

KfK 5030
April 1992

Jahresbericht 1991
der
Hauptabteilung Sicherheit

Redaktion:
W. Koelzer
Hauptabteilung Sicherheit

Kernforschungszentrum Karlsruhe

KERNFORSCHUNGSZENTRUM KARLSRUHE
Hauptabteilung Sicherheit

KfK 5030

Jahresbericht 1991
der Hauptabteilung Sicherheit

Redaktion: W. Koelzer

An der Erarbeitung dieses Berichtes waren alle
Mitarbeiter der Hauptabteilung beteiligt.

Kernforschungszentrum Karlsruhe GmbH, Karlsruhe

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

Kernforschungszentrum Karlsruhe GmbH
Postfach 3640, 7500 Karlsruhe 1

ISSN 0303-4003

Zusammenfassung

Der Sicherheits- und Sicherungsbeauftragte ist für die Gewährleistung des Strahlenschutzes und der technischen Sicherheit auf konventionellem und nuklearem Gebiet, für die Objektsicherung und für die Überwachung der Kernmaterialien und radioaktiven Stoffe innerhalb der Kernforschungszentrum Karlsruhe GmbH (KfK) zuständig. Zur Durchführung dieser Aufgaben bedient er sich der Hauptabteilung Sicherheit.

Die Aufgabenstellung der Hauptabteilung Sicherheit umfaßt sowohl die Strahlenschutz-, Sicherheits- und Sicherungsaufgaben für die Institute und Abteilungen des KfK sowie die Abwasser- und Umgebungsüberwachung für das gesamte Kernforschungszentrum Karlsruhe als auch Forschungs- und Entwicklungsarbeiten. Schwerpunkte der F + E-Arbeiten waren: Verhalten biologisch besonders wirksamer Radionuklide und inaktiver Schwermetalle in der Umwelt, Biophysik multizellulärer Systeme, Verhalten von Tritium im System Luft/Boden-Pflanze sowie Verbesserungen in der Strahlenschutzmeßtechnik.

Der vorliegende Bericht informiert über die einzelnen Aufgabengebiete, gibt die Ergebnisse der Routineaufgaben im Jahr 1991 wieder und berichtet über Untersuchungsergebnisse und Entwicklungen der verschiedenen Arbeitsgruppen der Hauptabteilung.

Central Safety Department, Annual Report 1991

Summary

The Safety and Security Officer is responsible for radiation protection and technical safety, both conventional and nuclear, for the physical protection as well as the safeguards of nuclear materials and radioactive substances within the Kernforschungszentrum Karlsruhe GmbH (KfK). To fulfill these functions he relies on the assistance of the Central Safety Department.

The Central Safety Department is responsible for handling all problems of radiation protection, safety and security of the institutes and departments of the Karlsruhe Nuclear Research Center, for waste water activity measurements and environmental monitoring of the whole area of the Center, and for research and development work mainly focusing on nuclear safety and radiation protection measures. The research and development work concentrates on the following aspects: physical and chemical behavior of trace elements in the environment, biophysics of multicellular systems, behavior of tritium in the air/soil-plant system, improvement in radiation protection measurement and personnel dosimetry.

This report gives details of the different duties, indicates the results of 1991 routine tasks and reports about results of investigations and developments of the working groups of the Department.

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

Inhaltsverzeichnis

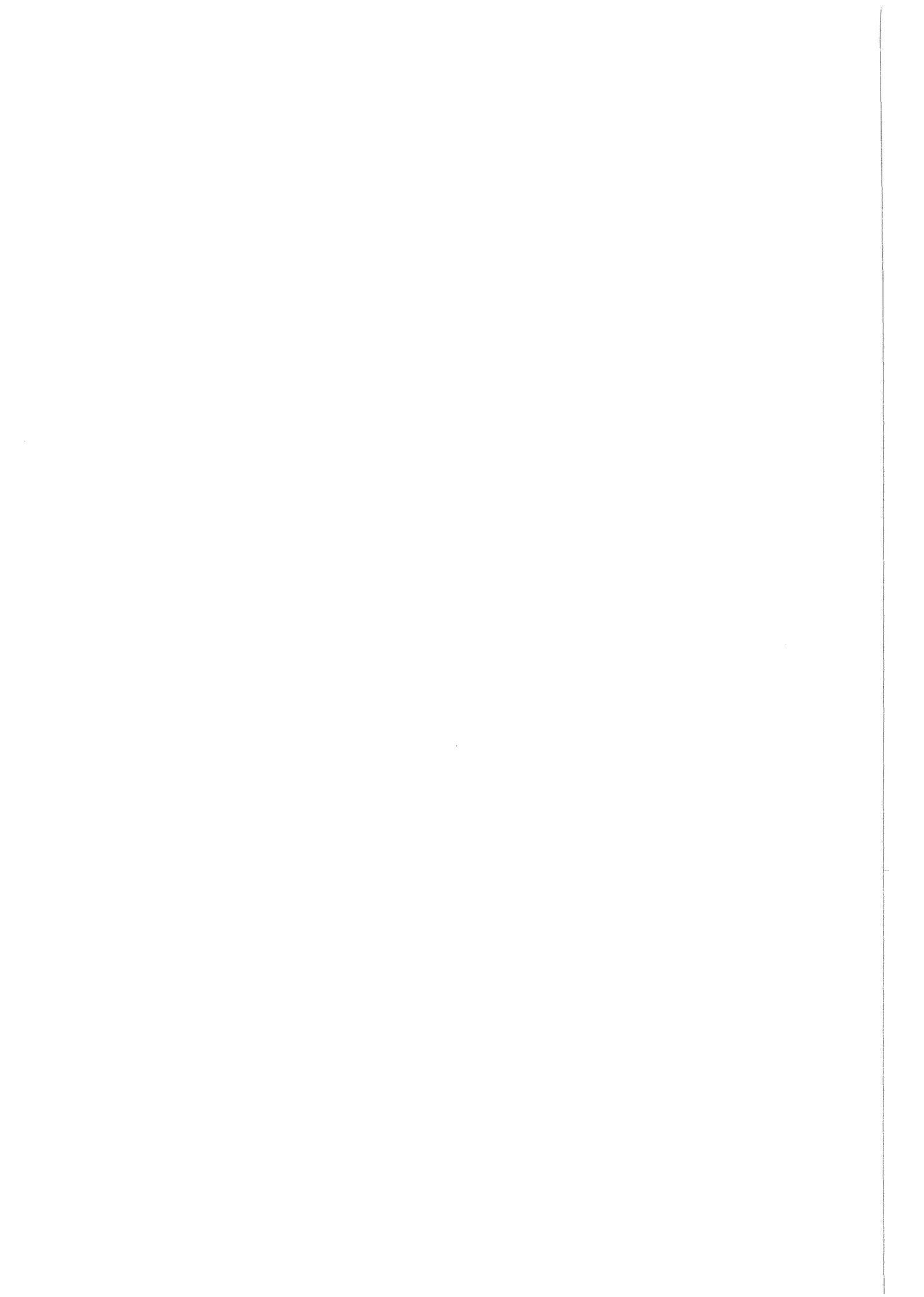
1	Aufgabengebiet und Organisation der Hauptabteilung Sicherheit	1
2	Arbeitsschutz und Sicherheit	13
2.1	Strahlenschutz	15
2.1.1	Die Organisation des Strahlenschutzes im KfK und die Aufgaben der Gruppe Strahlenschutz	15
2.1.2	Betriebsüberwachung	15
2.1.3	Durchführung der Röntgenverordnung	16
2.1.4	Von HS/AS zentral erfaßte „zu überwachende Personen“ i. S. der StrlSchV	17
2.1.5	Personal in fremden Strahlenschutzbereichen der KfK, § 20 StrlSchV	18
2.1.5.1	Fremdfirmen in Strahlenschutzbereichen der KfK	18
2.1.5.2	KfK-Mitarbeiter in Strahlenschutzbereichen fremder Anlagen	19
2.1.6	Durchführung der Röntgenverordnung	19
2.1.7	Datenverarbeitung; Anwendungsentwicklung im Bereich Strahlenschutz	20
2.2	Arbeitsschutz	20
2.2.1	Betriebsüberwachung	20
2.2.2	Unfallgeschehen	21
2.2.3	Arbeitsplatzüberwachung	23
2.2.4	Aus- und Fortbildung	25
2.2.5	Ergonomische Arbeitsplatzgestaltung am Beispiel von Büro- und CAD-Arbeitsplätzen	25
2.2.6	Wiederkehrende Prüfungen	26
2.2.7	Umsetzung der Gefahrstoffverordnung	28
2.2.8	Arbeitsschutzausschuß	30
2.3	Kernmaterialüberwachung	31
2.3.1	Zentrale Buchhaltung zur Erfassung und Meldung von Kernmaterial	31
2.3.2	Aufsichtsbesuche durch Euratom und IAEO	32
2.3.3	Zentrale Buchhaltung zur Erfassung und Meldung „sonstiger radioaktiver Stoffe“	32
2.3.4	Kontrolle der genehmigten Umgangsmengen radioaktiver Stoffe	33
2.4	Einsatzleitung und Einsatzplanung	34
2.4.1	Aufgaben	34
2.4.2	Statistik und Analyse der EvD-Einsätze	34
2.4.3	Meldepflichtige Ereignisse	36
2.4.4	Übungen der Einsatzdienste	37
2.4.5	Allgemeine Sicherheitsregelung des KfK	38

2.5	Werkfeuerwehr	38
2.5.1	Ausbildung	38
2.5.2	Feuerwehrtechnische Aufgaben	39
2.5.3	Atemschutzzentrale	40
2.6	Abfallwirtschaft	40
2.6.1	Entsorgung von nachweispflichtigen Abfällen	40
2.6.2	Vollzug des Abfallgesetzes	43
2.7	Rechnernetzwerk	44
3	Sicherung	49
3.1	Objektsicherung	49
3.1.1	Objektsicherungsdienst	49
3.1.2	Alarmzentrale	49
3.1.3	Güterkontrolle	49
3.1.4	Diensthundestaffel	51
3.2	Technische Sicherungssysteme	51
3.3	Ermittlungsdienste	51
3.4	Verkehrsdienste	52
3.5	Schließwesen	53
3.6	Buskontrollen	53
3.7	Personelle und administrative Sicherungsfragen	54
3.7.1	Personensicherheitsüberprüfung	54
3.7.2	Ausweisbüro	54
3.7.3	Empfangsdienst	55
4	Strahlenschutzüberwachung	57
4.1	Arbeitsplatzüberwachung im KfK	59
4.1.1	Personendosimetrie mit Taschenionisationskammern	59
4.1.2	Oberflächenkontaminationen	61
4.1.3	Raumluftaktivitäten	63
4.1.4	Überweisungen an die Medizinische Abteilung	63
4.2	Summendosen durch externe Exposition	64
4.3	Strahlenschutzmeßlabor	65
4.4	Transporte radioaktiver Stoffe	68
4.5	Programmpflege und -neuentwicklung	69
4.6	Freimeßanlage für radioaktive Reststoffe	70
4.7	Dichtheitsprüfungen	72

5	Umweltschutz	75
5.1	Fortluftüberwachung	76
5.1.1	Ableitung radioaktiver Stoffe mit der Fortluft 1991	79
5.1.2	Ableitung nichtradioaktiver Stoffe mit der Fortluft 1991	86
5.1.3	Strahlenexposition in der Umgebung durch die mit der Fortluft abgeleiteten radioaktiven Stoffe 1991	88
5.2	Abwasserüberwachung	97
5.2.1	Ableitung radioaktiver Stoffe mit dem Abwasser 1991	101
5.2.2	Ableitung nichtradioaktiver Stoffe mit dem Abwasser 1991	102
5.2.3	Strahlenexposition in der Umgebung durch die mit dem Abwasser abgeleiteten radioaktiven Stoffe 1991	104
5.3	Umgebungsüberwachung	106
5.3.1	Ergebnisse der Routineüberwachung 1991	107
5.3.2	Ergänzende Überwachungsmaßnahmen	113
5.3.3	Tritiumkonzentrationen in landwirtschaftlichen Produkten	115
5.4	Spektrometrie und chemische Analytik	116
5.4.1	Spektrometrische Untersuchungen	116
5.4.2	Radiochemische Arbeiten	117
5.4.3	Aktinidenableitungen mit der Fortluft der WAK 1991	119
5.4.4	Plutonium- und Strontiumableitungen mit dem Abwasser des KfK 1991	121
5.4.8	Plutoniumkonzentrationen der bodennahen Luft 1991	126
6	Dosimetrie	127
6.1	Amtliche Personendosimetrie	127
6.1.1	Photolumineszenzdosimetrie	128
6.1.2	Thermolumineszenzdosimetrie	130
6.1.3	Sonstige Personen- und Ortsdosimeter	130
6.1.4	Bauartprüfungen und Vergleichsbestrahlungen	131
6.2	Photonendosimetrie	132
6.2.1	Das neue Phosphatglasdosimeter im IAEO-Vergleich für Personendosimeter	132
6.2.2	Der Einfluß einer erhöhten Umgebungstemperatur innerhalb der Routineüberwachung auf die Dosisanzeige passiver Detektoren	136
6.2.3	Das Problem verschiedener Meßgrößen in der Teilkörperdosimetrie	137
6.2.4	Energiekompensationsfilter für ein LiF-Mehrkomponentendosimeter zur Umgebungsüberwachung	139
6.2.5	Energiekompensationsfilter für ein CaSO ₄ -Dosimeter zur Umgebungsüberwachung	141
6.2.6	Abschätzung der Strahlenexposition durch Energiesparlampen	142

6.3	Neutronendosimetrie	144
6.3.1	Messung kleiner Neutronendosen in der Umgebungsüberwachung mit passiven Dosimetern	144
6.3.2	Änderung des LET-Spektrums in Neutronenstreustrahlungsfeldern eines Kalibrierbunkers	146
6.3.3	Langzeitvergleich des Kalibrierfaktors von Albedoneutronendosimetern	148
6.3.4	Untersuchung des Nulleffektes von CR-39-Kernspurdetektoren	149
6.4	Strahlenexposition durch Radon-Zerfallsprodukte	151
6.4.1	Messungen in untertägigen Arbeitsbereichen	151
6.4.2	Messungen in übertägigen Einrichtungen	152
6.4.3	Qualitätssicherung und Optimierung von Radondetektoren	153
6.5	Inkorporationsmessung	155
6.5.1	Routine- und Sondermessungen	155
6.5.2	Cs-137-Referenzmessungen	159
6.5.3	Neues Meßverfahren zur organspezifischen Aktivitätsbestimmung von Am-241 ...	162
6.5.4	Neukalibrierung der Teilkörperzähler für Am-241-Depositionen im Skelett	164
6.5.5	Zur Rolle der Lymphknoten bei Inhalation von Am-241	165
6.5.6	Zur Interpretation von Ausscheidungsdaten bei der Inkorporationsüberwachung auf Transurane	168
6.5.6.1	Auswahl der relevanten Meßergebnisse	169
6.5.6.2	Unterscheidung zwischen Inhalation und Ingestion	170
6.5.6.3	Bestimmung von Retentionsklasse und Korngröße	172
6.5.7	Datenverarbeitung	173
6.6	Strahlenschutzmeßtechnik	174
6.6.1	Aufgaben	174
6.6.2	Wartung und Reparatur	175
6.6.3	Routinekalibrierung	176
6.6.4	Amtliche Eichabfertigungsstelle	176
7	Biophysik und Ökologie	177
7.1	Multizelluläre Sphäroide aus Leberzellen der adulten Ratte	177
7.2	Erprobung von Mikrowaben als Wirtsstrukturen für Zellen und multizelluläre Sphäroide	178
7.3	Krebsbegünstigende Wirkungen niederfrequenter Magnetfelder	179
7.4	Regulation der Zellproliferation im dreidimensionalen Zellverband	180
7.5	Verhalten von Tritium im System Luft-Pflanze-Boden	182

7.6	Untersuchung des Boden-Pflanzen-Transfers biologisch besonders wirksamer Schadstoffe	184
7.6.1	Elektrofilterstäube und Schlacken	185
7.6.2	Molybdänexperimente	185
7.6.3	Antimonexperimente	185
7.6.4	In-vitro-Experimente mit Pflanzen	186
7.6.5	Iod-Experimente	186
7.6.6	Der Transfer Boden-Bodenwasser	186
8	Veröffentlichungen	187
8.1	Veröffentlichungen, die gedruckt vorliegen	187
8.2	Vorträge, die noch nicht gedruckt vorliegen	190



Verzeichnis der Abkürzungen

AtG	Atomgesetz
AVV	Allgemeine Verwaltungsvorschrift
AZ	Alarmzentrale
BAW	Bundesanstalt für gewerbliche Wirtschaft
BFE	Bundesforschungsanstalt für Ernährung
BfS	Bundesamt für Strahlenschutz
BGA	Bundesgesundheitsamt
BImSchG	Bundes-Immissionsschutzgesetz
BMFT	Bundesministerium für Forschung und Technologie, Bonn
BMU	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit
EKM	Hauptabteilung Einkauf und Materialwirtschaft
EvD	Einsatzleiter vom Dienst
FIZ	Fachinformationszentrum Energie, Physik, Mathematik GmbH
FR2	Forschungsreaktor 2
FTU	Fortbildungszentrum für Technik und Umwelt
GKN	Gemeinschaftskernkraftwerk Neckar GmbH, Neckarwestheim
GRS	Gesellschaft für Reaktorsicherheit mbH, Köln
GSF	GSF - Forschungsstelle für Umwelt und Gesundheit GmbH, Neuherberg
GSI	Gesellschaft für Schwerionenforschung mbH, Darmstadt
HBAU	Hauptabteilung Bauwesen
HBT	Hauptabteilung Betriebstechnik
HBK	Hauptabteilung Bibliotheks- und Kommunikationdienste
HBT/BI	Hauptabteilung Betriebstechnik/Betriebsinstandhaltung
HBT/BW	Hauptabteilung Betriebstechnik/Betriebswerkstätten und Montage
HBT/FT	Hauptabteilung Betriebstechnik/Hauptwerkstatt
HBT/IH	Hauptabteilung Betriebstechnik/Instandhaltung
HBT/QS	Hauptabteilung Betriebstechnik/Qualitätssicherung
HBT/VB	Hauptabteilung Betriebstechnik/Versorgungsbetriebe
HDB	Hauptabteilung Dekontaminationsbetriebe
HDI	Hauptabteilung Datenverarbeitung und Instrumentierung
HF	Hauptabteilung Finanz- und Rechnungswesen
HFK	Hand-Fuß-Kleider-Monitor
HIT	Hauptabteilung Ingenieurtechnik
HPS	Hauptabteilung Personal und Soziales
HPS/FD	Hauptabteilung Personal und Soziales/Fahrdienst
HS	Hauptabteilung Sicherheit

HS/AS	Hauptabteilung Sicherheit/Arbeitsschutz und Sicherheit
HS/B	Hauptabteilung Sicherheit/Biophysik und Ökologie
HS/D	Hauptabteilung Sicherheit/Dosimetrie
HS/S	Hauptabteilung Sicherheit/Sicherung
HS/Ü	Hauptabteilung Sicherheit/Strahlenschutzüberwachung
HS/US	Hauptabteilung Sicherheit/Umweltschutz
HVT	Hauptabteilung Versuchstechnik
HVT/EA	Hauptabteilung Versuchstechnik/Experimentieranlagen
HVT/HZ	Hauptabteilung Versuchstechnik/Heiße Zellen
HVT/TL	Hauptabteilung Versuchstechnik/Tritiumlabor
HZY	Hauptabteilung Zyklotron
ICRP	International Commission on Radiological Protection
IGT	Institut für Genetik und für Toxikologie von Spaltstoffen
IHCh	Institut für Heiße Chemie
IHK	Industrie- und Handelskammer
IK	Institut für Kernphysik
IMF	Institut für Material- und Festkörperforschung
IMK	Institut für Meteorologie und Klimaforschung
IMT	Institut für Mikrostrukturtechnik
INE	Institut für Nukleare Entsorgungstechnik
INFP	Institut für Nukleare Festkörperphysik
INR	Institut für Neutronenphysik und Reaktortechnik
IRCh	Institut für Radiochemie
IRE	Institut für Reaktorentwicklung
ITP	Institut für Technische Physik
KAZ	Kompaktzyklotron
KBG	Kernkraftwerk-Betriebsgesellschaft mbH, Leopoldshafen
KFA	Forschungszentrum Jülich GmbH, Jülich
KfK	Kernforschungszentrum Karlsruhe GmbH, Karlsruhe
KGV	Koordinationsstelle Genehmigungsverfahren
KHG	Kerntechnische Hilfsdienst GmbH, Leopoldshafen
KIZ	Karlsruher Isochronzyklotron
KKP	Kernkraftwerk Philippsburg, Philippsburg
KNK	Kompakte Natriumgekühlte Kernreaktoranlage
KWO	Kernkraftwerk Obrigheim GmbH, Obrigheim
LAF	Laboratorium für Aerosolphysik und Filtertechnik
LAVA	Lager- und Verdampfungsanlage für hochaktive Flüssigkeiten
LAW	Low Activity Waste

LfU	Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg, Karlsruhe
LIT	Laboratorium für Isotopentechnik
LLNL	Lawrence Livermore National Laboratory
MAW	Medium Activity Waste
MBZ	Materialbilanzzone
MED	Medizinische Abteilung
MED/Tox	Medizinische Abteilung/Toxikologisches Labor
MPI	Max-Planck-Institut
MZFR	Mehrzweckforschungsreaktor
NWG	Nachweisgrenze
OBT	Organisch gebundenes Tritium
OKD	Stabsabteilung Organisation und Kaufmännische Datenverarbeitung
OSD	Objektsicherungsdienst
PFT	Projektträgerschaft Fertigungstechnik
PHDR	Projekt Heißdampfreaktor-Sicherheitsprogramm
PL	Photolumineszenz
PLD	Photolumineszenzdosimeter
RöV	Röntgenverordnung
RVO	Reichsversicherungsordnung
SSB	Strahlenschutzbeauftragter
SSV	Strahlenschutzverantwortlicher
StrlSchV	Strahlenschutzverordnung
TAMARA	Testanlage zur Müllverbrennung, Abgasreinigung, Rückstandsverwertung und Abwasserbehandlung
TEKO	Technikumshalle zur Komponentenerprobung
TIK	Taschenionisationskammer
TL	Thermolumineszenz
TLD	Thermolumineszenzdosimeter
TOSKA	Toroidale Spulentestanlage Karlsruhe
TRGS	Technische Regeln für Gefahrstoffe
TU	Europäisches Institut für Transurane
UM	Ministerium für Umwelt Baden-Württemberg
UNSCEAR	United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation
UVV	Unfallverhütungsvorschriften
WAK	Wiederaufarbeitungsanlage Karlsruhe

1 Aufgabengebiet und Organisation der Hauptabteilung Sicherheit

W. Koelzer

Die Hauptabteilung Sicherheit ist für die Gewährleistung des Strahlenschutzes und der technischen Sicherheit auf konventionellem und nuklearem Gebiet sowie für den Objektschutz und die Sicherung der Kernmaterialien und radioaktiven Stoffe zuständig. Ihr Leiter ist gleichzeitig als Sicherheitsbeauftragter und als Sicherungsbeauftragter des Kernforschungszentrums Karlsruhe GmbH (KfK) bestellt.

