme umgewandelt. Somit genügt es künftig, die Bilanzierung der Abfallströme und Abfallmengen des Forschungszentrums wie bisher über die interne elektronische Erfassung und Datenverarbeitung zu dokumentieren ohne die bislang zusätzlich geforderte und formalisierte gesetzliche Abfallbilanz.

Der Einsatz des neu eingeführten EDV-Moduls „Waste Management“ zum Programmsystem SAP EH&S für die innerbetriebliche Abfalldatenverwaltung verläuft zufriedenstellend. Im Hinblick auf die künftig gesetzlich geforderte elektronische Nachweis- und Registerführung sowie die dazu erforderliche ausschließlich elektronische Kommunikation mit Beförderern, Entsorgern und Behörden im abfallrechtlichen Nachweisverfahren liegen die grundsätzlichen Voraussetzungen der Datenverarbeitung im Forschungszentrum vor. Im Verlauf einer rund dreijährigen Übergangsfrist müssen noch die standardisierten Übermittlungswege (Datenschnittstellen, Signaturmöglichkeit, ggf. Übertragungssoftware) geschaffen werden.

Die innerbetrieblichen Regelungen zur Abfallwirtschaft (Stand: 1996) wurden im Berichtszeitraum umfassend überarbeitet, aktualisiert und vollständig neu gefasst. Sie werden als „Ordnung der Kreislaufwirtschaft und Abfallbeseitigung im Forschungszentrum Karlsruhe (Abfallordnung)“ 2007 verbindlich eingeführt. Wie bisher wird auch in den neuen Regelungen verlangt, dass alle durch das Forschungszentrum verursachten Abfälle einer Zentralstelle (Abfallwirtschaftszentrale) zu überlassen bzw. anzudienen sind. Diese ist verpflichtet, alle Abfälle ordnungsgemäß zu entsorgen oder entsorgen zu lassen. Die besondere Bedeutung der Kontaktpersonen zum Betriebsbeauftragten für Abfall im Hinblick auf die Vermittlung der abfallwirtschaftlichen Grundsätze sowie zur Optimierung der Abfallwirtschaft bei den Instituten bzw. Organisationseinheiten, ist in der neuen Abfallordnung ausdrücklich herausgestellt.

6.1.3 Immissionsschutz

K. Dettmer

Das Forschungszentrum Karlsruhe betreibt mehrere immissionsschutzrechtlich relevante Anlagen, die teilweise der Genehmigungspflicht nach dem Bundesimmissionsschutzgesetz (BImSchG) unterliegen. Die genehmigungsbedürftigen Anlagen sind für den betrieblichen Immissionsschutz von besonderer Bedeutung. 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. 6-3 zeigt den im Berichtszeitraum vorliegenden Genehmigungsstatus der Anlagen.

Anlage	Immissionsschutzbeauftragter zu bestellen gemäß Anhang zur 5. BImSchV	Genehmigung
Abfallzwischenlager	Ziffer 44	Anzeige nach § 67 BImSchG
Verbrennungsanlage der HDB	Ziffer 38	Genehmigung nach §§ 4 ff. BImSchG
Verbrennungsanlage TAMARA	Ziffer 38	Genehmigung nach §§ 4 ff. BImSchG
Verbrennungsanlage THERESA	Ziffer 38	Genehmigung nach §§ 4 ff. BImSchG
Fernheizwerk mit Blockheizkraftwerk	-	Änderungsgenehmigung nach § 15 BImSchG

Tab. 6-3: Immissionsschutzrechtlich genehmigungspflichtige Anlagen des Forschungszentrums

Die Verbrennungsanlage der Hauptabteilung Dekontaminationsbetriebe besteht aus einer Schachtofenanlage mit Nachbrennkammer zur Verbrennung von festen und flüssigen Abfällen. Im Berichtszeitraum konnte der routinemäßige Verbrennungsbetrieb der Anlage ohne umweltrelevante Probleme aufrecht erhalten werden. Alle erforderlichen Wartungsarbeiten wurden ordnungsgemäß ausgeführt. Die Überwachungseinrichtungen der Anlage arbeiteten einwandfrei.

Die Versuchsanlagen des Instituts für Technische Chemie TAMARA, eine Schub-Rost-Ofenanlage zur Erprobung der Verbrennungsbedingungen für hausmüllähnliche Abfälle und THERESA, eine Anlage zur versuchsweisen Verbrennung spezieller Abfälle in einem Drehrohr, befanden sich im Berichtszeitraum im routinemäßigen kampagnenweisen Versuchsbetrieb. Die Anlagen arbeiteten ohne relevante außenwirksame Betriebsstörungen. Sie wurden vorschriftgemäß gewartet und überwacht.

Die Anlagen zur zentralen Wärmeversorgung des Zentrums, das Fernheizwerk sowie das Blockheizkraftwerk, arbeiteten im Berichtszeitraum vorschriftsmäßig und hielten die vorgegebenen Grenzwerte ein. Aufgrund der installierten Leistung von mehr als 20 MW fallen die Wärmeversorgungsanlagen unter die Regelungen des europäischen Emissionshandels. Die Kohlendioxidemissionen im Berichtszeitraum fielen witterungsbedingt etwas geringer aus, als die zuvor auf Basis früherer Brennstoffverbrauchsmengen ermittelten Werte.

Immissionsschutzrechtliche Beratung und Unterstützung im Bereich von Genehmigungsanträgen fand unter anderem in dem aktuellen Projekt des Forschungszentrums zur Erzeugung von Kraftstoffen aus Biomasse „bioliq“ statt.

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 dienen die Genehmigungen, Auflagen, sowie die vorhandenen gutachterlichen Überwachungsprotokolle.

6.1.4 Gewässerschutz

K. Dettmer

Das Forschungszentrum Karlsruhe betreibt ein umfangreiches Trennkanalisationssystem. Es existieren separate Netze für häusliches Schmutzwasser (Sanitärabwasser), für Abwasser aus Werkstätten, Labors und technischen Bereichen sowie für Regenwasser. Die Ableitung des Regenwassers erfolgt über Schwer- und Leichtstoffabscheider in den Hirschkanal als Vorfluter. Die anderen Abwasserarten werden in zwei unterschiedlichen Kläranlagen, der biologischen und der chemischen Kläranlage behandelt. Sowohl die gereinigten Abwässer der Kläranlagen des Forschungszentrums, als auch der Kläranlage der Stadt Eggenstein-Leopoldshafen gelangen über eine gemeinsame Vorflutleitung in den Rhein als Vorfluter.

Im Berichtszeitraum konnten die Bedingungen und Auflagen aus der wasserrechtlichen Erlaubnis und Genehmigung ohne Beanstandung eingehalten werden. Die beiden Kläranlagen arbeiten bestimmungsgemäß. Die routinemäßigen Prüfungen sowie die Wartungs- und Reinigungsarbeiten an den Anlagen und 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.

Wasserrechtliche Beratung fand unter anderem in den aktuellen Projekten des Forschungszentrums „Spektrometer zur Bestimmung der Neutrinomasse - KATRIN“ sowie der Anlage zur Erzeugung von Kraftstoffen aus Biomasse „bioliq“ statt.

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 der Organisationseinheiten ausführliche Informationen über die Aspekte des betrieblichen Umweltschutzes im Intranet des Forschungszentrums Karlsruhe zur Verfügung.

6.2 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 und nicht-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 umwelt- und strahlenschutzrechtlich vorgegebenen Grenzwerte und darüber hinausgehender Auflagen der Genehmigungs- und Aufsichtsbehörden. Ausführliche Berichte über die Ergebnisse der Abluft-, Abwasser- und Umgebungsüberwachung werden den zuständigen Landesbehörden in Baden-Württemberg regelmäßig übersandt.

Die Ableitungen mit der Fortluft aller sowohl nach Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG) als auch nach Strahlenschutzverordnung (StrlSchV) genehmigungsbedürftiger Emittenten des Forschungszentrums werden von der Koordinierungsstelle Abluft bei HS-TBG erfasst und kontrolliert. Genehmigungsrechtliche Aspekte der Anlagen, die nach BImSchG betrieben werden, wurden bereits in Kap. 6.1.3 erläutert. Die von den jeweiligen Betreibern erhobenen Emissionsdaten werden HS-TBG jährlich mitgeteilt und in Kap. 6.2.1.1 aufgeführt und bewertet. Die ra-

diologische Fortluftüberwachung erfolgt auf der Grundlage eines sog. Abluftplanes, in dem die zulässigen Ableitungen der verschiedenen Emittenten hinsichtlich der zu überwachenden Radionuklide bzw. Nuklidgruppen individuell festgeschrieben sind. 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 sind in Kap. 6.2.1.2 und die Ergebnisse der Dosisberechnungen für die Umgebung auf der Grundlage der bilanzierten Ableitungen in Kap. 6.2.1.3.6 dieses Berichts dargestellt.

Die Überwachung des auf dem Gelände des Forschungszentrums Karlsruhe anfallenden Abwassers hinsichtlich radioaktiver Stoffe wird von HS-ÜM, hinsichtlich nicht-radioaktiver Stoffe von BTI-V durchgeführt. Die Mengen dieser Stoffe, die mit dem Abwasser aus den Kläranlagen des Forschungszentrums in den Vorfluter abgegeben werden, werden durch Bilanzierungsmessungen erfasst. Die Ergebnisse sind in den Kapiteln 6.2.2.1 und 6.2.2.2 wiedergegeben. Für die Ableitung radioaktiver Stoffe wird zudem die Strahlenexposition, die sich aus der Ableitung ergibt, abgeschätzt. Die Ergebnisse sind im Kapitel 6.2.2.3 aufgeführt.

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 erfolgt in Kapitel 6.2.3.

6.2.1 Fortluftüberwachung

A. Wicke

6.2.1.1 Ableitung nicht-radioaktiver Stoffe mit der Fortluft im Jahr 2006

6.2.1.1.1 Verbrennungsanlage der Hauptabteilung Dekontaminationsbetriebe

U. Hoepfener-Kramar (HDB)

Die bei der HDB angelieferten und erzeugten brennbaren festen und flüssigen radioaktiven Reststoffe wurden im Jahr 2006 in der Anlage VP 10 verbrannt. Dabei wurden 1 149 m³ α - und β -kontaminierte Feststoffe und parallel dazu 3,43 m³ α - und β -kontaminierte Öle und Lösungsmittel in 3 284 Betriebsstunden verarbeitet.

Die Emissionsüberwachung von nicht-radioaktiven Stoffen erfolgt mittels Messgeräten, die als eignungsgeprüft nach den Richtlinien des Bundesministeriums 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. 6-4 gibt einen Überblick über die zulässigen Schadstoffkonzentrationen, über die beim Betrieb im Jahre 2006 gemessenen Konzentrationen sowie über die Gesamtableitung. Neben den in Tab. 6-4 aufgeführten Messungen wurde gegen Ende des Jahres 2006 eine Dioxin-Emissionsmessung an der Anlage durchgeführt. Die Messergebnisse lagen unter 0,01 ng/m³ I-TE-Äquivalent. Ergänzend wurden auch Schwermetallmessungen durchgeführt. Die gesamte Anlage zur Messung der chemischen Emissionen wurde Anfang des Berichtsjahres neu kalibriert.

Schadstoff	Konzentrationsgrenzwert nach 17. BImSchV ¹⁾ mg/Nm ³	gemessene Konzentration mg/Nm ³	Emissionsfracht Mg
HCl	10	0,2*	0,00048
SO ₂	50	2,3*	0,00507
CO	50	16,7*	0,0485
Staub	10	1,0*	0,0025
Gesamt-C	10	1,8*	0,00412
NO _x	200	135,3*	0,361
HF	1	<0,2**	-
PCDD/PCDF	0,1 ng/Nm ³	0,007** ng/Nm ³	-
Hg	0,05	<0,002**	-
Staubinhaltsstoffe Cd und Tl	0,05	<0,006**	-
Staubinhaltsstoffe Sb, As, Pb, Cr, Co, Cu, Mn, Ni, V, Sn	0,5	0,09**	-

¹⁾ Tagesmittelwerte

* Jahresmittelwerte

**gemittelt über 3 Tage

Tab. 6-4: Emissionsdaten im Jahr 2006 für die Verbrennungsanlage der HDB

6.2.1.1.2 Versuchsanlagen TAMARA und THERESA

H.-G. Dittrich (ITC-TAB)

Im Jahr 2006 wurden an der Versuchs-Müllverbrennungsanlage TAMARA zwei Versuchskampagnen zu je drei Wochen durchgeführt. An der Versuchs-Müllverbrennungsanlage THERESA wurden zwei Versuchskampagnen durchgeführt: eine zu drei Wochen und eine zu einer Woche. In Tab. 6-5 sind die über beide Versuchskampagnen gemittelten Massenkonzentrationen der emittierten Schadstoffe für jede Anlage 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). Der C_{ges}-Wert liegt bei der THERESA-Anlage über dem Grenzwert. Dies rührt daher, dass beim Anfahren der kalten Anlage über längere Zeit keine ausreichenden Verbrennungstemperaturen erreicht und damit zwangsweise hohe Mengen an unverbranntem C_{ges} (vorwiegend Erdgas) emittiert werden. Da das ungünstige zeitliche Verhältnis von Anfahr- zu Regelbetrieb ein spezifischer Nachteil kleinerer Versuchsanlagen ist, die nur kampagnenweise betrieben werden, wurde vom Forschungszentrum Karlsruhe GmbH eine Ausnahmegenehmigung beantragt, die diesem Umstand Rechnung trägt. 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 ²⁾	
		TAMARA	THERESA
HF	1	≤0,2	≤0,2
HCl	10	≤2,0	≤2,0
SO ₂	50	8,3	≤1,0
NO ₂	200	108	111
CO	50	≤10	47(26*)
C _{ges}	10	1,1	30(3,2*)
Staub	10	≤1,0	3,3
Hg	0,03	≤0,01	≤0,01
Staubinhaltsstoffe Cd und Tl	0,05	≤0,01	≤0,01
Staubinhaltsstoffe Sb, As, Pb, Cr, Co, Cu, Mn, Ni, V, Sn	0,5	≤0,1	≤0,1
Staubinhaltsstoffe As, Benzo(a)pyren, Cr, Co, Cu	0,05	≤0,1	n.g.
PCDD/PCDF	0,1 ng/Nm ³	0,02 ng/Nm ³	≤ 0,02 ng/Nm ³

¹⁾ Tagesmittelwerte

²⁾ gemäß 17. BImSchV nur, wenn O₂-Gehalt > 11%

(*) ohne Anfahrbetrieb

n.g. bedeutet „nicht gemessen“

Tab. 6-5: Emissionsdaten der Versuchsanlagen TAMARA und THERESA im Jahr 2006

6.2.1.1.3 Fernheizwerk und Blockheizkraftwerk

W. Noll (BTI-V)

Das Blockheizkraftwerk wurde insgesamt 2831 Betriebsstunden mit Erdgas und überwiegend mit Eindüsung von voll entsalztem Wasser betrieben. Der Betrieb mit Heizöl war nicht erforderlich. Die drei Kessel im Fernheizwerk wurden insgesamt 7659 h betrieben, davon wurden 7593 h mit Erdgas und 66 h mit Heizöl „EL“ gefahren. Die Betriebsweise mit Öl ist auf TÜV-Prüfungen und Einstellarbeiten an den Brennern und Kesseln zurückzuführen.

Schadstoff	Blockheizkraftwerk Jahresemission in Mg	Fernheizwerk Jahresemission in Mg
NO _x	23,632	7,731
CO	2,135	0,073

Tab. 6-6: Emissionsdaten der Heizwerke im Jahr 2006

6.2.1.2 Ableitung radioaktiver Stoffe mit der Fortluft im Jahr 2006

A. Wicke, B. Messerschmidt

Im Rahmen der radiologischen 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 Umweltministerium des Landes Baden-Württemberg genehmigten „Abluftplans“. Dieser Abluftplan enthält für die einzelnen Emittenten des Forschungszentrums Karlsruhe die zulässigen Jahres-, Wochen- oder Tagesableitungen, aufgeschlüsselt nach Radionukliden oder Radionuklidgruppen. Die Werte für den Abluftplan 2006 waren so festgelegt, dass rechnerisch die potentielle Strahlenexposition bei Ausschöpfung der dort angegebenen zulässigen Ableitungen die in § 47 der Strahlenschutzverordnung vorgeschriebenen Dosisgrenzwerte deutlich unterschreitet.

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

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

Die Einführung von Nuklidgruppen bedeutet keinen Verzicht auf die Bilanzierung der Ableitungen von einzelnen Radionukliden. Sie ist jedoch bei verschiedenen Emittenten notwendig, da bei diesen einerseits das Emissionsspektrum nicht vorhergesagt werden kann, andererseits aber zulässige Ableitungen vorgegeben werden müssen. Die Emittenten-spezifischen Definitionen der Nuklidgruppen werden in Kap. 6.2.1.3.5 aufgeführt und begründet. Im Abluftplan für das Jahr 2006 waren Genehmigungswerte für 23 Emittenten ausgewiesen (siehe Abb. 6-2).

Dabei ist zu berücksichtigen, dass die Ableitungen über insgesamt 28 Emissionsstellen erfolgen. Die Zahl 23 ergibt sich dadurch, dass im Fall sehr nahe beieinander liegender Emissionsstellen zur Vereinfachung der Ausbreitungsrechnungen mehrere zu einem Emittenten zusammengefasst wurden:

HDB:	Kamine Bau 548 Ost und West
IMF II-FML:	Kamine Bau 702 und 709
ITU:	Kamine Bau 802, 806 und 807
WAK:	Kamine Bau 1503 und 1532

Die Ermittlung der radioaktiven 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. 6-3). Die Ergebnisse der Messstellen für radioaktive Gase werden vor Ort registriert und der Koordinierungsstelle übermittelt. Wartung, Reparatur, Kalibrierung und Wiederkehrende Prüfungen der für die Fortluftüberwachung eingesetzten Geräte werden von HS-ÜM durchgeführt. Die Fortluftüberwachung der Emittenten am Standort, die nicht vom Forschungszentrum Karlsruhe

GmbH betrieben werden, wie WAK, ITU und ZAG, erfolgt durch die zuständigen Betreiber. Die Messergebnisse werden der Koordinierungsstelle Abluft als bilanzierende Stelle bei HS-TBG mitgeteilt. Die Fortluftproben der WAK und ZAG werden im Auftrag bei HS-ÜM ausgewertet.

Einzelheiten zur Messung und Bilanzierung von radioaktiven Ableitungen mit der Fortluft sind aus Kap. 6.2.1.2 ersichtlich. Über die aufgrund dieser Ableitungen in der Umgebung des Forschungszentrums Karlsruhe rechnerisch ermittelte Strahlenexposition wird in Kap. 6.2.1.3 berichtet. Bei der Dosisberechnung wurde auf ausdrücklichen Wunsch der zuständigen Aufsichtsbehörde die derzeit noch rechtsgültige „Allgemeine Verwaltungsvorschrift zu § 45 Strahlenschutzverordnung (alt)“ angewandt.

Die Bilanzierung der radioaktiven Ableitungen erfolgt durch Auswertung der in den Fortluftmessstellen eingesetzten Sammler. Für die Überwachung der Ableitung von radioaktiven Schwebstoffen 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 2006 belief sich das Probenaufkommen auf eine Zahl von insgesamt 2510 (siehe Abb. 6-1).

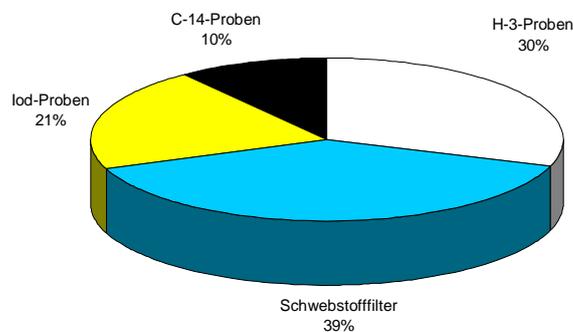


Abb. 6-1: Probenaufkommen in der Fortluftüberwachung im Jahr 2006 (Gesamtzahl 2 510)

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 Schwebstoffe 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 Schilddrüsenedosis 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

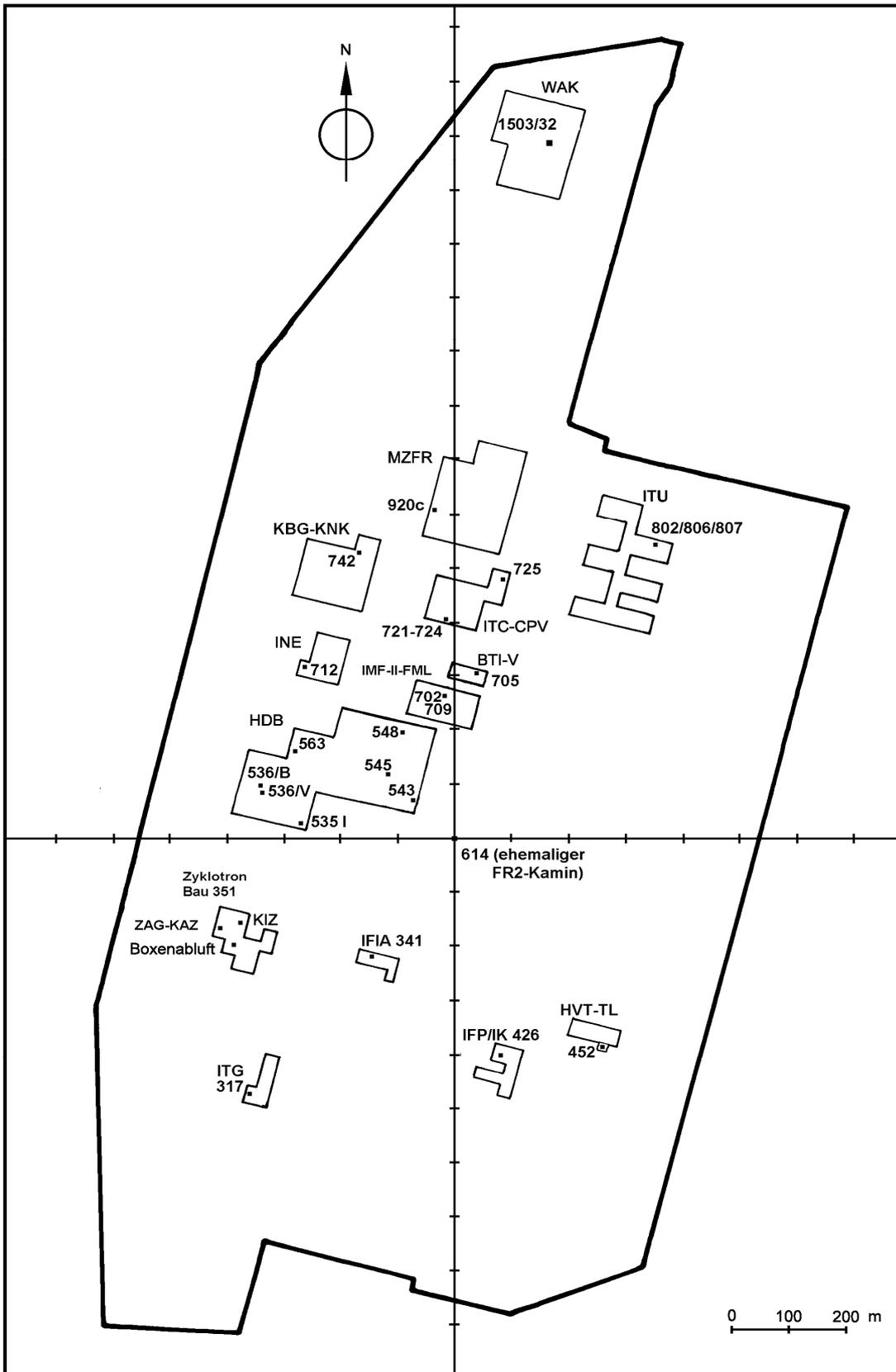


Abb. 6-2: Emittenten des Standortes „Forschungszentrum Karlsruhe“

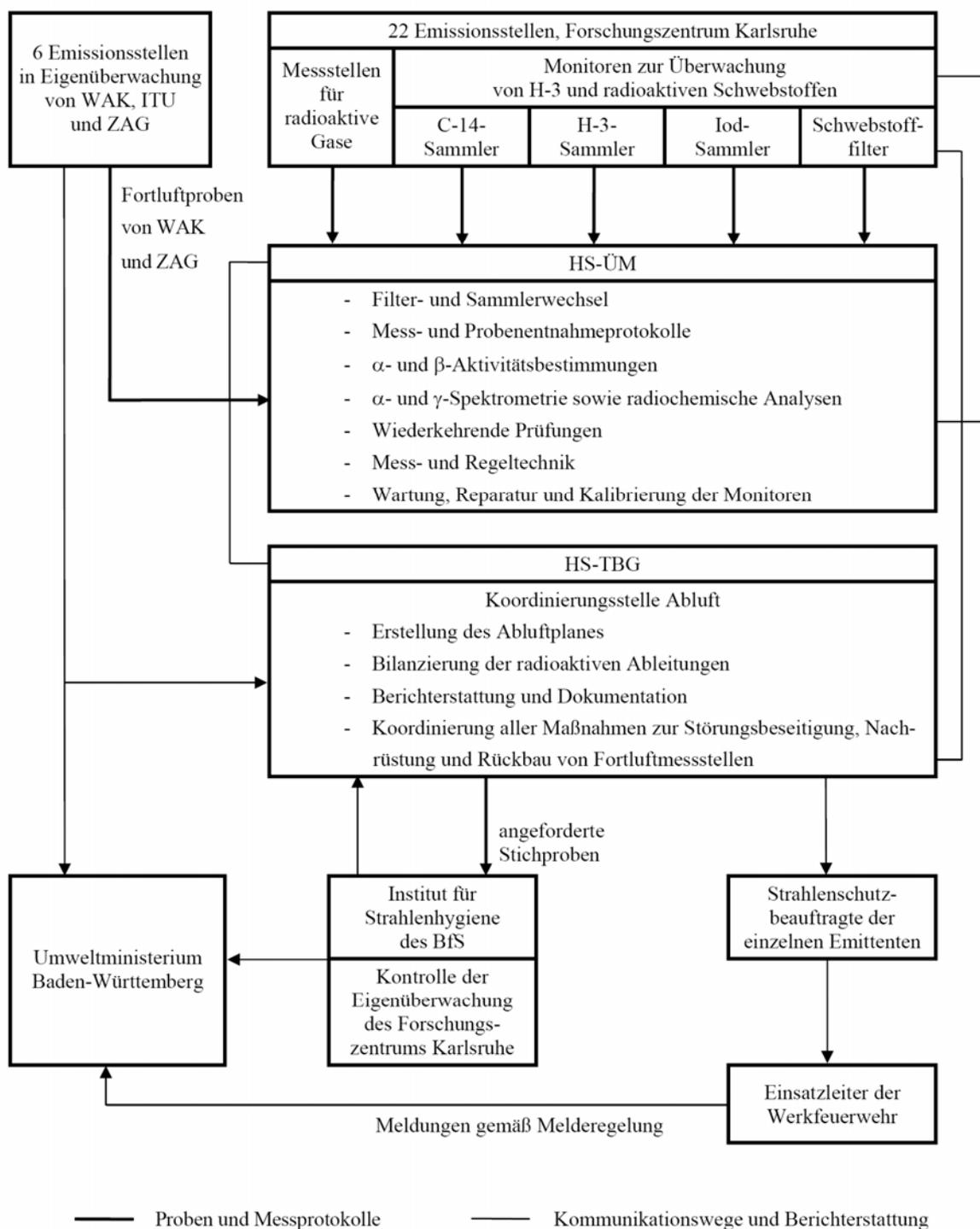


Abb. 6-3: Schematische Darstellung der Fortluftüberwachung im Forschungszentrum Karlsruhe

In Tab. 6-7 werden für alle Emittenten des Forschungszentrums Karlsruhe, geordnet nach aufsteigenden Gebäudenummern und den jeweils zu berücksichtigenden Nukliden und Nuklidgruppen, die im Jahr 2006 gemäß Abluftplan maximal zulässigen Ableitungen (Wochen- und Jahreswerte) mit den im Berichtsjahr und im Vorjahr bilanzierten Ableitungen verglichen. Die zulässigen Ableitungen wurden in keinem Fall überschritten. Auch die Forderung nach Unterschreitung von 50 % der zulässigen Jahresableitungen in einem beliebigen Zeitintervall von sechs Monaten wurde in allen Fällen eingehalten.