Die Aufgabenstellung der Hauptabteilung Sicherheit umfaßt Strahlenschutz-, Sicherheits- und Sicherungsaufgaben für die Institute und Abteilungen der KfK GmbH sowie die Abluft-, Abwasser- und Umgebungsüberwachung für das gesamte Kernforschungszentrum Karlsruhe einschließlich der Gastinstitutionen sowie die Durchführung von Forschungs- und Entwicklungsarbeiten. Schwerpunkte der F + E-Arbeiten sind: Boden-Pflanzen-Transfer biologisch besonders wirksamer Schadstoffe, Biophysik multi-zellulärer Systeme, biologische Wirkungen von Strahlung und elektromagnetischer Felder, Verhalten von Tritium im System Luft-Boden-Pflanze sowie Verbesserungen dosimetrischer Meßverfahren bei externer und interner Strahlenexposition.

Am 31.12.1991 waren in der Hauptabteilung Sicherheit 47 Akademiker, 46,5 Ingenieure, 245 technische und administrative Mitarbeiter, 2 Gastwissenschaftler, 2 Doktoranden und 12 Mitarbeiter zur Ausbildung als Strahlenschutzingenieur tätig.

Abteilung Arbeitsschutz und Sicherheit

Die Abteilung „Arbeitsschutz und Sicherheit“ hat beratende, kontrollierende und administrativ steuernde Funktionen auf allen Gebieten des Strahlenschutzes, der Kernmaterialüberwachung, der Arbeitssicherheit, der Abfallwirtschaft und des betrieblichen Katastrophenschutzes. Sie überprüft die Einhaltung angeordneter Maßnahmen zur Erfüllung gesetzlicher Pflichten, behördlicher Auflagen und sonstiger Vorschriften zur technischen Sicherheit. Zu ihren Aufgaben gehört die zentrale Erfassung und Dokumentation sicherheitsrelevanter Daten, Fakten und Vorgänge.

Die Gruppe „Strahlenschutz“ führt die Bestellungen der Strahlenschutzbeauftragten durch und unterstützt deren Tätigkeit sowie den praktischen Strahlenschutz durch Information, Beratung und Behördenkontakte. Sie überprüft die Einhaltung der Strahlenschutz- und der Röntgenverordnung sowie behördlicher Auflagen bei Betriebsbegehungen, führt EDV-gestützte Dateien mit den persönlichen Meßdaten der beruflich strahlenexponierten Personen und verfolgt die Termine für Strahlenschutzbelehrungen und arbeitsmedizinische Untersuchungen. Sie schafft die Voraussetzungen für den Einsatz von Fremdfirmenpersonal (Abgrenzungsverträge gem. § 20 StrlSchV) und stellt die Strahlenpässe für Mitarbeiter aus, die in fremden Anlagen tätig werden.

Der Gruppe „Kernmaterialüberwachung“ obliegt die zentrale Buchhaltung für KfK GmbH zur Erfassung und Überwachung von Kernmaterial und sonstigen radioaktiven Stoffen. Sie erstattet alle Bestandsänderungs- und Materialbilanzberichte für die Materialbilanzzonen, erledigt die Korrespondenz mit Euratom, bereitet die Inspektionen und Inventuren durch Euratom vor und begleitet die Inspektoren von Euratom und IAEA bei deren Aufsichtsbesuchen.

Die Gruppe „Arbeitsschutz“ wird auf allen Gebieten der konventionellen Sicherheit im Rahmen von Betriebsbegehungen kontrollierend und beratend tätig. Sie führt Lärm- und Schadstoffmessungen sowie ergonomische Untersuchungen an Arbeitsplätzen durch. Sie führt eine Gefahrenstoffdatenbank und schlägt Schutzmaßnahmen aufgrund von Arbeitsplatzanalysen vor. Ihr obliegt die Registrierung und Meldung von Arbeitsunfällen und die Bestellung der Personen, die im nicht atomrechtlich begründeten Teil der Sicherheitsorganisation der KfK besondere Funktionen übernehmen. Sie sorgt für die ordnungsgemäße Reststoffverwertung und Entsorgung inaktiver Abfälle.

Die Gruppe „Einsatzleitung und Einsatzplanung“ stellt „rund um die Uhr“ den Einsatzleiter vom Dienst (EvD) für die Sicherheitsorganisation des Kernforschungszentrums Karlsruhe, sie erarbeitet und aktualisiert Einsatzunterlagen, organisiert Alarmübungen der Einsatztrupps, erstattet Einsatzberichte und meldet sicherheitstechnisch bedeutsame Ereignisse den Aufsichtsbehörden.

Die Gruppe „Werkfeuerwehr“ ist mit einer Schicht ständig auf dem KfK-Gelände einsatzbereit. Die Aufgaben der Werkfeuerwehr umfassen neben Löscheinsätzen, vorbeugenden Brandschutzmaßnahmen und vielfältigen technischen Hilfeleistungen auch den Betrieb der Atemschutzzentrale und die Durchführung von Prüfungen, Instandsetzungen und Wartungsarbeiten an allen in der KfK benutzten Atemschutztechnischen Geräten.

Abteilung Biophysik und Ökologie

Zu den Aufgaben der Abteilung Biophysik und Ökologie gehört die Erforschung und die experimentelle Bearbeitung von strahlenbedingten und konventionellen Gesundheitsrisiken. Die Abteilung setzt sich aus einem interdisziplinären Team von Wissenschaftlern aus den Bereichen Physik, Chemie, Biologie und Agrar- und Bodenwissenschaft zusammen. Sie gliedert sich in drei Arbeitsgruppen, die den Arbeitsbereichen Sphäroide und Zellinteraktion, biologische Wirkung von Strahlung und Feldern, Umweltverhalten von Spurenelementen und Tritiumverhalten in Pflanzen zugeordnet sind.

Die multizellulären Sphäroide sind ein wirklichkeitsnahes und vielseitig einsetzbares Kultursystem für die Wirkungs- und Gefährdungsforschung. Ihre strukturelle und funktionelle Nähe zu biologischen Geweben und Organen sind wesentlich bedingt durch die Etablierung eines natürlichen interzellulären Kommunikationsmusters im dreidimensionalen Zellverband. Durch gezielte Erforschung der noch weitgehend unverstandenen Mechanismen der Zellkommunikation leistet dieser Arbeitsbereich zugleich einen Beitrag zur Nutzung der Zellkommunikation bzw. ihrer Inhibierung als Wirkungsindikator für eine Klasse von chemischen Noxen (Tumor-Promotoren).

Die mit Sphäroiden gewonnenen Daten geben die Reaktion von tierischen und menschlichen Zellen auf diese Agenzien unter dem Aspekt wieder, daß in einer konkreten Expositionssituation die Zellen Bestandteil eines differenzierten Gewebes sind. Dies markiert einen bedeutenden Fortschritt gegenüber den bisher verwendeten Monolayer-Kulturen; bei denen im wesentlichen die Reaktionen isolierter Zellen erfaßt werden.

Das Umweltverhalten von Spurenelementen ist ein weiterer Arbeitsschwerpunkt dieser Abteilung. Ziel der Arbeiten ist die Bestimmung des Transfers wichtiger Schwermetalle zum Menschen, insbesondere die Aufnahme aus dem Boden in Nahrungs- und Futtermittelpflanzen. Als Metalle werden vorwiegend Cr, Mo, Se, Te, Ni, Co, Mn, Ag und Cu untersucht, über die bisher wenig bekannt ist, die aber physiologisch bedeutsam sind. Dabei werden auch Industriestäube einbezogen.

Im Rahmen des Projektes Kernfusion werden Untersuchungen zur Aufnahme von Tritium in Pflanzen in einer Klimakammer durchgeführt. Die Tritium-Aufnahme hängt entscheidend von der chemischen Form des Tritiums (HT oder HTO) ab. Ziel der Untersuchungen ist die Ermittlung der Depositionsrates und die Aufnahme in das Gewebewasser bzw. als organisch gebundenes Tritium. Außerdem wird die Rolle des Bodenwassers untersucht, d. h. die Umwandlung von HT in HTO im Boden und dessen Aufnahme über Wurzeln und Blätter. Zusätzlich werden auch die Einflüsse der Photosynthese, der Transpirationsrate und der meteorologischen Bedingungen studiert. Die Ergebnisse werden in Modellrechnungen zur Dosisabschätzung für Tritium-Freisetzen einfließen.

Abteilung Dosimetrie

Die Abteilung Dosimetrie ist zuständig für die Auswahl und Anwendung dosimetrischer Meßverfahren sowie für die Durchführung von Inkorporationsdirektmessungen. Weitere Aufgaben sind die Kalibrierung und die Reparatur der Strahlenschutzmeßgeräte zur Luft- und Pegelüberwachung. Ein Schwerpunkt der Abteilung Dosimetrie ist die Bereitstellung, Erprobung und Anwendung neuer Strahlenschutzmeßverfahren mit dem besonderen Gewicht auf der Neutronendosimetrie, der Messung geringer Dosen sowie der Messung geringer Nukliddepositionen im Körper. Dazu werden ein Ganzkörperzähler sowie zwei spezielle Teilkörperzähler eingesetzt.

Im Aufgabenbereich „Externe Dosimetrie“ werden Meßverfahren weiterentwickelt und für eine Routineanwendung bereitgestellt. Schwerpunkt der Entwicklungsarbeiten sind Meßverfahren für Neutronenstreustrahlungsfelder die Weiterentwicklung und Anwendung von Kernspurätzdetektoren, die Messung kleiner Dosen sowie die Verbesserung der Meßverfahren zur Teilkörperdosimetrie.

Im Aufgabenbereich „Interne Dosimetrie“ werden Verfahren zur Bestimmung der Äquivalentdosis bei innerer Strahlenexposition weiterentwickelt. Im Vordergrund steht dabei die Verbesserung der Verfahren zum Nachweis von Thorium, Uran, Plutonium und Americium in der Lunge, der Leber und im Skelett sowie die Bereitstellung von geeigneten Stoffwechselmodellen zur Interpretation der Meßergebnisse. Zur Verbesserung des Nachweises von niederenergetischen Photonenstrahlern wird im Rahmen eines vom BMU geförderten Forschungsvorhabens ein neuartiger Teilkörperzähler mit Reinstgermanium-Teleskopdetektoren in Antikoinzidenztechnik aufgebaut.

Der Aufgabenbereich „Strahlenschutzmeßgeräte“ führt Reparaturen und Kalibrierungen an Anlagen zur Raum- und Abluftüberwachung durch, wie auch an den festinstallierten Gammapegel-Meßstellen zur Überwachung von Arbeitsplätzen und der Umwelt. Weitere Aufgaben sind die Eingangskontrolle neu angeschaffter Geräte, der Test von neu auf dem Markt angebotenen Meßgeräten sowie der Betrieb von Bestrahlungsanlagen zur routinemäßigen Kalibrierung von Festkörperdosimetriesystemen und von Dosis- und Dosisleistungsmeßgeräten. Die Anlagen werden von der amtlichen Eichabfertigungsstelle des Landes Baden-Württemberg auch zur Eichung von Personen- und Ortsdosimetern eingesetzt.

Für die Personenüberwachung in Baden-Württemberg wird eine amtliche Meßstelle für Festkörperdosimeter betrieben, die auf Anforderung auch Aufgaben im Bereich der nichtamtlichen Dosimetrie durchführt.

Abteilung Sicherung

Der Abteilung Sicherung obliegt mit den Arbeitsgebieten „Objektsicherungsdienst“, „Technische Maßnahmen“ sowie „Administrative Maßnahmen“ die Gewährleistung der Basissicherung für das gesamte Kernforschungszentrum.

Der „Objektsicherungsdienst“ ist für die Sicherung des Kernforschungszentrums Karlsruhe verantwortlich. Zu den Aufgaben gehören die Sicherung des Gesamtareals durch Streifen- und Überwachungsdienst und die Zugangskontrolle an den Haupttoren. Er wirkt bei den Sicherungsmaßnahmen für einzelne Anlagen in Abstimmung mit dem Betreiber mit und sorgt für die Einhaltung spezieller Zutrittsregelungen. Der Objektsicherungsdienst übt die Kontrolle aller zur Ein- oder Ausfuhr bestimmten Güter aus, plant und kontrolliert das Schließwesen und ist für den ordnungsgemäßen Ablauf des Straßenverkehrs im Bereich des Kernforschungszentrums Karlsruhe zuständig.

Das Arbeitsgebiet „Technische Maßnahmen“ ist mitverantwortlich für Auswahl, Einsatz und Funktionssicherheit der technischen Sicherheitssysteme. Mit Hilfe des Ermittlungsdienstes werden die Einhaltung der Ordnungs- und Kontrollbestimmungen der Kernforschungszentrums, die Aufklärung von Schadensfällen sowie die Sicherung von Regreßansprüchen betrieben.

Im Arbeitsgebiet „Administrative Maßnahmen“ werden Zutrittsberechtigungen nach aufsichtsbehördlichen Auflagen ausgestellt. Die Erstellung von Werksausweisen erfolgt im Ausweisbüro.

Abteilung Strahlenschutzüberwachung

Die Abteilung Strahlenschutzüberwachung ist vor allem für den Schutz der mit radioaktiven Stoffen umgehenden oder ionisierender Strahlung ausgesetzten Personen der Kernforschungszentrum Karlsruhe GmbH zuständig. Aus dieser Aufgabenstellung heraus sind die Mitarbeiter dezentral in den einzelnen Organisationseinheiten des Kernforschungszentrums tätig. Die Mitarbeiter der Strahlenschutzüberwachung unterstützen die Strahlenschutzbeauftragten in der Wahrnehmung ihrer Aufgaben nach der Strahlenschutzverordnung. Sie sind die Ansprechpartner für die jeweiligen Instituts- oder Abteilungsangehörigen und achten auf strahlenschutzgerechtes Verhalten.

Die Abteilung Strahlenschutzüberwachung übernimmt die tägliche Auswertung der Stabdosisimeter und die Registrierung der erhaltenen Personendosis. Monatlich werden die amtlichen Dosisimeter sowie nach Bedarf Teilkörper- oder Neutronendosisimeter ausgegeben. In den Gebäuden und Anlagen werden nach vorgegebenem Plan routinemäßig Kontaminations- und Dosisleistungsmessungen durchgeführt und die Aktivitätskonzentration in der Raumluft der Arbeitsräume überwacht. Die Strahlenschutzmitarbeiter veranlassen bei Personenkontaminationen die Durchführung der Dekontamination.

Die Mitarbeiter der Strahlenschutzüberwachung überwachen den Materialtransport aus den Kontrollbereichen in den betrieblichen Überwachungsbereich des Kernforschungszentrums und aus dem Gelände des Kernforschungszentrums hinaus. Sie ermitteln, ob die von den Verordnungen vorgegebenen Grenzwerte für die Oberflächenkontamination oder Aktivität von Gegenständen eingehalten sind. Sie erteilen gegebenenfalls die Freigabe zur Wiederverwendung oder zur Beseitigung von Materialien.

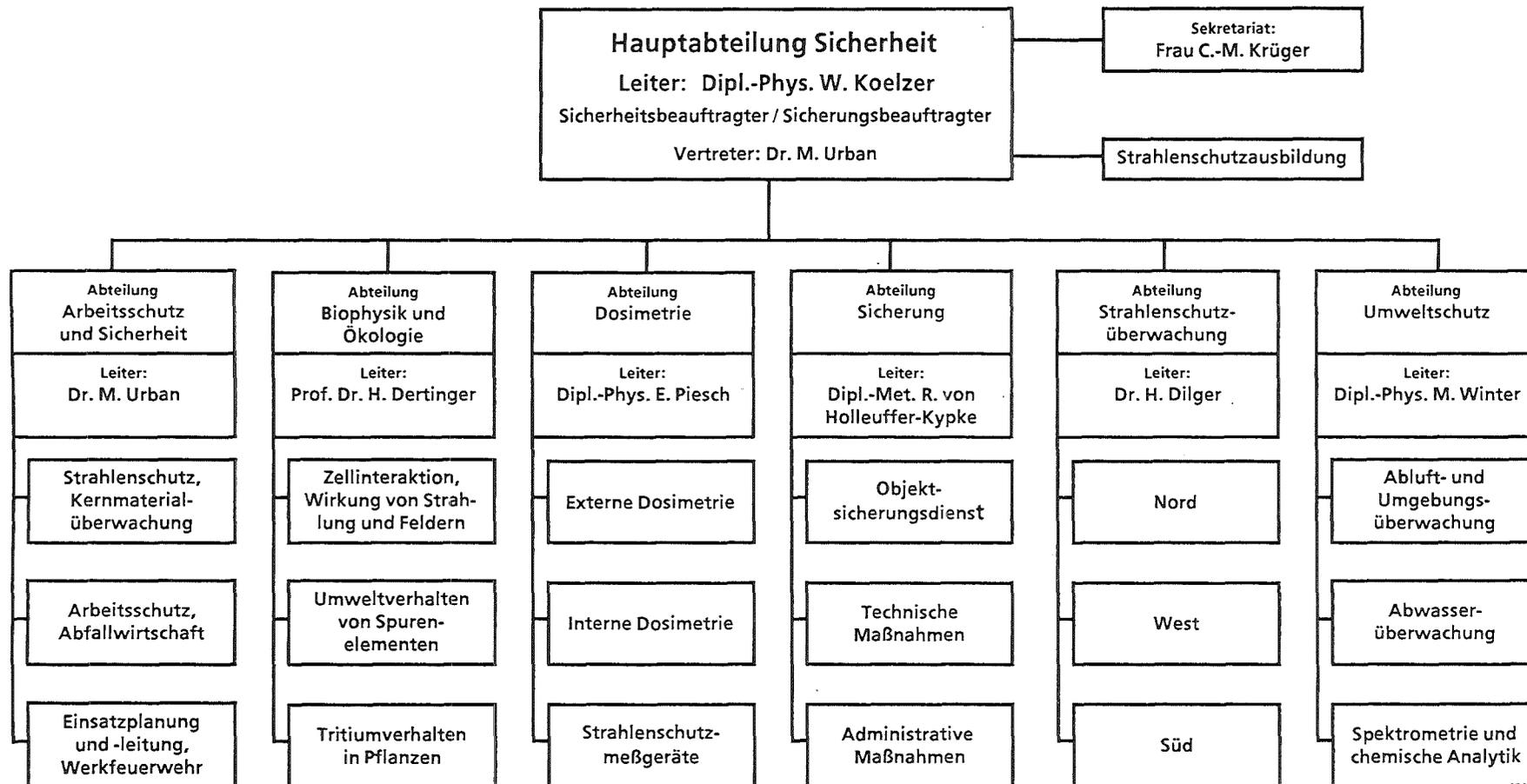
Abteilung Umweltschutz

Die Aufgaben der Abteilung Umweltschutz umfassen die Überwachung der Emissionen radioaktiver Stoffe mit Abluft und Abwasser aus den kerntechnischen Einrichtungen und Instituten des Kernforschungszentrums Karlsruhe und die Überwachung der Immissionen in seiner Umgebung. Überwachungsziel ist die möglichst lückenlose Erfassung aller Emissionen und Immissionen und der auf Messungen und begleitende Berechnungen gestützte Nachweis der Einhaltung der durch die Strahlenschutzverordnung vorgegebenen Grenzwerte und darüber hinausgehender Auflagen der atomrechtlichen Aufsichtsbehörde.

Die Gruppe „Abluft- und Umgebungsüberwachung“ kontrolliert, koordiniert und bilanziert die Aktivitätsableitungen in die Atmosphäre aus dem gesamten Kernforschungszentrum. Sie ermittelt die Strahlenexposition der Umgebung. Die Umgebung des Kernforschungszentrums und das Betriebsgelände selbst werden mit Hilfe von Dosisleistungs-Meßstationen und Festkörperdosimetern überwacht. Zur Bestimmung des Radioaktivitätsgehaltes von Luft, Wasser, Boden, Sediment, Fisch und landwirtschaftlichen Produkten werden regelmäßig Proben aus der Umgebung des Kernforschungszentrums Karlsruhe gemessen.

Die radiochemischen und spektrometrischen Untersuchungen von Umweltproben und von allen im Rahmen der Abluftüberwachung anfallenden Proben werden in der Gruppe „Spektrometrie und chemische Analytik“ durchgeführt. Die Gruppe „Abwasserüberwachung“ mißt die Aktivitätskonzentrationen der Abwässer aus den Abwassersammelstationen und entscheidet, ob diese dekontaminiert werden müssen oder direkt der Kläranlage zugeführt werden dürfen. Sie überwacht und bilanziert die Aktivitätsableitungen mit den geklärten Abwässern in den Vorfluter.

Stand: 31.12.1991



1 Duties and Organization of the Central Safety Department

W. Koelzer

The Central Safety Department is responsible for ensuring radiation protection and nuclear safety, both in conventional and nuclear fields, for security and surveillance of nuclear materials and radioactive substances. The head of the department at the same time is Safety Officer and Security Officer of the Karlsruhe Nuclear Research Center (Kernforschungszentrum Karlsruhe GmbH).

The Central Safety Department is responsible for handling all problems of radiation protection, safety and security of the institutes and departments of the KfK GmbH, for waste water activity measurements and environmental monitoring of the whole area of the Center and for research and development work on the following aspects: Behaviour of trace elements in the environment, behavior of tritium in the air/soil/plant system, biophysics of multicellular systems, biological effects of radiation and electromagnetic fields, improvement of radiation protection measurement and personnel dosimetry.

On December, 31, 1991 the Central Safety Department employed 47 graduated staff members, 46.5 engineers and 245 other staff members, 2 foreign guest scientist, 2 candidates for doctor's degree and 12 staff members undergoing training as radiation protection engineers.

"Industrial Health and Safety"

The Division "Industrial Health and Safety" has consulting, monitoring, and administrative control functions in all areas of radiation protection, nuclear material safeguards, industrial safety, waste management, and in-plant emergency protection. It verifies the observance of measures prescribed in discharging legal obligations, conditions imposed by the authorities, and of other rules and regulations pertaining to technical safety at the Karlsruhe Nuclear Research Center. Its duties include the centralized collection and documentation of safety related data, facts, and events.

The Radiation Protection Group appoints the Radiation Protection Officers and supports their activities as well as practical radiation protection efforts by offering information and consultancy and through contacts with public authorities. It makes sure, on plant inspection tours, that the Radiation Protection Ordinance and the X-Ray Ordinance and all conditions imposed by the authorities are observed, keeps computerized data files with the personal readings of persons occupationally exposed to radiation, and arranges the time schedules of radiation protection instruction courses and industrial medicine examinations. It concludes and manages contracts with outside companies under Section 20 of the Radiation Protection Ordinance and issues radiation passports to staff members delegated to work in outside facilities.

The Nuclear Material Safeguards Group is responsible for the central accountancy for KfK GmbH, recording and safeguarding nuclear material and other radioactive substances. It writes all inventory change and material balance reports for the material balance areas of KfK, handles the correspondence with Euratom, prepares inspections and physical inventory verifications by Euratom, and accompanies the inspectors of Euratom and IAEA on their inspection tours of KfK.

The Industrial Safety Group has a controlling and consulting function in all areas of conventional safety, which is exercised in the course of plant inspection tours. It performs noise and pollutant measurements and conducts ergonomic investigations at workplaces. It runs a dangerous chemicals data base and proposes protective measures in the light of workplace analyses. It is responsible for registering and reporting accidents at work and for appointing persons charged with safety functions. It ensures the safe use of waste materials and the management of non-radioactive waste.

The Emergency Planning and Management Group provides the squad leader in charge of the safety organization of KfK GmbH "around the clock". The group prepares and updates intervention documents, organizes alarm drills of the task forces, writes reports about interventions, and reports to the supervisory authorities any events which are relevant in terms of safety.

The Fire Brigade of KfK is permanent in standby, ready to start if there is an alarm. The Fire Brigade is responsible for firefighting, taking preventive measures of fire protection, for rendering many kinds of technical assistance, and also for operating the respiration protection center and performing tests and repair and maintenance work on all respiration protection gear used at KfK.

"Biophysics and Ecology"

The Division Biophysics and Ecology is engaged in experimental work related to problems of radiological and conventional health risks and adjacent fields. The department consists of an interdisciplinary team of scientists from fields such as physics, chemistry, biology and agricultural and soil sciences. It is organized in three groups, cell interaction and biological effects of radiation and electromagnetic fields, behaviour of trace elements in the environment, behaviour of Tritium in plants.

Multicellular spheroids are useful multipurpose systems for the research work on biological effects and risks. The inter cellular communication in the three dimensional cell formation is one of the main reasons for the similarity of spheroids to organs and tissues. Knowledge of mechanisms of cell communication is important to use it as an indicator of cell effects of chemical noxes (tumor promoters) and radiation.

Cultured spheroids of animal and human cells provide adequate modelling of the most frequent exposure situation where the cells are constituents of a differentiated tissue. From experiments with conventional monolayer cultures only the reaction of isolated cells to the toxic agent can be inferred.

The behaviour of trace elements in the environment is investigated especially under the aspect of the transfer of heavy metal elements to man. Of special interest in this work are the elements Cr, Mo, Se, Te, Ni, Co, Mn, Ag and Cu as well as industrial dusts.

As part of the KfK research project on nuclear fusion the uptake of tritium into plants is investigated. The tritium uptake is different for HT and HTO. The aim is to investigate deposition rates, the uptake into tissue water or as organically bounded tritium. In addition the influences of soil water as the oxidation of HT to HTO, the uptake of it through the roots and into leaves is of interest. The results are used as input data for model calculations to estimate radiation doses from tritium releases of the Karlsruhe Tritium Laboratory and future nuclear fusion plants.

"Dosimetry"

The Dosimetry Division is responsible for selecting and applying dosimetry techniques for measurement and also for carrying out direct incorporation measurements. Other activities relate to the repair and calibration of air and gamma level monitors. A major activity of the Dosimetry Division is to provide, to test and to apply new radiation protection techniques, special attention being paid to neutron dosimetry, low dose measurements, and measurements of minor nuclide deposits in the body with a whole body counter and two special partial body counters.

In the group "External Dosimetry" measuring methods are improved and provided for routine application. Special attention is devoted to in neutron dosimetry, especially the application of albedo measuring techniques in stray neutron fields, the application and advancement of track etching techniques and the measurement of low doses in the region of the natural background radiation level.

In the group "Internal Dosimetry" the methods for assessment of dose equivalent due to internal exposure are improved. Major activities are related to the development of measuring techniques for detection of Thorium, Uranium, Plutonium and Americium in lungs, liver and skeleton, respectively, and to the improvement of metabolic models for better understanding of measured data. In the framework of a research program funded by the Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (Federal Ministry for Environment, Nature Conservation and Reactor Safety) a new partial body counter with hyperpure Germanium telescope detectors is developed using anticoincidence techniques for high sensitive detection of actinides.

The group "Radiation Protection Measurement Devices" repairs and calibrates all equipment for air and gamma level monitoring. It also operates the irradiation facilities for calibration of dosimeters and dose rate meters used for radiation protection. The facilities are also used by the Office of Weights and Measures of Baden-Württemberg for the official calibration of personal and area dosimeters.

For the purpose of personnel monitoring an official Monitoring Service for Solid State Dosimeters is established. The service distributes and evaluates official phosphate glass dosimeters, thermoluminescent finger ring dosimeters and albedo neutron dosimeters.

"Security"

The Security Division with its groups responsible for Physical Security Service, Technical Security Systems and Administrative Issues ensures basic security throughout the Nuclear Research Center.

The Physical Security Service is responsible for security within the Nuclear Research Center. Its activities include the protection of the whole site by patrol and surveillance services and guards protecting access at the main gates. The Technical Security Service is responsible for selecting, using and ensuring the functional reliability of technical security systems.

The Administrative Group is responsible for granting access permits in the light of conditions imposed by the supervisory authorities. It is also charged with clarifying all questions connected with potential hazards to the Nuclear Research Center arising from persons. The same group runs the bureau issuing permits.

"Radiation Protection Monitoring"

The Radiation Protection Monitoring Division is mainly responsible for protection of the personnel of the Karlsruhe Nuclear Research Center handling radioactive substances or exposed to ionizing radiation. As a result of these duties, the members of this Division work in a decentralized system in the different administrative units of the Nuclear Research Center. The staff members of Radiation Protection Monitoring support the Radiation Protection Officers in each subunit in discharging their duties under the Radiation Protection Ordinance.

The Radiation Protection Monitoring Division carries out the daily evaluation of pen dosimeters and records the personnel doses received. The official film dosimeters or neutron dosimeters are distributed if required. Routine contamination and dose rate measurements are performed in buildings and facilities in accordance with a plan. Radiation protection staff members organize decontamination procedures in cases of contamination of persons. Moreover, radioactivity concentrations in the air of working rooms are monitored. If these airborne radioactivity levels in rooms are exceeding limits, protective measures are recommended. Material transports from controlled areas into the supervised area of the Nuclear Research Center and out of the Nuclear Research Center are monitored.

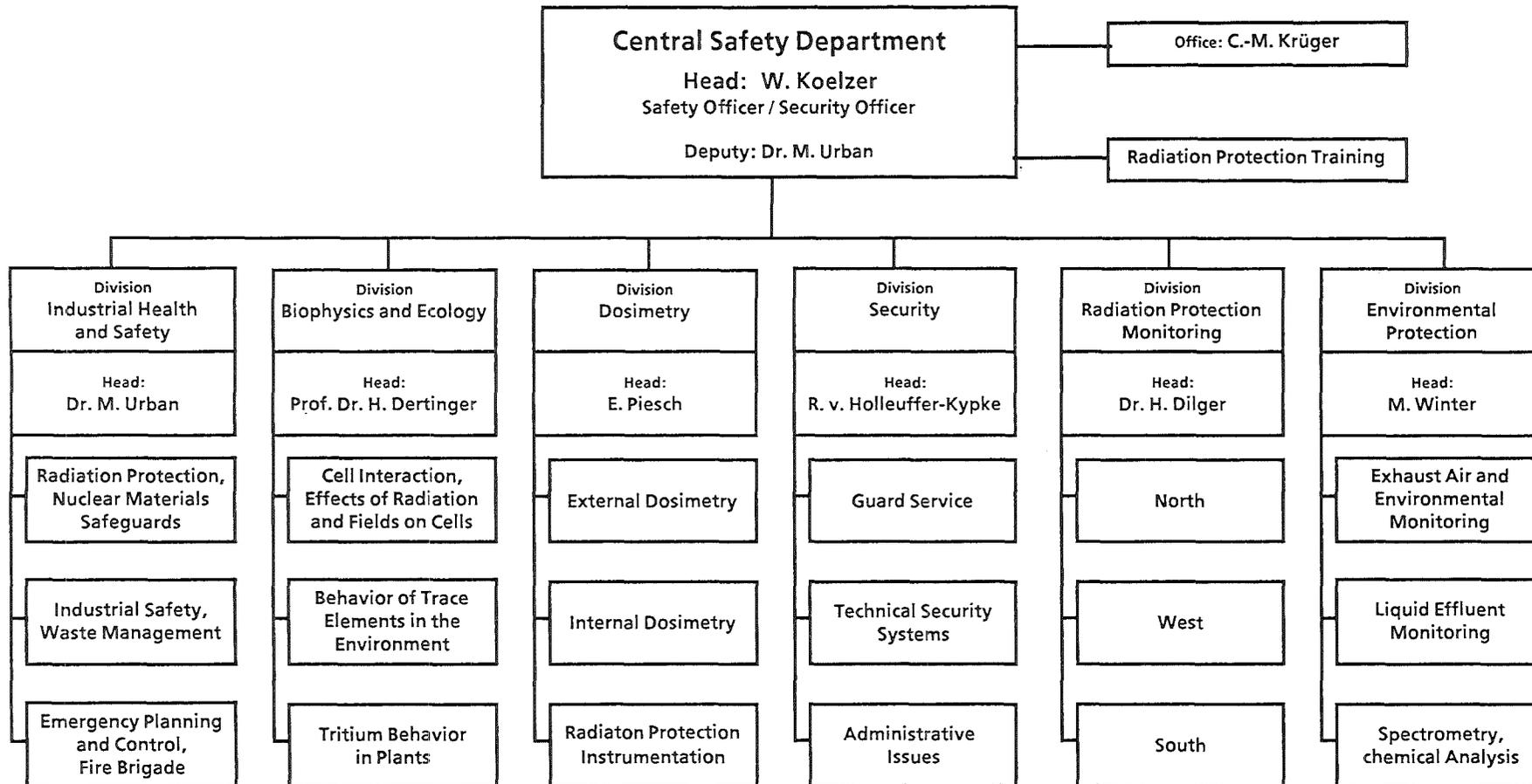
"Environmental Protection"

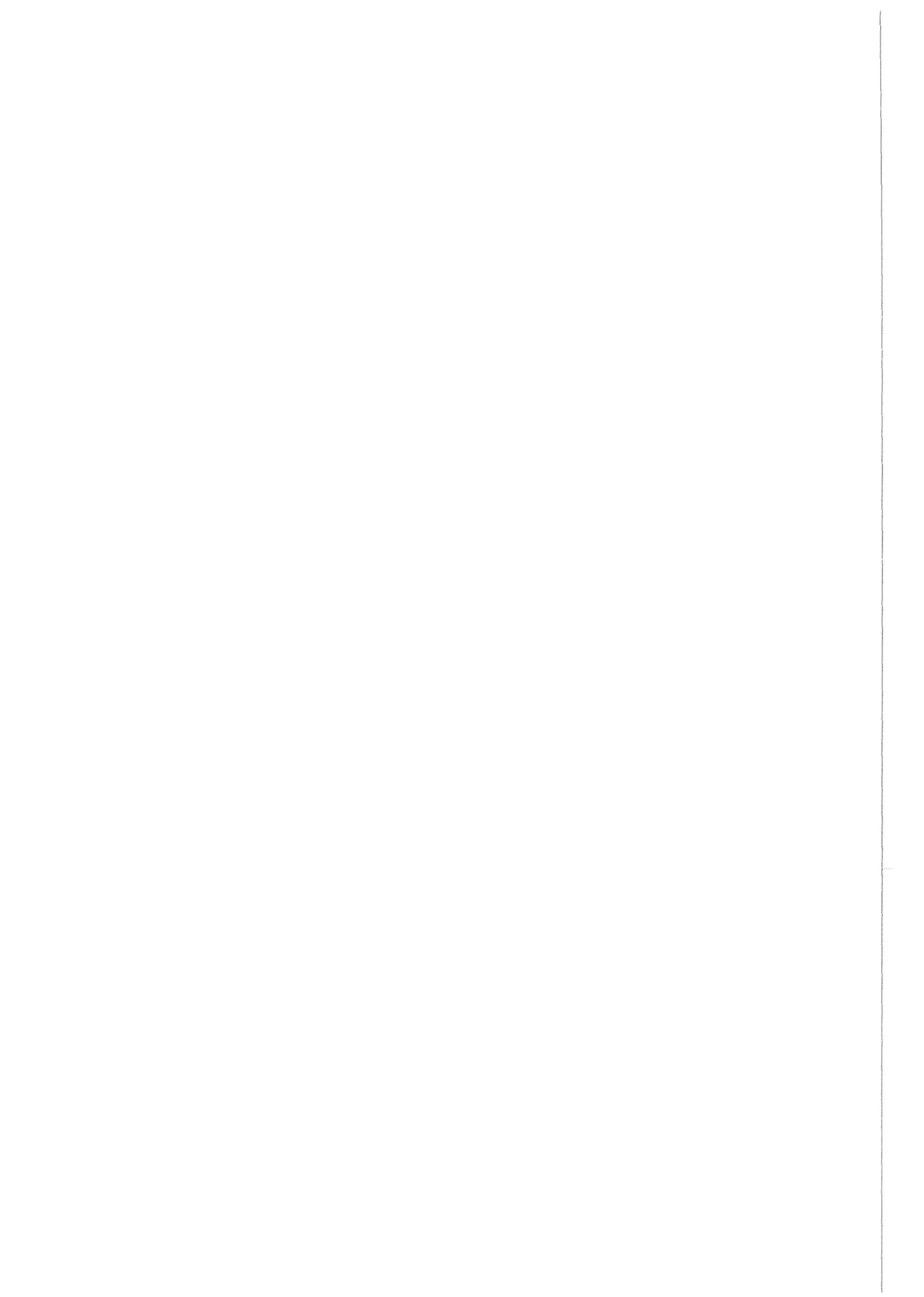
The functions of the Environmental Protection Division consist in monitoring the radioactive substances emitted together with gaseous and liquid effluents from nuclear facilities and institutes of the Karlsruhe Nuclear Research Center as well as monitoring its environmental impact. It is the objective of monitoring to record as completely as possible the emissions and environmental impact and to evidence, on the basis of measurements accompanied by calculations, that the limits fixed in the Radiation Protection Ordinance and additional requirements imposed by the supervisory authority under atomic law are being observed.

The "Gaseous Effluent and Environmental Monitoring" Group is responsible for the control, coordination and balance striking of the activity releases into the atmosphere from all sources of the Nuclear Research Center. The Group determines the radiation exposure of the neighboring area. The vicinity of the Karlsruhe Nuclear Research Center and its premises are monitored at dose rate measuring stations and by means of solid state dosimeters. Samples collected in the environment of the Karlsruhe Nuclear Research Center are measured at regular intervals in order to be able to determine the radioactivity contents of air, water, soil, sediments, fish and agricultural products.

The "Spectrometry and Chemical Analysis" Group is responsible for the radiochemical and spectrometric examination of environmental samples and of all samples collected within the framework of gaseous effluent monitoring. The "Liquid Effluent Monitoring" Group measures the activity concentrations of the liquid effluents from the collecting stations and decides whether they have to be decontaminated or directly transferred into the sewage plant. The Group is charged with monitoring and balance striking of activities released into the mains canal together with the clarified waste waters.