Emittent Bau-Nr. Emissions- höhe	Nuklid/ Nuklid- gruppe	zulässige Ableitungen gemäß Abluftplan 2006		bilanzierte Ableitungen		Effektivdosis am Immissions- maximum des Emittenten μSv
		Bq/Woche	Bq/a	2006 Bq	2005 Bq	
ITG Bau 317 14 m	A _{BL}		1,0 E06	4,7 E04	2,2 E04	< 0,001
IFIA Bau 341 15 m	A _{AL} A _{BL}		1,0 E05 1,0 E07	1,0 E03 8,3 E04	2,7 E03 5,4 E04	< 0,001
ZAG Bau 351 KAZ 15 m	A _{AL} A _{BK} A _{BL} E+G _K I-123 I-125	5,0 E03 5,0 E08 5,0E06 1,0 E12 5,0 E08 5,0 E05	1,0 E05 1,0 E10 1,0 E08 2,0 E13 1,0 E10 1,0 E07	6,8 E01 - 1,0 E04 1,1 E13 2,2 E08 2,2 E05	2,5 E02 1,7 E03 1,9 E04 7,6 E12 1,1 E09 1,1 E06	1,24
IK - Zyklotron Bau 351 KIZ, 36 m	A _{BL}		5,0 E07	8,4 E04	5,1 E05	0,002
IK - Zyklotron Bau 351 Boxenabluft 11 m	A _{BL}		1,0 E+08	1,3 E04	3,6 E06	< 0,001
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	9,2 E10	1,6 E11	0,006
HDB Bau 535 I 16,5 m	H-3		1,0 E11	3,2 E07	2,0 E07	< 0,001

„0“ = alle gemessenen Werte lagen unterhalb der Erkennungsgrenze

„-“ = keine Ableitungen

Tab. 6-7: Ableitungen radioaktiver Stoffe der einzelnen Emittenten des Forschungszentrums Karlsruhe in die Atmosphäre in den Jahren 2006 und 2005

Emittent Bau-Nr. Emissions- höhe	Nuklid/ Nuklid- gruppe	zulässige Ableitungen gemäß Abluftplan 2006		Bilanzierte Ableitungen		Effektivdosis am Immissions- maximum des Emittenten
		Bq/Woche	Bq/a	2006	2005	
						Bq
HDB Bau 536/V (Ver- brennungs- anlage) 70 m	A _{AL}	2,0 E06	4,0 E07	0	7,7 E02	1,11
	A _{BL}	1,0 E09	2,0 E10	2,7 E05	1,2 E07	
	H-3	2,0 E12	4,0 E13	1,1 E12	3,4 E11	
	C-14	7,0 E10	1,4 E12	9,1 E10	2,6 E10	
	I-125	1,5 E07	3,0 E08	0	0	
	I-129	1,5 E07	3,0 E08	2,6 E04	0	
	I-131	2,0 E07	4,0 E08	0	0	
HDB Bau 536/B (Betriebs- räume) 16,5 m	A _{AL}		1,0 E05	0	2,7 E03	0,002
	A _{BL}		2,0 E07	1,9 E05	8,8 E04	
	H-3		5,0 E10	9,4 E08	7,6 E08	
	I-125		8,0 E05	0	0	
	I-129		1,0 E06	0	0	
HDB Bau 543 8 m	A _{AL}		4,0 E05	7,6 E02	1,9 E03	< 0,001
	A _{BL}		4,0 E07	1,3 E04	1,7 E04	
	H-3		1,0 E10	4,0 E07	1,3 E07	
	I-129		1,0 E04	8,4 E02	-	
HDB Bau 545 20 m	A _{AL}	1,0 E05	2,0 E06	4,9 E02	1,2 E03	< 0,001
	A _{BL}	5,0 E07	1,0 E09	1,0 E05	1,2 E05	
	H-3	2,0 E11	4,0 E12	4,1 E09	4,5 E10	
	C-14	2,5 E09	5,0 E10	0	0	
	I-125	2,5 E06	5,0 E07	0	0	
	I-129	3,0 E05	6,0 E06	0	0	
	I-131	5,0 E06	1,0 E08	0	0	
HDB Bau 548 Ost und Bau 547 15 m HDB Bau 548 West 15 m	A _{AK}	5,0 E07	1,0 E09	-	-	0,039
	A _{AL}	1,5 E05	3,0 E06	0	8,3 E02	
	A _{BL}	2,0 E07	4,0 E08	5,5 E06	6,0 E05	
	H-3	2,0 E12	4,0 E13	3,0 E11	7,5 E09	
	C-14	2,5 E09	5,0 E10	7,8 E07	0	
	I-125	4,0 E06	8,0 E07	0	0	
	I-129	1,0 E06	2,0 E07	0	0	
	I-131	4,0 E06	8,0 E07	0	0	
E	5,0 E10	1,0 E12	6,3 E08	2,3 E10		
HDB Bau 563 14 m	A _{AL}		1,0 E06	0	1,4 E03	< 0,001
	A _{BL}		1,0 E07	3,2 E04	2,3 E04	
	H-3		8,0 E11	2,5 E09	2,3 E09	

„0“ = alle gemessenen Werte lagen unterhalb der Erkennungsgrenze

„-“ = keine Ableitungen

Tab. 6-7: Ableitungen radioaktiver Stoffe der einzelnen Emittenten des Forschungszentrums Karlsruhe in die Atmosphäre in den Jahren 2006 und 2005 (Fortsetzung)

Emittent Bau-Nr. Emissions- höhe	Nuklid/ Nuklid- gruppe	zulässige Ableitungen gemäß Abluftplan 2006		bilanzierte Ableitungen		Effektivdosis am Immissions- maximum des Emittenten μSv
				2006	2005	
		Bq/Woche	Bq/a	Bq	Bq	
IMF II-FML Bau 702 60 m und Bau 709 60 m	A _{AL}	2,0 E06	4,0 E07	0	2,8 E02	0,001
	A _{BL}	5,0 E07	1,0 E09	1,0 E05	1,3 E05	
	H-3	1,0 E12	2,0 E13	6,0 E10	5,0 E10	
BTI-V Wäscherei Bau 705 5,5 m	A _{AL}		1,0 E06	1,4 E03	1,4 E03	< 0,001
	A _{BL}		1,0 E08	1,7 E04	1,8 E04	
INE Bau 712 60 m	A _{AL}		1,0 E06	0	0	< 0,001
	A _{BL}		1,0 E08	9,4 E03	1,7 E04	
	H-3		1,0 E11	0	0	
	E		2,0 E11	-	-	
	I-125		2,0 E07	-	-	
	I-126		2,0 E07	-	-	
	I-129		1,0 E06	-	-	
I-131		3,0 E07	-	-		
ITC-CPV Bau 721 - 724 60 m	A _{AL}		1,0 E06	0	0	0
	A _{BL}		3,0 E08	0	0	
ITC-CPV Bau 725 10 m	A _{AL}		1,0 E04	0	0	0
	A _{BL}		1,0 E05	0	0	
KNK Bau 742 16 m	A _{BL}	2,5 E06	5,0 E07	1,1 E05	1,2 E05	0,002
	H-3	1,0 E12	2,0 E13	4,0 E09	3,8 E09	
ITU Bau 802, 806, 807 50 m	A _{AK}	1,6 E09	3,2 E10	-	-	< 0,001
	A _{AL}	5,0 E04	1,0 E06	3,0 E03	3,0 E03	
	A _{BL}	2,0 E07	4,0 E08	6,4 E04	6,0 E04	
	E	2,0 E12	4,0 E13	8,8 E11	6,3 E11	
	C-14	1,0 E09	2,0 E10	-	-	
	I-129	5,0 E04	1,0 E06	-	-	
	I-131	1,0 E06	2,0 E07	-	-	
	H-3	5,0 E10	1,0 E12	-	-	

„0“ = alle gemessenen Werte lagen unterhalb der Erkennungsgrenze „-“ = keine Ableitungen

Tab. 6-7: Ableitungen radioaktiver Stoffe der einzelnen Emittenten des Forschungszentrums Karlsruhe in die Atmosphäre in den Jahren 2006 und 2005 (Fortsetzung)

Emittent Bau-Nr. Emissions- höhe	Nuklid/ Nuklid- gruppe	zulässige Ableitungen gemäß Abluftplan 2006		bilanzierte Ableitungen		Effektivdosis am Immissions- maximum des Emittenten
		Bq/Woche	Bq/a	2006	2005	
				Bq	Bq	μSv
MZFR Bau 920c 99,5 m	A _{AL}	5,0 E04	1,0 E06	6,8 E03	0	0,009
	A _{BL}	5,0 E07	1,0 E09	1,4 E06	0	
	H-3	4,0 E12	8,0 E13	2,7 E11	4,2 E11	
	C-14	5,0 E09	1,0 E11	0	7,0 E09	
WAK Bau 1503/ 1532 60 m	A _{AL}		7,4 E07	1,1 E05	1,3 E05	0,039
	A _{BL}		3,7 E09	3,4 E06	2,9 E06	
	E		1,0 E12	1,0 E11	1,0 E11	
	H-3	9,0 E11	1,8 E13	1,2 E10	1,4 E10	
	I-129	5,0 E06	1,0 E08	1,0 E06	1,5 E06	
	I-131	3,1 E07	6,2 E08	3,8 E06	5,9 E06	

„0“ = alle gemessenen Werte lagen unterhalb der Erkennungsgrenze

Tab. 6-7: Ableitungen radioaktiver Stoffe der einzelnen Emittenten des Forschungszentrums Karlsruhe in die Atmosphäre in den Jahren 2006 und 2005 (Fortsetzung)

In den Abb. 6-4 a-g sind die monatlichen Radioaktivitätsableitungen mit der Fortluft im Jahr 2006 graphisch dargestellt. Es wird – aufgeschlüsselt nach Nuklidgruppen – unterschieden zwischen den Genehmigungsinhabern ITU, WAK, ZAG und Forschungszentrum Karlsruhe GmbH. Für die Einrichtungen des Forschungszentrums Karlsruhe GmbH sind die Ableitungen für den Emissionsschwerpunkt HDB (7 Emittenten) und die 13 übrigen Emittenten getrennt dargestellt.

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

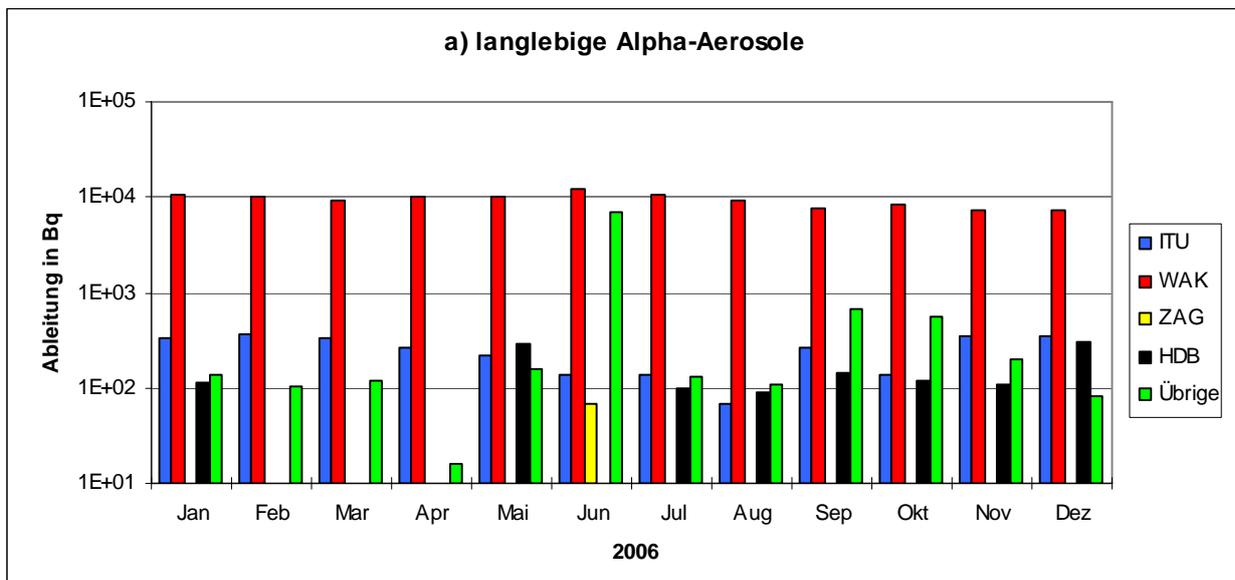


Abb. 6-4 a: Monatliche Ableitungen mit der Fortluft im Jahr 2006

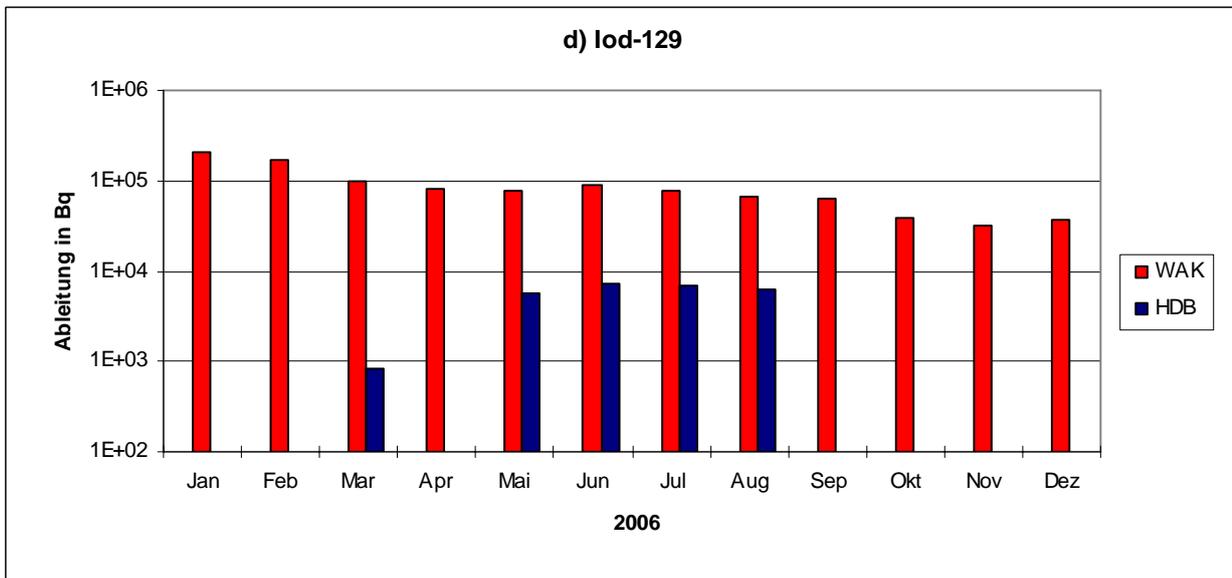
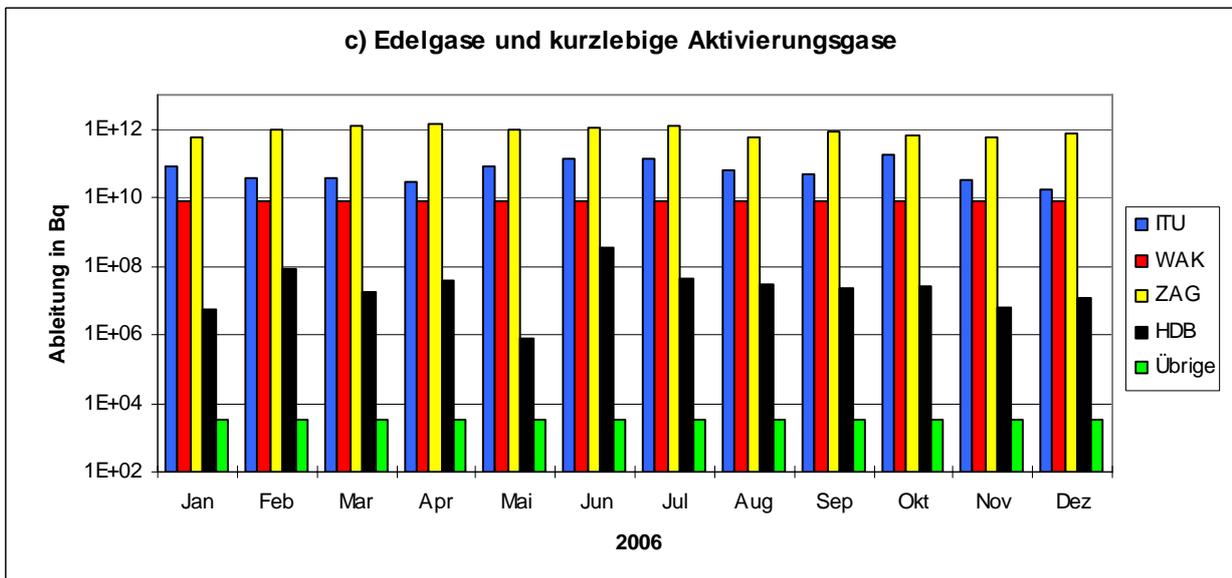
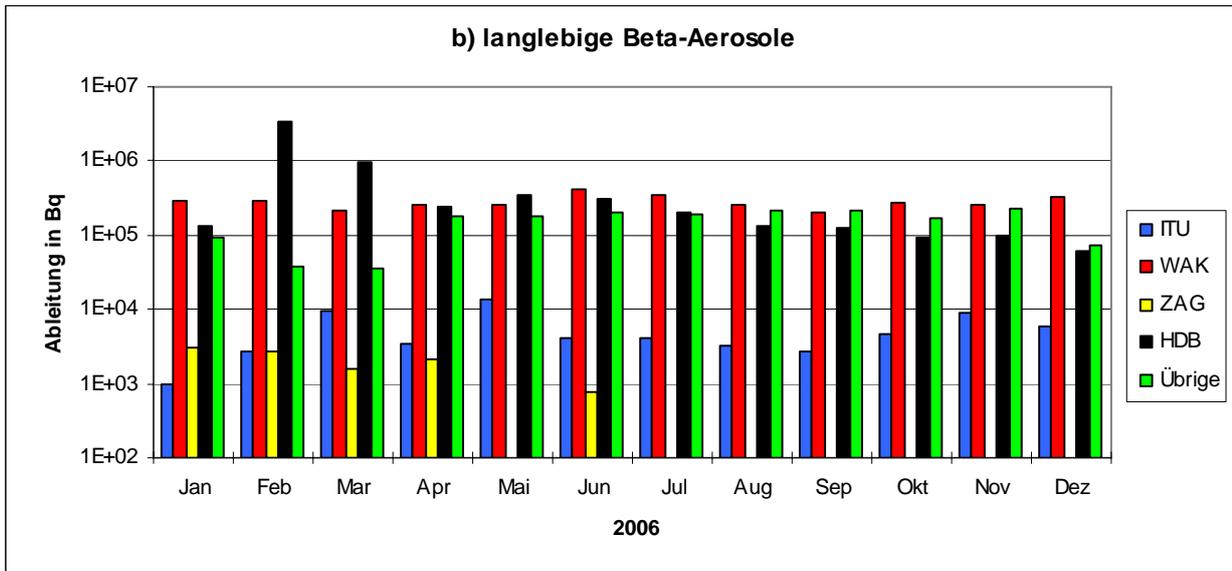


Abb. 6-4 b-d: Monatliche Ableitungen mit der Fortluft im Jahr 2006 (Fortsetzung)

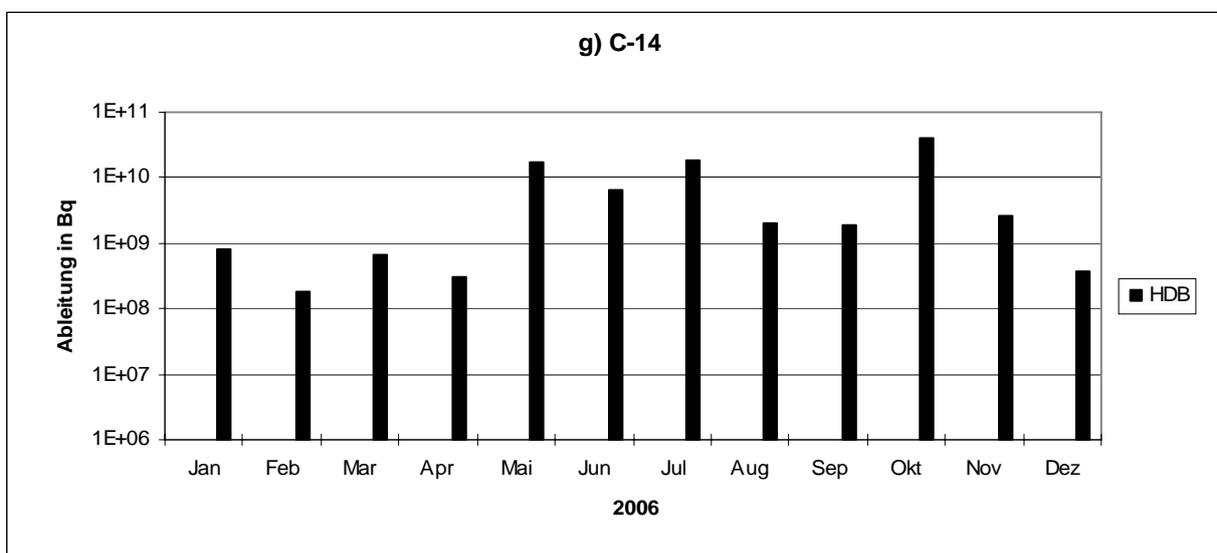
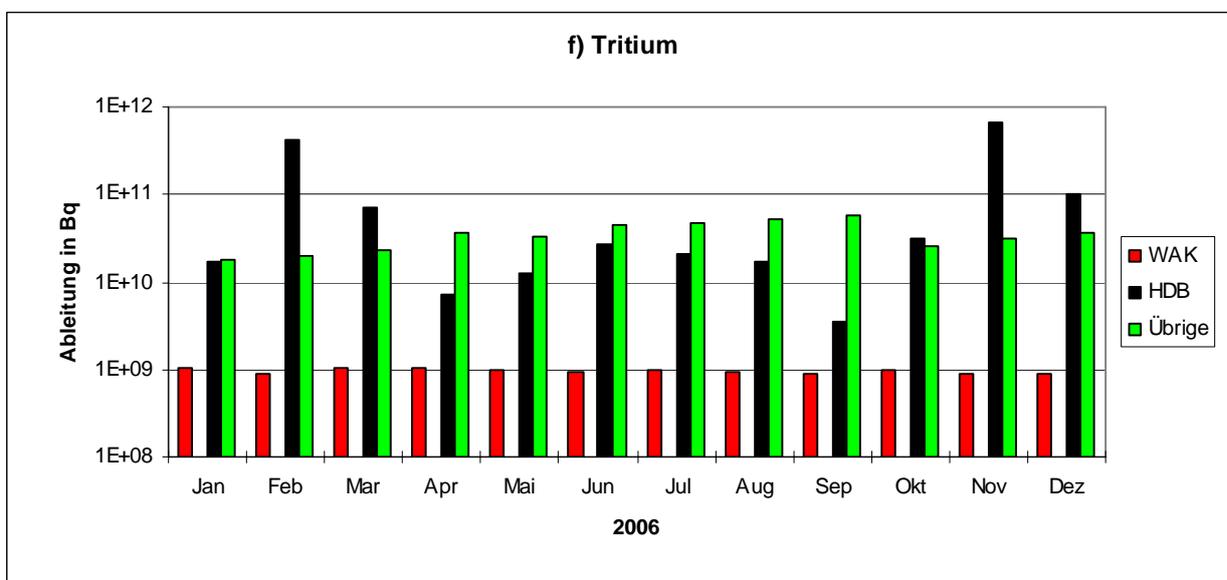
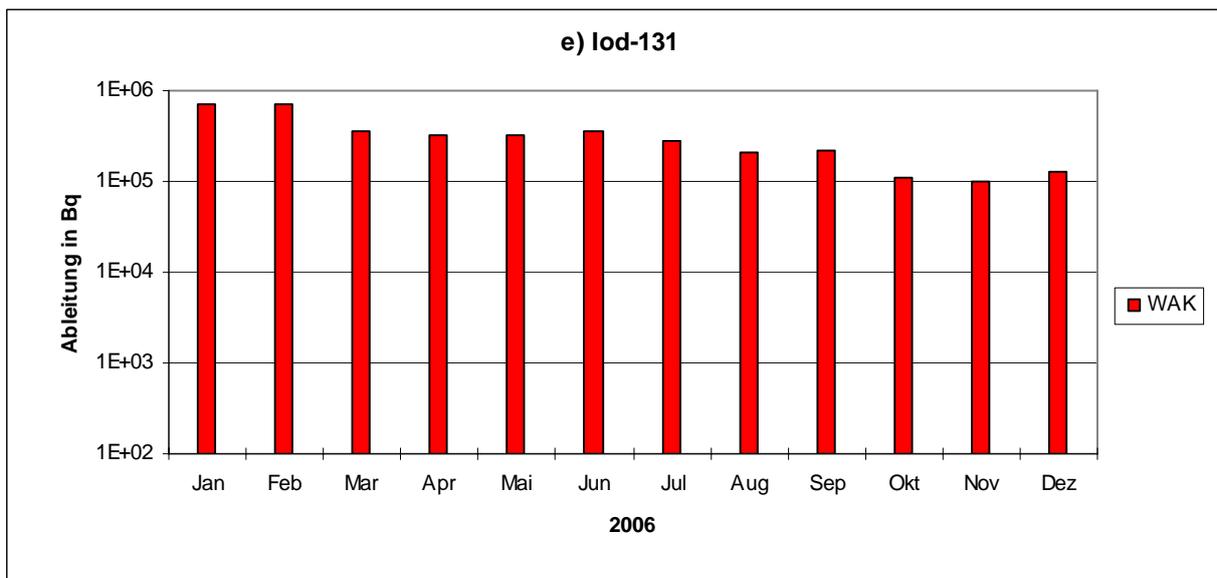


Abb. 6-4 e-g: Monatliche Ableitungen mit der Fortluft im Jahr 2006 (Fortsetzung)

6.2.1.3 Strahlenexposition in der Umgebung des Forschungszentrums Karlsruhe durch die mit der Fortluft abgeleiteten radioaktiven Stoffe im Jahr 2006

A. Wicke

6.2.1.3.1 Berechnungsgrundlagen

Die Dosisberechnung erfolgte auf der Grundlage der monatlich bilanzierten Ableitungswerte der im Jahr 2006 zu berücksichtigenden Emittenten (s. Tab. 6-7). Für die Ausbreitungsrechnungen wurden die monatlichen Wetterstatistiken des Standorts verwendet. Die Teilkörper- und Effektivdosen wurden auf der Grundlage der noch rechtsgültigen „Allgemeinen Verwaltungsvorschrift“ (AVV) zu § 45 der Strahlenschutzverordnung (alt) berechnet. Mit Teilkörper- und Effektivdosen sind im Folgenden bezeichnet:

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

Ziel der Berechnungen ist zu prüfen, in wieweit die errechneten maximal möglichen Individualdosen 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 stehen. Die Berechnung nach der AVV ist im Gesamtergebnis konservativ. Sie geht u. a. von der Annahme besonderer Verzehrsgewohnheiten einer Referenzperson aus. Dabei wird angenommen, dass sich diese Person ausschließlich von Nahrungsmitteln ernährt, deren landwirtschaftliche Ausgangsprodukte am Ort der höchsten Kontamination erzeugt wurden. 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 entsprechend der Rechenvorschrift dem Bundesanzeiger 185a vom September 1989 entnommen. Um die Auswahl relevanter Klassen für die Lungenretention und Löslichkeit bei Ingestion radioaktiver Schwebstoffe zu ermöglichen, wurden die für die jeweiligen Emittenten dominierenden oder typischen chemischen Formen zu Grunde gelegt, oder – falls unbekannt – 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.

6.2.1.3.2 Meteorologische Daten

Die für die Ausbreitungsrechnung benötigten meteorologischen Daten werden am 200 m hohen Messturm auf dem Betriebsgelände des Forschungszentrums Karlsruhe gemessen. Windrichtung, Windgeschwindigkeit und Ausbreitungskategorie werden halbstündlich gemittelt. Ihre Häufigkeitsverteilungen werden in der Ausbreitungsstatistik zusammengefasst. Die Windrose ist in zwölf 30°-Sektoren eingeteilt. Den Ausbreitungsrechnungen werden die Windgeschwindigkeit und -richtung in 60 m Höhe zu Grunde gelegt. 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 Ausbrei-

tungsparameter 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.

6.2.1.3.3 Ausbreitung und Ablagerung

Bei der Ausbreitungsberechnung wird – abweichend von der AVV – eine azimutale Gleichverteilung nicht der Aktivitätskonzentration, sondern der Windrichtungshäufigkeit innerhalb eines Sektors angenommen. Das ist sachlich richtiger und vermeidet Sprünge an den Sektorgrenzen. Bei der Ermittlung der Ablagerung radioaktiver Stoffe durch Trockendeposition werden die in der AVV angegebenen Depositionsgeschwindigkeiten für Schwebstoffe 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. Dieses Vorgehen ist hinsichtlich der Dosisberechnung konservativ. 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.

6.2.1.3.4 Rechenprogramme

Die Dosisbeiträge durch Betasubmersion, Inhalation, Ingestion und Gammabodenstrahlung sind im Wesentlichen proportional zur Aktivitätskonzentration in der bodennahen Luft in der Nähe des betrachteten Aufpunktes. Das Berechnungsverfahren für diese Expositionspfade ist daher prinzipiell gleich. Das FORTRAN-Programm ISOLA leistet in Verbindung mit dem FORTRAN-Programm EFFDOS die erforderlichen Rechenoperationen, indem die Dosisbeiträge der Einzelemittenten überlagert und für alle Expositionspfade und Organe ermittelt werden.

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

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

6.2.1.3.5 Einteilung der radioaktiven Emissionen in Nuklidgruppen und Einzelnuklide

Zur Dosisberechnung ist es erforderlich, für die in der Bilanzierung angegebenen Nuklidgruppen Leitnuklide oder charakteristische Nuklidgemische festzulegen. Die erforderlichen anlagenspezifischen Festlegungen wurden für das Jahr 2006 überprüft und aktualisiert:

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

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

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

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

IFIA, Bau 341: Pu-238

ZAG-KAZ, Bau 351: Ra-226

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 zu Grunde gelegt.

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

Die Ableitung kurzlebiger β -Aktivität ist nur für das Zyklotron von Bedeutung. Es wird produktionsbedingt folgendes Leitnuklid angenommen:

ZAG-KAZ, Bau 351: F-18

- Nuklidgruppe A_{BL} : Schwebstoffe 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 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 AAL das Emissionsspektrum der LAVA zu Grunde gelegt

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

ITG, Bau 317: S-35 (org.)

ZAG-KAZ, Bau 351: Be-7

IK-Zykl.-KIZ, Bau 351: P-32

IK-Zykl.-BOX, Bau 351: P-32

- Nuklidgruppe E/G_K: Radioaktive Edelgase und kurzlebige Aktivierungsgase
Bei der HDB, Bau 548, und dem ITU wurde für die Dosisberechnung als Ableitung das radioaktive Edelgas Kr-85 betrachtet, bei IFP/IK das Edelgas Ar-41. Bei den Ableitungen des Zyklotrons (ZAG-KAZ, Bau 351) wurde das kurzlebige Aktivierungsgas N-13 als Leitnuklid zu Grunde gelegt. Bei der WAK wird angenommen, dass sich die Edelgasableitung zu gleichen Teilen aus Kr-87 und Kr-88 zusammensetzt.
- Nuklidgruppe I: Radioaktive Iodisotope
Die Dosisberechnung wurde mit allen bilanzierten Iodisotopen durchgeführt. Dabei wurde konservativerweise eine Ableitung in elementarer Form zu Grunde gelegt.
- Tritium
Grundsätzlich wird angenommen, dass Tritium als tritiiertes Wasser bzw. Wasserdampf (HTO) abgeleitet wird. Wird H-3 in Form von HT emittiert, wird in der Regel konservativ ebenfalls eine Ableitung in vollständig oxidiertes Form angenommen.
- C-14
Es wird eine Ableitung in Form von ¹⁴CO₂ zu Grunde gelegt. Bei der Dosisberechnung wurden die Inhalations-Dosisfaktoren für CO₂ und die Ingestions-Dosisfaktoren für organische Verbindungen angewendet.

6.2.1.3.6 Ergebnisse der Dosisberechnung

Unter den beschriebenen Randbedingungen wurden die Teilkörper- und Effektivdosen für Kleinkinder und Erwachsene in der Umgebung berechnet. Die für jeden einzelnen Emittenten berechnete Effektivdosis für Erwachsene am jeweiligen Immissionsmaximum wurde bereits in Tab. 6-7 in der letzten Spalte aufgeführt. Nach Überlagerung der Auswirkungen aller Emittenten ergeben sich rechnerisch – aufgeschlüsselt nach den zu berücksichtigenden Expositionspfaden – für die ungünstigsten Einwirkungsstellen außerhalb des Betriebsgeländes des Forschungszentrums die in Tab. 6-8 aufgeführten maximalen Beiträge zur effektiven Dosis.

Expositionspfad	maximale effektive Dosis	
	für Kleinkinder	für Erwachsene
Inhalation	0,011 μSv*	0,014 μSv**
Ingestion	1,94 μSv*	1,12 μSv**
Gammabodenstrahlung	0,025 μSv	0,021 μSv
Gammasubmersion	1,48 μSv	1,24 μSv
Summe über alle Expositionspfade	3,5 μSv	2,4 μSv

Tab. 6-8: Maximale rechnerische Effektivdosen in der Umgebung des Forschungszentrums Karlsruhe aufgrund der radioaktiven Ableitungen mit der Fortluft im Jahr 2006 (70*- bzw. 50**- Jahre Folgedosis)

Die Dosisbeiträge durch Ingestion und Gammasubmersion haben sich gegenüber dem Vorjahr deutlich erhöht. Ursache hierfür sind die höheren C-14-Ableitungen der HDB-Verbrennungsanlage (Bau 536) und die Ableitungen kurzlebiger radioaktiver Gase bei ZAG-KAZ (Bau 351). 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. 6-9 und Tab. 6-10 zusammengestellt.

Körperbereich	maximale Teilkörper- und Effektivdosen in μSv für Kleinkinder					
	Inhalation*	Ingestion*	Gamma-Bodenstrahlung	Gamma-submersion	Beta-submersion	Summe
Keimdrüsen	0,010	1,93	0,023	1,48	-	3,4
Brust	0,010	1,93	0,028	1,48	-	3,5
Rotes Knochenmark	0,011	1,94	0,024	1,48	-	3,5
Lunge	0,011	1,93	0,026	1,48	-	3,5
Schilddrüse	0,013	2,04	0,028	1,48	-	3,6
Knochenoberfläche	0,055	1,94	0,027	1,48	-	3,5
Haut	0,010	1,93	0,029	1,48	5,3	8,8
Sonstige	< 0,01	< 1,93	< 0,03	1,48	-	< 3,5
effektive Dosis	0,011	1,94	0,025	1,48	-	3,5
ungünstigste Einwirkungsstelle ¹	-565/0	-565/0	-565/0	-640/-370	-640/-370	-

¹ x/y-Koordinaten im m, bezogen auf den ehemaligen FR2-Kamin (s. Abb. 6-2)

Tab. 6-9: Maximale Körperdosen für Kleinkinder (*70-Jahre-Folgedosis) durch die radioaktiven Ableitungen mit der Fortluft des Forschungszentrums Karlsruhe im Jahr 2006

Körperbereich	maximale Teilkörper- und Effektivdosen in μSv für Erwachsene					
	Inhalation*	Ingestion*	Gamma-Bodenstrahlung	Gamma-submersion	Beta-submersion	Summe
Keimdrüsen	0,013	1,12	0,020	1,24	-	2,4
Brust	0,013	1,12	0,023	1,24	-	2,4
Rotes Knochenmark	0,014	1,12	0,020	1,24	-	2,4
Lunge	0,013	1,12	0,022	1,24	-	2,4
Schilddrüse	0,015	1,21	0,024	1,24	-	2,5
Knochenoberfläche	0,083	1,13	0,023	1,24	-	2,5
Haut	0,013	1,11	0,024	1,24	5,3	7,7
Sonstige	< 0,02	< 1,1	< 0,02	1,24	-	< 2,4
effektive Dosis	0,014	1,12	0,021	1,24	-	2,4
ungünstigste Einwirkungsstelle ¹	-565/0	-565/0	-565/0	-640/-370	-640/-370	-

¹ x/y-Koordinaten im m, bezogen auf den ehemaligen FR2-Kamin (s. Abb. 6-2)

Tab. 6-10: Maximale Körperdosen für Erwachsene (*50-Jahre-Folgedosis) durch die radioaktiven Ableitungen mit der Fortluft des Forschungszentrums Karlsruhe im Jahr 2006

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. 6-5 in Form von Isodosislinien dargestellt. Obwohl die in den Tab. 6-9 und Tab. 6-10 angegebenen Werte bereits die Emissionen der WAK mitberücksichtigen, wird gemäß behördlicher Auflage eine gesonderte Berechnung der Strahlenexposition in der Umgebung des Forschungszentrums Karlsruhe durch die mit der Fortluft der WAK abgeleiteten Aktivität durchgeführt. Die errechneten Körperdosen sind für Kleinkinder und Erwachsene in Tab. 6-11 und Tab. 6-12 zusammengestellt.

Aus den Emissionen aller Emittenten im Jahr 2006 ergibt sich rechnerisch eine mittlere Effektivdosis für eine erwachsene Person der Bevölkerung im Umkreis von 5 km Radius um das Forschungszentrum von 0,13µSv und von 0,04 µSv für einen Umkreis von 10 km Radius. Alle für die ungünstigsten Einwirkungsstellen berechneten Teilkörper- und Effektivdosen liegen selbst nach Summation über alle Expositionspfade deutlich unter den entsprechenden Grenzwerten nach § 47 der Strahlenschutzverordnung.

Körperbereich	maximale Teilkörper- und Effektivdosen in µSv für Kleinkinder					
	Inhalation*	Ingestion*	Gamma-Bodenstrahlung	Gamma-submersion	Beta-submersion	Summe
Keimdrüsen	0,001	0,001	0,002	0,015	-	0,019
Brust	< 0,001	0,001	0,003	0,015	-	0,019
Rotes Knochenmark	0,005	0,011	0,002	0,015	-	0,033
Lunge	0,002	0,001	0,002	0,015	-	0,020
Schilddrüse	0,002	0,41	0,003	0,015	-	0,43
Knochenoberfläche	0,051	0,030	0,003	0,015	-	0,099
Haut	< 0,001	0,001	0,003	0,015	0,005	0,025
Sonstige	< 0,002	< 0,001	< 0,003	0,015	-	< 0,02
effektive Dosis	0,004	0,016	0,002	0,015	-	0,037
ungünstigste Einwirkungsstelle ¹	420/1470	420/1470	420/1470	420/1470	420/1470	-

¹ x/y-Koordinaten im m, bezogen auf den ehemaligen FR2- Kamin (s. Abb. 6-2)

Tab. 6-11: Maximale Körperdosen für Kleinkinder (*70-Jahre-Folgedosis) durch die radioaktiven Ableitungen mit der Fortluft der WAK im Jahr 2006

Körperbereich	maximale Teilkörper- und Effektivdosen in μSv für Erwachsene					
	Inhalation*	Ingestion*	Gamma-Bodenstrahlung	Gamma-submersion	Beta-submersion	Summe
Keimdrüsen	0,001	0,003	0,002	0,013	-	0,019
Brust	< 0,001	0,002	0,003	0,013	-	0,019
Rotes Knochenmark	0,006	0,023	0,002	0,013	-	0,044
Lunge	0,001	0,002	0,002	0,013	-	0,018
Schilddrüse	0,001	0,44	0,002	0,013	-	0,46
Knochenoberfläche	0,077	0,072	0,003	0,013	-	0,17
Haut	< 0,001	0,002	0,003	0,013	0,005	0,024
Sonstige	< 0,002	< 0,002	< 0,002	0,013	-	< 0,02
effektive Dosis	0,004	0,020	0,002	0,013	-	0,039
ungünstigste Einwirkungsstelle ¹	420/1470	420/1470	420/1470	420/1470	420/1470	-

¹ x/y-Koordinaten im m, bezogen auf den ehemaligen FR2- Kamin (s. Abb. 6-2)

Tab. 6-12: Maximale Körperdosen für Erwachsene (*50-Jahre-Folgedosis) durch die radioaktiven Ableitungen mit der Fortluft der WAK im Jahr 2006

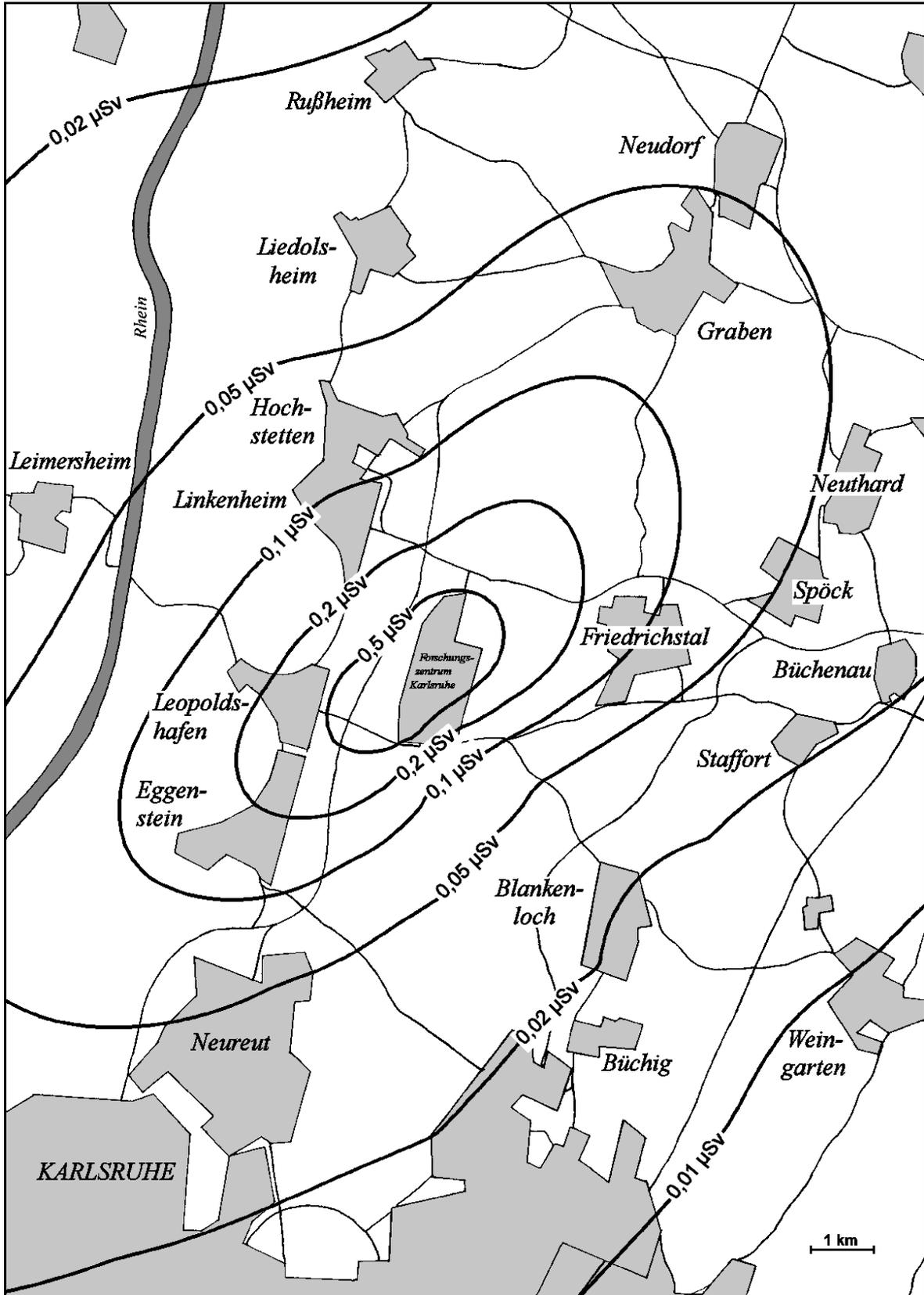


Abb. 6-5: Effektivdosen für Erwachsene in der Umgebung des Forschungszentrums Karlsruhe, 50-Jahre-Folgedosis aufgrund der radioaktiven Ableitungen mit der Fortluft im Jahr 2006

6.2.2 Abwasserüberwachung

Chr. Wilhelm, K.-G. Langguth, C. Leim

Die Überwachung des auf dem Betriebsgelände des Forschungszentrums Karlsruhe anfallenden Abwassers erfolgt im Rahmen wasserrechtlicher Erlaubnisbescheide und einer atomrechtlicher Genehmigung, die von den zuständigen Behörden des Landes Baden-Württemberg erteilt wurden. Die Überwachung radioaktiver Stoffe im Rahmen der Genehmigung erfolgt durch das „Physikalische Messlabor“ der HS-ÜM, die Überwachung nichtradioaktiver Stoffe 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 werden über Sandfänge 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 im Rahmen der Umgebungüberwachung kontrolliert (s. Kap. 6.2.3).

Die häuslichen Abwässer werden der biologischen Klärung zugeführt, in mehreren Verfahrensschritten gereinigt und kontinuierlich in den Vorfluter abgeleitet (s. Abb. 6-6). Die Abwässer werden gemäß der Eigenkontrollverordnung überwacht. Zusätzlich wird seit August 2006 nach Anordnung des Umwelt-Ministeriums das Schmutzwasser durch kontinuierliche Probeentnahme und Messung an Monatsmischproben im Hinblick auf Innentäter, Terrorismus, Entwendung oder Verschleppung überwacht.

Die im Forschungszentrum anfallenden Chemieabwässer werden entsprechend ihrer Herkunft, ihrer Verunreinigung und ihres Aktivitätsgehaltes in unterschiedliche Einzelsysteme des Chemieabwassernetzes eingeleitet. Chemieabwässer aus Betriebsstätten oder Gebäuden, in denen nicht mit radioaktiven Stoffen umgegangen wird, werden in das Chemieabwassernetz I eingeleitet und der Kläranlage für Chemieabwasser zugeführt. Chemieabwässer aus Kontrollbereichen oder aus Betriebsstätten, in denen mit offenen radioaktiven Stoffen umgegangen wird und die gemäß der atomrechtlichen Genehmigung zu überwachen sind (Chemieabwasser II), werden am Anfallort in sogenannten Abwassersammelstationen gesammelt. Anhand der im Physikalischen Messlabor durchgeführten Aktivitätsmessung wird gemäß der atomrechtlichen Genehmigung über die direkte Einleitung in die Chemiekläranlage als Chemieabwasser I oder Einspeisung in die Dekontaminationsanlage als Chemieabwasser III entschieden (s. Abb. 6-6).

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

Die Abwässer aus der Dekontaminationsanlage werden in Übergabebehältern gesammelt. Vor einer Ableitung werden sie ebenfalls einer Kontrollmessung unterzogen und bei Überschreitung der Werte der Genehmigung erneut dekontaminiert, andernfalls in die Kläranlage für Chemieabwasser eingeleitet. Das in die Chemiekläranlage eingeleitete Chemieabwasser wird in einem mehrstufigen Prozess gereinigt und in den zwei Speicherbecken für Chemieabwasser mit je 750 m³ Fassungsvermögen gesammelt (s. Abb. 6-6).

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

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

Die Eigenüberwachung der radioaktiven Emissionen mit dem Abwasser aus dem Forschungszentrum wird durch Messungen behördlich beauftragter Sachverständiger kontrolliert. Aufgrund behördlicher Anordnung wird auf das Forschungszentrum sinngemäß das Programm zur „Kontrolle der Eigenüberwachung radioaktiver Emissionen aus Kernkraftwerken“ gemäß der Richtlinie des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit vom 05.02.1996 angewandt. Danach werden durch das Bundesamt für Strahlenschutz, das als beauftragter Sachverständiger von der Behörde hinzugezogen wurde, Kontrollmessungen an Monats- und Quartalsmischproben durchgeführt.

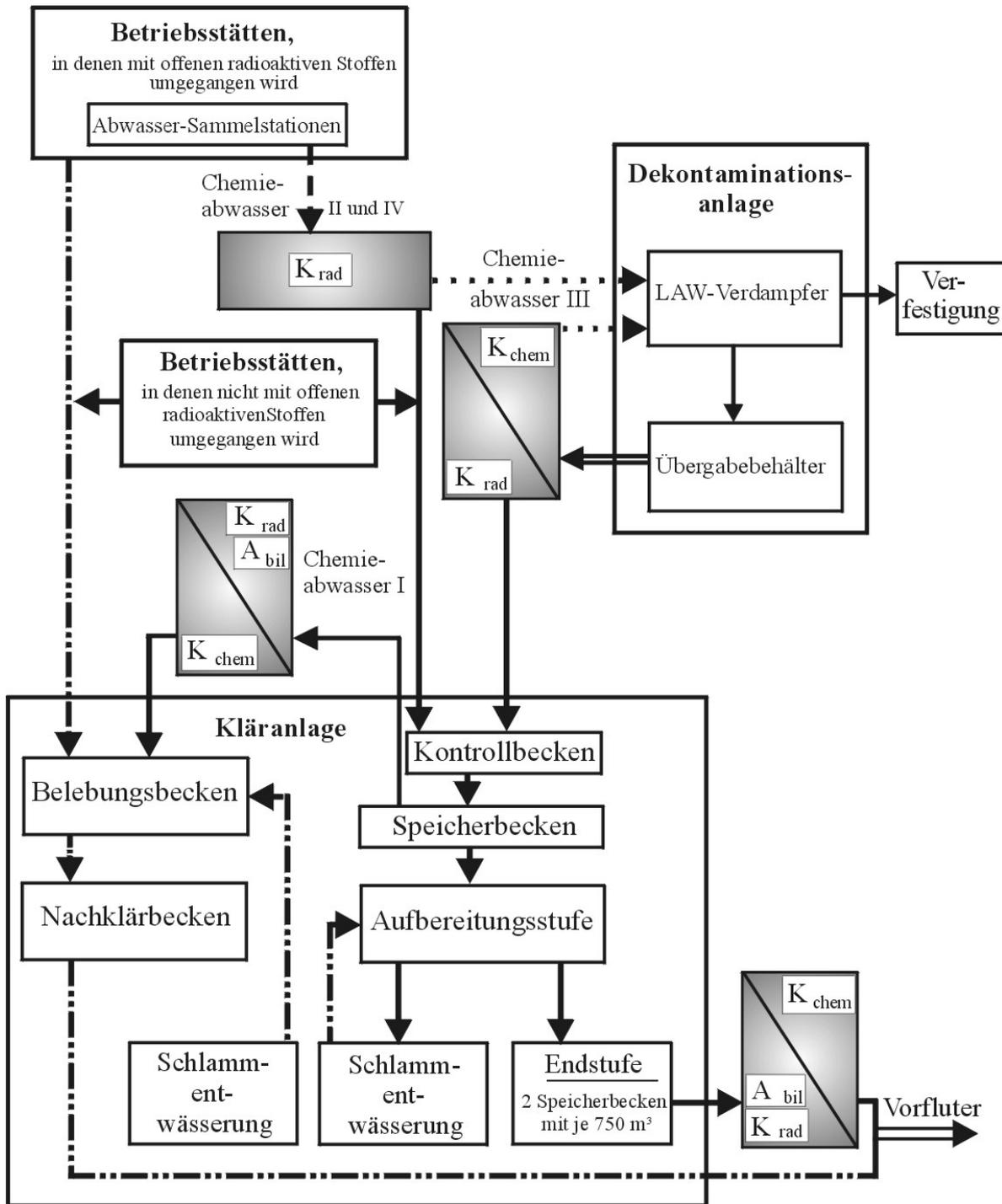


Abb. 6-6: Vereinfachtes Fließschema der Abwässer im Forschungszentrum Karlsruhe (Krad: Kontrollmessung radioaktiver Stoffe; Kchem: Kontrollmessung nicht-radioaktiver Stoffe, Abil: Bilanzierung der Ableitung radioaktiver Stoffe)

6.2.2.1 Ableitung nicht radioaktiver Stoffe mit dem Abwasser 2006

U. Berg (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 Chemiekläranlage gemäß den Vorgaben des wasserrecht-

lichen 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. 6-13 sind die bilanzierten Ableitungen mit dem Chemieabwasser und dem häuslichen Abwasser sowie in Tab. 6-14 die errechneten Jahreskonzentrationsmittelwerte für das Jahr 2006 wiedergegeben. Die Genehmigungswerte wurden in keinem Fall überschritten. Dies bestätigen auch die amtlichen Überwachungsmessungen.

Bei der Chemiekläranlage erreichte die Ableitung von CSB, KW, AOX und Phosphat geringere Ablaufwerte als im Vorjahr. Bei der Schmutzwasserkläranlage mit vorgeschalteter Denitrifikation konnte die Nitratfracht wieder bei dem niedrigen Wert des Vorjahres gehalten werden, jedoch kam es aufgrund wetterbedingter Störung zu einer leichten Frachterhöhung. Es wurde auch entsprechend weniger Abwasser abgeleitet.

Parameter	Chemieabwasser [kg/a]	Häusliches Abwasser [kg/a]
Chem. Sauerstoffbedarf (CBS)	274.6	1342.18
Biochem. Sauerstoffbedarf (BSB ₅)	-	52.31
absorbierbare organische Halogenverbindungen (AOX)	0.698	1.55
flüchtige organische Halogenverbindungen (POX)	0.130	-
mineralöhlhaltige Kohlenwasserstoffe (KW)	0.65	-
Gesamtstickstoff (N ges.)	-	221.64
organ. gebundener Stickstoff (N org.)	-	9.38
Chlorid	1305.1	-
Nitrat - N	0.758	174.18
Nitrit - N	0.49	8.87
Phosphat - P ges	7.4	28.12
Sulfat	1318.3	-
Ammonium - N	20.7	102.47
Cadmium	< 0.5	< 0.5
Chrom	< 0.5	< 0.5
Eisen	0.67	1.7
Quecksilber	< 0.01	-
Blei	< 0.5	< 0.5
Kobalt	< 0.5	< 0.5
Kupfer	< 0.5	< 0.5
Mangan	0.22	0.78
Nickel	0.2	0.24
Zink	0.60	0.6

Tab. 6-13: Bilanzierte Mengen der im Jahr 2006 mit dem Chemieabwasser und dem häuslichen Abwasser in den Vorfluter abgeleiteten nichtradioaktiven Stoffe.