State as of Dec 31,1991





2 Abteilung „Arbeitsschutz und Sicherheit“

M. Urban

Die Abteilung „Arbeitsschutz und Sicherheit“ hat beratende, kontrollierende und administrativ steuernde Funktionen auf allen Gebieten des Strahlenschutzes, der Kernmaterialüberwachung, der Arbeitssicherheit, der Abfallwirtschaft und des betrieblichen Katastrophenschutzes. Sie überprüft die Einhaltung angeordneter Maßnahmen zur Erfüllung gesetzlicher Pflichten, behördlicher Auflagen und sonstiger Vorschriften zur technischen Sicherheit im Kernforschungszentrum Karlsruhe GmbH. Zu ihren Aufgaben gehören die zentrale Erfassung, Bewertung und Dokumentation sicherheitsrelevanter Daten, Fakten und Vorgänge.

Die Gruppe „Strahlenschutz“ führt die Bestellungen der Strahlenschutzbeauftragten durch und unterstützt deren Tätigkeit sowie den praktischen Strahlenschutz durch Information, Beratung und Behördenkontakte. Sie überprüft die Einhaltung der Strahlenschutz- und der Röntgenverordnung sowie behördlicher Auflagen bei Betriebsbegehungen, führt EDV-gestützte Dateien mit den persönlichen Meßdaten der beruflich strahlenexponierten Personen und verfolgt die Termine für Strahlenschutzbelegungen und arbeitsmedizinische Untersuchungen. Sie schafft die Voraussetzungen für den Einsatz von Fremdfirmenpersonal (Abgrenzungsverträge gem. § 20 StrlSchV) und stellt die Strahlenpässe für Mitarbeiter aus, die in fremden Anlagen tätig werden.

Die Gruppe „Arbeitsschutz“ wird auf allen Gebieten der konventionellen Sicherheit im Rahmen von Betriebsbegehungen kontrollierend und beratend tätig. Sie führt Lärm- und Schadstoffmessungen sowie ergonomische Untersuchungen an Arbeitsplätzen durch. Sie führt eine Gefahrenstoffdatenbank und schlägt Schutzmaßnahmen aufgrund von Arbeitsplatzanalysen vor. Ihr obliegt die Registrierung und Meldung von Arbeitsunfällen und die Bestellung der Personen, die in dem nicht atomrechtlich begründeten Teil der Sicherheitsorganisation der KfK besondere Funktionen übernehmen. Sie sorgt für die ordnungsgemäße Reststoffverwertung und Entsorgung inaktiver Abfälle.

Der Gruppe „Kernmaterialüberwachung“ obliegt die zentrale Buchhaltung für die KfK zur Erfassung und Überwachung von Kernmaterial und sonstigen radioaktiven Stoffen. Sie erstattet alle Bestandsänderungs- und Materialbilanzberichte für die Materialbilanzzonen der KfK, erledigt die Korrespondenz mit Euratom, bereitet die Inspektionen und Inventuren durch Euratom vor und begleitet die Inspektoren von Euratom und IAEA bei deren Aufsichtsbesuchen in der KfK.

Die Gruppe „Einsatzleitung, Einsatzplanung, Werkfeuerwehr“ stellt „rund um die Uhr“ den Einsatzleiter vom Dienst (EvD) und eine Schicht der Feuerwehr für die Sicherheitsorganisation der KfK. Die Gruppe erarbeitet und aktualisiert Einsatzunterlagen, organisiert Alarmübungen der Einsatztrupps, erstattet Einsatzberichte und meldet sicherheitstechnisch bedeutsame Ereignisse den Aufsichtsbehörden. Die Aufgaben der Werkfeuerwehr umfassen neben Löscheinsätzen, vorbeugenden Brandschutzmaßnahmen und vielfältigen technischen Hilfeleistungen auch den Betrieb der Atemschutzzentrale mit Prüfungen, Instandsetzungen und Wartungsarbeiten aller atemschutztechnischen Geräte.

Die Gruppe „Inkorporationsverfahren“ befaßt sich mit der Weiterentwicklung von Verfahren zur Bestimmung der Äquivalentdosis bei innerer Strahlenexposition, insbesondere von Am-241, Pb-210, Uran und Thorium in der Lunge, den tracheo-bronchialen Lymphknoten, der Leber und im Skelett. Geeignete Stoffwechselmodelle zur Interpretation der Meßergebnisse, Zufuhrabschätzung und Dosisermittlung werden bereitgestellt. Weitere Arbeitsschwerpunkte bilden die Verfahren zum indirekten Nachweis von Plutonium-Inkorporationen über das Leitnuklid Am-241 sowie die Verfahren zur Direktmessung der effektiven Äquivalentdosis bei Inkorporation von Spalt- und Aktivierungsprodukten.

Die vielfältigen Aufgaben der Abteilung „Arbeitsschutz und Sicherheit“ sind im folgenden dargestellt.

**Abteilung
Arbeitsschutz und Sicherheit**

Strahlenschutz	Arbeitsschutz	Kernmaterial- überwachung	Einsatzleitung, Einsatzplanung, Werkfeuerwehr	Inkorporationsverfahren
<p>1. Umsetzen und Kontrollieren strahlenschutzrechtlicher Bestimmungen (StrlSchV/RöV)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Bestellen der SSB - Aktualisieren des internen Regelwerkes - Beratungen, Informationen - Strahlenschutzbegehungen - Behördenverkehr (Meldungen i. R. der Aufsicht) <p>2. Betreuung der Fremdfirmen</p> <ul style="list-style-type: none"> - EDV-Personalverwaltung, - Abgrenzungsverträge, - Verträge zur Inkorporationsüberwachung - Kontaktstelle seitens KfK <p>3. Personendosisdatei</p> <ul style="list-style-type: none"> - Strahlenpässe, KfK-Personal <p>4. Terminüberwachung von</p> <ul style="list-style-type: none"> - Untersuchungen - Inkorporationsüberwachung - Belehrungen <p>5. Dokumentation</p> <p>6. HS/AS-Rechnernetzwerk</p> <ul style="list-style-type: none"> - Betrieb - Pflege der Standardsoftware - Anwendungsprogrammierung - Unterstützung bei EDV-Beschaffungen 	<p>1. Umsetzen und Kontrollieren arbeitsschutz- und unfallverhütungsrechtlicher Bestimmungen</p> <ul style="list-style-type: none"> - Bestellwesen - Aktualisieren des internen Regelwerkes - Beratungen, Informationen, Schulungen - Arbeitsplatzbegehungen einschl. Messungen - Behördenverkehr (einschl. Unfallmeldungen) <p>2. Umsetzen der Gefahrstoff VO</p> <ul style="list-style-type: none"> - Gefahrstoffdatenbank - Arbeitsplatzanalysen <p>3. Wiederkehrende Prüfungen</p> <ul style="list-style-type: none"> - Prüflisten - Terminüberwachung <p>4. Terminüberwachung von</p> <ul style="list-style-type: none"> - Vorsorgeuntersuchungen <p>5. Abfallwirtschaft</p> <ul style="list-style-type: none"> - Organisieren der Entsorgung - Überwachen der Entsorgung - Dokumentation <p>6. Meßlabor</p>	<p>1. Umsetzen und Kontrollieren der kernmaterialspezifischen Bestimmungen</p> <ul style="list-style-type: none"> - Aktualisieren des internen Regelwerkes - Beratungen, Informationen <p>2. Kernmaterialbuchführung einschl. Dokumentation</p> <p>3. Behördenverkehr</p> <ul style="list-style-type: none"> - Meldewesen - Begleiten bei Euratom- und IAEO-Begehungen <p>4. Transportwesen für radioaktive Stoffe</p>	<p>1. Umsetzen und Aktualisieren einsatzspezifischer Unterlagen</p> <ul style="list-style-type: none"> - Alarmplan - allg. Sicherheitsregelung - Einsatzpläne einschl. Anschlußpläne und Brandbekämpfungspläne - Katastropheneinsatzpläne <p>2. Betreuen der EvD-Ausrüstung</p> <p>3. Betreuen der Einsatztrupps</p> <p>4. Betreuen der Werkfeuerwehr</p> <ul style="list-style-type: none"> - Feuerwehrspezifische Aufgaben - Einsätze einschl. techn. Hilfe - Warten der Geräte - Schulungen, Weiterbildung - Übungen - Fitneßtraining - Zusatzaufgaben - Feuerlöscherprüfungen - Atemschutzzentrale - Fahrradwerkstatt <p><i>Alle bestellten EvD (alternierend):</i></p> <p>5. Einsatzleitung einschl. Berichte und Meldungen</p> <p>6. Alarmübungen</p> <p>7. Ortseinweisungen</p>	<p>1. in-vivo-Messung</p> <ul style="list-style-type: none"> - Optimierung der Meßverfahren von Aktiniden - Entwickeln von Standardverfahren zur Interpretation von Meßdaten <p>2. Modelle zur Bestimmung von Aktivitätszufuhr und Dosis</p> <p>3. Neue Detektorsysteme</p>

2.1 Strahlenschutz

I. Hillebrand, W. Tachlinski

2.1.1 Die Organisation des Strahlenschutzes im KfK und die Aufgaben der Gruppe „Strahlenschutz“

Das Kernforschungszentrum Karlsruhe GmbH (KfK) ist als juristische Person Genehmigungsinhaber aller atomrechtlichen Genehmigungen des KfK und somit Strahlenschutzverantwortlicher (SSV) i. S. der Strahlenschutzverordnung (§ 29 StrlSchV).

Der SSV hat zur Leitung und Beaufsichtigung der atomrechtlich relevanten Tätigkeiten Strahlenschutzbeauftragte (SSB) zu bestellen. Bei der Bestellung des SSB ist sicherzustellen, daß alle sich aus den atomrechtlichen Bestimmungen und der jeweiligen Genehmigung ergebenden Aufgaben mit der erforderlichen Sachkunde abgedeckt sind. Hierbei sind die Aufgaben der Strahlenschutzbeauftragten voneinander abzugrenzen, um Doppelverantwortlichkeiten oder Lücken auszuschließen. Die vielen unterschiedlichen Bereiche des KfK und die ständig erforderlichen Aktualisierungen bedingen einen erheblichen organisatorischen Aufwand. Für KfK sind (nach StrlSchV und RöV) 220 Personen zu SSB bestellt, die in 287 eigenständigen innerbetrieblichen Entscheidungsbereichen tätig sind.

Für die mit der Bestellung der Strahlenschutzbeauftragten und ihrer Betreuung verbundenen Aufgaben und die übrigen, mit der Umsetzung der atomrechtlichen Bestimmungen verbundenen Arbeiten bedient sich der SSV der Hauptabteilung Sicherheit und hier insbesondere für die administrative Umsetzung der Abteilung „Arbeitsschutz und Sicherheit“.

Die Gruppe „Strahlenschutz“ bemüht sich um eine einheitliche Umsetzung der KfK-internen Regeln, indem sie die SSB berät, die Betriebsstätten begeht und an Aufsichtsbesuchen der Behörden teilnimmt. Sie hält den Strahlenschutzordner in Form einer Loseblattsammlung auf dem neuesten Stand. Dieser Ordner ist eine Arbeitsunterlage für die Strahlenschutzbeauftragten, in der alle wesentlichen Gesetze, Verordnungen, Richtlinien sowie das KfK-interne Regelwerk enthalten sind. Darüber hinaus verwaltet die Gruppe „Strahlenschutz“ die zentrale Dosisdatei mit Überwachungs- (Grenzwerte, Termine) und Dokumentationsfunktionen und nimmt die zentralisierten Aufgaben im Zusammenhang mit der Fremdfirmenproblematik (§ 20 StrlSchV) wahr. Die Betreuung des EDV-Netzwerkes der Abteilung ist ebenfalls in dieser Gruppe angesiedelt.

2.1.2 Betriebsüberwachung

Neben der Beratung erfolgt die Betriebsüberwachung, zu der der SSV verpflichtet ist, durch Begehungen der atomrechtlich relevanten Arbeitsstätten durch einen Strahlenschutzingenieur. Hierbei soll überprüft werden, ob die einschlägigen Bestimmungen wie

- Genehmigungsauflagen,
- Atomgesetz,
- Strahlenschutzverordnung,
- Röntgenverordnung
- sowie das KfK-interne Regelwerk

beachtet werden. Dies kann neben allgemeinen Begehungen auch durch Schwerpunktprüfungen erfolgen, die sich auf Teilbereiche oder Teilaspekte erstrecken.

Zu den Begehungen werden der verantwortliche SSB des Bereiches, die Abteilung Strahlenschutzüberwachung, die Medizinische Abteilung und ein Vertreter des Betriebsrates eingeladen. Die Ergebnisse der Begehungen und - soweit erforderlich - die Meldung, daß ein festgestellter Mangel beseitigt ist, werden dokumentiert. Die 1991 festgestellten Mängel stellten keine akute Gefährdung dar und konnten in der Regel von den Verantwortlichen kurzfristig abgestellt werden.

2.1.3 Von HS/AS zentral erfaßte zu „überwachende Personen“ i. S. der StrlSchV

Nach der StrlSchV unterliegen Personen der Strahlenschutzüberwachung, wenn sie sich in Strahlenschutzbereichen aufhalten. Die Erfassung dieser Personen ist vorrangig die Aufgabe des jeweiligen zuständigen SSB in enger Zusammenarbeit mit der Abteilung Strahlenschutzüberwachung.

Alle Dosiswerte für die „beruflich strahlenexponierten Personen“ werden an HS/AS übermittelt und EDV-gestützt auf Grenzwertüberschreitungen überprüft. Die gesetzlich vorgeschriebene Dokumentation der Dosiswerte erfolgt in der Gruppe „Strahlenschutz“.

Für „beruflich strahlenexponierte Personen“ sind zu erfassen:

- persönliche Daten,
- Angaben zum Ort und zur Art des Arbeitsplatzes,
- Angaben zur möglichen äußeren Strahlenexposition,
- Angaben zur möglichen inneren Strahlenexposition (durch Inkorporation) sowie dagegen getroffene Schutzmaßnahmen.

Mit der Erfassung unterliegt die betroffene Person je nach Kategorie (A oder B) der routinemäßigen administrativen Strahlenschutzüberwachung:

- rechtzeitige medizinische Untersuchungen,
- rechtzeitige Strahlenschutzbelehrungen,
- Dosimetrie,
- Dokumentation der Dosiswerte,
- Prüfung, ob die jeweiligen Grenzwerte eingehalten sind.

Die Routine endet mit der Abmeldung durch den zuständigen SSB. Die Daten sind 30 Jahre aufzubewahren. Hierzu ist ein umfangreiches „Personenregister“ erforderlich und zu warten. 1991 wurden ca. 3600 Personen in die Überwachung aufgenommen, hiervon ca. 1400 Fremdfirmenangehörige. Personen, die mehrfach an und abgemeldet wurden, sind auch mehrfach gezählt.

Für Personen, die nicht „beruflich strahlenexponiert“ sind, aber ebenfalls einer - modifizierten - Überwachung unterliegen (z. B. Besucher), erfolgt die gesetzlich vorgeschriebene Kontrolle und Dokumentation durch den zuständigen SSB und nicht bei HS/AS.

2.1.4 Ergebnisse der Personendosisüberwachung

In Tab. 2/1 sind für die überwachten Mitarbeiter des KfK die prozentualen Häufigkeitsverteilungen der Jahresdosiswerte, die Jahresmittelwerte und die höchste für einen Mitarbeiter festgestellte Jahresdosis aus externer Bestrahlung angegeben. Für beruflich strahlenexponierte Personen der Kategorie A wurden die Ergebnisse der amtlichen Meßstellen zugrunde gelegt, für Personen der Kategorie B wurden die monatlichen Dosissummen der nichtamtlichen Dosimetrie (Taschenionisationskammer) herangezogen. In beiden Fällen sind die angegebenen Dosiswerte jeweils die Summe aus Photonen- und - soweit gemessen - Neutronendosis. Außerdem enthält die Tabelle die gleichen Angaben für die reine Neutronendosis, unabhängig von der Überwachungskategorie.

KfK-Mitarbeiter insgesamt			
Dosisintervall in mSv	<u>Externe Dosis</u>		<u>Neutronendosis</u>
	Häufigkeitsverteilungen der Jahresdosiswerte 1991 in %		Häufigkeitsverteilungen der Jahresdosiswerte 1991 in %
	Kategorie A	Kategorie B	alle Überwachten
H = 0,0	69,5	78,1	93,3
H = 0,2	7,9	12,0	1,0
H = 0,4	5,2	5,3	2,9
0,4 < H ≤ 1,0	5,8	2,7	2,2
1,0 < H ≤ 2,0	6,8	1,4	0,6
2,0 < H ≤ 5,0	4,4	0,5	0
5,0 < H ≤ 10,0	0,4	0	0
> 10,0	0	0	0
Anzahl erfaßter Jahresdosiswerte	636	1 454	315
Jahresmittelwert in mSv	0,39	0,11	0,04
höchste Jahresdosis in mSv	7,8	2,8	1,8

Tab. 2/1: Ergebnisse der Personendosisüberwachung bei äußerer Bestrahlung

Bei den Häufigkeitsverteilungen wurden auch die Jahresdosen von Personen berücksichtigt, die nur Teile des Jahres beruflich strahlenexponierte Personen waren. Zeiten der Nichtexposition wurden gleich Null gesetzt. Jahresmittelwerte, die aus diesen personenbezogenen Jahresdosen berechnet würden, führen durch die Einbeziehung solcher Nullsetzungen zu einer Unterbewertung der tatsächlichen mittleren Dosis. Die angegebenen Jahresmittelwerte wurden deshalb aus den Mittelwerten der tatsächlich vorhandenen Monatswerte, multipliziert mit 12 Monaten, berechnet.

Für die gesamte KfK wurden 0,4 mSv als Durchschnittswert der Jahresdosis 1991 für Personen der Kategorie A ermittelt. Die mittlere Jahresdosis für Personen der Kategorie B betrug wie im Vorjahr 0,1 mSv. Die mittlere Strahlenexposition der beruflich strahlenexponierten KfK-Mitarbeiter blieb damit 1991 auf unverändert niedrigem Niveau. Sie lag für Personen der Kategorie A und B unterhalb von 1 % des jeweiligen Grenzwertes der Jahresdosis. Auch die für Einzelpersonen festgestellten höchsten Jahreswerte der Personendosis blieben mit 16 % bei Kategorie A und mit 19 % bei Kategorie B deutlich unter den jeweiligen Jahresgrenzwerten.

2.1.5 Personal in fremden Strahlenschutzbereichen der KfK, § 20 StrlSchV

Die Schutzvorschriften der Strahlenschutzverordnung unterscheiden nicht zwischen fremdem und eigenem Personal des Betreibers einer kerntechnischen Anlage. Da sowohl der Arbeitgeber, der seinen Mitarbeiter in einer fremden Anlage tätig werden läßt, als auch der Betreiber dieser Anlage den Schutz des tätigwerdenden Arbeitnehmers sicherzustellen haben, sind die Strahlenschutzverantwortlichkeiten und die daraus resultierenden Aufgaben genau abzugrenzen.

Wer seine Mitarbeiter in fremden kerntechnischen Einrichtungen tätig werden läßt oder selbst tätig wird, bedarf einer Genehmigung (§ 20 StrlSchV). Diese Genehmigungen machen zur Auflage, daß zwischen der Fremdfirma und dem Betreiber der kerntechnischen Anlage ein Vertrag über die Abgrenzung der Aufgaben von Strahlenschutzbeauftragten abgeschlossen wird. Diese "Abgrenzungsverträge" werden von HS/AS abgeschlossen und verwaltet.

2.1.5.1 Fremdfirmen in Strahlenschutzbereichen der KfK

Nachdem 1990 die neue Mustergenehmigung für Genehmigungen nach § 20 StrlSchV (Rdschr. d. BMU v. 21.09.90 u. v. 02.11.90 - RS II 3 - 15509/8, GMBI, Nr. 33, Seite 848 ff, 1990) und die Allgemeine Verwaltungsvorschrift Strahlenpaß (Allgemeine Verwaltungsvorschrift zu § 62 Abs. 2 Strahlenschutzverordnung ("AVV Strahlenpaß")) veröffentlicht worden sind, hat HS/AS den seit 1980 bestehenden Standard-Abgrenzungsvertrag entsprechend überarbeitet.

Im September 1991 wurden von HS/AS zur Bereinigung des Vertragsbestandes sämtliche bestehenden Abgrenzungsverträge mit Fremdfirmen zum 31.12.91 gekündigt. Den ca. 230 betroffenen Fremdfirmen wurde mit der Kündigung gleichzeitig der neue Abgrenzungsvertrag angeboten. Bis Anfang Dezember 1991 haben ungefähr die Hälfte der angeschriebenen Fremdfirmen den neuen Vertrag abgeschlossen. Die restlichen Firmen dürfen ab Januar 1992 nicht mehr in Strahlenschutzbereichen der KfK tätig werden, solange sie keinen neuen Vertrag mit der KfK haben.

Zum Jahreswechsel 1991/92 wurden den zuständigen Strahlenschutzbeauftragten im KfK Listen zur Verfügung gestellt, auf denen alle Firmen mit neuen Abgrenzungsverträgen aufgeführt sind. Die Strahlenschutzbeauftragten müssen sicherstellen, daß in Strahlenschutzbereichen ihrer Zuständigkeit ab Januar keine Fremdfirmenmitarbeiter mehr arbeiten, mit deren Firma kein Abgrenzungsvertrag mehr existiert.

Für die im KfK gemäß Abgrenzungsvertrag tätigen Fremdfirmenmitarbeiter muß KfK die nichtamtlichen Personendosen ermitteln. Diese Dosen werden durch HS/AS monatlich allen betroffenen Fremdfirmen übermittelt. Falls die Fremdfirmenmitarbeiter im Besitz neuer Strahlenpässe sind, werden diese Dosen außerdem beim Verlassen des KfK durch HS/Ü in die Strahlenpässe eingetragen. Es ist geplant, den monatlichen Service der Dosisübermittlung durch HS/AS nur noch während der Gültigkeitsdauer der alten Strahlenpässe beizubehalten (bis Ende 1992).

Parallel zur Überarbeitung der Verträge wurde bei HS/AS eine neue Datenbankanwendung erstellt, in der außer dem aktuellen Vertragsstand und der Daten zur § 20-Genehmigung der Fremdfirma auch deren Ansprechpartner mit Telefon- und Telefaxnummern dokumentiert werden. Dadurch können die aus dem Abgrenzungsvertrag resultierenden Informationspflichten der KfK an die Fremdfirma einfacher und schneller erfüllt werden.

2.1.5.2 KfK-Mitarbeiter in Strahlenschutzbereichen fremder Anlagen

Die KfK verfügt über eine Genehmigung nach § 20 StrlSchV. HS/AS schließt bei Bedarf die erforderlichen Abgrenzungsverträge ab, stellt Strahlenpässe aus, aktualisiert sie und dokumentiert die ihr von Fremdinstitutionen übermittelten Daten im Dosisregister.

2.1.6 Durchführung der Röntgenverordnung

Nachdem die Röntgeneinrichtungen des KfK gemäß § 18 Nr. 4 RöV einer Sachverständigenprüfung unterzogen worden waren, wurden Anfang 1991 auf Grundlage der neuen Prüfdaten sämtliche Röntgeneinrichtungen in das bei HS/AS zentral geführte Terminüberwachungssystem der Wiederkehrenden Prüfungen aufgenommen. Neue Röntgeneinrichtungen werden ebenfalls mit dem Datum der Erstprüfung erfaßt.

Im März 1991 fand im Fortbildungszentrum für Technik und Umwelt (FTU) ein Ergänzungskurs zur Erlangung der Fachkunde gemäß Fachkunde-Richtlinie Technik für bereits bestellte RöV-SSB statt. Dieser Sonderkurs wurde sowohl bezüglich der Kursinhalte als auch der Teilnehmer in enger Abstimmung mit der zuständigen Behörde und dem FTU von HS/AS geplant. Die 28 ausgewählten "Alt-SSB" wurden von HS persönlich zu diesem Kurs eingeladen; 25 nahmen mit Erfolg teil. Diese Teilnehmer besitzen nun den "amtlichen" Fachkundnachweis und werden somit auch bei neuen Genehmigungsverfahren von der Behörde künftig als fachkundige SSB akzeptiert.

2.1.7 Datenverarbeitung; Anwendungsentwicklung im Bereich Strahlenschutz

D. Bosch, W. Tachlinski

Im Berichtszeitraum wurden mehrere bestehende Strahlenschutz-Anwendungen an geänderte Gegebenheiten angepaßt, bzw. in Teilpunkten erweitert.

Grundsätzlich überarbeitet und mit neuen Funktionen ergänzt wurde der Programmteil "Inkorporationsüberwachung". Personen, die der Inkorporationsüberwachung unterliegen, werden je nach anzuwendendem Überwachungsverfahren rechnergestützt zu den Überwachungsmaßnahmen einbestellt. Das entsprechende Rechnerprogramm wurde den Wünschen der Meßstellen und der Zuständigen in den Bereichen vor Ort angepaßt und flexibler gestaltet. Eine Mahnfunktion ermöglicht es, "überfällige" Personen zu erkennen und gezielt anzusprechen. Überschreitet ein Mitarbeiter sein persönliches Überwachungsintervall um einen festgelegten Zeitraum, so wird dieser für Tätigkeiten im Kontrollbereich gesperrt. Weiterhin ist es möglich, die aus Raumluftaktivitäten ermittelten Dosen aus Inhalation von Radionukliden zu verwalten und den betroffenen Personen zuzuordnen.

Ebenfalls überarbeitet wurde die Verwaltung der in KfK-Strahlenschutzbereichen tätigen Fremdfirmen. Es besteht nunmehr die Möglichkeit, den Vertragsstatus und alle für die Vertragsabwicklung im KfK erforderlichen Einzeldaten wie z.B. Ansprechpartner, Altverträge oder Querverbindungen von Firmenteilen zum Gesamtstrahlenschutzverantwortlichen komplex organisierter Großfirmen mit zu verwalten. Eine verbesserte Suchfunktion erleichtert den Umgang mit dem Datenbestand und ermöglicht seine Öffnung zur Benutzung durch weitere Organisationseinheiten oder Personenkreise wie z.B. Einsatzleiter, HS/Ü, Einkauf oder Strahlenschutzbeauftragte.

Weiterhin wurde ein Informationsprogramm zur Verfügung gestellt, mit dessen Hilfe sich schnell eine Übersicht zu einer bestimmten Person zusammenstellen läßt. Dies ist beispielsweise bei regelmäßigen Dosisanfragen hilfreich, da die relevanten Daten nicht mit Hilfe mehrerer Programme zeitaufwendig einzeln abgerufen werden müssen, sondern zentral verfügbar sind. Die Übersicht läßt sich am Bildschirm oder Drucker ausgeben.

2.2 Arbeitsschutz

2.2.1 Betriebsüberwachung

M. Creutzmann

KfK ist als Arbeitgeber verpflichtet, die Betriebsstätten so einzurichten und die Arbeitsmittel so auszuwählen und instandzuhalten, daß die Arbeitnehmer keine Schäden erleiden können und vor Gefährdungen - soweit wie vernünftigerweise machbar - geschützt sind. Die Konkretisierung dieser allgemeinen Forderung erfolgt im Arbeitsschutzrecht und im Unfallverhütungsrecht in einer Vielzahl von Gesetzen, Verordnungen und Technischen Regeln. Die Einhaltung dieser Bestimmungen ist im KfK die Aufgabe der Leiter der Organisationseinheiten.

Die Gruppe „Arbeitsschutz“ hat die Aufgabe:

- die Verantwortlichen bei der Umsetzung dieser vielschichtigen, ständig wachsenden Aufgaben zu beraten,
- für den Arbeitgeber zu überwachen, ob die betriebliche Wirklichkeit mit den gesetzlichen Anforderungen in Einklang steht,
- für den Arbeitgeber abteilungsübergreifende Konzepte zu erarbeiten und zusammen mit den Verantwortlichen umzusetzen.

Neben Beratungen im Einzelfall sind daher die Betriebsbegehungen das wichtigste Instrument, um

- sich vom jeweiligen Zustand der vielen Einrichtungen mit ständig wechselnden Anforderungen ein Bild zu machen,
- mit den Verantwortlichen in Kontakt zu kommen,
- auf eine im Zentrum einheitliche Umsetzung einzelner Vorschriften hinwirken zu können,
- Mängel aufzuzeigen und Lösungswege abzustimmen.

Bei diesen Begehungen arbeiten die Sicherheitsingenieure der Gruppe „Arbeitsschutz“ mit den Verantwortlichen der Organisationseinheiten, den Sicherheitsbeauftragten gem. § 719 RVO, dem Betriebsrat und den Aufsichtsbehörden eng zusammen.

Die Begehungen werden protokolliert. Die Beseitigung eventuell festgestellter Mängel durch die Verantwortlichen wird von der Gruppe „Arbeitsschutz“ überwacht. Bis zum 12.12.1991 erfolgten 98 Betriebsbegehungen und 25 Begehungen von Baustelleneinrichtungen. Die festgestellten Mängel stellten keine akute Gefährdung dar und konnten in der Regel von den Verantwortlichen kurzfristig abgestellt werden. Soweit Verbesserungen mit Baumaßnahmen verbunden sind (z. B. Brandschutz), erfolgt dies in enger Abstimmung mit HS/AS.

2.2.2 Unfallgeschehen

P. Kaul

1991 wurden dem Badischen Gemeindeunfallversicherungsverband Karlsruhe, dem für das KfK zuständigen Unfallversicherungsträger, 30 anzeigepflichtige Arbeitsunfälle gemeldet. Nach § 1552 RVO besteht die Verpflichtung, binnen drei Tagen jeden Arbeitsunfall anzuzeigen, bei dem ein Beschäftigter getötet oder so verletzt wurde, daß er stirbt oder für mehr als drei Tage völlig oder teilweise arbeitsunfähig wird.

Abb. 2/1 zeigt die anzeigepflichtigen Arbeitsunfälle, unterteilt nach Unfallarten. Die Gesamtzahl der Arbeitsunfälle hat sich gegenüber dem vorangegangenen Jahr insbesondere bei den Wegeunfällen erhöht.

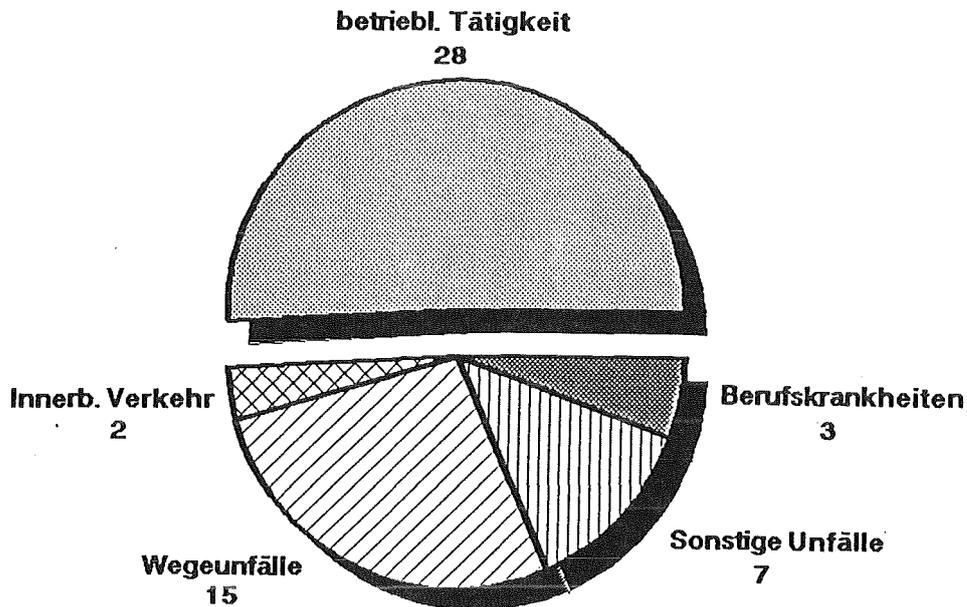


Abb. 2/1: Anzeigepflichtige Arbeitsunfälle 1991

Absolute Unfallzahlen können aber noch keinen Hinweis auf die Höhe der Gefährdung und die Schwere der Unfälle geben. Entscheidend ist das Verhältnis zwischen der Zahl der Unfallereignisse und der Zahl der Beschäftigten oder der tatsächlich geleisteten Arbeitsstunden.

Erst anhand dieser Verhältniszahlen kann man das Unfallgeschehen bewerten. Um dies darzustellen, aber auch um Vergleiche mit anderen Personengruppen ziehen zu können, sind besondere Meßziffern entwickelt worden. Die Darstellung der Unfallhäufigkeit bezogen auf 1 000 Vollarbeiter (Tausend-Mann-Quote) gibt einen schnellen Überblick über die Wirksamkeit der Unfallverhütung in einem Betrieb. Sie gestattet, mehrere Tätigkeitsgruppen einer Organisationseinheit untereinander, Unternehmen derselben Branche oder anderer Wirtschaftszweige zu vergleichen. Diese allgemein gebräuchlichen Vergleichswerte werden nach den vom Internationalen Arbeitsamt empfohlenen Regeln ermittelt.

Diese statistischen Meßziffern sind einschließlich ihrer Definition für das Unfallgeschehen des KfK 1991 in Tab. 2/2 wiedergegeben. Außerdem enthält die Tabelle die Unfallmeßziffern der gewerblichen Wirtschaft für 1990 (Daten für 1991 sind noch nicht verfügbar), die vom Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften veröffentlicht wurden.

Statistischer Begriff	Definition	Statistische Meßziffer	
		KfK GmbH	gewerbliche Wirtschaft
		1991	1990
Meldepflichtige Arbeitsunfälle (Tausend-Mann-Quote)	Zahl der anzeigepflichtigen Arbeitsunfälle (ohne Berücksichtigung der Wege- und Sportunfälle) bezogen auf 1 000 Vollarbeiter	7,1	52,1
Meldepflichtige Wegeunfälle (Tausend-Mann-Quote)	Zahl der anzeigepflichtigen Wegeunfälle bezogen auf 1 000 Vollarbeiter	3,6	5,7

Tab. 2/2: Statistische Daten zum Unfallgeschehen im KfK 1991

2.2.3 Arbeitsplatzüberwachung

M. Creutzmann

Unabhängig von der Betriebsüberwachung erfolgt je nach Anforderung eine Überwachung einzelner, ausgesuchter Arbeitsplätze, um aufgrund von Messungen konkrete Belastungen einzelner Mitarbeiter oder Gruppen zu erfassen. Hierbei handelt es sich im wesentlichen um Lärmpegelmessungen, Beleuchtungsmessungen, Klimamessungen und Konzentrationsbestimmungen gesundheitsgefährdender Gase und Dämpfe.

Die Bewertung der Arbeitsplätze ist die Basis für eventuell erforderliche Vorsorgeuntersuchungen der Mitarbeiter, Optimierung des Arbeitsplatzes und der persönlichen Schutzausrüstung. Bis zum 12.12.1991 wurden 31 Arbeitsplatzüberwachungen durchgeführt.

Die nachfolgende Tabelle gibt eine Übersicht der zur Arbeitsplatzüberwachung eingesetzten Meßverfahren und Geräte.

Anforderung	Meßverfahren und -geräte	Hersteller	
Gefahrstoffmessungen (Dämpfe) (Stäube)	Gaschromatograph 10S	Photovac	
	Miran 1B Infrarotspektrometer	Foxboro	
	OVA 128 Flammenionisationsdetektor	Foxboro	
	TIP Photoionisationsdetektor	Photovac	
	PGP personengetragenes Gefahrstoff Probenahmesys. personenbezogene Sammler	Ströhlein 3M	
	Toximeter	Auer	
	4100 Monitox	Compur	
	4903 MAK-/TRK-Überwachung	Compur	
	Prüfröhrchen	ver. Herst.	
	TM digital Feinstaubmeßgerät	Hund	
	VC 25 Staubsammler	Ströhlein	
	Aircon 520	Gilian	
	Lärmpegelmessungen	Integrierender Präzisions- Impulsschallpegelmesser Typ 2233	Brüel & Kjaer
		Schallpegel Integrator RC 340	Reten
Pegelstatistik- und Mittelungsgerät 4426		Brüel & Kjaer	
Real-time Frequency Analyzer 2143		Brüel & Kjaer	
Schalldosimeter		Brüel & Kjaer	
Schwingungsmessungen	Integrierender Schwingungsmesser	Brüel & Kjaer	
	Universeller Schwingungsmesser	Brüel & Kjaer	
Klimatische Messungen	Wärmestrahlungsmeßgerät MDRM	Hund	
	Thermal Comfort Meter	Brüel & Kjaer	
	Meteorograph	Lambrecht	
	Chemie und Physik- Multimeter MPM 2000	Solomat	
	Raumklima Analysator	Brüel & Kjaer	
Beleuchtungs- messungen	Panlux-Elektronik Luxmeter	Panlux	
	Mavolux-digital	Gossen	
Elektrostatische Messungen	elektrisches Feldstärkemeßgerät	Eltex	

Tab.:2/3: Zur Arbeitsplatzüberwachung eingesetzte Meßverfahren und -geräte

2.2.4 Aus- und Fortbildung

E. Windbühl

Im Berichtszeitraum wurde weiterhin die Aus- und Fortbildung im Arbeits- und Umweltschutz im Fortbildungszentrum Technik und Umwelt unterstützt. An den Veranstaltungen haben ca. 500 Personen teilgenommen. Themenschwerpunkte waren:

Sicherheit bei der Wartung von Aufzügen, Gefahrstoffmessungen mit Prüfröhrchen, Sicherheitsfragen in Laborbereichen, Baulicher Brandschutz, Sachkundigenschulung für Lastaufnahmeeinrichtungen im Hebezeugbetrieb, Ausbildung von Kranführern und Gabelstaplerfahrer, Beauftragte im Umweltschutz, Betriebliche Abfallwirtschaft.

In den einzelnen Kursen wurden Mitarbeitern mit Sicherheitsfunktionen und Führungskräften die im Arbeitsschutzrecht, der Unfallverhütung und im Umweltschutz notwendige Kenntnisse vermittelt. Es erfolgten außerdem Ausbildungen zu Sachkundigen im Hebezeugbetrieb und der Instandhaltung von Aufzügen. Für den innerbetrieblichen Transport wurden Mitarbeiter entsprechend den Unfallverhütungsvorschriften für das Bedienen von Krananlagen und das Führen von Flurförderzeugen geschult. Dem baulichen Brandschutz wurde besondere Beachtung im Hinblick auf neuere sicherheitstechnische Erkenntnisse geschenkt. Informationen hierüber erhielten alle Personen, die im Kernforschungszentrum verantwortliche Tätigkeiten bei Planungen und Sanierungen von baulichen Objekten wahrnehmen.

2.2.5 Ergonomische Arbeitsplatzgestaltung am Beispiel von Büro- und CAD-Arbeitsplätzen

D. Bukovansky-Meissner

Nachdem bereits in den Vorjahren eine Reihe von Bildschirm-Arbeitsplätzen untersucht und hinsichtlich ergonomischer Schwachstellen umgestaltet wurden, galt auch in diesem Jahr ein Arbeitsschwerpunkt den Büroarbeitsplätzen. Ausgehend von einem Mitarbeiter-Beschwerdeprofil, das zusammen mit anderen Arbeitsplatz-Charakteristika (räumliche Verhältnisse, Arbeitsplatz-Ergonomie, Arbeitsplatz-Klima, Tätigkeits-Spezifikation etc.) mittels eines Befragungsbogens auf freiwilliger Basis erhoben wurde, ist insbesondere das Zusammenwirken multipler Belastungen am Arbeitsplatz untersucht worden. Diese ganzheitliche Betrachtungsweise geht davon aus, daß unterschiedliche Schwachstellen am Arbeitsplatz zu völlig unspezifischen Befindlichkeitsstörungen führen können, wobei es jeweils gilt, die Teilkomponenten im Belastungsbereich zu identifizieren. Es konnte an zahlreichen Arbeitsplätzen nachgewiesen werden, daß direkte Zusammenhänge zwischen Beschwerdehäufigkeit und -dauer auf der einen Seite und ungünstigen Arbeitsplatzbedingungen auf der anderen Seite bestehen. Arbeitsplatzgestaltungsmaßnahmen, die an diesen verschiedenen Punkten ansetzen - Arbeitsplatzanordnung, Klimaverbesserung, Staubreduktion, Ermittlung und Reduktion von evtl. auftretenden Schadstoffbelastungen, Beleuchtungsoptimierung zusammen mit Farbgestaltung etc. - können somit deutlich die Befindlichkeit der Mitarbeiter am Arbeitsplatz verbessern.