Parameter	Mittelwert Chemiekläranlage [mg/l]	Mittelwert Schmutz- wasserkläranlage [mg/l]
nH-Wert	7,5	7,1
absetz. Stoffe	<0,1	-
absorbierbare organische Halogenverbindungen (AOX)	0,12	0,04
flüchtige organische Halogenverbindungen (POX)	0,020	-
mineralölhaltige Kohlenwasserstoffe (KW)	0,10	-
Biochem. Sauerstoffbedarf (BSB ₅)	-	2,8
chem. Sauerstoffbedarf (CSB)	48,6	37,4
Phenol-Index	-	-
Cadmium	< 0,010	< 0,01
Chrom ges.	< 0,010	< 0,01
Eisen gesamt	0,15	0,12
Quecksilber	< 0,001	< 0,0001
Blei	< 0,010	< 0,01
Kobalt	< 0,010	< 0,01
Kupfer	0,038	< 0,017
Mangan	0,040	< 0,040
Nickel	0,039	< 0,02
Zink	0,035	0,09
Calcium	170,7	-
Magnesium	27,6	-
Aluminium	0,04	-
Barium	0,04	-
Ammonium-N	3,2	3,5
Chlorid	451,3	240,0
Sulfat	210,7	81,0
Cyanid gesamt	< 0,005	-
Fluorid	0,59	-
Nitrat-N	0,125	4,1
Nitrit-N	0,07	0,19
Phosphat-P ges.	1,27	0,72

Tab. 6-14: Jahreskonzentrationsmittelwerte der im Jahr 2006 mit dem Chemieabwasser und dem häuslichen Abwasser in den Vorfluter abgeleiteten nichtradioaktiven Stoffe

6.2.2.2 Ableitung radioaktiver Stoffe mit dem Abwasser 2006

C. Leim, Chr. Wilhelm

Die Ableitung radioaktiver Stoffe mit dem Abwasser wird anhand von Mischproben bilanziert. Dazu werden mengenproportionale Proben der einzelnen Speicherbeckenfüllungen zu Monats- und Quartalsmischproben vereinigt und am Ende des Sammelzeitraumes analysiert. Neben der Bestimmung der Aktivität von Tritium erfolgen bei Monatsmischproben auch nuklidspezifische Messungen mittels Gamma-Spektroskopie. Bei den Quartalsmischproben werden die Gesamt-Alpha-Aktivität und nach einer chemischen Aufbereitung der Proben die Konzentration von Strontiumisotopen sowie von C-14 und S-35 ermittelt. Bei einer Gesamt-Alpha-Aktivität $\geq 0,5 \text{ kBq/m}^3$ müssen zusätzlich die folgenden Radionuklide radiochemisch bestimmt werden: Pu-238, Pu-239/240, Pu-241, Am-241 und Am-243. Da im Jahr 2006 bei allen Quartalsmisch-

proben die Gesamt-Alpha-Aktivität kleiner als 0,5 kBq/m³ war, konnte auf die radiochemische Bestimmung der Plutonium- und Americiumisotope verzichtet werden. In Tab. 6-15 sind die anhand von Monats- und Quartalsmischproben ermittelten Gesamtableitungen radioaktiver Stoffe im Jahr 2006 wiedergegeben. Zum Vergleich sind die Vorjahreswerte und die Genehmigungswerte mit angegeben. Um die atomrechtliche Genehmigung einzuhalten, muss für die nachgewiesenen Radionuklide gewährleistet werden, dass die Summe der Verhältniszahlen aus der gemessenen Aktivitätsabgabe und den Genehmigungswerten der einzelnen Radionuklide kleiner oder höchstens gleich 1 ist (im Jahr 2006 betrug das Verhältnis 0,03).

Radionuklid	Genehmigungswerte J _n für die Aktivitätsabgaben in Bq/a	bilanzierte Ableitungen in Bq/a	
		2006	2005
H-3	8,0 E+13	1,6 E+12	6,8 E+12
Co-57	2,0 E+10	9,1 E+04	-
Co-60	1,0 E+09	-	7,9 E+04
Sr-90	3,0 E+09	8,3 E+06	2,1 E+07
Cs-137	3,0 E+09	1,2 E+07	1,0 E+07
aus dem Forschungszentrum abgeleitete Chemieabwassermenge in m ³	-	22 200	30 300

Tab. 6-15: 2006 aus dem Forschungszentrum Karlsruhe abgeleitete Abwassermenge und -aktivität sowie Genehmigungswerte gemäß atomrechtlicher Genehmigung

Bei den bilanzierten Ableitungen dominiert das in Form von HTO abgeleitete Tritium. Einen Überblick über die Entwicklung der mit dem Abwasser des Forschungszentrums Karlsruhe abgeleiteten Tritiumaktivität in den letzten 31 Jahren gibt die Abb. 6-7.

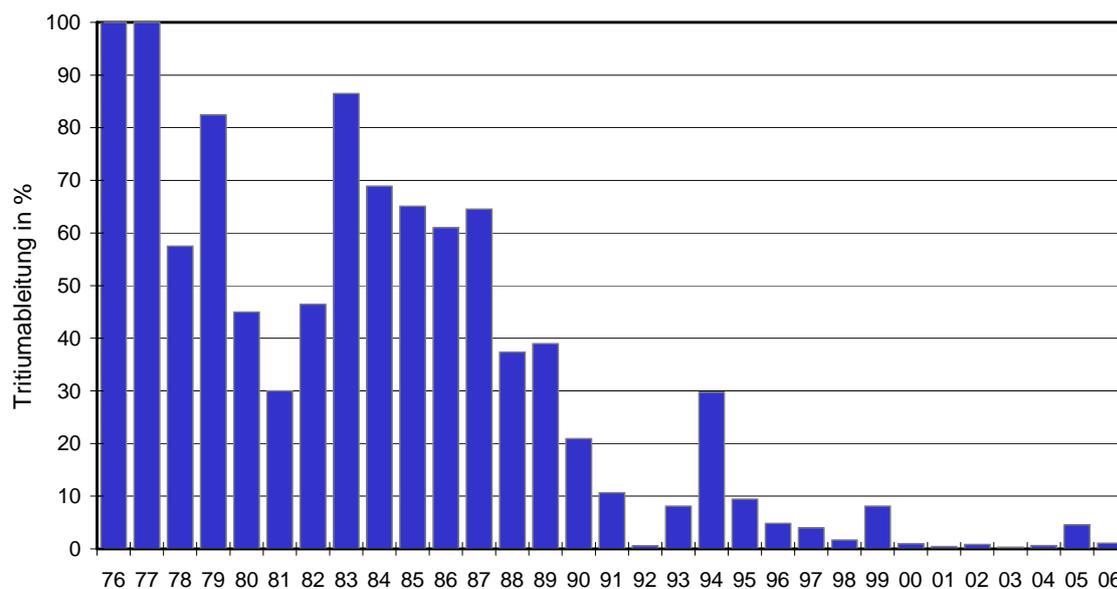


Abb. 6-7: Entwicklung der mit dem Abwasser aus dem Forschungszentrum Karlsruhe jährlich abgeleiteten Tritiumaktivität seit 1976 (1976 = 100 %)

6.2.2.3 Strahlenexposition in der Umgebung des Forschungszentrums Karlsruhe durch die mit dem Abwasser in den Rhein abgeleiteten radioaktiven Stoffe im Jahr 2006

K.-G. Langguth

Die aus den Ableitungen radioaktiver Stoffe mit dem Abwasser des Forschungszentrums Karlsruhe in den Rhein resultierende Strahlenexposition wurde unter Anwendung der Allgemeinen Verwaltungsvorschrift zu § 45 StrlSchV vom 30.06.1989 berechnet. Die Berechnung wurde mit Hilfe des Programms STARS durchgeführt. Dabei wurden die Effektiv- und Organdosen - jeweils für Erwachsene und Kleinkinder - als 50-Jahre-Folgeäquivalentdosen ermittelt. Die Berechnung erfolgte mit den Parametern und den Expositionspfaden, die auch im Gutachten im Auftrag des UM zum Antrag des Forschungszentrums auf Einleitung des Abwassers in den Rhein zur Anwendung kamen. An der Einleitungsstelle wurde dabei von einem mittleren Abfluss MQ von 1 260 m³/s ausgegangen. Die berechneten effektiven Dosen und ggf. die jeweils größten Dosen der relativ zum Grenzwert der StrlSchV stärker exponierten Organe für Erwachsene und Kleinkinder für die Ableitung in den Rhein sind in Tab. 6-16 wiedergegeben.

Die Rechenergebnisse zeigen, dass für die Ableitung radioaktiver Stoffe mit dem Abwasser in den Rhein die Dosisgrenzwerte der Strahlenschutzverordnung (Grenzwert für die effektive Dosis: 3 E-04 Sv/Jahr) deutlich unterschritten werden.

Bilanzierte Aktivitätsableitungen 2006		Maximale Körper-Folgeäquivalentdosen in Sv			
		Erwachsene		Kleinkinder	
Nuklid	Aktivität in Bq	Effektive Dosis	Dosis für das rela- tiv am stärksten exponierte Organ	Effektive Dosis	Dosis für das rela- tiv am stärksten exponierte Organ
H-3	1,6 E+12	1,7 E-08		1,7 E-08	
Co-57	9,1 E+04	1,5 E-13		2,1 E-13	
Sr-90	8,3 E+06	6,6 E-10	3,2 E-09 (RK)	4,2 E-10	1,8 E-09 (RK)
Cs-137	1,2 E+07	2,4 E-09		6,2 E-10	
Gesamt-Alpha*	1,3 E +06	7,7 E-10	1,4 E-08 (KO)	4,2 E-10	6,0 E-09 (KO)
Summe, gerundet		2,1 E-08	-	1,8 E-08	-

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

* Bei der Gesamt-Alpha-Aktivität wurde in konservativer Weise angenommen, dass es sich ausschließlich um Pu-240 handelte. Pu-240 ist von den Alpha-Strahlern, die in den letzten zehn Jahren mit dem Abwasser aus dem Forschungszentrum abgegeben wurden, das Nuklid mit der höchsten Strahlenexposition je Aktivitätseinheit.

Tab. 6-16: Maximale Körper-Folgeäquivalentdosen, berechnet aus den bilanzierten Aktivitätsableitungen mit dem Abwasser in den Rhein im Jahr 2006

6.2.3 Radiologische Umgebungüberwachung

B. Vobl, B. Messerschmidt, W. Bohn, A. Wicke

Die Umgebung des Forschungszentrums Karlsruhe wird nach einem vom Umweltministerium Baden-Württemberg angeordneten Routinemessprogramm überwacht. Das überwachte Gebiet umfasst eine Fläche von ca. 150 km². Die meisten Mess- und Probenentnahmeorte liegen, wie in Abb. 6-9 dargestellt, innerhalb eines Bereichs von ca. 6 km Radius um das Forschungszentrum Karlsruhe. Die Mess- und Probenentnahmeorte innerhalb des Forschungszentrums Karlsruhe sind in Abb. 6-10 dargestellt.

Das auflagenbedingte Überwachungsprogramm umfasst die Ermittlung der direkten Strahlenexposition sowie die Messung der Aktivität von Probenmaterialien aus verschiedenen Umwelt-

medien. Monatliche Messfahrten dienen dem Training des Einsatzpersonals bei Störfällen. Wenn sich im Rahmen der Routineüberwachung gegenüber bekannten Schwankungsbereichen signifikant erhöhte Messwerte ergeben, werden ergänzende, zeitlich befristete Überwachungsmaßnahmen durchgeführt. Die sehr umfangreiche Zusammenstellung aller Einzelmessergebnisse wird für jedes Quartal den Aufsichtsbehörden zugeleitet.

Das derzeit gültige Umgebungsüberwachungsprogramm trat im Mai 2001 mit Beginn der direkten Einleitung der gereinigten Abwässer des Forschungszentrums Karlsruhe in den Rhein in Kraft. Insgesamt wurden im Jahr 2006 ca. 500 Proben genommen und rd. 900 Radioaktivitätsmessungen durchgeführt, wobei der größte Anteil der Proben weiterhin auf die Überwachung der Umweltbereiche Luft (Schwebstoffe) und Niederschlag entfällt (Abb. 6-8).

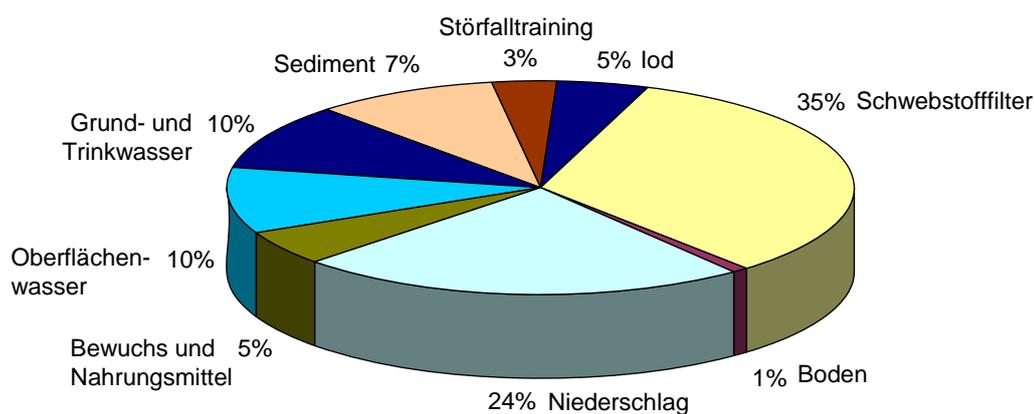
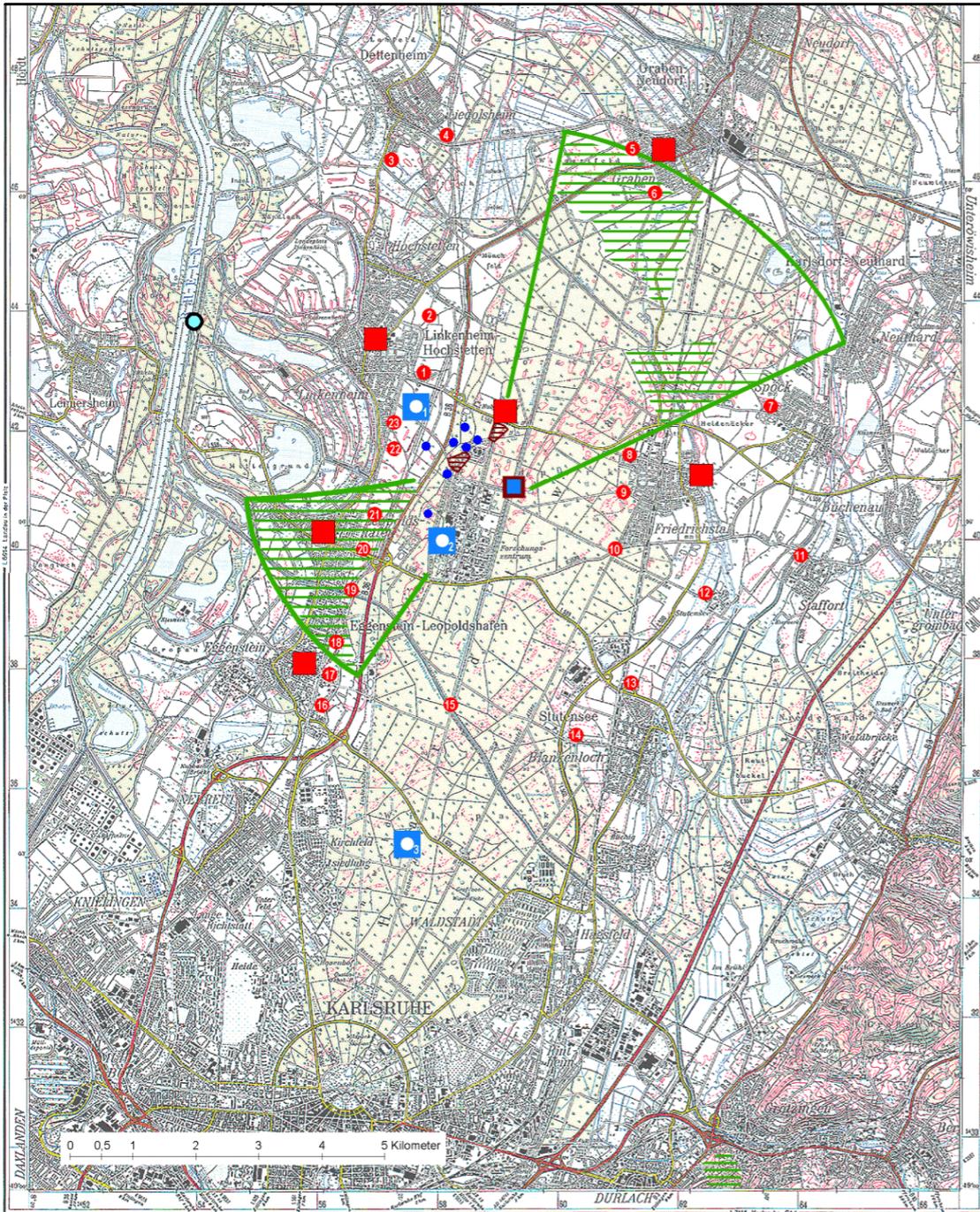


Abb. 6-8: Prozentuale Verteilung der Anzahl von Proben zur Umgebungsüberwachung, bezogen auf einzelne Umweltmedien



Legende

- Außenstation
- Festkörperdosimeter (Messorte Nr. 1 - 23)
- Trinkwasser (Wasserwerke)
1 = Linxheim, 2 = FZK Süd, 3 = Karlsruhe-Hardtwald
- Grundwasser
- kontinuierliche Sammlung von Oberflächenwasser und Sediment unterhalb der Regen- und Kühlwassereinleitungen
- Hauptausbreitungssektoren
- Landwirtschaftliche Produkte und Boden
- Boden
- Gemeinsame Einleitungsstelle für die Abwässer der Gemeinde Eggenstein-Leopoldshafen und des Forschungszentrums Karlsruhe bei Rhein-km 373,752

Grundlage Topografische Karte 1:50 000,
Copyright Landesvermessungsamt Baden-Württemberg,
<http://www.lv-bw.de>

Abb. 6-9: Lageplan der Mess- und Probenentnahmestellen zur Umgebungsüberwachung außerhalb des Forschungszentrums Karlsruhe

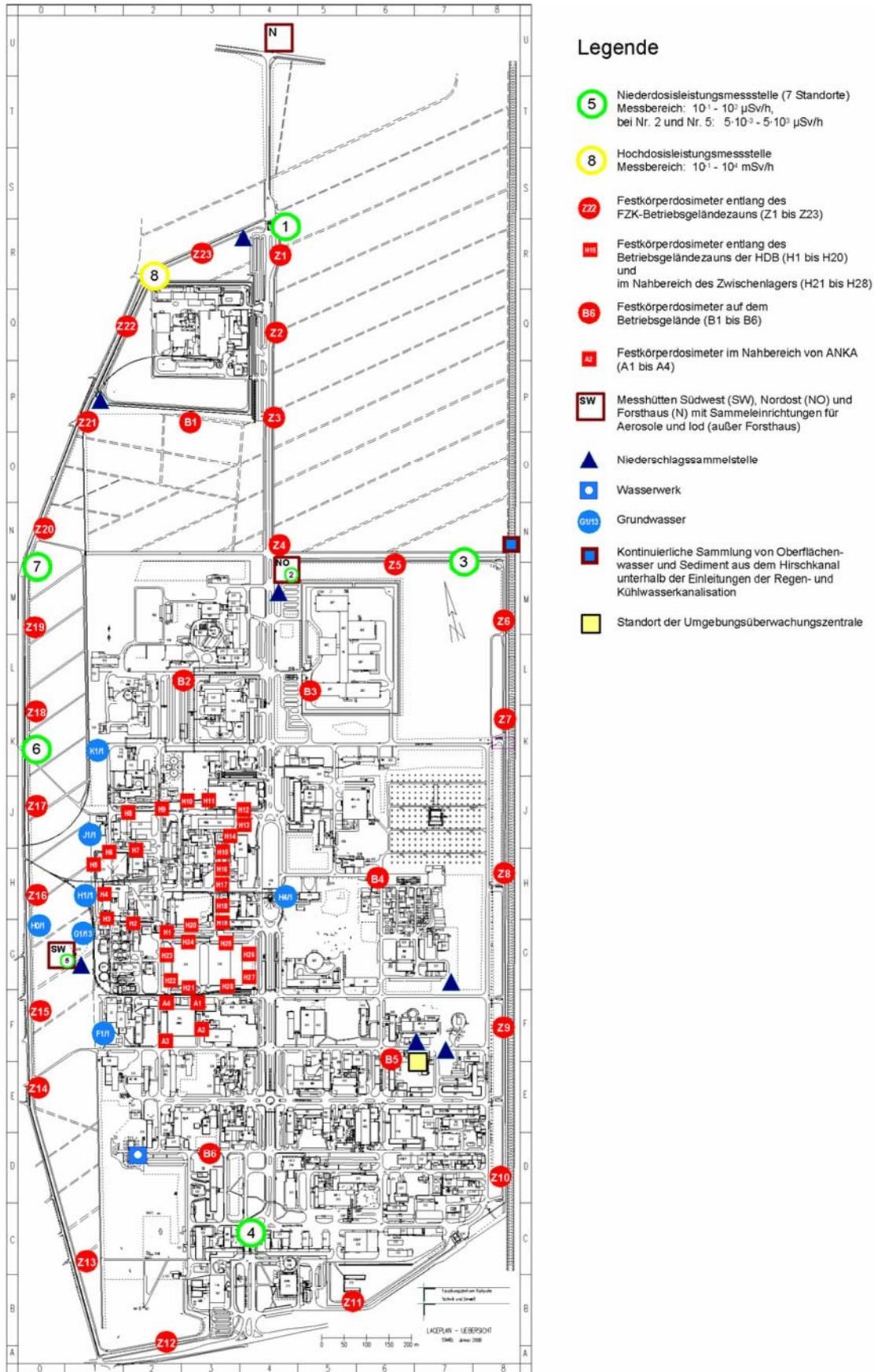


Abb. 6-10: Lageplan der Mess- und Probenentnahmestellen zur Umgebungsüberwachung innerhalb des Forschungszentrums Karlsruhe

Das Routineüberwachungsprogramm zur Überwachung der Umgebung hat folgende Struktur:

- I Direktmessung der Strahlung
 - Außenstationen
 - Monitoranlage zur Überwachung des Betriebsgeländes einschließlich WAK
 - Festkörperdosimeter
- II Radioaktivitätsmessungen
 - Luft
 - Niederschlag
 - Boden
 - Bodenoberfläche
 - Bewuchs
 - Pflanzliche Nahrungsmittel
 - Oberflächenwasser
 - Sediment
 - Grund- und Trinkwasser
- III Messfahrten (Störfalltraining)
 - γ -Ortsdosisleistung
 - Schwebstoffe
 - Bodenoberfläche
 - Boden

6.2.3.1 Direktmessung der Strahlung

Zur Direktmessung der Strahlung befinden sich zwei Online-Systeme im Einsatz. Das eine System, die Monitoranlage, dient der Überwachung der Ortsdosisleistung entlang des Betriebsgeländezauns. Das andere System, die Außenstationen, dient zur Überwachung des Strahlenspiegels in den umliegenden Ortschaften. Im Jahr 2006 wurden durch die Monitoranlage zweimal kurzzeitige Überschreitungen der Warnschwelle von 0,5 μ Sv/h an der Messstelle 4, der Hauptwache, registriert, die durch das Passieren von Radioaktivtransporten verursacht wurden. Die gemessene Ortsdosisleistung bei den Außenstationen folgte den natürlichen Schwankungen (keine signifikanten Erhöhungen). In Abb. 6-11 sind die Wochenmittelwerte der γ -Ortsdosisleistung im Jahr 2006 an den Außenstationen der nächstgelegenen Ortschaften und an der Station „Forsthaus“ dargestellt. Der Schwankungsbereich der Ortsdosisleistung lag zwischen 67 und 97 nSv/h. Die Unterschiede des Strahlungspegels werden im Wesentlichen durch messgerät- und standortspezifische Parameter bestimmt.

Die Direktstrahlung wird auch als Jahresortsdosis mit integrierenden Thermolumineszenzdosimetern gemessen. An den 23 Messorten entlang des Zauns des Betriebsgeländes lag die Ortsdosis im Bereich von 0,57 bis 0,69 mSv/a, bei einem Mittelwert von 0,61 mSv/a (Abb. 6-12). Die Dosimeterstandorte sind aus Abb. 6-10 zu ersehen. Der Maximalwert wurde am Westzaun ermittelt. Die Messwerte der 23 Umgebungsdosimeter in den umliegenden Ortschaften reichten von 0,56 bis 0,74 mSv/a, bei einem Mittelwert von 0,62 mSv/a (Abb. 6-12), Dosimeterstandorte siehe Abb. 6-9). Das Dosimeter vom Standort Nr.12 ist im Berichtsjahr abhanden gekommen.

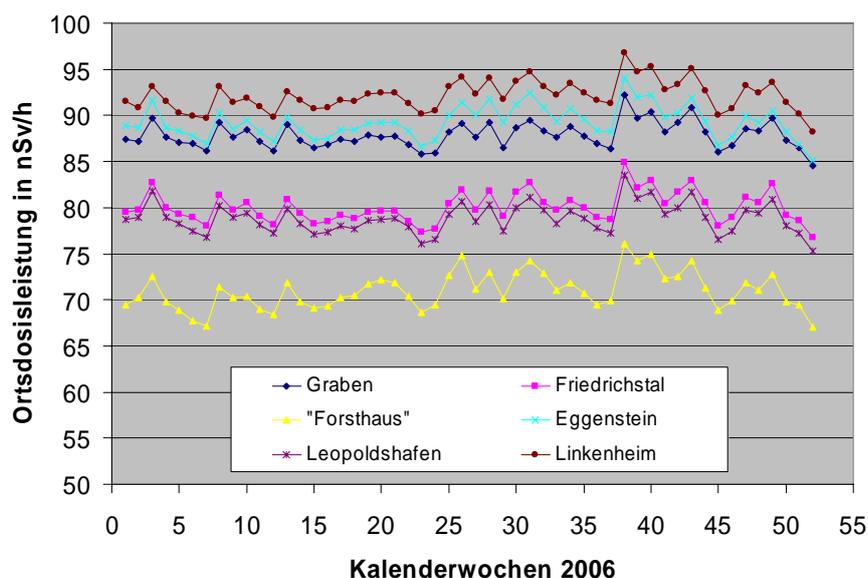


Abb. 6-11: Wochenmittelwerte der γ -Ortsdosisleistung im Jahr 2006 in den nächstgelegenen Ortschaften und am „Forsthaus“

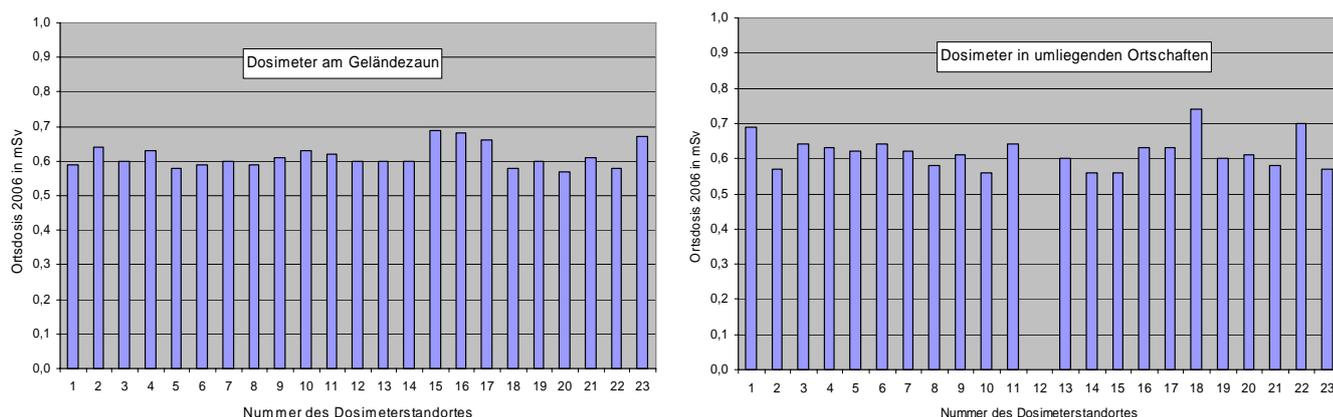


Abb. 6-12: Messwerte der Ortsdosis im Jahr 2006 entlang des Geländezaunes und in umliegenden Ortschaften (vgl. Abb. 6-9 und Abb. 6-10). Fehlende Messbalken zeigen an, dass am jeweiligen Standort das Dosimeter abhanden gekommen ist.

6.2.3.2 Radioaktivitätsmessungen

An den drei Messhütten werden Schwebstofffilter kontinuierlich bestaubt und wöchentlich gewechselt. Neben der Messung der langlebigen α - und β -Gesamtaktivität aller Einzelfilter erfolgen vierteljährlich γ -spektrometrische Untersuchungen und Plutoniumanalysen an Quartalsmischproben der Filter. Im Jahr 2006 lagen alle durch γ -Spektrometrie bestimmten Aktivitätskonzentrationen künstlicher Radionuklide unterhalb der Erkennungsgrenze. In diesem Fall werden entsprechend der Vorgabe der Richtlinie zur Emissions- und Immissionsüberwachung die erreichten Nachweisgrenzen mit vorangestelltem Kleinerzeichen (<) berichtet. Die Aktivitätskonzentration des natürlichen Radionuklids Be-7 schwankte zwischen 3,0 und 8,1 mBq/m³. Bei der Untersuchung der Plutonium-Aktivitätskonzentrationen lagen die Messergebnisse alle unterhalb der Erkennungsgrenze.

An insgesamt sieben Stellen auf dem Betriebsgelände des Forschungszentrums wird Niederschlag zur Überwachung auf Radioaktivität gesammelt (s. Abb. 6-10). Eine weitere Sammelstelle in Durlach dient als Referenzstelle. Im Jahr 2006 betrug die über alle sieben Sammelstellen gemittelte Jahresniederschlagsmenge rd. 760 mm. Im Niederschlag wurden bei der γ -spektrome-

trischen Analyse keine künstlichen Radionuklide nachgewiesen. Die Nachweisgrenze für Cs-137 lag bei 0,02 Bq/L. Für die H-3-Aktivitätsdeposition wurden Werte zwischen 50 und 500 Bq/m² im Sammelzeitraum von einem Monat gemessen. Der Maximalwert wurde im Monat August bei einer Niederschlagshöhe von 184 mm erreicht.

Tab. 6-17 enthält eine Übersicht über die Schwankungsbereiche der in den Jahren 2005 und 2006 gemessenen spezifischen Aktivitäten in Boden- und Sedimentproben. Aufgeführt sind außer dem natürlichen Radionuklid K-40 nur solche künstlichen Nuklide, für die in den Jahren 2005 und 2006 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. 6-9) und an einer Referenzstelle Proben bis zu einer Tiefe von 5 cm entnommen und anschließend im Labor gemessen. In den beiden Hauptausbreitungssektoren bezüglich der Standorte der Abluftkamine im Forschungszentrum (grün umrandete Sektoren in Abb. 6-9) wurden von den Anbauflächen der überwachten Nahrungsmittel (siehe Tab. 6-18) Bodenproben bis zu einer Tiefe von 20 cm entnommen. Die gemessene spezifische Aktivität dieser Proben lag im Schwankungsbereich der Messwerte der übrigen Bodenproben (Tab. 6-17). Vergleichbare Ergebnisse lieferten Messungen der spezifischen Aktivität der Bodenoberfläche an vier Stellen durch In-situ-Gammaspektrometrie.

Das Sediment aus dem Hirschkanal wird kontinuierlich in einem so genannten Sedimentsammelkasten aufgefangen, der monatlich geleert wird. Die im Jahr 2006 gemessenen spezifischen Cs-137-Aktivitäten zeigen keine Veränderung zu den Ergebnissen des Vorjahres.

Eine Übersicht über die Schwankungsbereiche der in den Jahren 2005 und 2006 gemessenen Radioaktivitätsgehalte in Nahrungsmitteln gibt Tab. 6-18. Aufgeführt wurden die Messergebnisse für die Nuklide K-40, Cs-137 und Sr-90. Die untersuchten landwirtschaftlichen Produkte wurden in den beiden Hauptausbreitungssektoren angebaut.

überwachtes Medium	Nuklid	spezifische Aktivität in Bq/kg Trockenmasse*			
		2006		2005	
		Minimum	Maximum	Minimum	Maximum
Boden (0-5 cm)	K-40	450	540	460	580
	Cs-137	9,7	21	12	55
	Sr-90	0,16	0,87	0,56	0,66
	Pu-238	0,02	0,04	<0,02	0,13
	Pu-239/240	0,05	0,19	0,16	0,43
Boden (0-20 cm)	K-40	530	580	480	550
	Cs-137	9,0	17	7,6	15
Boden (In-situ-Gamma-Spektrometrie)	K-40	310	470	360	480
	Cs-137	6,1	16	7,3	13
Sediment (Hirschkanal)	K-40	460	490	520	600
	Cs-137	100	160	110	140
	Am-241	< 11	18	< 11	<16

*für Boden (In-situ-Gamma-Spektrometrie) spezifische Aktivität in Bq/kg Frischmasse

Tab. 6-17: Schwankungsbereiche der spezifischen Aktivität in Boden und Sediment

überwachtes Medium	Nuklid	spezifische Aktivität in Bq/kg Frischmasse			
		2006		2005	
		Minimum	Maximum	Minimum	Maximum
Wurzelgemüse	K-40	53	140	23	86
	Cs-137	< 0,029	< 0,095	< 0,013	< 0,033
	Sr-90	0,046	<0,052	0,064	0,081
Getreide	K-40	150	180	104	112
	Cs-137	< 0,083	<0,10	< 0,059	<0,069
	Sr-90	0,17	0,22	0,12	0,17
Blattgemüse	K-40	81	240	33	79
	Cs-137	< 0,030	0,098	< 0,017	0,048
	Sr-90	0,11	0,14	0,11	0,13

Tab. 6-18: Schwankungsbereiche der spezifischen Aktivität in Nahrungsmitteln

Die Kühl- und Regenwässer des Forschungszentrums werden über die Sandfänge 1 bis 6 in den Hirschkanal abgeleitet. Das Oberflächenwasser des Hirschkanals wird unterhalb von Sandfang 6 im Teilstrom gesammelt (siehe Abb. 6-10) und wöchentlich ausgewertet. Die H-3-Aktivitätskonzentration lag mit Ausnahme der Monate Februar, Mai und Juni oberhalb der Erkennungsgrenze mit einem Maximalwert im November von 11 Bq/L.

Zur Überwachung des Grundwassers im Nahbereich der HDB werden im Rahmen des Umgebungsüberwachungsprogramms zahlreiche Beobachtungspegel beprobt. Diese Pegel befinden sich innerhalb und außerhalb des Betriebsgeländes in Grundwasserfließrichtung. Die H-3-Aktivitätskonzentrationen schwankten im Jahr 2006 zwischen Messergebnissen unterhalb der Erkennungsgrenze und einem Maximalwert von 10 Bq/L, der im zweiten Halbjahr am Beobachtungspegel G 1/13 innerhalb des Betriebsgeländes gemessen wurde. Insgesamt liegen die Werte im Bereich derer des Vorjahres.

Die H-3-Aktivitätskonzentrationen im Rohwasser der überwachten Wasserwerke „Süd“ des FZK und Linkenheim liegen unterhalb oder nur knapp oberhalb der Nachweisgrenze, vergleichbar mit den Werten des Wasserwerks Karlsruhe-Hardtswald, das als Referenz dient (siehe Abb. 6-13). Die H-3-Aktivitätskonzentrationen der Beobachtungsbrunnen zwischen dem Forschungszentrum und Linkenheim lagen bei maximal 5,4 Bq/L.

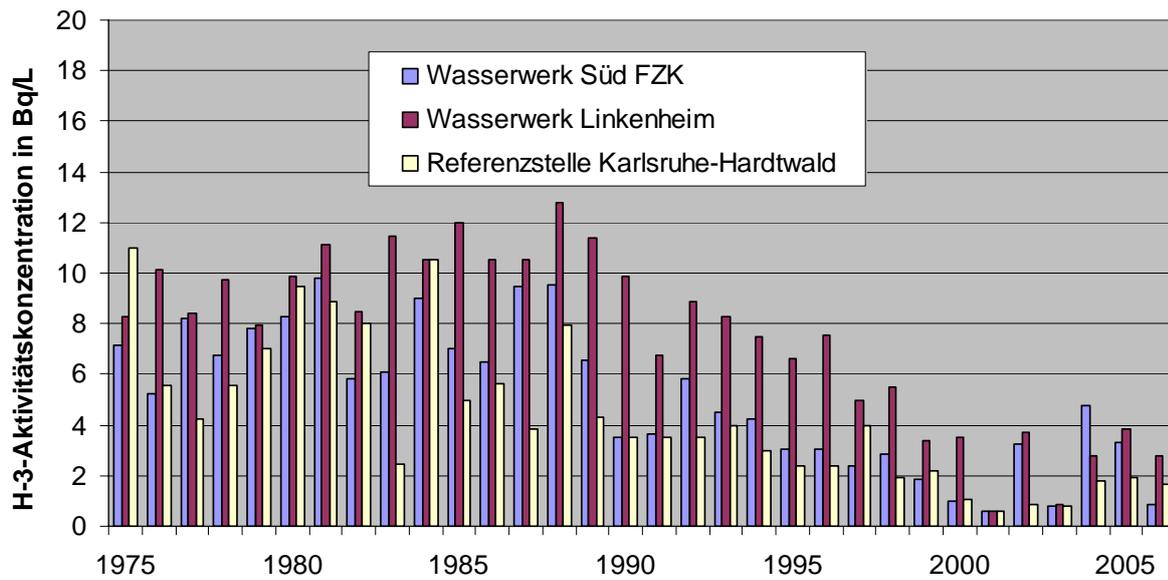


Abb. 6-13: Verlauf der H-3-Aktivitätskonzentration im Trinkwasser aus benachbarten Wasserwerken von 1975 bis 2006

6.2.3.3 Messfahrten im Rahmen des Störfalltrainingsprogramms

Im Rahmen des Störfalltrainingsprogramms werden monatliche Messfahrten zu wechselnden Mess- und Probenentnahmeorten durchgeführt. Die in der Zentralzone (Abb. 6-14) anzufahren- den 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.

7 Biologische Sicherheitsbereiche

E. Wittekindt

Organisationseinheiten des Forschungszentrums, in denen biologische Sicherheitsbereiche (gentechnische Anlagen, Tierhaltungsanlagen, BSL2-Laboratorien) betrieben werden oder geplant sind, werden hinsichtlich der Erfüllung gesetzlicher Voraussetzungen und Aufgaben von der Hauptabteilung Sicherheit, Abteilung „Technisch administrative Beratung und Genehmigung“ unterstützt.

7.1 Gentechnische Anlagen

7.1.1 Beratung und Organisation (Gentechnikrecht (GenTR))

Das Forschungszentrum Karlsruhe als Genehmigungsinhaber gentechnischer Anlagen erfüllt Betreiberpflichten auf der Grundlage einer Vielzahl von Gesetzesvorschriften. Als Rechtsgrundlage dienen das Gentechnikgesetz (GenTG), die Gentechnikverordnung (GenTSV), die Gentechnikaufzeichnungsverordnung (GenTAufzV), die Biostoffverordnung (BioStoffV) und ferner technische Regelwerke sowie berufsgenossenschaftliche Vorschriften für Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit (bisherige VBG).

HS-TBG verfolgt die aktuellen Gesetzesänderungen im Bereich Gentechnik auf nationaler und internationaler Ebene, stellt diese den betreffenden Organisationseinheiten zur Verfügung und kontrolliert deren Umsetzung. Weiterhin berät und unterstützt HS-TBG die OE bei der langfristigen Sicherstellung gesetzlicher Anforderungen, bei der Erfüllung behördlicher Vorgaben und bei der Planung und Anmeldung neuer gentechnischer Anlagen, im Bedarfsfall unter Einbeziehung weiterer Fachabteilungen.

Weiterhin führt HS-TBG für den Betreiber die Bestellung der „Beauftragten für die Biologische Sicherheit“ (BBS) und der „Projektleiter“ (PL) der jeweiligen gentechnischen Sicherheitsbereiche durch. Anlagenübergreifende komplex vernetzte gentechnische Arbeiten (z.B. zur Analyse genetischer Signalkaskaden in Zellkulturen, Fischen und Mäusen), machen dabei eine unbedingt erforderliche klare Abgrenzung innerbetrieblicher Entscheidungs- und Verantwortungsbereiche mitunter recht schwierig.

Das Gentechnikgesetz (GenTG) wurde auch im Berichtsjahr erneut aktualisiert, insbesondere wurden die rechtlichen Vorgaben im Bereich der Haftungsvorsorge (§32 GenTG) und daran gebundene Ansprüche bei Nutzungsbeeinträchtigungen (Haftungsansprüche bei Freisetzungen gemäß Freisetzungsrichtlinie 2001/18/EG) konkretisiert. Diese Vorschriften haben auch Gültigkeit bei störfallbedingten unbeabsichtigten Freisetzungen aus gentechnischen Anlagen.

Die TRBA 466 (Technische Regeln für Biologische Arbeitsstoffe, Nr. 466) „Einstufung von Bakterien und Archaeobakterien in Risikogruppen“ liegt inzwischen als erweiterte Fassung vor (Ausgabe von Dez. 2005 In: BArbBl.; 2006 (7), S. 33-193). Sie dient der Einordnung von Spender- und Empfängerorganismen zur Risikobewertung gentechnischer Arbeiten sowie zur Festlegung der Sicherheitsvorkehrungen beim Umgang mit infektiösen Erregern (BioStoffV; IfSG).

Im Forschungszentrum werden gentechnische Arbeiten mit sehr unterschiedlichen Forschungsschwerpunkten in einem wissenschaftlichen Netzwerk, teilweise anlagenübergreifend durchgeführt. Die Verantwortung für eine Vielzahl von Projekten (welche im GenTR teilweise als weitere gentechnische Arbeiten der Sicherheitsstufe 1 definiert werden) lag bisher bei nur wenigen Projektleitern.

Um die komplexen Aufgabengebiete gezielter betreuen und damit das Haftungsrisiko für den einzelnen Projektleiter reduzieren zu können, forderte das Regierungspräsidium Tübingen als zuständige Aufsichtsbehörde das Forschungszentrum auf, weitere Projektleiter zu bestellen. Hierbei sind grundsätzlich die wissenschaftlichen Arbeitsgruppenleiter angesprochen.

Die personellen und organisatorischen Vorbereitungen zur Bestellung weiterer Projektleiter erfolgten 2006 in enger Zusammenarbeit mit den bisher bestellten Projektleitern und den Beauftragten für die Biologische Sicherheit. Informationen zum Erwerb der erforderlichen Sachkunde gemäß § 15 GenTSV sowie zu Kursanbietern und Terminen wurden den Instituten zu Verfügung gestellt.

7.1.2 Begehungen und Sicherheitsunterweisungen in gentechnischen Anlagen

Auf der Grundlage gesetzlicher Vorgaben führt HS-TBG in Laboren mit biologischer Sicherheitseinstufung routinemäßig Arbeitsstättenbegehungen durch. In den gentechnischen Anlagen des Forschungszentrums fanden in 2006 sechs Begehungen, teilweise zur Vorbereitung von Aufsichtsbesuchen, unter Einbeziehung von StFA, MED und BR statt.

Die Anlagen wiesen in der Regel einen guten bis sehr guten technischen Standard auf. Organisation und Arbeitsweise entsprachen den rechtlichen Anforderungen. Teilweise wurden jedoch räumlich beengte Situationen, sowohl in Labor-, als auch in Bürobereichen vorgefunden, die eine erhöhte physische und psychische Belastung für die Mitarbeiter darstellen können.

Im Rahmen der Begehungen wurde die Problematik der Acrylamidbelastung am Arbeitsplatz diskutiert. Gentechnische Anlagen haben zur Herstellung von Polyacrylamid-Gelen vielfach einen hohen Durchsatz an Acrylamid. Die Deutsche Forschungsgemeinschaft stuft das Monomer als krebserregend in die Kategorie III A2 ein. Ferner sind für die Substanz neurotoxische Wirkungen nachgewiesen worden. In 2006 wurde die Acrylamidexposition bei der Gelherstellung und deren toxische Belastung recherchiert (MED, HS-TBG). Ethidiumbromid ist als DNA-Interkalator ein sehr starkes Karzinogen. Es findet in geringeren Konzentrationen bei der Färbung von DNA in der Polyacrylamid- oder Agarosegelelektrophorese Anwendung. Hier sei auf die „Arbeitsmedizinisch-toxikologische Stellungnahme zum Umgang mit kanzerogenen bzw. mutagenen Gefahrstoffen in molekularbiologischen Arbeitsplätzen, hier: Acrylamid und Ethidiumbromid“ der Abteilung MED vom 2. August 2006 verwiesen. Vor Ort wurde von StFA in diesem Zusammenhang für verschiedene Laborarbeitsplätze des ITG eine Messung der Arbeitsplatzkonzentrationen für Acrylamid veranlasst (StFA/BG).

Gemäß § 8 GenTSV hat der Betreiber einer gentechnischen Anlage die nach dem Stand der Wissenschaft und Technik erforderlichen Vorsorgemaßnahmen zu treffen, um eine Exposition der Beschäftigten und der Umwelt gegenüber dem gentechnisch veränderten Organismus so gering wie möglich zu halten. Grundsätzlich sind individuelle Schutzmaßnahmen den technischen Maßnahmen nachgeordnet (Sicherheitswerkbank vor Mundschutz).

Um diesen Anforderungen umfassend gerecht zu werden, wurden die Verantwortlichen gentechnischer Anlagen sowie deren wissenschaftliche Mitarbeiter in Fragen der (biologischen) Arbeitssicherheit vor Ort beraten. Arbeits- und Anschauungsmaterial für die vorgeschriebenen Unterweisungen wurde zur Verfügung gestellt. Die Ausfertigung neuer bzw. die Anpassung bestehender Betriebsanweisungen und Hygienepläne sowie die Beschaffung von Schutzausrüstungen erfolgte im Wesentlichen nach Vorgaben von HS-TBG.

Auf der Grundlage der am 01.01.2005 in Kraft getretenen Neuerungen der Biostoffverordnung (BioStoffV) wurden die Vorgaben zur Erstellung von „Gefährdungsbeurteilungen“ für biologische Arbeitsbereiche umgesetzt. Dabei wurden die Vorschriften der Technischen Regelwerke für Biologische Arbeitsstoffe (TRBA 100; Laborausrüstung, TRBA 120; Tierhaltung, TRBA 500; Hygiene-Mindestvorschriften) einbezogen. Gemeinsam mit StFA und MED unterstützte HS-TBG die Leitungen der OE bei der Erstellung von Gefährdungsbeurteilungen auf der Grundlage der Arbeitsstättenbegehungen für biologische Sicherheitsbereiche im IBG, ITC-WGT und ITG.

Für die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter von gentechnischen Anlagen der Sicherheitsstufen S1 führte HS-TBG in 2006 in Unterstützung der zuständigen Projektleiter Sicherheitsunterweisungen gem. § 12 Abs. 3 der GenTSV, teilweise koordiniert mit Unterweisungen der MED zum

Thema „Hautschutz“, durch (ITC-WGT, IBG). Ein Schwerpunkt dieser Unterweisungen lag in 2006 auf der praktischen Laborsicherheit sowie der Durchführung von Risikobewertungen im Rahmen der Planung weiterer S1-Arbeiten.

Neben den routinemäßigen jährlichen Unterweisungen unterstützt HS-TBG die Projektleiter auch durch Unterweisungen für neu eingestelltes Institutspersonal sowie für Fremdfirmenpersonal (Reinigungskräfte) im Hinblick auf die spezifischen Bedingungen am Arbeitsplatz (ITC-WGT; S1, BSL-2). Weiterhin wurden in zahlreichen Informationsgesprächen Projektleiter, BBS und Gruppenleiter insbesondere auf die Tatsache hingewiesen, dass vor Beginn neuer S1-Vorhaben eine Risikobewertung gemäß § 6 GenTG i.V.m. Anhang I der GenTSV durchzuführen ist. Liegen beispielsweise für Spender- und Empfängerorganismen noch keine Daten in den ZKBS-Listen (Liste gentechnisch veränderter Organismen der Zentralen Kommission für Biologische Sicherheit beim Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit) vor, so werden diese Organismen im Rahmen einer solchen Risikobewertung charakterisiert (Nachweise hierüber sind Bestandteil der Aufzeichnungen). Gleiches gilt für die Verwendung der Vektoren (in der Gentechnik versteht man unter einem Vektor ein Transportvehikel zur Übertragung einer Fremdnukleinsäure in eine Empfängerzelle).

7.1.3 Dokumentations- und Berichtspflichten in gentechnischen Anlagen

Der Betreiber gentechnischer Anlagen ist verpflichtet, Aufzeichnungen über gentechnische Arbeiten vollständig und zeitnah zu führen und diese der zuständigen Behörde auf ihr Ersuchen vorzulegen. Allgemeingültige Regeln zur Anfertigung der Aufzeichnungen sind in der Gentechnikaufzeichnungsverordnung (GenTAufzV) aufgenommen. Inzwischen werden in den gentechnischen Anlagen des Forschungszentrums einheitlich die neuen Formblätter des Regierungspräsidiums Tübingen zur Aufzeichnung gentechnischer Arbeiten eingesetzt.

Die Dokumentationspflichten gemäß GenTAufzV liegen im Wesentlichen bei dem jeweils für eine gentechnische Anlage bestellten Projektleiter. Zur Sicherstellung der Wahrnehmung dieser Pflichten verfolgt HS-TBG die Umsetzung der GenTAufzV, sorgt für einen routinemäßigen Abgleich und ggf. für eine Fortschreibung bereits angefertigter Aufzeichnungen.

Die Aufzeichnungsunterlagen werden inzwischen von Seiten der Verantwortlichen der gentechnischen Anlagen zeitnah angefertigt. So wurden in 2006 für die gentechnischen Anlagen des Forschungszentrums von 15 Arbeitsgruppen weitere S1-Arbeiten aufgezeichnet, bestehende Aufzeichnungsdokumente wurden fortgeschrieben. Gentechnische Aufzeichnungen müssen über einen Zeitraum von 10 Jahren (S1) bzw. 30 Jahren (S2) nach Abschluss der Arbeit aufbewahrt werden. Eine entsprechende Registratur wurde bei HS-TBG eingerichtet. Die seit 2004 erstellten Aufzeichnungsdokumente liegen in elektronischer Form und als Akte vor. Das Vorhalten einer parallelen Ablage soll einem Datenverlust aufgrund der hohen Personalfuktuation in den gentechnischen Arbeitsbereichen vorbeugen. Nach Abstimmung der Ablageparameter soll dieses „doppelte“ Ablagesystem in 2007 weiter angepasst werden.

7.2 Tierhaltungsanlagen

7.2.1 Beratung und Organisation (Tierschutzrecht)

Die Tierhaltungsanlagen des Forschungszentrums Karlsruhe sind parallel auch als gentechnische Anlagen angemeldet. Entsprechend sind sowohl die Vorgaben gemäß TierSchG als auch gentechnische Belange einzuhalten. Zur Entsorgung von Tierkörpern und Exkrementen gelten Anforderungen gemäß BioStoffV.

Zur Erfüllung gesetzlicher Vorgaben und zur Abwicklung administrativer Abläufe im Routinebetrieb von Tierversuchsanlagen werden die Organisationseinheiten des Forschungszentrums, in denen Tierzucht- und Haltung erfolgt bzw. Tierversuchsvorhaben durchgeführt werden, von HS-TBG unterstützt. Im Rahmen von Begehungen, die sich aufgrund der Hygieneanforderungen an

die Tierställe aufwändiger gestalten, als für normale Arbeitsplätze, wird die ordnungsgemäße Umsetzung der gesetzlichen Anforderungen überprüft.

Wie im Bereich des Gentechnikrechts werden im Bereich des Tierschutzes die Bestellungen der verantwortlichen Personen „Tierschutzbeauftragte“ von HS-TBG abgewickelt.

Die „Tierschutzethikkommission“ hat die Aufgabe, das Regierungspräsidium Karlsruhe als zuständige Behörde bei der Entscheidung über die Genehmigung von Versuchsvorhaben an lebenden Wirbeltieren zu beraten und zu unterstützen. Einmal jährlich findet eine der Routinesitzungen dieses Gremiums in einer wissenschaftlichen Einrichtung statt, in der Tierversuchsvorhaben bearbeitet werden. Diese Sitzung ist traditionell mit der Durchführung eines wissenschaftlichen Colloquiums verbunden. Sie wurde im vergangenen Jahr im Forschungszentrum durchgeführt.

HS-TBG war bei den Vorbereitungen zur Koordination und Abstimmung des Programms mit dem RP Karlsruhe und den Beteiligten des Forschungszentrums (V, ITG, IBG, Tierschutzbeauftragte) eingebunden und übernahm die Moderation der Veranstaltung.

Im offiziellen Teil der Veranstaltung konnte Prof. Dr. Manfred Popp als Vertreter des Vorstandes als Gäste den Präsidenten des Regierungsbezirks Karlsruhe, Herrn Regierungspräsidenten Dr. Rudolf Kühner mit seinen für das Forschungszentrum zuständigen Mitarbeitern sowie den Präsidenten der Tierschutzethikkommission, Herrn Prof. Dr. Wilfried Hanke begrüßen. Das wissenschaftliche Colloquium wurde von Herrn Prof. Dr. Uwe Strähle geleitet. Zum Abschluss des Colloquiums fand eine Besichtigung der Fischhaltung statt. Es konnten Fragen zu künftigen Genehmigungsverfahren für Tierversuchsvorhaben erörtert werden. Die Veranstaltung trug, trotz teilweise unterschiedlicher Standpunkte bei Antragsteller und Tierschutzethikkommission, zum gegenseitigen Verständnis und zur Klärung von Fragen zur Genehmigung von Tierversuchen bei.

7.2.2 Dokumentations- und Berichtspflichten gemäß TierSchG

Art und Anzahl der pro Jahr im Rahmen von Versuchsvorhaben insgesamt verwendeten Wirbeltiere sind der zuständigen Behörde gemäß Versuchstiermeldeverordnung (VTMVO) mitzuteilen. Gemäß bestehender Richtlinien sind diese Meldungen jährlich fristgerecht in elektronischer Form dem zuständigen Landratsamt sowie dem Regierungspräsidium Karlsruhe zu übermitteln. HS-TBG unterstützt die Tierschutzbeauftragten und die Leitung der Tierhaltungseinrichtung bei der Erstellung der Versuchstiermeldungen und übernimmt die termingerechte Übermittlung. Die Abb. 7-1 gibt die Zahlenentwicklung für „normale“ und „transgene“ Versuchstiere im Verlauf der letzten Jahre wieder.