Im Bereich von CAD-Arbeitsplätzen konnten ebenfalls erhebliche Verbesserungen in der Arbeitsplatzgestaltung erzielt werden. Mittels Raumgestaltung, Farbgebung und anderen Maßnahmen konnten sowohl die Arbeitsplatz-Akzeptanz als auch die Arbeitszufriedenheit der Mitarbeiter merklich gehoben werden.

Mittels Nachbegehungen an den umgestalteten Arbeitsplätzen und Mitarbeiter-Befragungen konnte der Erfolg der Maßnahmen im Vorher/Nachher-Vergleich ermittelt werden.

2.2.6 Wiederkehrende Prüfungen

P. Kaul

Aus sicherheitstechnischen Gründen sind bestimmte Anlagengegenstände nach vorgegebenen Zeitintervallen einer Prüfung zu unterziehen. Wiederkehrende Prüfungen werden für KfK durch Auflagen in verschiedensten Genehmigungen und Unfallverhütungsvorschriften festgelegt.

Die Aufgabenverteilung und der Informationsfluß bei der Durchführung der wiederkehrenden Prüfungen ist in der Abb. 2/2 dargestellt.

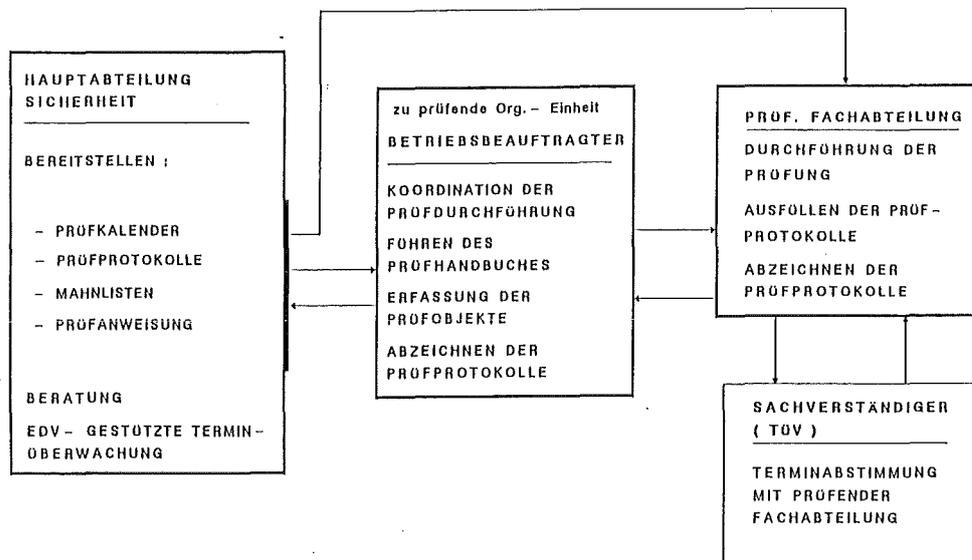


Abb. 2/2: Wiederkehrende Prüfungen, Aufgabenverteilung und Informationsfluß

Die formalisierten wiederkehrenden Prüfungen sollen die technische Sicherheit verbessern und durch ein einheitliches System der Terminüberwachung die Nachweisführung gegenüber den Behörden erleichtern. Wiederkehrende Prüfungen sind in allen Organisationseinheiten des KfK durchzuführen. Zur Vorbereitung und Dokumentation der Prüfungen werden von HS/AS Prüfprotokolle erstellt und an die verantwortlichen Organisationseinheiten bzw. die prüfenden Fachabteilungen verschickt.

Die verantwortlichen Organisationseinheiten und die prüfenden Fachabteilungen erhalten jährlich einen Prüfkalender und bei Bedarf pro Monat eine Mahnliste zugeschickt.

Die Tab. 2/4 zeigt die Aufteilung der Prüfobjekte auf unterschiedliche Sachgebiete und den Arbeitsaufwand bei der Prüfungsdurchführung, der sich in der Anzahl der erforderlichen anlagenspezifischen Einzelprüfungen ausdrückt.

Sachgebiet	Anzahl der Prüfobjekte		
	Insgesamt	Strahlenschutz	Arbeitsschutz
Bauanlagen	149	16	133
Verfahrenstechnische Anlagen	1 974	124	1 850
Strahlenschutzmeßgeräte	1 096	1 096	0
Elektrotechnik	1 514	592	922
Lufttechnische Anlagen	640	501	139
Medienversorgung und -Entsorgung	74	4	70
Kommunikationsanlagen	248	38	210
Brandschutzeinrichtungen	4 523	385	4 138
Notfalleinrichtungen	860	84	776
Objektsicherung	875	520	355
Hebe- und Fördermittel	725	14	711
Fahrzeuge	222	0	222
Betriebstechnische Einrichtungen	784	620	164
Summe absolut	13 684	3 994	9 690
in %	100	29	71

Tab. 2/4: Verteilung der erfaßten Prüfobjekte auf Sachgebiete und Prüfgrundlagen (Stand: 31.12.1991)

Die Tab. 2/5 (Stand: 31.12.1991) zeigt den Anteil der Prüfobjekte aufgeschlüsselt nach Prüfintervallen in Monaten.

Prüfintervall in Monaten	Anzahl der Prüfobjekte in %	Anzahl der Prüfobjekte
1	4,5	619
3	12,6	1 729
6	4,4	601
12	50,5	6 902
24	7,0	959
36	1,1	145
48	7,3	1 002
60	7,5	1 021
> 60	5,1	706
Summe	100	13 684

Tab. 2/5: Prüfintervalle, Anteil der Prüfobjekte und Anzahl der Prüfobjekte

Zum Stichtag 31.12.1991 sind ca. 80% aller prüfpflichtigen Anlagenteile des KfK im zentralen System bei HS/AS erfaßt und werden entsprechend dem o. a. Ablauf regelmäßig geprüft.

Eine Verbesserung des EDV-Programms wurde zur Datenbereinigung genutzt. Dadurch hat sich die Anzahl der zu prüfenden Objekte verringert.

Die Erfassung von Blitzschutzanlagen und Druckrohrleitungen für gefährliche Medien und die dafür zu erstellenden Prüfanweisungen wird aktueller Schwerpunkt im Bereich der Wiederkehrenden Prüfungen sein.

Von HBT und HS/AS wird festgestellt, ob alle erfaßten Prüfobjekte, aufgrund von Genehmigungen oder Unfallverhütungsvorschriften geprüft werden müssen.

Zum Teil konnte festgestellt werden, daß verschiedene Prüfobjekte im Zyklus "Wartung und Instandhaltung" bearbeitet werden können. Somit könnte sich die Zahl der prüfpflichtigen Anlagen weiter verringern.

2.2.7 Umsetzung der Gefahrstoffverordnung

W. Winkelmann

Mit dem zu Beginn des Jahres beschafften Gefahrstoffprogramm wurde ein Neuanfang zur Umsetzung der Gefahrstoffverordnung im KfK geschaffen. Aufbauend auf einer relationalen PC-Datenbank werden in verschiedenen Modulen stoffspezifische Daten erfaßt, die für eine Beurteilung der am Arbeitsplatz ge-

handhabten Stoffe relevant sind. Einen Überblick über die einzelnen Funktionen der Gefahrstoffdatenbank gibt nachfolgende Abbildung. Mitentscheidend für die Software-Auswahl war die Netzwerkfähigkeit, damit die von HS/AS erfassten Daten zentrumsweit als Datenbank angeboten werden können.

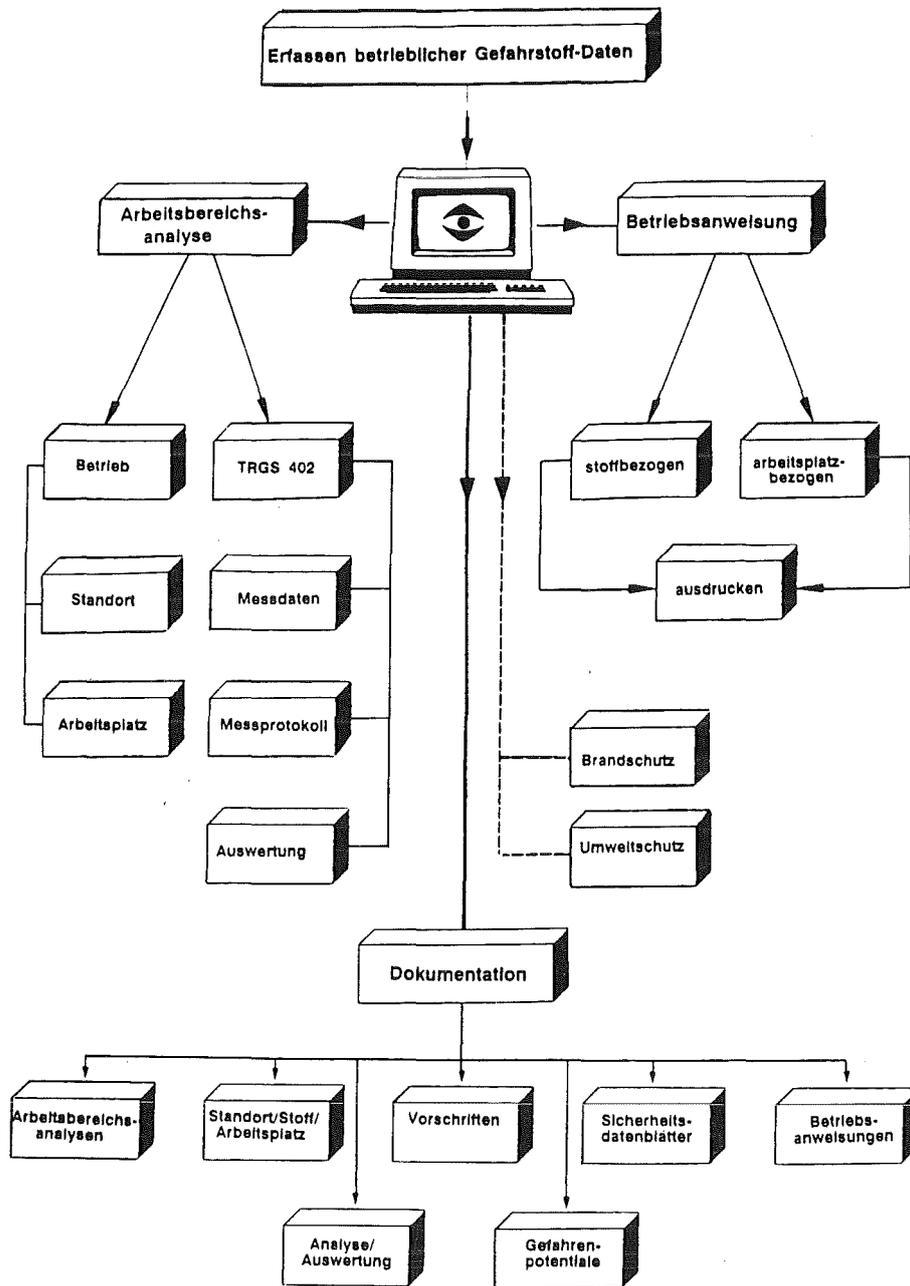


Abb.: 2/3 Aufbau der Gefahrstoffdatenbank

Parallel zur Eingabe von Grunddaten hat die arbeitsplatzbezogene Ermittlung der Gefahrstoffe zu erfolgen. Die Auswertung der an einigen ausgewählten Instituten ausgegebenen Erfassungsbögen zeigte, daß die rücklaufenden Erfassungsbögen z.T. unvollständig oder fehlerhaft waren und erst durch zeitaufwendige Einzelbesichtigungen komplettiert werden konnten.

Nach der Gefahrstoffverordnung sind für den Umgang mit Gefahrstoffen Betriebsanweisungen zu erstellen. Anhand dieser Betriebsanweisungen sind die Beschäftigten zu unterweisen. Für die Anwendung von Gefahrstoffen in Laborbereichen, die im KfK ausnahmslos von fachkundigem Personal erfolgt, sind Gruppen-Betriebsanweisungen verfügbar, die auf die jeweilige Arbeitsplatzsituation angepaßt, ein geeignetes und ausreichendes Instrument für Unterweisungen darstellt. Beim Umgang mit besonders gefährlichen Arbeitsstoffen wurden Betriebsanweisungen nach TRGS 555 erstellt und darauf geachtet, daß die Beschäftigten unterwiesen werden. Für die in den Technikums- und Werkstattbereichen im allgemeinen im größeren Maßstab verwendeten Gefahrstoffe sind darüber hinaus Einzelbetriebsanweisungen zu erstellen.

Einhergehend mit der arbeitsplatzbezogenen Gefahrstofferrfassung ist in Arbeitsbereichsanalysen der sichere Umgang mit diesen Gefahrstoffen festzustellen. Im Einklang mit der erst kürzlich für den Umgang mit Gefahrstoffen im Hochschulbereich erlassenen Technischen Regel (TRGS 451), wird in Laboratorien darauf geachtet, daß beim Gefahrstoff-Umgang in Abzügen oder geschlossenen Apparaturen gearbeitet wird. Nach dieser Technischen Regel kann eine Unterschreitung der Auslöseschwelle unterstellt werden, wenn nur mit laborüblichen geringen Stoffmengen gearbeitet wird und alle Arbeitsgänge mit sehr giftigen, krebserzeugenden, fruchtschädigenden und erbgutverändernden Stoffen in funktionierenden Abzügen, d.h. in Abzügen mit einer Abluftleistung von mindestens 400 m³/h je Meter Frontlänge nach DIN 12924 Teil 1 (alt), ausgeführt werden. In allen anderen Bereichen erfolgen Arbeitsplatzüberwachungen nach TRGS 402 "Ermittlung und Beurteilung der Konzentrationen gefährlicher Stoffe in der Luft in Arbeitsbereichen" bzw. nach TRGS 403 "Bewertung von Stoffgemischen in der Luft am Arbeitsplatz".

2.2.8 Arbeitsschutzausschuß

E. Windbühl

Der Arbeitgeber ist verpflichtet, Fragen des Arbeitsschutzes im Arbeitsschutzausschuß zu beraten, in dem Vertreter des Arbeitgebers, der Arbeitnehmer, des Betriebsrates sowie der Betriebsarzt und die Fachkräfte für Arbeitssicherheit zusammenkommen (§ 11, Abs. 3 Arbeitssicherheitsgesetz). Der Arbeitsschutzausschuß gibt dem Arbeitgeber Empfehlungen zu den einzelnen Fragen. Dies können sowohl Lösungsvorschläge als auch Hinweise auf noch abzuklärende Aspekte sein.

In den Sitzungen des Arbeitsschutzausschusses im Jahre 1991 wurden zahlreiche Einzelfragen behandelt, die von seiten des Betriebsrates, Mitgliedern des Ausschusses oder Mitarbeitern eingebracht wurden. Von besonderer und grundsätzlicher Bedeutung waren:

Neues Verfahren zur Inkorporationsmessung, ODIN - nachgehende arbeitsmedizinische Untersuchungen, Verkehrsberuhigungen und Beleuchtung, Verfahrensweisen und Beteiligung des Betriebsrates bei Sicherheitsbegehungen, Beschaffung von Chemikalien nur bei Mitlieferung von Sicherheitsdatenblättern, Räumungsübung, Umsetzung der Gefahrstoffverordnung, Probleme bei Einzelarbeitsplätzen, Unfallgeschehen.

2.3 Kernmaterialüberwachung

W. Burck

2.3.1 Zentrale Buchhaltung zur Erfassung und Meldung von Kernmaterial

Aufgrund verschiedener internationaler Bestimmungen ist der Besitz von Kernmaterial von der Beschaffung bis zur Abgabe lückenlos zu erfassen. Bestandsänderungen sind - je nach Einzelfall - den unterschiedlichen Behörden zu melden:

- Euratom, IAEO,
- Umweltministerium Baden-Württemberg, Stuttgart,
- Bundesamt für Wirtschaft, Eschborn,
- Bundesministerium für Forschung und Technologie, Bonn.

Um auch Bewegungen innerhalb des KfK erfassen zu können, hat Euratom die Einrichtungen des KfK in neun Materialbilanzzonen aufgeteilt. Die Organisationseinheiten des KfK melden monatlich alle Bestands- und Chargenänderungen an die zentrale Buchhaltung der Gruppe "Kernmaterialüberwachung". Hier werden die Meldungen geprüft (z. B. anhand von Lieferscheinen), verbucht und rechnergestützt erfaßt. Auf dieser Grundlage werden dann die monatlichen Bestandsänderungsberichte an die Aufsichtsbehörden erstellt und EDV-gerecht übermittelt. 1991 waren 1 106 Änderungen zu bearbeiten.

Zu den Aufgaben der Gruppe „Kernmaterialüberwachung“ gehört auch die buchmäßige Überwachung von Kernmaterialtransporten. Alle KfK-externen Transporte werden bei der Einfahrt in bzw. der Ausfahrt aus dem Zentrum mit einem „Durchlaß-Passierschein für radioaktive Stoffe“ von der Güterkontrolle der zentralen Buchhaltung bei HS/AS gemeldet.

Die Zahl der 1991 erfaßten Kernmaterialbewegungen zeigt Tab. 2/6.

Materialkategorie	KfK-intern	KfK-extern	Gesamt
Natururan	126	5	131
abgereichertes Uran	104	33	137
Thorium	2	3	5
angereichertes Uran	75	32	107
Plutonium	84	33	117
Gesamt	391	106	497

Tab. 2/6: Anzahl der Kernmaterialbewegungen 1991, geordnet nach Materialkategorien

Grundlage dieser Erfassung waren die Liefer- und Versandscheine. Die Anzahl der Kernmaterialbewegungen ist jedoch weder mit der Anzahl von Kernmaterialtransporten noch mit der Anzahl der ausgewerteten Liefer- und Versandscheine identisch. Zwar gehört zu jedem einzelnen Versandstück ein Liefer- oder Versandschein, jedoch werden bei einem Transport oft mehrere Versandstücke gleichzeitig transportiert. Ferner kann ein sogenanntes Versandstück aus mehreren Positionen (z. B. Proben) bestehen, und zudem kann das jeweilige Versandgut gleichzeitig Kernmaterial verschiedener Kategorien enthalten.

2.3.2 Aufsichtsbesuche durch Euratom und IAE0

Im Jahre 1991 haben die Direktion Sicherheitsüberwachung, Euratom Luxemburg und die Internationale Atomenergie-Organisation, Wien, im KfK neun Inventuren und 19 Routineinspektionen in den neuen Materialbilanzzonen durchgeführt. Ferner fanden in diesem Zeitraum 19 Buchprüfungen bei HS/AS statt.

Für die Inventuren und Routineinspektionen waren die realen Kernmaterialbestände vom jeweiligen Betreiber in enger Zusammenarbeit mit der Gruppe „Kernmaterialüberwachung“ zu erheben.

Hierzu war im einzelnen zu liefern:

- Bestandsverzeichnisse mit dem von HS/AS an Euratom gemeldeten Buchbestand der einzelnen Anlagen am Prüfungstichtag,
- Aufstellung des realen Bestandes an Kernmaterial, gegliedert nach den einzelnen Schlüsselmeßpunkten und Chargen,
- Inventurlisten der Schlüsselmeßpunkte mit Angabe der einzelnen Positionen,
- Materialbilanzberichte von HS/AS mit den Angaben sämtlicher Bestandsänderungen von der vorangegangenen Inventur bis zum Prüfungstichtag,
- Bestandsänderungsbericht von HS/AS mit Angabe und Berichtigungen der Differenzen zwischen dem Buchbestand und dem realen Bestand an Kernmaterial.

Die Aufsichtsbeamten wurden bei ihren Inspektionen von der Gruppe „Kernmaterialüberwachung“ betreut und durch die zu kontrollierenden Anlagen begleitet. Alle Überprüfungen durch Euratom und IAE0 ergaben keine Beanstandungen.

2.3.3 Zentrale Buchhaltung zur Erfassung und Meldung „sonstiger radioaktiver Stoffe“

Aufgrund der sich aus § 78 der StrlSchV und aus speziellen behördlichen Auflagen ergebenden Buchführungs- und Anzeigepflichten muß das KfK in bestimmten Zeitintervallen den zuständigen Behörden Gewinnung, Erzeugung, Erwerb und sonstigen Verbleib von radioaktiven Stoffen anzeigen.