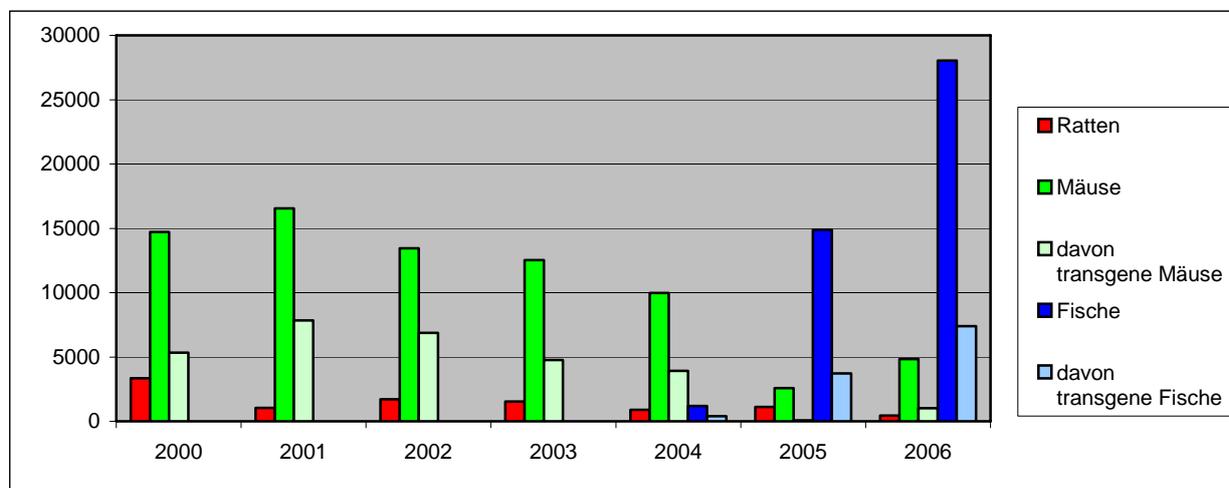


Abb. 7-1: Versuchstierzahlen im Forschungszentrum Karlsruhe

7.3 Arbeiten mit infektiösen Materialien

Im Kontext zum Problemfeld „Vogelgrippe“ ergingen im März 2006 Dienstanweisungen des Sicherheitsbeauftragten zum „Bergen von Tierkadavern“. Zur Vorbereitung stellte HS-TBG unter Berücksichtigung landesrechtlicher Vorgaben des Innenministeriums Baden-Württemberg entsprechende Unterlagen und Entwürfe zusammen. Im Rahmen einer Unterweisung der betroffenen Mitarbeiter von HS-WS wurde die Biologie der Influenza Typ A Viren (Subtyp H5N1) veranschaulicht (Verbreitung, Übertragungswege und Infektiösität des Virus) und die Arbeitsanweisung zum Thema „Bergen von verendeten Wildtieren auf dem Gelände des Forschungszentrums“ erläutert.

In der Abteilung „Physikalische, chemische Interaktionen an Grenzflächen“ des ITC-WGT wurde in 2006 eine neue BSL2-Anlage zum Umgang mit Erregern der Risikogruppe RG 2 errichtet (Anwendung eines Biofermentierungsverfahrens). Parallel wird die Nutzung dieser Räume als gentechnische Anlage der Sicherheitsstufe S1 angestrebt. Im Rahmen der Umbau- und Renovierungsmaßnahmen unterstützte HS-TBG die OE in Fragen zur Laborsicherheit und war in den entsprechenden Genehmigungsverfahren eingebunden.

8 Werkschutz

R. von Holleuffer-Kypke

Der Werkschutz hatte in der ersten Hälfte von 2006 keine außergewöhnlichen Ereignisse zu verzeichnen, was sich in der zweiten Hälfte jedoch änderte. Besonders hervorzuheben ist dabei der Tag der offenen Tür zum 50-jährigen Bestehen des Forschungszentrums am Samstag, den 23. September 2006, und der Transport des KATRIN-Neutrino-Spektrometers von der NATO-Rampe am Rhein bei Eggenstein-Leopoldshafen zum Forschungszentrum am Samstag, den 25. November 2006.

Die Veranstaltungen am Tag der offenen Tür begannen gegen 12 Uhr und endeten am Abend mit einem Feuerwerk. Diesen Tag der offenen Tür zum 50-jährigen Bestehen des Forschungszentrums ließen sich rund 55 000 Besucher nicht entgehen. Für den Werkschutz waren die Schwerpunkte des Einsatzes die Lenkung der Personen- und Fahrzeugströme, sowie die Gewährleistung, dass aus Sicherheitsgründen gesperrte Areale nicht betreten wurden. Aufgrund des hohen Besucheraufkommens waren die Parkmöglichkeiten rund um das Zentrum völlig ausgeschöpft, sodass selbst über den Verkehrsfunk von der Verwendung des Kraftfahrzeuges zum Erreichen des Forschungszentrums abgeraten werden musste. Trotz der massiven Behinderungen konnte in enger Zusammenarbeit mit den für diesen Einsatz bereitgestellten Polizeikräften und durch das Verständnis der betroffenen Verkehrsteilnehmer die Verkehrssituation unter Kontrolle gehalten werden. Für das Feuerwerk mussten die ausgewiesenen Sicherheitsbereiche von Nichtberechtigten freigehalten werden. Dies führte anfänglich zu einigen Diskussionen zwischen den Besuchern mit dem eingesetzten Werkschutzpersonal, jedoch konnte das Werkschutzpersonal durch gute Überzeugungsarbeit die erforderliche Einsicht bei den Betroffenen erzeugen, so dass es auch hier zu keinen besonderen Vorkommnissen kam.

Der Transport des KATRIN-Neutrino-Spektrometers zum Forschungszentrum nach einem über 8 000 km langen Umweg um Europa, über die Donau, durch das schwarze Meer, das Mittelmeer, den Atlantik zum Rhein, hatte als letzten Höhepunkt den Straßentransport von der NATO-Rampe am Rhein bei Eggenstein-Leopoldshafen zum Forschungszentrum. Während der Antransport auf dem Wasserweg noch wenig Beachtung in der Öffentlichkeit fand, änderte sich dies schlagartig als der Straßentransport zur Durchführung kam. Neben etwa 100 polizeilichen Kräften zur verkehrstechnischen Absicherung des Transportes, begleiteten rund 30 000 Schaulustige den über 300 t schweren, 24 m langen und 12 m hohen zylinderförmigen Koloss auf den letzten 8 Kilometern. Der Werkschutz war bei diesem Transport in der Sicherung des Abstellplatzes an der NATO-Rampe am Rhein und für den Streckenabschnitt Haupttor des Forschungs-

zentrums -Hermann-von-Helmholtz-Platz 1 bis zum Abstellplatz auf dem Gelände des Forschungszentrums verantwortlich. Die gute Zusammenarbeit zwischen den Einsatzkräften der Polizei, dem Transportpersonal und dem Werkschutz sorgte für einen reibungslosen Ablauf. Nicht zuletzt war auch hier die hervorragende Kommunikation zwischen allen Beteiligten, dabei mit eingeschlossen die zahlreichen Schaulustigen, die Basis für einen Ablauf dieses Spektakels ohne Probleme.

Mit Wirkung vom 1. November 2006 stellte der Werkschutz den Betrieb der Brückenwaage an der Lieferzufahrt ein. Eine Umfrage durch HS bei den auf dem Gelände befindlichen Organisationseinheiten hatte ergeben, dass eine Verriegelung von Fahrzeugen bei Zu- oder Abfahrt als nicht mehr erforderlich angesehen wurde. Die notwendige Verriegelung bei Mengengütern erfolgt zwischenzeitlich durch externe Wiegestellen.

8.1 Anmeldung und Zugang

B. Hehr

Im Jahr 2006 wurden 5 630 neue Betriebsausweise ausgestellt und 5 607 Betriebsausweise eingezogen. Zum Stichtag 31.12.2006 befanden sich 10 816 Betriebsausweise im Umlauf. Die Verteilung der Betriebsausweise nach den einzelnen Einrichtungen ist in Tab. 8-1 aufgelistet.

Einrichtung	Personenstatus	
	aktiv	Ruhestand
Forschungszentrum	3754	2327
ANKA	1	0
FIZ	275	73
ITU	334	128
KBG	0	149
KHG	29	2
Universität	410	0
WAK	233	169
ZAG	26	0
Gäste	109	0
Fremdfirmen	2768	0
Fremdmietverträge	30	0

Tab. 8-1: Betriebsausweise

Da nur Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter der Forschungszentrums Karlsruhe GmbH und die ihnen gleichgestellten Personen anderer Einrichtungen auf dem Gelände rund um die Uhr Zutritt haben, wurden von den Organisationseinheiten 4 007 Anträge für Zutritt/Arbeiten außerhalb der Regelarbeitszeit für Fremdfirmenangehörige bearbeitet.

Im Berichtszeitraum erstellte das Personal der Anmeldung 42 956 Besucherausweise (2005: 40 711) und 375 Gruppenpassierscheine (2005: 375) für den Zutritt zum Gelände. Dazu kamen 87 Sonderzutritte (2005: 385) für Kinder unter 16 Jahren, die von den zuständigen Verantwortlichen der besuchten Organisationseinheit erteilt wurden. Für kurzfristig im Forschungszentrum eingesetzte Fremdfirmenangehörige wurden 2 062 befristete Ausweise (2005: 2 219) ausgestellt. Über Kurse im Fortbildungszentrum für Technik und Umwelt kamen 2 196 Gäste (2005: 2 593)

ins Gelände. Durch die Stabsabteilung Öffentlichkeitsarbeit und andere Organisationseinheiten wurden 186 Besuchergruppen (2005: 164) angemeldet und betreut. An der Lieferzufahrt wurden im Berichtszeitraum für Fremdfirmen und Anlieferer 16 519 Warendurchlasspassierscheine ausgestellt sowie 443 Anlieferungen/Abholungen von radioaktiven Stoffen bearbeitet. Die im Forschungszentrum tätigen Fremdfirmen hielten sich weitgehend an die Ordnungs- und Kontrollbestimmungen.

Gemäß atomrechtlicher Auflagen wurden Anträge für Zuverlässigkeitsüberprüfungen nach der Atomrechtlichen Zuverlässigkeitsüberprüfungs-Verordnung (AtZüV), bei der Aufsichtsbehörde eingereicht. Die zuständige Behörde hat bis auf wenige Einzelfälle den Zutrittsersuchen stattgegeben.

Bei der Anmeldung wurden im Berichtsjahr 51 Fundgegenstände abgegeben. Die nicht abgeholtten Fundsachen wurden der zuständigen Gemeindeverwaltung in Eggenstein-Leopoldshafen übergeben.

8.2 Werkschutzbereiche

B. Ritz

Zur Wahrung von Sicherheit und Ordnung für den Betrieb und die Belegschaft unterhält das Forschungszentrum Karlsruhe einen Werkschutz im Wechselschicht-Betrieb. Der Werkschutz kontrolliert den Zugang an den Toren, bestreift vorgegebene Gebäude und die nicht zu kerntechnischen Inseln gehörenden Lagerbereiche sowie das Freigelände.

Während der Streifenfälligkeit achtet der Werkschutz auf die Einhaltung der Bestimmungen des Arbeitsschutzes, des vorbeugenden Brandschutzes und des Umweltschutzes.

Im Berichtszeitraum wurden an den Toren des Forschungszentrums-Geländes stichprobenartig 3 093 Eigentumskontrollen, teilweise in Zusammenarbeit mit dem Strahlenschutz, durchgeführt.

In der Alarmzentrale sind im Berichtsjahr 1 237 Alarm- und Störmeldungen eingegangen und bearbeitet worden. Im Einzelnen waren es folgende Meldungen, getrennt nach Auslösungsursache:

Brandmeldungen	175	Technische Sicherheit	253
Objektalarne	38	Feststellungen	646
Alarmübungen	11	Sankra-Einsatz	77
Deko-Einsatz	37		

Alle in der Alarmzentrale eingesetzten Mitarbeiter wurden weiterhin praxisbezogen weitergebildet, so dass in diesem Bereich stets ein fachkundiger Umgang mit den hoch entwickelten technischen Systemen gewährleistet ist. Die in der Alarmzentrale installierten rechnergestützten Systeme wurden softwaremäßig der technischen Entwicklung angepasst, um die Einsatzfähigkeit und Kompatibilität mit Erweiterungen sicherzustellen (siehe Kap. 8.8). 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 auch weiterhin eine Handdatei geführt.

8.3 Werkfeuerwehr

W. Lang

Zum vorbeugenden und abwehrenden Brandschutz sowie zur Behebung akuter Notsituationen unterhält die Forschungszentrum Karlsruhe GmbH eine Werkfeuerwehr, deren Stärke 28 Mitarbeiter beträgt. Die Werkfeuerwehr ist in einem Zwei-Schichten-Betrieb rund um die Uhr auf dem Gelände des Forschungszentrums anwesend. Während der Regelarbeitszeit ist der Leiter der

Werkfeuerwehr für den Dienstbetrieb verantwortlich; außerhalb der Regelarbeitszeit obliegt diese Aufgabe dem diensthabenden Schichtführer. Reicht die anwesende Mannschafsstärke der Werkfeuerwehr zur Schadensabwehr nicht aus, wird die Rufbereitschaft der Werkfeuerwehr alarmiert oder Überlandhilfe angefordert.

Im Berichtszeitraum kam es zu 419 feuerwehrtechnischen Einsätzen. Im Einzelnen waren es folgende Einsätze:

Technische Hilfeleistung	249	Brandmeldealarme	114
Personenbefreiung aus Aufzügen	15	Einsätze zur Tierrettung	3
Brandeinsätze	17	Hilfeleistung bei Verkehrsunfällen	12
Überlandhilfe	9		

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

Fahrbare Feuerlöscher	16	Löschdecken	32
Handfeuerlöscher	2113	Überflurhydranten	143
Wandhydranten nass/trocken	} 290	Personen- u. Lastenaufzüge	266
Sprühwasserlöschanlagen		Brandschutztore und Türen	270
Berieselungsanlagen		CO ₂ Löschanlagen	14

Im vorbeugenden Brandschutz wurden durch den Leiter der Werkfeuerwehr 173 Orts- und Brandschutzbegehungen durchgeführt. Dazu gehören die ebenfalls betreuten Einrichtungen Wiederaufarbeitungsanlage Karlsruhe (WAK), Institut für Transurane (ITU), Kerntechnische Hilfsdienst GmbH (KHG) und Fachinformationszentrum Karlsruhe (FIZ). Dazu kamen noch Überwachungen und Kontrollen von 355 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 aus den Stilllegungsprojekten Kompakte Natriumgekühlte Kernreaktoranlage (KNK) und Mehrzweckforschungsreaktor (MZFR) gewartet und geprüft sowie desinfiziert. Im Einzelnen wurden folgende Stückzahlen erreicht:

Atemschutzmasken gereinigt, desinfiziert, gewartet und geprüft	16760
Pressluftatmer gewartet und geprüft	576
Lungenautomaten gewartet und geprüft	355
Druckluftflaschen (Volumen < 50 l) gefüllt	2110
Druckluftflaschen zur wiederkehrenden Prüfung vorgeführt und gefüllt	83
Absturzsicherungen vom ganzen Forschungszentrum gewartet u. geprüft	128
Prüfungen der Chemikalien-Schutzanzüge (CSA)	64
Ortsfeste Leitern	13

Die Werkfeuerwehr ist auf dem Gebiet des Arbeitsschutzes für das Bestellen, Einlagern, Ausgeben und Verbuchen des notwendigen Materials zuständig. Es wurden 1 105 Wareneingänge und -ausgänge ausgeführt und 125 Beschaffungsaufträge und 240 Materialentnahmescheine bearbeitet.

Für Wartungs- und Instandsetzungsarbeiten an über tausend Dienstfahrrädern des Forschungszentrums wurden von der Werkfeuerwehr 280 Stunden aufgebracht.

Die Ausbildung setzt sich zusammen aus der Weiterbildung der eigenen Mitarbeiter der Werkfeuerwehr und aus der Vermittlung von feuerwehrspezifischem Grundwissen im Rahmen der Brandschutzvorsorge an betriebseigenes und externes Personal. Hinzu kommt die feuerwehrspezifische Ausbildung in der forschungszentrumseigenen Atemschutzübungsanlage. Es wurden folgende Übungen und Kurse durchgeführt:

Alarmübungen	11
Ausbildung zur Brandverhütung und Brandbekämpfung mittels Handfeuerlöcher (mit insgesamt 210 Teilnehmern)	14
Atemschutzkurse (mit insgesamt 383 Teilnehmern)	36
Ausbildung in der Atemschutzübungsanlage insgesamt (mit 1 060 Teilnehmern)	95

Im Rahmen der Weiterbildung der Mitarbeiter der Werkfeuerwehr wurden Kurse zur Qualifizierung des Einsatzpersonals u. a. an der Landesfeuerwehrschule in Bruchsal besucht. Insgesamt konnten im Berichtszeitraum 260 weitere Qualifikationen in 15 verschiedenen Kursen erworben werden.

8.4 Einsatzleitung und Einsatzplanung

W. Lang

Die Funktion des Einsatzleiters wird vom Kommandanten der Werkfeuerwehr des Forschungszentrums Karlsruhe GmbH bzw. dem ihn vertretenden Schichtführer wahrgenommen. Damit ist sichergestellt, dass er jederzeit erreicht werden kann. Er verfügt über entsprechende Fähigkeiten und ist für diese Aufgabe ausdrücklich bestellt. Der Einsatzleiter handelt für den Vorstand oder den Sicherheitsbeauftragten. Er übernimmt im Alarmfall die Einsatzleitung. Der Einsatzleiter ist verantwortlich für die Durchführung aller Maßnahmen, die bei drohender Gefahr, Personenschäden, Brandeinsätzen, Technischer Hilfeleistung, Strahlenunfällen oder sonstigen Schadensfällen zur Wiederherstellung der technischen Sicherheit ergriffen werden müssen. Er sorgt weiterhin für die Einhaltung der Meldepflichtungen des Forschungszentrums Karlsruhe, indem er über die Alarmzentrale des Forschungszentrums gemäß den Melderegungen die Meldungen absetzt. Für die Terminverfolgung von Folgemeldungen ist die Alarmzentrale zuständig.

8.4.1 Einsatzplanung

Zur Planung und Vorbereitung der Einsätze muss der Einsatzleiter über aktuelle Einsatzunterlagen verfügen. Dabei unterstützt ihn die Arbeitsgruppe „Einsatzplanung“ bei der Feuerwehr, die folgende Aufgabe hat:

- Umsetzen, Aktualisieren und Kontrollieren der einsatzspezifischen Unterlagen
- Aktualisieren der Einsatzpläne
- Aktualisieren und Kontrollieren der Brandbekämpfungspläne.

Damit der Einsatzleiter jederzeit auf gut geschultes Einsatzpersonal zurückgreifen kann, sorgt er zusammen mit der Feuerwehr auch für die Betreuung und Weiterbildung der Einsatztrupps des Forschungszentrums.

8.4.2 Statistik und Analyse der Einsatzleiter-Einsätze

Der Einsatzleiter wird üblicherweise über die Alarmzentrale des Forschungszentrums alarmiert; durchschnittlich waren dies 1,6 Einsätze pro Tag in 2006. In allen Fällen konnten die Einsatz-

kräfte des Forschungszentrums durch rasches und zielgerichtetes Handeln die Auswirkungen der Störungen auf ein Minimum begrenzen.

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

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

In den Einsatzschwerpunkt „Gerätestörungen“ werden Einsätze eingestuft, bei denen insbesondere bei Fort- und Raumluftüberwachungsanlagen sowie bei anderen diversen Messgeräten Störungen auftraten.

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

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 Kontrollgängen durch Mitarbeiter des Werkschutzes bekannt. Die technischen Einsatzdienste, Rufbereitschaften, Werkfeuerwehr und der Einsatzleiter garantieren eine qualifizierte Behebung der Störung.

8.4.3 Übungen der Einsatzdienste

Vom Forschungszentrum werden über 24 Stunden folgende Einsatzdienste vorgehalten:

- Einsatzleiter
- Werkfeuerwehr
- Werkschutz
- Med. Abteilung (Ambulanz)
- BTI (Bereich Technische Infrastruktur)
- Strahlenschutz

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 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 2006 wurden 11 Alarmübungen durchgeführt. Übungszwecke waren Alarmierung, Kommunikation, Zusammenwirken der Einsatzkräfte, Menschenrettung unter schwierigen Bedingungen, Versorgung der Verletzten, Umgang mit Gefahrenstoffen, Strahlenschutz- und Messaufgaben. Neben den ständigen Sicherheitsdiensten wurden auch die Einsatztrupps und das Betriebspersonal der betroffenen Institute in die Übungen mit einbezogen.

8.5 Verkehrsdienst

E. Duran, R. Seitz

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 reduzierten sich von 100 im Jahr 2005 auf 57 im Jahre 2006.

Im Berichtszeitraum mussten 37 Absperungen und Arbeitsstellensicherungen vorgenommen und überwacht werden.

Mit 46 Verkehrsunfällen erhöhte sich die Zahl der aufgenommenen und bearbeiteten Verkehrsunfälle gegenüber dem Vorjahr um 9 Fälle (Tab. 8-2). Bei 25 Unfällen entstand ein Sachschaden unter 1000 €, während bei 21 Unfällen der geschätzte Gesamtschaden bei 121 400 € lag. Darüber hinaus waren 7 Unfälle mit Personenschaden zu bearbeiten. 3 Verkehrsunfälle mit unerlaubtem Entfernen vom Unfallort waren zu verzeichnen. Hiervon konnte ein Verursacher ausfindig gemacht werden. Bei den restlichen Geschädigten musste der Schaden in Höhe von ca. 630 € selbst getragen werden.

Monat	Anzahl der Verkehrsunfälle			Sachschaden < 1000 €	Sachschaden > 1000 €	Personenschäden
	2004	2005	2006			
Januar	3	7	5	3	2	0
Februar	5	2	5	4	1	0
März	7	2	5	2	3	0
April	0	1	2	1	1	0
Mai	5	0	2	2	0	0
Juni	1	1	7	3	4	4
Juli	6	2	0	0	0	0
August	4	5	5	2	3	2
September	6	4	6	3	3	3
Oktober	1	5	5	3	2	2
November	3	3	2	1	1	0
Dezember	6	5	2	1	1	1
Gesamt	47	37	46	25	21	12

Tab. 8-2: Verkehrsunfälle 2006

8.6 Schadensaufnahme

E. Duran, R. Seitz

Die Zahl der gemeldeten Sachschäden liegt im Berichtszeitraum mit 54 Fällen (2005: 70) geringfügig unter dem Niveau des Vorjahres (Tab. 8-3).

Im Berichtszeitraum wurden 19 Diebstähle (2005: 16) gemeldet, wobei sich der Verlust an Sachwerten auf ca. 8 060 € (2005: 2 650 €) beläuft. Es konnten vier Delikte aufgeklärt werden.

beschädigte Gegenstände	Jahr	bekannt gewordene Fälle	aufgeklärte Fälle	geschätzter Schaden in T€
Kabelschäden	2004	3	2	4,8
	2005	2	2	5,8
	2006	7	7	27,4
Lichtmasten	2004	2	2	1,5
	2005	5	5	7,5
	2006	1	1	1,3
Tore, Einzäunungen, Schranken	2004	6	6	9,3
	2005	9	9	7,4
	2006	6	5	4,4
Gebäude, Sachschäden	2004	17	15	69,3
	2005	29	29	56,9
	2006	28	27	76,9
Dienst-Kfz	2004	19	14	21,1
	2005	14	13	31,0
	2006	16	16	44,5
Verschiedenes (Fenster, Türen, Bedachungen, Transport- und Sturmschäden)	2004	3	2	0,6
	2005	7	7	32,2
	2006	2	2	1,0
Fahrbahnverunreinigung durch Öl- u. Kraftstoffspuren	2004	6	6	2,3
	2005	4	3	0,8
	2006	7	5	2,7
Summe	2004	56	47	108,9
	2005	70	68	141,6
	2006	67	63	158,2

Tab. 8-3: Sachschäden: Einsatz der Schadensaufnahme

8.7 Schlüsselverwaltung

E. Duran, R. Seitz

Die Schließebenen der Gebäude des Zentrums sind in General-, Haupt-, Obergruppen-, Gruppen- und Einzelschließungen unterteilt. Aus allen Schließsystemen ergibt sich ein Bestand von 29 804 (2005: 29 724) Schließzylindern und 107 114 (2005: 106 747) Einzel- u. Gruppenschlüsseln. Nach der Neukonzeption von Schließanlagen, die sich wegen der Errichtung von Neubauten oder durch Änderungen in Arbeitsabläufen ergaben, mussten 80 (2005: 161) Schließzylinder und entsprechende Schlüssel neu beschafft werden. Eine geringe Anzahl von Schließzylindern und Schlüsseln war defekt oder abgenutzt und musste erneuert oder ausgewechselt werden. Im Berichtszeitraum mussten 327 (2005: 593) Schlüsselbewegungen bearbeitet werden.

8.8 Technische Sicherungssysteme

R. Günther

In der Alarmzentrale wurden weitere zentrale Einrichtungen auf den aktuellen technischen Stand gebracht. Hierbei wurde die Software des Anzeige- und Informationssystems der Gefahrenmel-

dedatei durch die neue Software „BIS“ (Building Integration System) ersetzt. In der Gefahrenmeldedatei sind alle Informationen zu einer Alarm- oder Störmeldung und die zu einer Gefahrenabwehr einzuleitenden Maßnahmen gespeichert. Da die „BIS“-Datenbank jetzt modular aufgebaut ist, konnte aus der bisherigen Datenbank nur das Grundgerüst von den einzelnen Meldelinien übernommen werden. Die variablen Parameter, wie z.B. Kontaktpersonen, Maßnahmentexte, besondere Hinweise und, neu hinzugekommen, Priorität innerhalb der Anzeigehierarchie mussten in der Datenbank neu angelegt und verknüpft werden. Je nachdem, welche Meldelinie dann zur Anzeige kommt, werden die zugeordneten Parameter im sogenannten Aktionsplan auf einem 19“-Farbgrafik-Monitor angezeigt. Es wurden insgesamt 3 800 Aktionspläne neu konfiguriert. Im oberen Drittel einer Bildschirmseite können maximal 10 Meldungen mit jeweils einer Zeilenlänge angezeigt werden. Nach dem Quittieren einer Zeile werden auf der unteren Bildschirmseite die Zusatzinformationen, der Aktionsplan, dargestellt. Die Meldungen können jetzt ihrer Priorität nach angezeigt werden, sodass z. B. bei Massenstörungen nach einem Stromausfall immer die wichtigsten Meldungen an oberster Stelle der Bildschirmanzeige stehen.

Ebenfalls ersetzt wurde in der Alarmzentrale die Zentraleinheit der über 10 Jahre alten Fernsprechkommandoanlage – intern als „Rotes Telefon“ bezeichnet – durch ein aktuelles System. Die an die Zentraleinheit angeschlossenen peripheren Geräte wurden dabei ebenfalls ausgetauscht. Die Fernsprechkommandoanlage dient der telefonmäßigen Verbindung zwischen der Alarmzentrale und einzelnen für die Sicherheit wichtigen Stellen im Bereich des Forschungszentrums. Sie arbeitet unabhängig von der Betriebsfernsprechanlage des Zentrums. Über den Bedienplatz in der Alarmzentrale können die Nebenstellen einzeln oder als fest zugeordnete Gruppe gerufen werden. Alle Nebenstellenleitungen werden auf Drahtbruch und Kurzschluss überwacht. Eine Störung wird optisch und akustisch in der Alarmzentrale signalisiert.

Die Anpassung der Prüfanweisungen für wiederkehrende Prüfungen an technischen Objektsicherungseinrichtungen wurde fortgeführt. Speziell überarbeitet werden mussten die Unterlagen eines Instituts, dessen Zentraleinheit der Einbruchmeldeanlage erneuert und gleichzeitig die Blockschlösser durch Smart-Key-Einheiten ersetzt wurden.