Diese Meldeverpflichtung wird zentral für das KfK von der Gruppe „Kernmaterialüberwachung“ wahrgenommen. Hierzu sind entsprechende Meldungen der Strahlenschutzbeauftragten der einzelnen Organisationseinheiten an HS/AS erforderlich.

Verantwortlich für die richtigen und rechtzeitigen KfK-internen Meldungen von radioaktiven Stoffen an HS/AS ist der Strahlenschutzbeauftragte der jeweiligen Organisationseinheit des KfK. Die erforderlichen Formblätter zur Erstellung der einzelnen Meldungen werden ihm jeweils termingerecht von HS/AS zugesandt.

Im Berichtsjahr wurde die Bearbeitung, Prüfung und zum Teil rechnergestützte Erfassung von 1 828 internen und externen Bestandsänderungen an sonstigen radioaktiven Stoffen durchgeführt. Um die in Tab. 2/7 aufgeführten Berichte erstellen zu können, sind oft Rückfragen innerbetrieblich sowie bei externen Absendern/Lieferanten erforderlich. Alle Meldungen sind termingebunden.

Art der Berichte	Anzahl der Berichte und Berichtsempfänger			
	Euratom	UM	GAA	Gesamt
Monatsberichte				
- Erwerb, Erzeugung und Abgabe			12	12
- Bestand an Schwerwasser	12			12
- Auslastung von Genehmigungen		12		12
Halbjahresberichte				
- Erzeugung radioaktiver Stoffe		2	2	4
- Zugang und Bestand an radioaktivem Abfall		2	2	4
Jahresberichte				
- Bestand an offenen radioaktiven Stoffen		1	1	2
- Bestand an umschlossenen radioaktiven Stoffen		1	1	2
- Bestand an Schwerwasser		1	1	2
Gesamt	12	19	19	50

Tab. 2/7: Umfang der Berichterstattung 1991

2.3.4 Kontrolle der genehmigten Umgangsmengen radioaktiver Stoffe

Um zu gewährleisten, daß die genehmigten Umgangsmengen an Kernbrennstoffen und sonstigen radioaktiven Stoffen eingehalten werden, hat HS/AS einen Überwachungsmechanismus installiert. Die Inhaber von radioaktiven Stoffen sind verpflichtet, unter Benutzung der von HS/AS entwickelten Formblätter die Summe der Buchwerte den genehmigten Werten gegenüber zu stellen.

1991 wurden insgesamt 318 Meldungen einer Plausibilitätsprüfung unterzogen. Ferner wurden stichprobenweise die von den einzelnen Organisationseinheiten an HS/AS gemeldeten Bestände den genehmigten Werten gegenübergestellt. Es konnten keine Überschreitungen festgestellt werden.

2.4 Einsatzleitung und Einsatzplanung

K. Umstadt

2.4.1 Aufgaben

Die Gruppe „Einsatzleitung und Einsatzplanung“ hat die Aufgaben,

- für den Alarmfall einsatzspezifische Unterlagen (z. B. Alarmplan, allgemeine Sicherheitsregelung) zu erstellen und zu aktualisieren,
- die Werkfeuerwehr und die Einsatztrupps zu betreuen und
- im Alarmfall durch den Einsatzleiter vom Dienst (EvD) die verschiedenen Einsatztrupps und sonstige, zur Hilfeleistung erforderliche Mitarbeiter der KfK zusammenzuführen und die zu treffenden Maßnahmen festzulegen und durchzuführen.

Die EvD-Funktion wird von Sicherheitsingenieuren der Abteilung Arbeitsschutz und Sicherheit wahrgenommen. Der jeweils mit der EvD-Funktion beauftragte Sicherheitsingenieur hält sich während seiner Dienstzeit (24 Stunden) ständig auf dem Gelände des Kernforschungszentrums auf. Dabei ist sichergestellt, daß er jederzeit erreicht werden kann.

Der EvD übernimmt im Alarmfall die Einsatzleitung. Er kann einen Einsatzstab berufen, der ihn fachlich über die zu treffenden Einsatzmaßnahmen berät. Der EvD ist verantwortlich für die Durchführung aller Maßnahmen, die bei drohender Gefahr, Personenschäden, Brandunfällen, Strahlenunfällen oder sonstigen Schadensfällen zur Hilfeleistung und zur Wiederherstellung der technischen Sicherheit der KfK ergriffen werden müssen.

2.4.2 Statistik und Analyse der EvD-Einsätze

Im Berichtsjahr 1991 gingen in der Alarmzentrale über 3000 Meldungen ein, die registriert und bearbeitet wurden. Hiervon erforderten 177 Meldungen einen Einsatz des EvD, um die Wiederherstellung der technischen Sicherheit durchzuführen oder anzuordnen. In allen Fällen konnten die Einsatzkräfte des KfK durch rasches und zielgerichtetes Handeln die Auswirkungen der Störungen auf ein Mindestmaß begrenzen.

Tabelle 2/8 zeigt eine Aufschlüsselung der Einsätze nach:

- Gesamteinsatzzeit,
- mittlerer Einsatzdauer,
- Einsätzen während der normalen Arbeitszeit (08.00-18.00 Uhr),
- Einsätzen außerhalb der normalen Arbeitszeit.

Die Ursachen für die EvD-Einsätze waren im Schwerpunkt:

- Feueralarme 82 (davon Fehlalarme 67),
- Sandfangalarme 52 (davon Fehlalarme 18),
- Technische Hilfe 30.

Jahr	1986	1987	1988	1989	1990	1991
Anzahl der Einsätze	338	310	307	250	219	177
Gesamteinsatzzeit in Stunden	194	177	194	158	122	115
Mittlere Einsatzdauer in Stunden	0,57	0,57	0,63	0,63	0,56	0,65
Anzahl der Einsätze während der normalen Arbeitszeit	112	118	135	113	93	103
Anzahl der Einsätze außerhalb der normalen Arbeitszeit	226	192	172	137	126	74
Alarmübungen	10	8	12	11	11	9

Tab. 2/8: EvD-Einsätze 1986 bis 1991

Einsatzschwerpunkt "Feueralarm"

Hierzu zählen alle Einsätze, die im Zusammenhang mit der Alarmart "Feuer" ein Tätigwerden des EvD erforderlich gemacht haben, unabhängig davon, ob es tatsächlich gebrannt hat oder nur ein "Fehlalarm" vorgelegen hat.

Die große Zahl der Fehlalarme ist darauf zurückzuführen, daß nahezu alle Gebäude und Anlagen des KfK mit automatischen Brandmeldeanlagen (Ionisationsrauchmeldern) ausgestattet sind, die sehr sensibel reagieren und bereits bei Schweiß-, Löt- oder Trennarbeiten im Rahmen von Umbaumaßnahmen oder bei Abgasen von Verbrennungsmotoren der in Gebäude einfahrenden Transportfahrzeuge ansprechen können.

In Tabelle 2/9 sind die Ursachen der Feuerfehlalarme dargestellt.

Ursachen	Anzahl der Fehlalarme
Arbeiten mit Trennschleifer, Schweißgeräten usw.	20
Technische Störungen	26
Abgase von Pkw, Lkw, Gabelstaplern usw.	5
Sonstiges	16

Tab. 2/9: Ursachen der Feuerfehlalarme

Einsatzschwerpunkt „Sandfangalarm“

Aufgrund der ausgedehnten Einzugsgebiete für die von Dächern und Straßen des KfK-Betriebsgeländes abfließenden Niederschläge kam es immer wieder zu sichtbaren Verschmutzungen des über die Sandfänge abfließenden Kühl- und Regenwassers durch Öl und Benzin von Fahrzeugen, Schlämme oder Abfallstoffe von Bauarbeiten auf dem Betriebsgelände und durch Leckagen an geschlossenen Kühlsystemen.

Ungefähr 30 % der EvD-Einsätze im Berichtsjahr standen im Zusammenhang mit der Überwachung der sechs Sandfänge, über die Regen- und Kühlwasser in den Hirschkanal abfließen. Hiervon waren 1/3 der Einsätze Fehlalarme, d. h., es mußten keine Sofortmaßnahmen ergriffen werden, weil die Verschmutzungen entweder so gering waren, daß sie von den Ölwehren zurückgehalten wurden, oder natürlichen Ursprungs (z. B. Blütenstaub) entstammen. In keinem Fall war eine Verständigung der wasserrechtlichen Aufsichtsbehörde erforderlich.

Einsatzschwerpunkt „Technische Hilfeleistung“

Unter den Sammelbegriff "Technische Hilfeleistung" fallen alle Maßnahmen, die im weitesten Sinn zur Wiederherstellung der technischen Sicherheit dienen. Hierzu gehören zum Beispiel Einsätze aufgrund von Störungen und Ausfällen der Medienversorgung (Gas, Wasser, Druckluft, Dampf), des Abwassersystems und von Experimentiereinrichtungen, Einsätze zur Beseitigung von Öl und Benzin oder verschütteten Chemikalien, soweit sie eine wenigstens indirekt sicherheitstechnische Bedeutung haben, oder aber sämtliche Einsätze, die aufgrund von Leckagen oder Störungen zu einem Wasseraustritt in ein dafür nicht vorgesehenes System führen und ein Eingreifen des EvD erforderlich machen.

2.4.3 Meldepflichtige Ereignisse

Nach § 36 der StrlSchV ist der Eintritt eines Unfalles, eines Störfalles oder eines sonstigen sicherheitstechnisch bedeutsamen Ereignisses unverzüglich der atomrechtlichen Aufsichtsbehörde anzuzeigen. Einzelheiten sind in der Melderegelung des KfK festgelegt.

Im Jahre 1991 wurden den Aufsichtsbehörden 5 sicherheitstechnisch bedeutsame Ereignisse (Meldestufe II) gemeldet. Meldestufe II bedeutet: Erstmeldung unverzüglich, Ergänzungsmeldung innerhalb von drei Arbeitstagen. Bei den hier zu meldenden Ereignissen handelte es sich in vier Fällen um Störungen an Lüftungsanlage; bei einem Vorkommnis wurde der Grenzwert der Jahresaktivitätszufuhr bei einer Person überschritten. Die technischen Mängel konnten jeweils innerhalb von 30 Minuten behoben werden.

2.4.4 Übungen der Einsatzdienste

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

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 Kernforschungszentrum Karlsruhe ständige Einsatzdienste, die im Bedarfsfall durch Einsatztrupps verstärkt werden können.

Diese Einsatztrupps setzen sich wie folgt zusammen:

Absperrrtrupp	16	Personen
Strahlenmeßtrupp	10	Personen
Feuerwehrtrupp	20	Personen
Sanitätstrupp	12	Personen
Dekontaminationstrupp	5	Personen

Im Berichtsjahr wurden drei Alarmübungen durchgeführt. Daneben wirkten Einsatzleiter und Einsatzdienste des KfK an sechs Alarmübungen mit, die von anderen Institutionen (KBG, KHG, TU und WAK) auf dem Gelände des KfK durchgeführt wurden.

Als Übungsvorgaben wurden mögliche Unfälle simuliert.

Übungszwecke waren:

- Alarmierung und Kommunikation,
- Zusammenwirken der Einsatzkräfte,
- Menschenrettung unter schwierigen Bedingungen,
- Versorgung der Verletzten durch die medizinische Abteilung,
- Absperren von gefährdeten Bereichen, Zu- und Abfahrten zum Gebäude,
- Umgang mit Gefahrstoffen (Salzsäure, Chlorgase),
- Strahlenschutz- und Meßaufgaben.

Neben den ständigen Sicherheitsdiensten wurden auch die Einsatztrupps und das Betriebspersonal der betroffenen Institute in die Übungen mit einbezogen.

2.4.5 Allgemeine Sicherheitsregelung des KfK

Im Rahmen mehrerer Organisations- und Namensänderungen im KfK wurde die „Allgemeine Sicherheitsregelung“ überarbeitet und neu gestaltet. Die „Allgemeine Sicherheitsregelung“ ist eine Betriebsanweisung für alle Mitarbeiter. Sie soll eine schnelle Orientierungshilfe sein. Sie enthält in Kurzform die wichtigsten Vorgaben für den Arbeits- und Umweltschutz sowie für Alarmfälle.

2.5 Werkfeuerwehr

K. Umstadt, A.-F. Joß

Zum vorbeugenden Brandschutz, zur aktiven Brandbekämpfung sowie zur Behebung sonstiger akuter Notsituationen unterhält das Kernforschungszentrum Karlsruhe eine Werkfeuerwehr.

Die Werkfeuerwehr hat eine Personalstärke von 24 Mitarbeitern.

Die Mitarbeiter sind in zwei "Schichten" eingeteilt und im Wechsel "rund um die Uhr" auf dem Gelände des KfK anwesend. Während des Tagesdienstes ist der Leiter der Werkfeuerwehr für den Dienstbetrieb der Schichten verantwortlich. Außerhalb der üblichen Dienstzeit übernehmen "Schichtführer" diese Aufgabe.

Sollten die Kräfte der Werkfeuerwehr nicht ausreichen (z.B. größerer Unfall, großflächiger Einsatz usw.), wird sie durch den Feuerwehrtrupp unterstützt. Er besteht vorwiegend aus Mitarbeitern, die in den Versorgungsbetrieben und Werkstätten der Hauptabteilung Betriebstechnik tätig sind.

Im Jahre 1991 nahm der Feuerwehrtrupp an drei Alarmübungen teil.

2.5.1 Ausbildung

1991 wurde die Ausbildung der Feuerwehrleute weiter fortgesetzt. Tab. 2/9 gibt die Anzahl der im einzelnen absolvierten Kurse wieder. Einen Schwerpunkt bildete dabei die Ausbildung zum Gefahrgutfahrer und der Umgang mit gefährlichen Stoffen. In Verbindung mit diesem Themenkomplex wurde auch die Aus- und Weiterbildung am Gerätewagen Gefahrgut intensiviert. Für weitere 26 Fortbildungsmaßnahmen sind Mitarbeiter der Werkfeuerwehr angemeldet.

Seitens der Feuerwehr wurden insgesamt 39 Übungen gemeinsam mit dem Feuerwehrtrupp durchgeführt.

Darüberhinaus führte die Feuerwehr 19 Atemschutzkurse (3 Grundlehrgänge und 16 Wiederholungslehrgänge) und 26 Brandschutzkurse durch.

Kursart	Anzahl der Absolventen	Kursart	Anzahl der Absolventen
Oberbrandmeister	1	Prüfer von Handfeuerlöschern	6
Zugführer	4	Umweltschutz	2
Gruppenführer	3	Gefahrgutfahrer	8
Truppführer	3	Führerschein Klasse 2	2
Atemschutzgerätewart	3		

Tab. 2/9: 1991 von KfK-Feuerwehmännern absolvierte Kurse

2.5.2 Feuerwehrtechnische Aufgaben

Die Hauptaufgaben der KfK-Werkfeuerwehr umfassen Lösch- und Hilfsdienste, Instandsetzungs- und Wartungsarbeiten, die Durchführung von Übungen und das Abhalten von Kursen zur Atemschutztechnik und zur Handhabung von Handfeuerlöschern. Die Tätigkeiten der Werkfeuerwehr 1991 werden im einzelnen in Tab. 2/10 wiedergegeben.

Geleistete Lösch- und Hilfsdienste	
15	Löscheinsätze
67	Feuerfehlalarme
34	Wassereinsätze
32	Technische Hilfeleistungen
6	Hilfeleistungen bei Verkehrsunfällen
Instandsetzungen, Wartungsarbeiten und wiederkehrende Prüfungen	
3 800	Handfeuerlöscher gewartet und geprüft
250	Wandhydranten gespült
180	Über- und Unterflurhydranten überprüft
Durchgeführte Übungen und Kurse	
9	Alarmübungen
39	Feuerwehrrübungen mit dem KfK-Feuerwehrtrupp
19	Atemschutzkurse zur Fortbildung im Umgang mit der Maske im leichten und schweren Atemschutz und in der Handhabung der Vollschanzzüge
26	Theoretische und praktische Übungen mit Handfeuerlöschern für 600 Mitarbeiter

Tab. 2/10: Leistungsumfang der Werkfeuerwehr 1991

Neben den feuerwehrspezifischen Tätigkeiten wurden im Berichtsjahr 770 Stunden für Wartungs- und Instandsetzungsarbeiten an den ca. 940 Dienstfahrrädern des KfK aufgebracht.

2.5.3 Atemschutzzentrale

In der Atemschutzzentrale der Werkfeuerwehr werden die Atemschutz-Geräte, -Masken und -Vollschutzanzüge aus den Instituten und Abteilungen des Kernforschungszentrums und der Kernkraftwerk-Betriebsgesellschaft mbH betreut. In einer modernen Ultraschall-Reinigungsanlage werden die Halb- und Vollmasken gereinigt und desinfiziert. Die Vollschutzanzüge werden konventionell behandelt. Eventuelle Reparaturen und der Einbau von Ersatzteilen sowie die wiederkehrenden Prüfungen der Atemschutzgeräte, -Masken und -Vollschutzanzüge erfolgen durch ausgebildete und geprüfte Atemschutzgerätewarte. Die Bevorratung und die Ausgabe von Atemschutzfiltern, Staub-, Halb- und Vollmasken mit Zubehör sowie der Vollschutzanzüge erfolgen durch die Werkfeuerwehr (siehe Tab. 2/11).

Leistungen der Atemschutzzentrale	
9 712	Atemschutzmasken gereinigt, desinfiziert, gewartet und geprüft
280	Preßluftatmer gewartet und geprüft
473	Druckluftflaschen (Volumen bis 50 l) gefüllt
423	Druckluftflaschen dem TÜV zur wiederkehrenden Prüfung vorgeführt und gefüllt

Tab. 2/11: Leistungsumfang der Werkfeuerwehr 1991

2.6 Abfallwirtschaft

E. Linß (R. Buchen GmbH), E. Windbühl

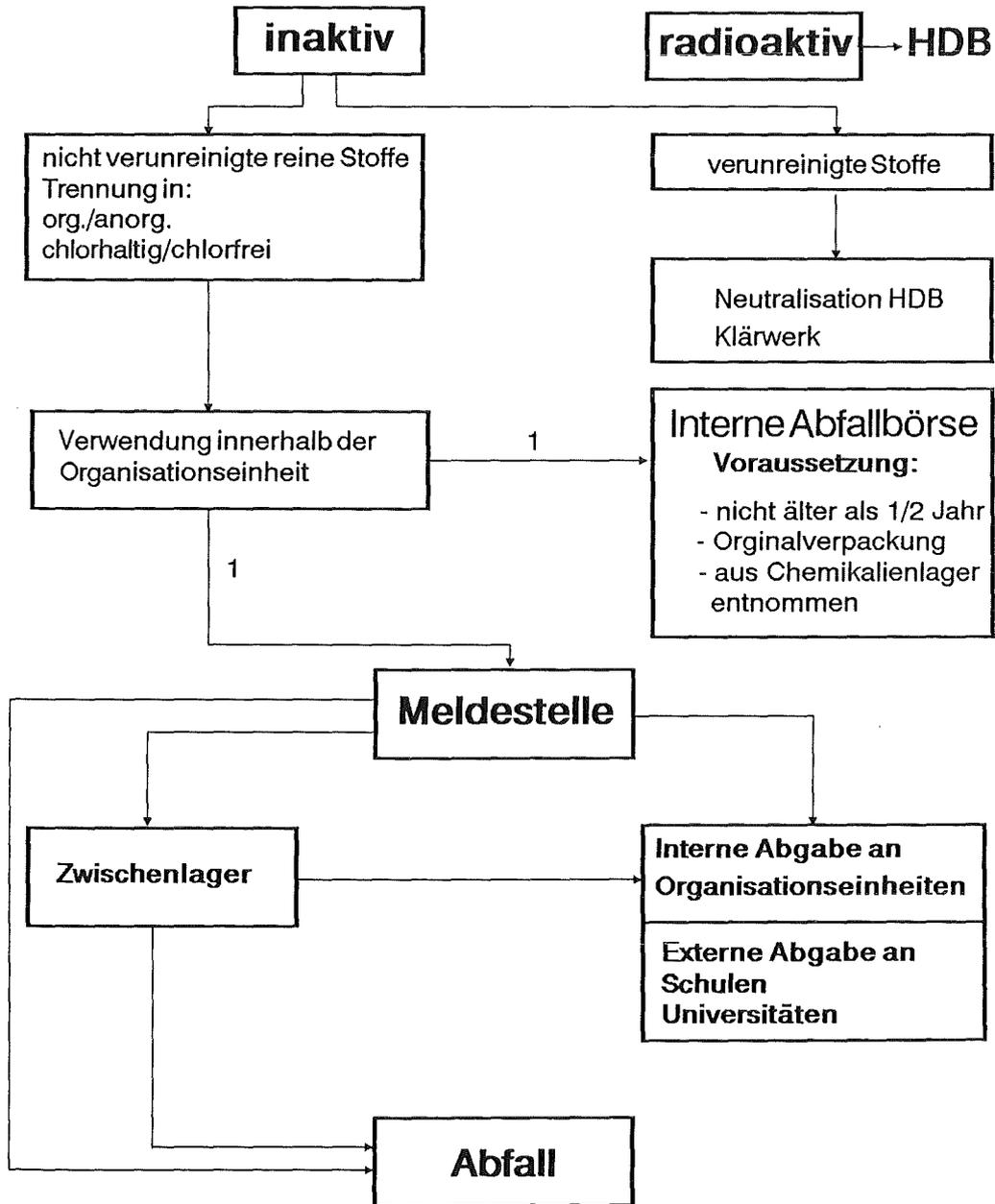
2.6.1 Entsorgung von nachweispflichtigen Abfällen

Die Konzeption der Abfallwirtschaft und der damit verbundene Abrufrahmenvertrag mit einer Entsorgungsfirma haben sich auch im vergangenen Berichtsjahr bewährt. So konnte 1991 mit 245 Entsorgungsaktionen der größte Teil der angefallenen nachweispflichtigen, inaktiven Sonderabfälle einer ordnungsgemäßen Beseitigung zugeführt werden. Die Einzelmengen dieser Abfallarten sind in Tab. 2/12 aufgelistet.