9 Zentrale Aufgaben

W. Tachlinski, M. Gehle, S. Heise

Die „Stabsstelle Zentrale Aufgaben“ nimmt Querschnittsaufgaben der Hauptabteilung Sicherheit selbst wahr oder unterstützt abteilungsübergreifend oder zentrumsweit wirkende Prozesse koordinierend. Neben abteilungsübergreifenden kleineren Einzelprojekten waren die Arbeitsschwerpunkte im Berichtsjahr der Betrieb der HS-Datenverarbeitung im weitesten Sinn, die Erweiterung des auf den neuen Ausweisen aufsetzenden Schlüsselersatzsystems, die Implementierung einer modernen Software in der Alarmzentrale des Forschungszentrums sowie die Erneuerung der elektronischen Dosimetrie-Systeme für den Strahlenschutz. Darüber hinaus wurde im Berichtsjahr das Qualitäts-Management-System der Hauptabteilung Sicherheit weiter fortgeschrieben und mit seiner Hilfe das Physikalische Messlabor der Hauptabteilung Sicherheit nach DIN EN ISO/IEC 17025 akkreditiert (siehe Kap. 10).

9.1 Datenverarbeitung der Hauptabteilung Sicherheit

D. Bosch, T. Dunker, C. Firchau, M. Gehle, D. Meyer, H. Petermann, F. Stelzig, W. Tachlinski

Der Datenverarbeitung kommt durch ständig wachsenden Bedarf an Daten und deren Auswertung sowie durch die damit zu erledigenden, meist gesetzlich vorgeschriebenen Dokumentationspflichten eine stetig wachsende Bedeutung zu. Das drückt sich auch dadurch aus, dass im Netzwerk (LAN) der HS zur Zeit ca. 230 Benutzerkonten, ca. 230 PCs und 29 Serverdienste wie Datenbank-, Druck- und WWW-Server auf 20 Hardwareservern zu betreuen sind.

Die Hauptschwierigkeit bei Wartungsarbeiten und bei der Umsetzung der weiter unten genannten Tätigkeiten und Systemänderungen bestand und besteht darin, dass sie im laufenden operativen Betrieb mit möglichst kurzen Unterbrechungen durchzuführen sind. Inzwischen konnte nun in der HS ein sehr hoher Standard der IT-Sicherheit und Verfügbarkeit erreicht werden.

Der zukünftige Schwerpunkt wird einerseits die Ausmerzung des Schwachpunktes „Arbeit am laufenden System“ sein, indem nun anhand eines neu einzurichtenden Testumfeldes Änderungen an wichtigen HS-Systemen vor Implementierung in laufende Systeme getestet werden können sollen. Andererseits steht die Ablösung des betagten Datenbanksystems K-man an, das das vom Gesetzgeber geforderte Personendosisregister des Forschungszentrums sowie einen großen Teil der Terminüberwachungsaufgaben aus Arbeits- und Strahlenschutz beinhaltet.

9.1.1 IT-Infrastruktur

Die Hardware-Server der HS sind weitgehend in der Win2000 HS-Domain zusammengefasst. Eine ältere WinNT Domain muss noch weiter betrieben werden, um auf diese Plattform festgelegte Anwendungen weiterhin vorhalten zu können, insbesondere um damit verwaltete alte Originaldaten weiterhin im Zugriff zu halten. Eine weitere NT-Domain ist für das von HS entwickelte Content Management System „Karlsruher Informations- System Sicherheit“ erforderlich, da es auf einer unter WinNT laufenden NOTES Installation basiert, die vorerst nicht auf Win2000 umgestellt werden soll. Außerhalb der mit dem Zentrumsnetz verbundenen Domains existiert weiterhin das geschlossene WinNT-Netz für die Gefahrenmeldesysteme in der Alarmzentrale.

Das WinNT-Netz für die Gefahrenmeldesysteme in der Alarmzentrale wurde im Zuge der Inbetriebnahme der neuen Gefahrenmelde-Software und der damit verbundenen Modernisierung der Hardwarekomponenten durch ein Win-2003-basiertes Netz ersetzt.

Die Endgeräte, meist PCs, sind inzwischen mit wenigen Ausnahmen auf das Betriebssystem WinXP umgestellt. Durch die in diesem Betriebssystem integrierten remote Funktionen ist eine sichere Fernwartung und Fernbenutzerhilfe durch Administratoren und Techniker möglich, ebenso wie die zentral gesteuerte Verteilung von Software, Updates, Sicherheitspatches, Virensignaturen, etc.

Es mussten ca. 280 Computer mit Peripherie (Bildschirm, Drucker, Scanner, etc.) hardware- und softwaremäßig betreut und gewartet werden. Dazu gehörte z. B. die Anpassung von Office2003 für den jeweiligen Anwender nach Installation des Office-Paketes, die Prüfung der Rechner auf Virenbefall und deren Bereinigung. Aufgrund der Tatsache, dass viele PCs mit HS-spezifischer Sondersoftware ausgestattet sein müssen, ist hier ein hoher Aufwand an Betreuung erforderlich.

9.1.1.1 LAN

Die HS hat praktisch in allen Teilen des Zentrums Aufgaben zu erledigen für die HS-EDV Dienste erforderlich sind. Ca. 25 Gebäude bzw. Gebäudeteile sind derzeit mit HS direkt vernetzt, wobei die meisten Endgeräte in einem eigenen virtuellen LAN verbunden sind. Endgeräte, die in ca. 10 nicht zu HS gehörenden Netzsegmenten des Zentrums stehen, sind selbst hinter fremden Firewalls transparent mit dem HS-Netz verbunden.

Alle physischen HS-Teilnetze, die gemeinsam das virtuelle HS-LAN bilden, sind redundant an die ebenfalls redundanten zentralen Router des Zentrums-LAN bei IWR angebunden.

Im Berichtszeitraum wurde die alte Bus-Verkabelung im Gebäude 123 gegen eine strukturierte Netzwerkverkabelung mit Stockwerksverteiltern ausgetauscht.

9.1.1.2 Ausbau der hochverfügbaren Server-Infrastruktur (Cluster)

Die Absicherung aller aktiven Netzkomponenten und aller produktiven Server durch unterbrechungsfreie Stromversorgungen und die Verwendung von Serverhardware, die in allen wesentli-

chen Komponenten redundant ausgelegt ist, bieten eine sehr hohe Sicherheit gegen den Ausfall dieser Hardwarekomponenten.

Dagegen kann durch diese Maßnahmen bei Ausfall eines ganzen Standortes, z. B. durch Feuer, Löschwasser oder den Kabel zerbeißenen Bagger, die Funktionalität der HS-EDV nicht sichergestellt werden. Davon betroffen wären u. a. die zentrumsweit verteilten Dosimetriesysteme mit den Zutrittsprüfungen für Strahlenschutz-Kontrollbereiche, Schlüssellersatzsysteme, Programme für Material- und Personenzugänge und nicht zuletzt die Arbeitsfähigkeit der HS-Mitarbeiter durch fehlenden Zugriff auf Programme und Daten.

Im Vorjahresbericht wurde der Aufbau einer hochverfügbaren Server-Infrastruktur beschrieben. Die Komponenten von zwei Server-Clustern sollten auf mehrere Standorte verteilt werden, um gegen Funktionsausfälle oder Beeinträchtigungen eines Standorts gewappnet zu sein. Außerdem sollte die Lösung bei einer Fehlfunktion durch Hardwareausfälle einzelner Komponenten oder Netzverbindungen sicherstellen, dass alle Programme und Daten für die Benutzer ohne administrativen Eingriff nahezu unterbrechungsfrei zur Verfügung stehen.

Im Berichtszeitraum wurden die Systeme aufgebaut und eingerichtet. Nach ausführlichen Tests wurde festgestellt, dass die eingesetzte Softwarelösung zur Spiegelung der Datenbestände auf beide Standorte zwar fehlerfrei funktionierte, aber die automatische Umschaltung bei Ausfällen mit den zunächst geplanten zwei Standorten nicht möglich war. Wie sich herausstellte, ist dies eine Sicherheitsvorkehrung zur Vermeidung von Dateninkonsistenzen. Die Software ermöglicht nur dann einen Zugriff auf die Datenbestände, wenn eine Mehrheit der existierenden Storage-Systeme verfügbar ist. Bei zwei vorhandenen Systemen und Ausfall eines Standorts, stellt das verbleibende System jedoch keine Mehrheit mehr dar.

Damit die automatische Umschaltung im Fehlerfall möglich wird, musste deshalb an einem dritten Standort ein weiteres Storage-System in Betrieb genommen werden, welches mit den beiden anderen Systemen per Glasfaser verbunden ist. Bei Ausfall genau eines Standorts bilden die beiden anderen Systeme dann weiterhin eine Mehrheit und die automatische Umschaltung funktioniert. In Tests wurde dies erfolgreich nachgewiesen. In Abb. 9-1 ist die Verteilung der Server und Storage-Systeme auf die drei Standorte und die Vernetzung dargestellt

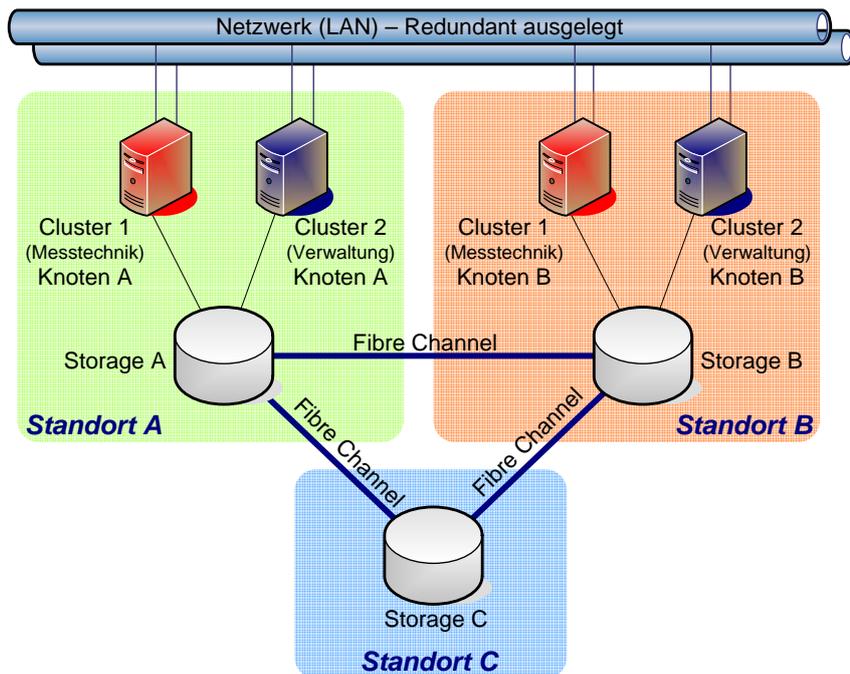


Abb. 9-1: Aufbau der hochverfügbaren HS-Server-Infrastruktur (Cluster)

9.1.1.3 Serverkonsolidierung

Durch die fortschreitende Leistungsfähigkeit von Rechnersystemen und die Verfügbarkeit entsprechender Software ist man inzwischen in der Lage, komplette Server in sogenannten virtuellen Umgebungen zu betreiben – und somit physische Hardware einzusparen. Für den Anwender ist dabei nicht erkennbar, dass es sich um keine „echten“ Server handelt.

2006 wurden in der HS erstmalig drei Server mit veralteter Hardware virtualisiert. Diese drei virtuellen Server werden nun gemeinsam ohne Geschwindigkeitseinbußen auf einem einzigen leistungsfähigen Neusystem betrieben. Bei den drei betroffenen Systemen handelt es sich um zwei NT-Systeme und den Schlüsselerersatzsystem-Server. Außerdem wurden noch einige Testumgebungen auf virtuellen Rechnern installiert.

9.1.2 Elektronische Dosimetrie

Alle Kontrollbereiche des Forschungszentrums sind inzwischen mit elektronischen Dosimetrie-Systemen ausgestattet. Die Dosimeter und die Software zum Auslesen und Steuern dieser Strahlendetektoren stammen von der Fa. RADOS. Im Berichtsjahr wurde die Ablösung der alten Hardware abgeschlossen und die Software und Datenbank des Systems nun völlig von Access auf MS-SQL-Server in der Form von MSDE umgestellt. Zugleich wurde die Personenidentifikation der elektronischen Dosimetrie von Barcodelesern nun größtenteils auf berührungsfreies Lesen der neuen Betriebsausweise umgestellt.

2006 wurden folgende Lesestationen in Eigenarbeit zusammengebaut, installiert und erfolgreich in das modernisierte Dosimetriesystem eingefügt: 9 Geräte bei HDB, 3 Geräte bei MZFR sowie je ein Gerät bei IMF2-FML sowie IK in Geb. 351.

9.1.3 Spezielle HS-Programme

Die Umstellung (Upgrade) des Betriebumfeldes für die HS-eigenen Intranet-Applikationen (auf Apache2/PHP5 und MS SQL Server 2005) erforderte eine teilweise Anpassung der bisherigen Anwendungen. Die eigenprogrammierten Webanwendungen liefen nach geringen Modifikationen aber problemlos. Mit dem Upgrade auf eine neue Datenbankserver-Version und anschließender Servicepack-Aktualisierung konnte auch ein länger ausstehendes Performance-Problem eines einzelnen Programms behoben werden.

Die neu begonnenen/erstellten Anwendungs-Projekte wurden gleich für die neue Umgebung konzipiert um neue Features auszunutzen und eine Vereinheitlichung bestimmter Grundstrukturen (Authentifizierung/Autorisierung und Datenbank-Zugriff) zu erreichen.

Buchführungs- und Dokumentationsprogramm für die Freigabe radioaktiver Stoffe aus der Atomrechtlichen Überwachung (BuFreiA):

Die schon vor einiger Zeit konzeptionell begonnenen Arbeiten zur Erstellung eines Workflows für die Freigabe nach § 29 Strahlenschutzverordnung sowie der daraus resultierenden Dokumentations- und Buchführungspflichten (BuFreiA) wurden programmiertechnisch angegangen und ein erster Meilenstein der Anwendung (Vorgangseröffnung) fertig gestellt. Ein Programmmodul (Eintragung von „Freien Chargen“) kann bereits produktiv verwendet werden. Es wurde die Möglichkeit geschaffen, von EBP (SAP-Beschaffungssystem Enterprise Buyer Professional) aus lesend auf die zugrunde liegenden Daten für die Überprüfung bei der Erstellung eines internen elektronischen Abgabescheins für die Abgabe von Abfällen zuzugreifen.

Die bei HS-ZA entwickelten und von einer Fremdfirma programmierten Webanwendungen für

- die Buchführung mit Berichterstattung sonstiger radioaktiver Stoffe (BURAST)
- die Überwachung und Dokumentation von Wiederkehrenden Prüfungen an umschlossenen Strahlern (BURAST)

- die Dokumentation von atomrechtlichen Genehmigungen und Bescheiden (BUGEN)
- die Datenüberwachung der genehmigten und real vorhandenen Radioaktivitätsmengen (BURAST + BUGEN), sowie
- die Schnittstelle zur Entsorgung radioaktiver Stoffe (BURAST)

wurden in den letzten Jahresberichten seit 2003 ausführlich vorgestellt. In diesem Arbeitsbereich wurden die Programme in Abstimmung mit Anwenderwünschen weiterentwickelt. Es ist nun in BURAST möglich, zeitweise extern abgegebene Stoffe (z. B. Leihgaben, Kalibrierquellen) als identischen Stoff wieder anzunehmen, wodurch sämtliche zu diesem Stoff gespeicherten Daten erhalten bleiben. Derzeit ist eine Programmiererweiterung in Auftrag, um die Besonderheiten bei der Meldung und wiederkehrenden Prüfung von Hochradioaktiven Strahlenquellen (HRQ) und die neuen Grundlagen bei Wiederkehrenden Prüfungen zu berücksichtigen.

Wegen der Umstellung des Betriebsumfeldes in der Programmier- und Datenbank-Umgebung mussten vor allem bei BURAST größere Anpassungen vorgenommen werden. Die Programme sind in der neuen Umgebung lauffähig, jedoch wird die Anpassung der SQL-Datenbanken erst Anfang 2007 abgeschlossen sein.

Das von HS-ZA geschriebene Programm für die Überwachung des Kernmaterials (KMÜ) ist weiterhin in Betrieb. Zur Erstellung der Bestandsänderungs- und Materialbilanzberichte wurde in diesem Jahr von EURATOM das Programm ENMAS-Light im Internet zum Herunterladen bereitgestellt, das lokal installiert werden muss. Mit diesem Programm können die Berichte im neuen geforderten XML-Format erstellt und editiert werden. ENMAS-Light ist kein Buchführungsprogramm und ersetzt daher nicht das eigene Programm KMÜ.

Im Rahmen der Einführung des QM-Systems für HS tauchte das Erfordernis auf, Besprechungen zu protokollieren und Abfragen der Besprechungsinhalte machen zu können. Daher wurde für die regelmäßig stattfindenden Sitzungen der ZA-EDV-Gruppe eine neue Webanwendung entwickelt, welche die Erstellung von Agenden und Protokollen der Besprechungen inklusive daraus resultierenden Maßnahmen teilweise automatisiert und erleichtert. Neben der Agenden-/Protokollerstellung gibt es eine optionale Emailbenachrichtigung, Suchfunktionalitäten sowie vordefinierte Listen. Das Programm wurde so konzipiert, dass es für weitere definierte Bereiche („Gruppen“) einsetzbar ist. Für jeden Bereich können separate Verwaltungs-, Schreib- und Leserechte vergeben werden. Im kommenden Jahr soll die Anwendung auch in anderen HS-Bereichen mit wiederkehrenden Besprechungen verwendet werden.

9.2 Abteilungsübergreifende Arbeiten

Die Koordination abteilungsübergreifender Arbeiten befasste sich im Berichtsjahr wieder mit der Neu- und Weiterentwicklung zentraler Datenverarbeitungsprogramme. Dabei war regelmäßiger Abstimmungsbedarf mit den Beteiligten in den verschiedenen Abteilungen oder Arbeitsgruppen erforderlich.

Darüber hinaus ergaben sich Koordinationsaufgaben wieder bei der inhaltlichen Begleitung des Änderungsbedarfs am zentrumsinternen Strahlenschutzregelwerk, d. h. Regeländerungen wurden unter dem Aspekt der Konsistenz mit vorhandenen Workflows überprüft und abgeglichen.

Insbesondere das sich in der Entwicklung befindliche Buchführungs- und Dokumentationsprogramm zu § 29 StrlSchV, in dem auch ein Workflow integriert wird, verursachten einen hohen Koordinationsaufwand zwischen den verantwortlichen Strahlenschutzbeauftragten sowie Sachbearbeitern bei HS-TBG, HS-ÜM und den Entwicklern bei HS-ZA.

Ähnliches gilt auch für die Fortschreibung der Buchführungsprogramme für radioaktive Stoffe (BURAST), für die EURATOM Kernbrennstoffbuchführung (KMÜ) (siehe Kap. 4.2.6.1) und für

die Verwaltungsprogramme der atomrechtliche Genehmigungen (BUGEN) und der Freigabebe-
scheide nach § 29 StrlSchV (BUFREIB).

Zukünftig sollen die Abfallströme des Forschungszentrums Karlsruhe über SAP erfasst werden. Abfälle sollen, gegliedert nach festgelegten Abfallschlüsseln (ähnlich einem Wareneinkauf) von den OE bei BTI angemeldet werden („elektronischer Abgabeschein“). Um sicherzustellen, dass Abfälle, die aus Bereichen stammen, in denen mit offenen radioaktiven Stoffen umgegangen wird, den Vorgaben des Strahlenschutzregelwerkes entsprechen, wurde in Zusammenarbeit mit OKD, BTI, HS-ÜM und HS-TBG ein entsprechender Workflow mit Berechtigungsstrukturen entwickelt, der im Jahr 2007 in Kraft gesetzt werden soll.

Da von zentrumsweiter Bedeutung und HS-Aufgaben berührend, wurde zudem die Einführung des SAP-Moduls Environment Health and Safety (EH&S) durch OKD im Berichtsjahr begleitet, wobei Wissensaufbau und Projektdefinitionen im Vordergrund standen.

9.2.1 Erweiterung des Schlüsselersatzsystems

Im Rahmen eines Pilotprojekts in Zusammenarbeit mit BTI wurde in der Zeit von Oktober 2005 bis Oktober 2006 in verschiedenen Gebäuden der Hauptabteilung Sicherheit (Geb. 439, 221 und 315) ein Schlüsselersatzsystem der Firma Interflex getestet. Mit Hilfe dieses Systems ist es möglich, dass Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter ihren Betriebsausweis als Schlüssel nutzen können. Bei konsequenter Nutzung dieses Systems kann somit eine Schlüsselausgabe an jeden, auch nur kurzzeitig Beschäftigten, und das Einsammeln der Schlüssel nach deren Ausscheiden, entfallen. Metallschlüssel sind bei besonderem Bedarf parallel benutzbar, z. B. von Einsatzkräften im Notfall.

Da Gebäude 439 außer von HS auch von Mitarbeitern des Institutes für Toxikologie und Genetik (ITG) genutzt wird, wurden auch diese in das Pilotprojekt mit einbezogen.

Für das Schlüsselersatzsystem wurden Terminals an den Eingangstüren der Gebäude sowie an Türen von einzelnen Etagen der Gebäude installiert. Zur Verwaltung des Schlüsselersatzsystems wurde bei HS eine Software installiert, um die Außen- und Innen-Terminals, die Mitarbeiter und die örtlich zuständigen Administratoren (Bereichsadministratoren) sowie deren explizite Berechtigungen zu verwalten. Es können Zutrittsberechtigungen für die Eingangstüren der Gebäude sowie für Türen auf einzelnen Etagen vergeben werden.

Die Hauptadministration mit der Verwaltung des Systems (Server, Software, Datenbank) wurde HS-ZA übertragen. Für die Hauptadministration wurde ein sogenannter „Vollclient“ eingerichtet, mit dem die Terminals, die Bereiche und die Bereichsadministratoren im System angelegt werden können.

Die Bereichsadministratoren können die Mitarbeiter in ihrem Bereich verwalten, wobei ein Bereich ganze Gebäude oder auch nur einzelne Etagen umfassen kann. Die Bearbeitung der Bereichszutrittsberechtigungen erfolgt nach Einweisung durch einen Hauptadministrator durch die Bereichsadministratoren über einen sogenannten „Webclient“ im Intranet. Inzwischen steht auch eine Hilfe-Datei zur Verfügung, die im „Webclient“ aufrufbar ist.

Am Ende der Pilotphase wurden ca. 400 Personen mit ihren Zutrittsberechtigungen für die Terminals verwaltet.

Die bisherigen Ergebnisse zeigen, dass das von der Firma Interflex nach den Vorgaben von HS gelieferte System nun, nach mehreren Nachbesserungen, Alltagstauglichkeit erreicht hat.

Die laufende Software kann im jetzigen Ausbau 1 000 Mitarbeiter verwalten, wobei weitere Aufstockungen jederzeit möglich sind.

Schon während der Pilotphase haben auch andere Organisationseinheiten Interesse am Schlüsselersatzsystem gezeigt. Bereits Ende des Jahres hat sich schon eine weitere Organisationseinheit

dem Schlüsselersatzsystem angeschlossen. Die erforderlichen Terminals wurden installiert und von den Hauptadministratoren in das System aufgenommen. Im Januar 2007 werden vom zuständigen Bereichsadministrator die Zugangsberechtigungen für das Personal, das in diesem neu hinzu gekommenen Bereich tätig werden soll, vergeben.

Nach Abschluss des Pilotprojekts wurde die Interflex-Software auf einen Server verlagert, der in allen wesentlichen Komponenten redundant ausgelegt ist. Somit ist gewährleistet, dass auch bei Ausfall dieses Servers nach kurzzeitiger Unterbrechung wieder auf das Schlüsselersatzsystem zugegriffen werden kann.

9.2.2 IT-Ausbau der Alarmzentrale

Durch die in jüngerer Vergangenheit aufgetretenen Stromunterbrechungen im Forschungszentrum fielen u. a. auch die in den Gebäuden installierten Gefahrenmeldeanlagen aus. Dies hatte zur Folge, dass in der Alarmzentrale massenweise Störungsmeldungen aufliefen. Da die bisher betriebene Software nicht in der Lage war, solche Meldungen nach Wichtigkeit zu sortieren (und somit ihrer Priorität entsprechend durch die AZ-Mitarbeiter abarbeiten zu lassen) bestand an dieser Stelle der Bedarf ein neues Softwaresystem zu beschaffen. Die im Zentrum betriebene Gefahrenmeldeanlage inklusive der zugrunde liegenden elektrischen und elektronischen Komponenten ließ letztendlich nur eine Software der Firma Bosch zu. Diese wurde nach ausgiebigen Tests im Spätjahr 2006 in Betrieb genommen. Gemäß der Hardwareanforderung dieser Software wurden die betroffenen EDV-Komponenten (Server, Bedienplatz-PC's und Drucker) aufgerüstet bzw. ersetzt. Abb. 9-2 zeigt die beteiligten Komponenten des Systems.

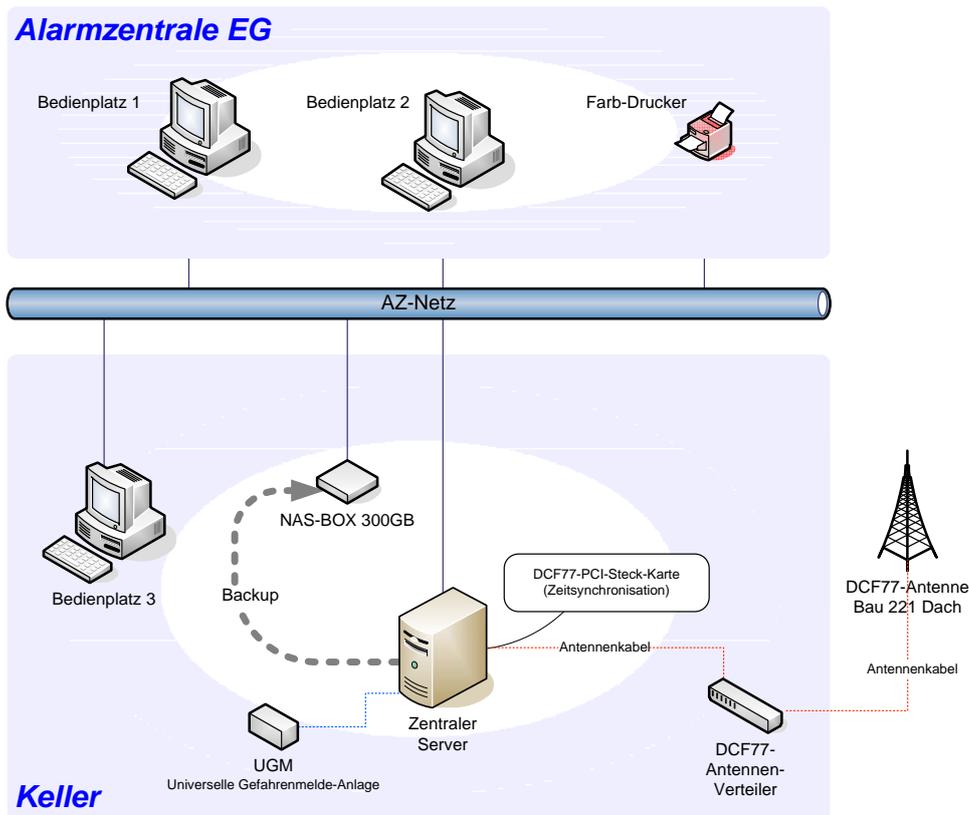


Abb. 9-2: Gefahrenmelde-Komponenten in der Alarmzentrale

9.3 Hausmeistertätigkeiten

H. Stengel, Chr. Krauß

In Zusammenarbeit mit den Vorgesetzten in Abteilungen und Arbeitsgruppen und mit den Betriebsbeauftragten der HS-Gebäude soll ein reibungsloser Betriebsablauf durch intakt gehaltene

Infrastruktur und Basis-Services erreicht werden. Dabei sollen allerdings die Zuständigkeiten der jeweiligen Betriebsbeauftragten nicht verlagert werden.

Folgende Arbeiten werden zur Zeit regelmäßig erledigt:

- In allen HS-Gebäuden
 - Regelmäßige Überprüfung von Hausinstallationen und Sicherheitseinrichtungen
 - Instandhaltungs- oder Sanierungsarbeiten veranlassen
 - Kleinreparaturen oder Montagearbeiten durchführen
 - Entsorgung von Sondermüll
 - Entsorgung oder Abgabe von Altgeräten und Altmöbel im Gerätelager oder bei der Abfallentsorgung
 - Transportfahrten, Personenfahrten und Servicefahrten
 - Unterstützung bei Umzügen, inkl. kleinere Änderungen an Büroeinrichtungen
- Zusätzlich im Gebäude 123 (HS-KES und HS-ÜM)
 - Betreuung des Gaslagers, d. h. Stickstoffbündel nach Bestellung und Lieferung an- und abklemmen
 - An 5 – 10 Tagen im Monat Dosimeter Versandfahrten
- Zusätzlich im Gebäude 436 (HS-TBG)
 - Dosimetertransport von und zu HS-TBG
 - Reststofflager in Ordnung halten
 - Servicefahrten zum Regierungspräsidium Karlsruhe
 - Botengänge im Forschungszentrum
- Zusätzlich im Hauptgebäude 439 (HS)
 - Gasversorgung von Argon/Methan für HS-ÜM, die rund um die Uhr benötigt wird, sicherstellen, dass immer ein Gasbündel in Betrieb ist und ein weiteres Bündel in Reserve steht, wobei beide Bündel über einen Ambimat verbunden sind
 - Manuelle Umschaltung der Methan- und Propangas-Versorgungsanlage
 - Tägliche Überprüfung der Gasanlagen auf ihren Zustand
 - Rechtzeitiges Bestellen sowie Austauschen der Gasflaschen
 - zweimal in der Woche müssen ca. 8 Kannen Flüssigstickstoff für HS-ÜM an der stationären Abfüllstation abgefüllt werden
 - Wiederkehrende Prüfungen an Gebäudetechnik
 - Lager- und Verbrauchsmaterial besorgen oder bestellen
 - Lieferungen entgegennehmen oder ausliefern
 - Arbeiten von Fremdfirmen überwachen
 - Dienstwäsche bereitstellen und reinigen lassen
 - Beschließen von Räumen berechtigter Mitarbeiter oder Wartungspersonal
 - Betreuung des Dienstfahrzeuges
 - Betreuung von Besprechungen

10 Management-Systeme in der Hauptabteilung Sicherheit

10.1 Qualitätsmanagement

S. Heise

Im Jahr 2003 wurde von der Hauptabteilungsleitung beschlossen, ein Qualitätsmanagementsystem (QMS) für die Hauptabteilung Sicherheit einzuführen. Dieser Entscheidung lag die Richtlinie über Anforderungen an Personendosisstellen nach StrlSchV und RöV zugrunde, die ein

Qualitätsmanagement-System für Personendosismessstellen nach DIN EN ISO/IEC 17025 [DIN17025] forderte.

Dazu wird für die gesamte Hauptabteilung eine Zertifizierungsbasis gemäß der DIN EN ISO 9001 (Qualitätsmanagementsysteme - Anforderungen) [ISO9001] geschaffen. Auf dieser Basis aufsetzend sollen die Laboratorien der Hauptabteilung Sicherheit (Physikalisches Messlabor, Chemische Analytik, In-vivo Messlabor usw.) zu deren Kompetenznachweis nach DIN EN ISO/IEC 17025 (Allgemeine Anforderungen an die Kompetenz von Prüf- und Kalibrierlaboratorien) akkreditiert werden.

Um die für ein QM-System anfallende Dokumentation einfach handhaben und jederzeit überall präsent haben zu können, wurde bereits Ende 2003 eine browserorientierte Software beschafft. Diese wurde seither operationell genutzt und weiterentwickelt. Diese Software ermöglicht u. a. die Lenkung von Dokumenten, d.h. die nachverfolgbare Erstellung, Prüfung, Freigabe, Rücknahme und Archivierung. Auch Workflows der Auditierung und des kontinuierlichen Verbesserungsprozess, inklusive der daraus resultierenden Verfolgung von Maßnahmen, werden mit dieser Software verwaltet. Der Einsatz einer solchen Software hat die Durchführung der Akkreditierung erleichtert.

10.1.1 Akkreditierung des Physikalischen Messlabors

S. Heise, Chr. Wilhelm, S. Kaminski, C. Leim

Das Jahr 2006 stand ganz im Zeichen der bevorstehenden Akkreditierung des Physikalischen Messlabors. Im Januar besuchten mit Herrn Heise und Herrn Wilhelm der Qualitätsmanagement-Beauftragte (QMB) und der Leiter des Physikalischen Messlabors den Verein für Kernverfahrenstechnik und Analytik Rossendorf e. V., ein mit ähnlichen Aufgaben betrautes und bereits akkreditiertes Labor. Der dortige Laborleiter, Herr Bothe, ist selbst Fachbegutachter für die DAP Deutsches Akkreditierungssystem Prüfwesen GmbH. Die dort geführten Gespräche zeigten uns auf, dass wir prinzipiell auf einem richtigen Weg sind, aber ergaben auch wichtige Hinweise für noch offene Arbeiten z. B. Erstellung von Methodenbeschreibungen.

Um die Arbeitsabläufe und Vorgehensweisen systematisch zu beschreiben wurden die übergreifenden Abläufe in Verfahrensanweisungen, meist mit Ablaufdiagramm und die Beschreibungen der Arbeitsabläufe in Standardarbeitsanleitungen festgehalten. Insgesamt wurden für die Aufgaben des Labors 11 Verfahrensanweisungen und 59 Standardarbeitsanleitungen erstellt. Nicht alle Dokumente mussten neu erstellt werden, da insbesondere die Arbeitsabläufe sowie komplizierte Arbeitsgänge schon beschreiben waren. Alle Dokumente wurden in eine einheitliche und systematische Struktur gebracht und fast alle Arbeitsabläufe wurden in Standardarbeitsanleitungen festgehalten. Dazu wurde für jede der vier Labormethoden eine Methodenbeschreibung erstellt, da für die Aufgaben des Labors keine genormten Verfahren angewandt werden können.

Im Mai 2006 wurde der Antrag auf Erstakkreditierung für das Physikalische Messlabor bei der DAP Deutsches Akkreditierungssystem Prüfwesen GmbH gestellt. Als Termin wurden der 11. und 12. September 2006 festgelegt. Als leitender Begutachter betreute Dr. Klaus Oberste-Lehn vom TÜV Nord die Begutachtung. Als Fachbegutachter wurde Dr. Thomas Beck vom Bundesamt für Strahlenschutz durch die DAP nominiert.

Die Begutachtung fand wie vorgesehen am 11. und 12. September 2006 statt. Während der Begutachtung wurden alle Elemente der Norm DIN EN ISO/IEC17025 geprüft. Schwerpunkte lagen dabei auf der Führung des Qualitätsmanagementsystems als solchem und der Ausbildung des verantwortlichen Personals, sowie der Begutachtung vor Ort im Physikalischen Messlabor. Als Ergebnis der Begutachtung wurde folgendes festgestellt:

1. Die Akkreditierung wird seitens der Begutachter dem zuständigen Sektor-Komitee der DAP empfohlen.

2. Die Begutachter haben fünf Abweichungen festgestellt:

- Es fehlen Schulungsbeurteilungen. Der Nachweis und die Wirksamkeit der Schulung durch die Leitung muss durchgängig erfolgen.
- Es fehlt ein Managementreview. Auflage: dieses Managementreview ist spätestens zum Überwachungsaudit im Oktober/November 2007 durchzuführen.
- In der Methodenbeschreibung für die Gammaskpektrometrie ist der Punkt In-Situ-Gammaskpektrometrie zu entfernen, da er nicht praktiziert wird.
- In den Ergebnisberichten sollen Messergebnisse unterhalb der Nachweis- oder Erkennungsgrenze deutlich als solche gekennzeichnet werden.
- Es fehlt eine Standardarbeitsanleitung zur Herstellung von Kalibrierpräparaten für die Gammaskpektrometrie.

Die beiden ersten Abweichungen müssen bis zum Überwachungsaudit im Herbst 2007, die anderen drei Abweichungen sollten bis Ende September 2006 bearbeitet worden sein.

Am 09.11.2006 wurde der Hauptabteilung Sicherheit die Akkreditierungsurkunde mit der Kennung DAP /PL/3859.00 zugesandt. Das Physikalische Messlabor ist nun für folgende Prüfverfahren akkreditiert:

1. Bestimmung von Radionukliden mittels Gammaskpektrometrie
2. Bestimmung der Aktivität von Betastrahlern mittels Flüssigszintillation
3. Bestimmung der Alpha-Beta-Gesamtaktivität
4. Bestimmung der Alpha-Beta-Aktivität künstlicher Radionuklide mittels ABPD⁷-Verfahren

Diese Akkreditierung nach DIN EN ISO/IEC 17025 bedeutet technische Kompetenz für den definierten Geltungsbereich und weist aus, dass das Laboratorium ein Qualitätsmanagement betreibt, welches die Grundsätze von ISO 9001 2000 erfüllt und mit allen relevanten Anforderungen dieser Norm übereinstimmt.

10.2 Anerkennung des Radonlabors als „Sachverständige Stelle“ durch das BfS

A. Eissler, B. Burgkhardt, F. Becker, S. Ugi, S. Nagels

Zur Durchführung des vom Land Baden-Württemberg geförderten Projektes "Radonerhebungsmessungen in Wasserwerken in Baden-Württemberg" (BWPLUS) im Radonlabor der Hauptabteilung Sicherheit, ist nach der Richtlinie für die Überwachung der Strahlenexposition bei Arbeiten nach Teil 3 Kapitel 2 der StrlSchV [BMU03] der Nachweis der Eignung einer Messstelle zur Ermittlung der Radonexposition zu erbringen. Dies kann durch Vorlage einer Anerkennung von der „Leitstelle zur Überwachung der Umwelt auf natürliche Stoffe“ des Bundesamtes für Strahlenschutz (BfS) erfolgen. Dazu bedarf es jedoch eines einfachen aber wirksamen Qualitätsmanagementsystems (QMS). Das Anerkennungsverfahren orientiert sich dabei an den Anforderungen an Prüflaboratorien nach DIN EN ISO/IEC 17025.

⁷ Abkürzung für Alpha-Beta-Pseudokoinzidenz-Differenz

Im Rahmen einer Diplomarbeit (A. Eissler, Berufsakademie Karlsruhe) wurde die Entstehung des QMS umfassend begleitet und die so entstandene Struktur und der detaillierte Aufbau, einschließlich dem abschließenden Audit durch das BfS beschrieben [Eiss06]. Unter der maßgeblichen Beteiligung des Diplomanden wurden die QM-Dokumente in Teamarbeit mit den Mitarbeitern des Radonlabors erstellt.

Mit dem Abschluss der Diplomarbeit konnte das Prüfungsaudit des Bundesamtes für Strahlenschutz mit Erfolg abgeschlossen werden.

Am 04.10.2006 bestätigte das Bundesamt für Strahlenschutz dem Radonlabor der Hauptabteilung Sicherheit die Anerkennung als „Sachverständige Stelle für die Überwachung der Strahlenexposition durch Radon-222 bei Arbeiten nach Teil 3 Kapitel 2 der Strahlenschutzverordnung“ in Form einer Urkunde.

10.3 Arbeitssicherheitsmanagementsystem

S. Heise, K. Umstadt

Der Arbeitsschutz erfährt derzeit in vielen Unternehmen eine Veränderung. Den Übergang vom nachsorgenden hin zum präventiven Arbeitsschutz unter Zuhilfenahme formalisierter und systematisierter Organisationsstrukturen, des so genannten Managementsystems, bewerten Experten als qualifizierten Quantensprung.

Nachdem im Institut für technische Physik (ITP) am Forschungszentrum Karlsruhe ein Arbeitsschutzmanagementsystem im wissenschaftlich-technischen Umfeld mit seinen speziellen Anforderungen erfolgreich etabliert wurde, galt es, weitere Organisationseinheiten für dieses Projekt zu gewinnen. Aufgrund der Tatsache, dass Beschäftigte der Hauptabteilung Sicherheit bereits im Pilotprojekt integriert waren, lag es nahe, dass auch hier ein Arbeitsschutzmanagementsystem zum Einsatz kommen soll.

Die Anforderungen an ein Arbeitsschutzmanagementsystem ähneln den Anforderungen, die an ein Qualitätsmanagementsystem nach DIN EN ISO 9001 gestellt werden. Da zudem der Arbeitsschutz ein von der Hauptabteilungsleitung bestimmter Hauptprozess für das Qualitätsmanagementsystem ist, liegt es nahe, Synergien für beide Managementsysteme zu nutzen und sie in einer Gesamtheit zu beschreiben. Daher wurde im Rahmen des QM-Portals damit begonnen, die Arbeitssicherheit und den Gesundheitsschutz als grundlegende Bestandteile aller Tätigkeiten zu definieren.

Mit der Einführung des Arbeitsschutzmanagementsystems werden folgende Ziele verfolgt:

- kontinuierliche Verbesserung und Vervollständigung von Sicherheit und Gesundheitsschutz der Beschäftigten bei der Arbeit,
- Erhöhung der Rechtssicherheit für das Unternehmen,
- Verankerung des Arbeitsschutzgedankens als Führungsaufgabe auf allen Ebenen („Management first“).

Hieraus ergeben sich folgende Einzelziele:

- Integration von Arbeitsschutz in die Organisationsabläufe, so dass gleichzeitig ein Beitrag zu Wirtschaftlichkeit durch sichere Prozesse und störungsfreie Abläufe geleistet wird,
- Verbesserung von Transparenz und systematischem Ineinandergreifen von Arbeitsschutzorganisation und Abläufen, z. B. durch eindeutige Festlegung von Aufgaben, Zuständigkeiten und Verantwortung im Arbeitsschutz,
- Abbau von Ausfallzeiten bzw. betrieblicher Gesundheitsstörung,

- Integrationsmöglichkeit mit anderen Managementsystemen, z. B. für Umweltschutz oder Qualität,
- Übertragbarkeit des Arbeitsschutzmanagementsystems auf weitere Institute innerhalb des Forschungszentrum und auf andere Betriebsstätten der Helmholtzgemeinschaft.

10.4 Ausblick S. Heise

Für das kommende Jahr 2007 gibt es die folgenden Schwerpunkte für die Arbeiten im Qualitätsmanagementsystem:

1. Die Aufrechterhaltung der erzielten Leistungen im Physikalischen Messlabor, um das Überwachungsaudit im Herbst des Jahres 2007 genauso bestehen zu können, wie die Akkreditierungsbegutachtung
2. Erzielen der Akkreditierung für das In-Vivo-Messlabor im Herbst 2007
3. Erzielen der Zertifizierung nach DIN EN ISO 9001 für die gesamte Hauptabteilung Sicherheit. Dies konnte zum Zeitpunkt der Akkreditierung nicht erreicht werden, weil für die Abläufe und Verfahren innerhalb der Hauptabteilung Sicherheit keine Kennzahlen definiert waren.
4. Zertifizierung des Arbeitsschutzmanagement-Systems der Hauptabteilung Sicherheit im Frühjahr 2007

11 Veröffentlichungen

- Becker, F.; Burgkhardt, B.; Nagels, S.; Schaller, M.; Tecele, T.; Ugi, S.; Urban, M. Erste Ergebnisse zum Forschungsvorhaben "Radon-Erhebungsmessungen in Wasserwerken in Baden-Württemberg". 38. Jahrestagung des Deutsch-Schweizerischen Fachverbandes für Strahlenschutz, Dresden, 19.-22. September 2006
- Burgkhardt, B.; Bilski, P.; Budzanowski, M.; Böttger, R.; Eberhardt, K.; Hampel, G.; Olko, P.; Straubing, A. Application of different TL detectors for the photon dosimetry in mixed radiation fields used for BNCT. *Radiation Protection Dosimetry*, 120 (2006) S. 83-86 DOI: 10.1093/rpd/nci597
- Dörfel, H.; Andradi, A.; Bailey, M.; Berkovski, V.; Blanchardon, E.; Castellani, C.M.; Cruz-Suarez, R.; Hurtgen, C.; LeGuen, B.; Malatova, I.; Marsh, J.; Stather, J.; Zeger, J. A structured approach for the assessment of internal dose: the IDEAS guidelines. *Internat. Workshop on Internal Dosimetry of Radionuclides*, Montpellier, October 1-6, 2006
- Doerfel, H.; Heide, B.; Sohl, M. Entwicklung eines Verfahrens zur numerischen Kalibrierung von Teilkörperzählern. *Wissenschaftliche Berichte, FZKA-7238* (August 2006)
- Doerfel, H.; Andradi, A.; Bailey, M.; Berkovski, V.; Blanchardon, E.; Castellani, C.M.; Hurtgen, C.; LeGuen, B.; Malatova, I.; Marsh, J.; Stather, J. General guidelines for the estimation of committed effective dose from incorporation monitoring data. (Project IDEAS - EU contract No. FIKR-CT2001-00160). *Wissenschaftliche Berichte, FZKA-7243* (August 2006)
- Dörfel, H. IDEA system - a new computer based expert system for incorporation monitoring. *Internat. Workshop on Internal Dosimetry of Radionuclides*, Montpellier, October 1-6, 2006
- Ebert, F.; Foerster, W.; Holleuffer-Kypke, R.von; Jochmann, U.; Otto, F.; Pfeiffer, W. *Lehrbuch Geprüfte Schutz- und Sicherheitsfachkraft*. Stuttgart [u. a.]: Richard Boorberg Verl., 2006 ISBN 3-415-03695-2
- Hampel, G.; Aguilar, A.L.; Wortmann, B.; Burgkhardt, B. Neutron flux determination at the TRIGA Mainz. *Jahrestagung Kerntechnik 2006*, Aachen, 16.-18.Mai 2006 Berlin: INFORUM GmbH, 2006 S. 625-28, CD-ROM
- Luciani, A.; Polig, E.; Lloyd, R.D.; Miller, S.C. Americium in the beagle dog: Biokinetic and dosimetric model. *Health physics*, 90(2006) S. 459-70
- Reichert, A. Möglichkeiten und Grenzen der Kontaminationsüberwachung mit Ganzkörpermonitoren. *TUeV Seminar „Neue Entwicklungen im Strahlenschutz und ihre Anwendung in der Praxis“*, Augsburg, 29.-30.Juni 2006
- Urban, M.; Bickel, A.; [Hrsg.] *Jahresbericht 2005 der Hauptabteilung Sicherheit*. *Wissenschaftliche Berichte, FZKA-7230* (Mai 2006)
- Urban, M.; Ugi, S. Kompetenzerhalt im Strahlenschutz. *Wissenschaftliche Berichte, FZKA-7261* (Oktober 2006)
- Zugenmaier, K.; Breustedt, B.; Polig, E.; List, V.; Urban, M. Entwicklung biokinetischer Modelle zur Beschreibung der Wirkung von DTPA in Hinblick auf die Diagnostik und Therapie bei Inkorporation von Plutonium, und anderen Transuranen. Lübke, G. [Hrsg.] *Vorträge beim Statuskolloquium des BWPLUS 2006*, Karlsruhe, 21.-22.Februar 2006 *Wissenschaftliche Berichte, FZKA-BWPLUS 203* (Mai 2006)

12 Literatur

- [Ale90] Alexander, W.R.; Shimmield, T.M.: "Microwave oven dissolution of geological samples. Novel application in the determination of natural decay series radionuclides" J. of Radioanalyt. And Nuc. Chem., Vol. 145, No 4 (1990) p.301-310
- [And83] Anderson DH, Compartmental Modeling and Tracer Kinetics, Springer, Berlin, 1983
- [BMU03] BMU, Durchführung der Strahlenschutzverordnung – Richtlinie für die Überwachung der Strahlenexposition bei Arbeiten nach Teil 3 Kapitel 2 Strahlenschutzverordnung, GMBI, S. 418-431., 2004
- [Bri00] Briesmeister, J. F. (ed.): MCNP - A General Monte Carlo Code N-Particle Transport Code. Los Alamos National Laboratory Report LA-13709-M, Los Alamos, New Mexico (2000)
- [Bur06] Bertram Burgkhardt et al.: "Application of different TL detectors for the photon dosimetry in mixed radiation fields used for BNCT", radiation protection dosimetry, doi:10.1093/rpd/nci597, Radiation Protection Dosimetry Advance Access published online on April 27, 2006
- [Bur07] Ergebnisse de Feldkalibrierung von Albedodosimetern an Brennelement-Transportbehältern im KKP B. Burgkhardt*), F. Becker*), S. Nagels*), H. Auerbach+), H. Wittemann+)*), Forschungszentrum Karlsruhe, Abteilung HS-KES+) EnBW Kraftwerke AG, KKP KTG Jahrestagung 2007
- [CAN06] Genie2000 Spectroscopy Software: Operations Manual (v3.1), 2006
- [CON05] <http://www.euradnews.org>
- [DIN17025] Allgemeine Anforderungen an die Kompetenz von Prüf- und Kalibrierlaboratorien DIN EN ISO/IEC 17025, August 2005
- [ISO9001] DIN EN ISO 9001: 2000 Qualitätsmanagementsysteme Anforderungen
- [DIN6802-4] Neutronendosimetrie Teil 4: Verfahren zur Personendosimetrie mit Albedodosimetern (1998)
- [Doe06_1] Doerfel, H., Heide, B., Sohlin, M.: Entwicklung eines Verfahrens zur numerischen Kalibrierung von Teilkörperzählern. Wissenschaftlicher Bericht FZKA 7238, Forschungszentrum Karlsruhe, Karlsruhe 2006
- [Doe06_2] Doerfel, H., Heide, B.: Calibration of a Phoswich Type Partial-Body Counter by Monte-Carlo Simulation of Low Energy Photon Transport. Submitted to Radiation Protection Dosimetry (RPD), RPD-06-0120, (2006)
- [Dul01] Dulaiova, H. et al.: "Separation and Analysis of Am and Pu from Large Soil and Sediment Samples" Radioact. and Radiochem. (2001) v. 12(3) p. 4-15
- [Eiss06] A. Eissler, Einführung eines Qualitätsmanagementsystems für das Radon-Messlabor des Forschungszentrums Karlsruhe, Diplomarbeit, Hauptabteilung Sicherheit; Forschungszentrum Karlsruhe; September 2006
- [God83] Godfrey K, Compartmental Models and their Applications, Academic Press, London, 1983
- [Hal78] Hall RM et al., A Mathematical Model for Estimation of Plutonium in the human Body from urine Data influenced by DTPA Therapy, Health Physics, 34, 419-431, 1978

- [Her06] Anke Herzenstiel: „Optimierung der Energiekompensationsfilter und Verbesserung des Messverfahrens für TLD-300“; Projektarbeit, September 2006
- [Hor93] Horwitz, E.P. et al.: „Separation and Preconcentration of Actinoids from Acidic Media by Extraction Chromatography” *Anal. Chim. Acta* 281 (1993) p. 361-372
- [Hor95] Horwitz, E.P. et al.: „Separation and preconcentration of actinoids by extraction chromatography using a supported liquid anion exchanger: application to the characterization of high-level nuclear waste solutions” *Anal. Chim. Acta* 310 (1995) p. 63-78
- [ICRP94] International Commission on Radiological Protection. Age-dependent doses to members of the public from intake of radionuclides: Part 2 ingestion dose coefficients. Oxford: Pergamon Press; ICRP Publication 67, part 2; 1994
- [Jac96] Jacquez JA, *Compartmental Analysis in Biology and Medicine*, BioMedware, Ann Arbor, 1996
- [Jac99] Jacquez JA, *Modeling with Compartments*, BioMedware, Ann Arbor, 1999
- [Jec72] Jech et al., Interpretation of human urinary excretion of plutonium for cases treated with DTPA, *Health Physics* 22(6), 787-792, 1972
- [Kin98] Kingston, H.M.; Jassie, L.B.: „Introduction to Microwave Sample Preparation” ACS Books, publ. by American Chemical Society, 1998, ISBN 0-8412-1450-6
- [Kov97] Kovtun AN, *Technical Documents for Human Whole Body Phantom with Reference Samples of Radionuclides Potassium-40, Cobalt-60, Barium-133, Caesium-137 and Europium-152, Set UPh-02T*, Research and Technical Centre „Protection“ Saint-Peterburg (1997)
- [Kre05] Christopher Krey: „Kalibrierung verschiedener TLD-Arten in der Messgröße Energiedosis in Wasser durch Photonen“; Studienarbeit, Juli 2005
- Christopher Krey: „Messung des Anteils der Energiedosis in Wasser durch Photonen mit TLD in Neutronen-Strahlungsfeldern für die Bor-Neutroneneinfang-Therapie“; Diplomarbeit, September 2005
- [Leg05] Legget RW et al., Mayak Worker Study: An Improved Biokinetic Model for Reconstructing Doses from Internally Deposited Plutonium, *Radiation Research* 164, 111-122, 2005
- [Leg05] R. W. Leggett, K. F. Eckerman, V. F. Khokhryakov, K. G. Suslova, M. P. Krahenbuhl, S. C. Miller. Mayak worker study: An improved biokinetic model for reconstructing doses from internally deposited plutonium. *Radiat. Res.* 164, 111-122; 2005
- [Luc00] A. Luciani, E. Polig. Verification and modification of the ICRP-67 model for plutonium dose calculation. *Health Phys.* 78(3): 303-310; 2000
- [Mar98] Martin J.P.; Odell, K.J.: „The development of emergency radioanalytical techniques for the determination of radiostrontium and transuranic radioisotopes in environmental materials” *Radioact. and Radiochem.* (1998) v. 9(3) p. 49-60
- [Max97] Maxwell, S.L. „Rapid Actinoid-Separation Methods” *Radioact. and Radiochem.* (1997) v. 8(4) p. 36-44
- [Mih99] Mihai, S.A.; Georgescu, I.I.; Hurtgen, Ch.: „Artificial radioactive contamination of sediments along the Romanian sector of the Danube river and the Black Sea coast” *J. of Radioanalyt. And Nuc. Chem.*, Vol. 242, No 3 (1999) p.683-686

- [Pel05] Pelowitz, D. B. (ed.): MCNPX User's Manual. Los Alamos National Laboratory Report LA-CP-05-0369, Version 2.5.0, Los Alamos, New Mexico (2005)
- [Pil00] Pilviö, R.; Bickel, M.: "Actinoid separations by extraction chromatography" Applied Radiation and Isotopes 53 (2000) p. 273-277
- [Roi95] Roig, M.; Ribera, M.M.; Rauret, G.: "Application of microwave oven to the pre-treatment of macrosamples in environmental radioactivity monitoring" J. of Radioanalyt. And Nuc. Chem., Vol. 190, No 1 (1995) p. 59-69
- [Rup01] Ruprecht J, Literaturzusammenfassung Ditriventat (DTPA) ,HEYL , 6-13. Berlin 2001
- [Sac97] Sachse, F. B., Werner, C., Müller, M., Meyer-Waarden, K.: MEETMan - Models for Simulation of Electromagnetic, Elastomechanik and Thermic Behaviour of Man, Erstellung und technische Parameter. Institut für Biomedizinische Technik, Technische Universität Karlsruhe, Karlsruhe 1997
- [Spi00] Spitz, H.; Jenkins, M.; Lodwick, J.; Bornschein, R.: A new anthropometric phantom for calibrating in vivo measurements of stable lead in the human leg using X-ray fluorescence Health Phys., 78, (2000), p. 159 – 169
- [SSK93] Empfehlungen der Strahlenschutzkommission, Bundesanzeiger Nr. 207, S.9817(1993)
- [Sta83] Stather et al., The Retention of ^{14}C -DTPA in human volunteers after inhalation or intravenous injection, Health Physics 44(1), 45-52, 1983
- [Vol78] Volf V, Treatment of incorporated transuranium elements, IAEA Technical Reports Series No .184, International Atomic Energy Agency, Wien 1978