Abfallart	Abfallschlüssel-Nr.	Menge
		t
Spül- und Waschwässer, org. belastet	11421	0,60 t
Inhalt von Fettabseidern	12501	106,00 t
Ofenausbruch aus nichtmetallischen Prozessen	31104	12,80 t
Kesselschlacke	31307	77,30 t
Bauschutt	31409	125,90 t
Mineralfaserabfälle	31416	4,50 t
ölverunreinigtes Erdreich	31423	35,00 t
Asbestabfälle	31436	142,50 t
Anorganische Säuren, Säuregemische und Beizen	52102	27,80 t
Trafo- und Hydrauliköle, PCB-haltig	54107	0,40 t
PCB-haltige Erzeugnisse, Betriebsmittel	54110	8,30 t
Motoren-Getriebeöle	54112	20,50 t
Emulsionsgemische	54402	19,10 t
Öl- und Benzinabscheiderinhalte	54702	114,30 t
Schlamm aus Tankreinigung und Faßwäsche	54704	3,10 t
Ethylenglykole	55303	3,60 t
Lösemittelgemische, halogenfrei	55370	5,50 t
Leim- und Klebmittel, nicht ausgehärtet	55905	0,40 t
Kunstglasabfälle	57117	0,30 t
verunreinigte Polyethylenabfälle	57128	4,90 t
Filtertücher und -säcke org. verunreinigt	58201	0,50 t
Filtertücher und -säcke	58206	6,30 t
Feinchemikalien	59301	0,60 t
Laborchemikalienreste, organisch	59302	0,80 t
Laborchemikalienreste, anorganisch	59303	2,90 t
Küchen- und Kantinenabfälle	91202	34,00 t
Baustellenabfälle	91206	10,00 t
Faulschlamm	94702	77,00 t
	Summe:	844,90 t
Verbrauchte Ölbindemittel	31428	1,00 m ³
Mineralfaserabfälle mit schäd. Verunreinigung	31430	1,20 m ³
Quarzabfälle	31442	0,60 m ³
Laugen, Laugengemische	52402	1,10 m ³
Fixierbäder	52707	0,50 m ³
Konzentrate und Hablkonzentrate, cyanidhaltig	52713	0,50 m ³
Sonstige Konzentrate und Hablkonzentrate	52725	36,20 m ³
festе, mineralische und ölhaltige Werkstattabfälle	54299	64,00 m ³
Altlacke, Altfarben	55502	2,00 m ³
Altlacke, Altfarben, nicht ausgehärtet	55512	2,00 m ³
PVC-Abfälle	57116	9,00 m ³
Ionenaustauschharze mit schäd. Verunreinigung	57125	0,70 m ³
Rückstände aus Siel- und Kanalreinigung	94702	8,00 m ³
	Summe:	126,80 m ³

Tab. 2/12: Nachweispflichtige Abfallstoffe 1991, Mengen > 0,3 t bzw. 0,3 m³.

Durch das erweiterte Abfallzwischenlager für inaktive Reststoffe, Geb. 604, war eine kurzfristige Entsorgung bei den einzelnen Organisationseinheiten gewährleistet. Die allgemeingültige Verfahrensweise der internen Abfall-/Reststoffentsorgung wird in dem Fließschema Abb. 2/4 dargestellt.



(1) Abgabe erfolgt nur über internen Abgabeschein und nach Freigabe durch örtlichen Strahlenschutz.

Abb. 2/4: Interne Abfall- und Reststoffentsorgung

Die Zuordnung und Verbringung bestimmter Reststoffe zu geeigneten Beseitigungsanlagen gestaltete sich jedoch weiterhin schwierig. Begründet wird dieser Sachverhalt einerseits durch die begrenzte Aufnahmekapazität der vorhandenen Anlagen, andererseits fehlen in Baden-Württemberg weiterhin Verbrennungsanlagen bzw. alternative Behandlungsanlagen für Sonderabfälle. Dadurch entstand der Zwang, auf geeignete Anlagen in den angrenzenden Bundesländern auszuweichen, die solche Abfallstoffe annehmen und ordnungsgemäß beseitigen können.

Entsprechend den Annahmebedingungen der Verbrennungsanlage und der Untertagedeponie bedarf es für bestimmte Abfallarten einer Vorbehandlung. Desweiteren werden für den Transport bzw. die Einlagerung baumusterzugelassene Gebinde vorgeschrieben. Für die Umsetzung dieser Vorgaben werden deshalb in nächster Zukunft innerhalb des Abfallzwischenlagers bauliche Veränderungen und eine Erweiterung der technischen Ausrüstung unumgänglich.

2.6.2 Vollzug des Abfallgesetzes

Im Berichtsjahr gab es innerhalb der Abfallgesetzgebung wiederum entscheidende Veränderungen. Mit Wirkung vom 01.07.91 trat die Abfallsatzung des Landkreises Karlsruhe in Kraft. Diese führte in der Haus-, Sperr- bzw. Gewerbemüllentsorgung zu einschneidenden Maßnahmen.

Entsprechend dieser Regelung sind alle abfallerzeugenden Haushalte und Gewerbebetriebe verpflichtet, Abfälle zu vermeiden, zu vermindern und zu verwerten. Durch den Anschluß- und Benutzungszwang sind die Abfallerzeuger verpflichtet, ihre Abfall-, Rest- und Wertstoffe über die entsorgungspflichtigen Gemeinden den öffentlichen Einrichtungen und Entsorgungsanlagen zu überlassen. Nach mehreren Gesprächen mit der Gemeinde Eggenstein-Leopoldshafen und den zuständigen Behörden konnte mit Zustimmung des Regierungspräsidiums Karlsruhe ein Ausschluß der Überlassungspflicht an die entsorgungspflichtigen Gemeinden für das Kernforschungszentrum Karlsruhe GmbH erreicht werden. Dies bedeutet für die Gesellschaft, daß die Entsorgung wie bisher in Eigenregie erfolgt, endbindet sie jedoch nicht von der Verpflichtung, die Abfallstoffe zu trennen und die Reststoffe den öffentlichen Entsorgungsanlagen zuzuführen. Die Wertstoffe jedoch können weiterhin direkt Wiederverwertern zugeführt werden.

Die Umsetzung der neuen Abfallsatzung erfolgte in mehreren Schritten und konnte wegen Liefer-schwierigkeiten der Zulieferfirmen für Sammelbehälter noch nicht zur vollen Zufriedenheit abgeschlossen werden.

Erschwerend kommt die Verordnung über die Vermeidung von Verpackungsabfällen (VerpackVO) mit Wirkung vom 01.12.91 hinzu. Im ersten Schritt werden hier Hersteller und Vertreiber verpflichtet, zur Reduzierung der Verpackungsflut Transportverpackungen nach Gebrauch zurückzunehmen und einer erneuten Verwendung oder stofflichen Verwertung außerhalb der öffentlichen Abfallentsorgung zuzuführen. Für die Umverpackungen und Verkaufsverpackungen sind die Termine gestaffelt auf 01.04.92 bzw. 01.01.93 festgesetzt. Da die Sortieranlage für Wertstoffe als öffentliche Abfallentsorgungsanlage gilt, war KfK gezwungen, kurzfristig den Entsorgungspfad für Kartonagen, Paletten, Kisten usw. zu ändern, um den Vorgaben der VerpackVO zu entsprechen.

Im Bereich der besonders überwachungsbedürftigen Abfälle gab es in Baden-Württemberg mit der Einführung des Landesabfallabgabengesetzes zum 01.04.91 ebenfalls eine Neuerung. Alle Erzeuger, bei denen jährlich mehr als insgesamt 500 kg dieser Abfallstoffe anfallen, haben eine Abgabe an das Land zu entrichten. Im Hinblick auf Ihre Vermeidbarkeit, die Schwierigkeit ihrer umweltverträglichen Entsor-

gung und ihrer Verwertbarkeit als Reststoffe sind diese gemäß der Anlage zu diesem Gesetz in drei Gebührenkategorien eingeteilt.

2.7 Rechnernetzwerk

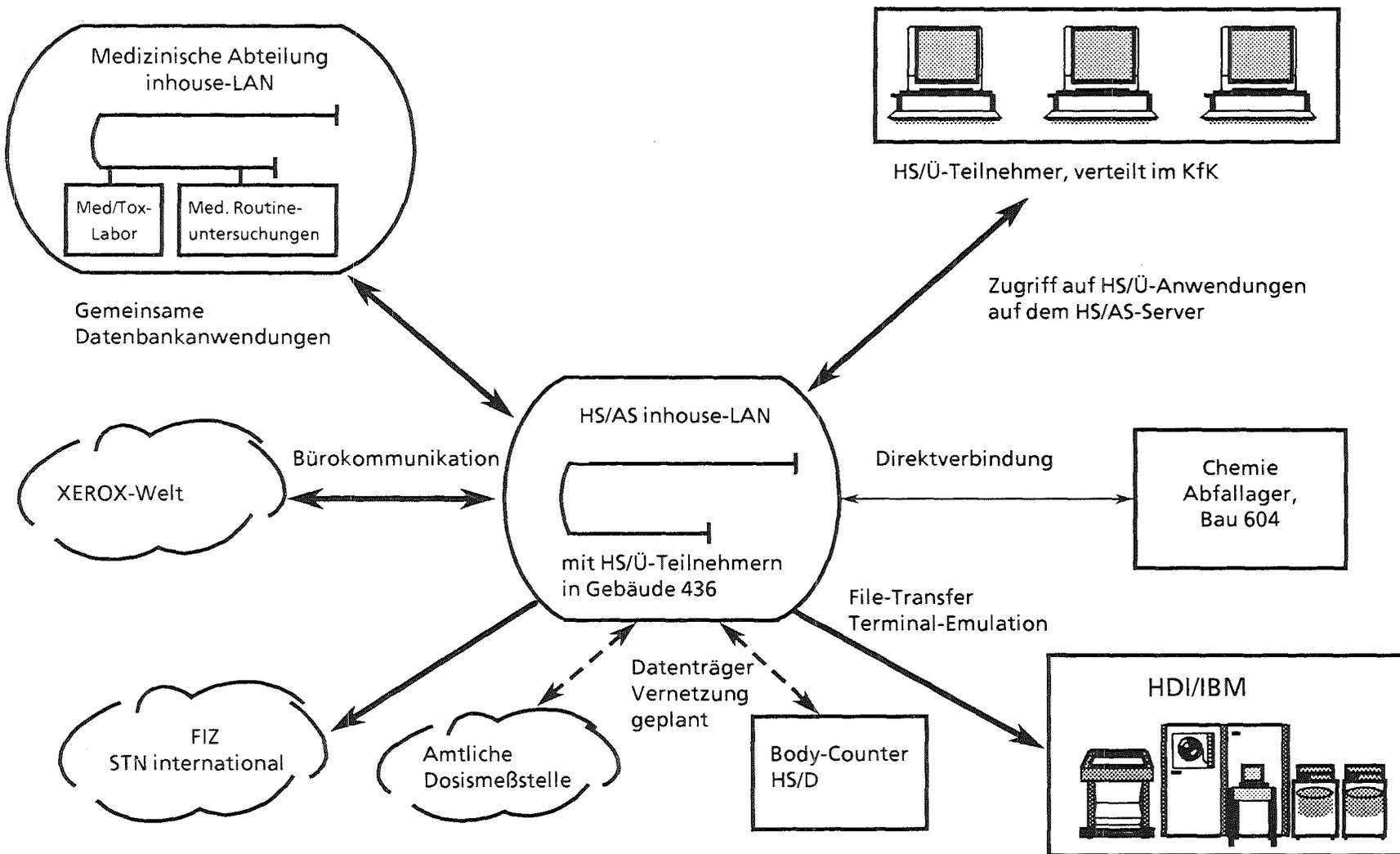
D. Bosch, W. Tachlinski

HS/AS setzt zur Erfüllung seiner Aufgaben (Strahlenschutzdaten, Terminverfolgung von Vorsorgeuntersuchungen und wiederkehrenden Prüfungen, Sonderabfallfassung) elektronische Datenverarbeitung ein. Als Daten- und Programmbasis für alle Anwendungen und für die Textverarbeitung werden zentrale Server verwendet. Durch die Existenz von zwei Servern konnte der Rechenbetrieb während des ganzen Berichtsjahres mit hoher Verfügbarkeit aufrecht erhalten werden, obwohl durch Hard- und Softwareprobleme zeitweise nur ein Server verwendet werden konnte. Die Verfügbarkeit des Netzwerkes betrug für die Benutzer über 97 %, wobei in den 3 % Ausfallzeit auch geplante Abschaltungen für die Systemwartung enthalten sind.

Die im Vorjahr berichteten Möglichkeiten, mit der neuen Netzwerksoftware sichere Kommunikation im KfK-LAN zu betreiben, wurde im Berichtsjahr ausgebaut. Abb. 2/5 zeigt die zur Zeit betriebene Kommunikation des HS/AS-inhouse-LAN mit Außenstehenden.

- Im toxikologischen Labor der Medizinischen Abteilung wurden mehrere PC-Arbeitsplätze für den Zugriff auf verschiedene HS/AS Datenbanken eingerichtet. Umgekehrt erhält HS/AS über das LAN die Ergebnisse der Aktivitätsmessungen der Ausscheidung für Personen, die der regelmäßigen Inkorporationsüberwachung unterliegen oder für die eine Inkorporationsüberwachung aus besonderem Anlaß durchzuführen war.
- Auf dem HS/AS-Server wurde ein Bereich für HS/Ü-Anwendungen eingerichtet, auf die wiederum Arbeitsstationen in den zentrumsweit verteilten HS/Ü-Bereichen zugreifen können. Sogenannte "Start-Disketten" zum Aufbau der Verbindung von HS/Ü-PC zum HS/AS-inhouse-LAN wurden zur Verfügung gestellt. Zukünftig soll die Netzwerksoftware direkt auf den lokalen Festplatten der PC installiert werden.
- Die für Netzwerke erforderliche Verkabelung wird bei HS/AS sowohl vom eigenen PC-Netzwerk als auch vom zentrumsweit eingeführten Rank-Xerox-Bürokommunikationssystem genutzt. Ein begrenzter Datenaustausch zwischen beiden Systemen mittels "electronic mail", ist von und zu speziell dafür eingerichteten PC möglich. Um eine bessere Brücke zwischen den Rank Xerox Diensten und der "PC-Welt" des HS/AS-Netzwerkes zu schaffen, wurden in zwei Sekretariaten Arbeitsplätze eingerichtet, die als PC mit Rank-Xerox-Zusatzkarte in beiden "Welten" betreibbar sind und auf denen Filekonvertierungen vorgenommen werden. Zukünftig sollen alle HS/AS-Schreibplätze so ausgestattet werden.
- Auf mehreren Netz-PC's wurde Software für das TCP/IP-Protokoll installiert. Dadurch wurde der Zugriff auf Hosts innerhalb und außerhalb des KfK-LAN realisiert, mittels dessen z. B. externe Literaturrecherchen möglich sind.

Abb. 2/5: Kommunikation der HS/AS im KfK-LAN

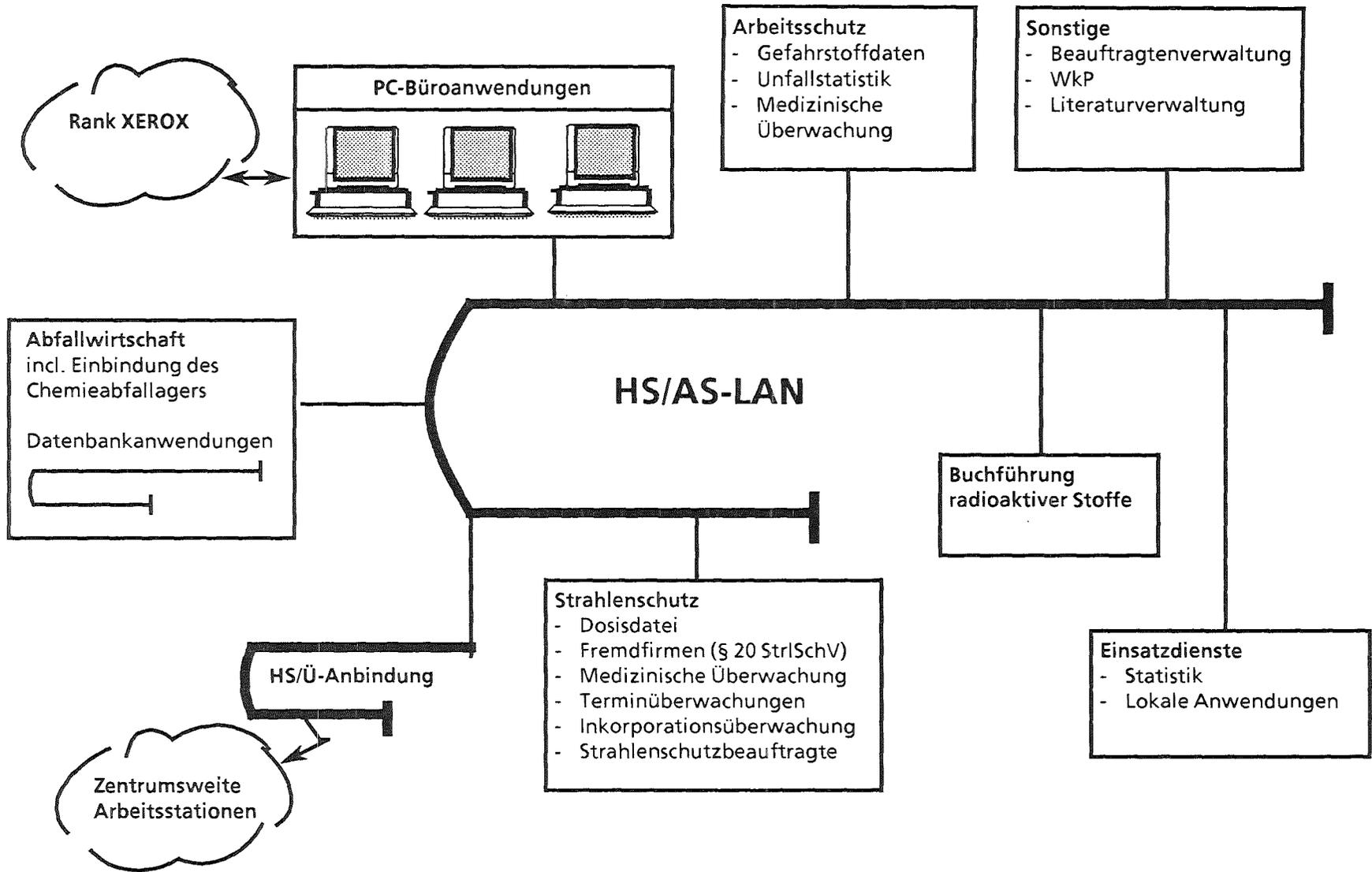


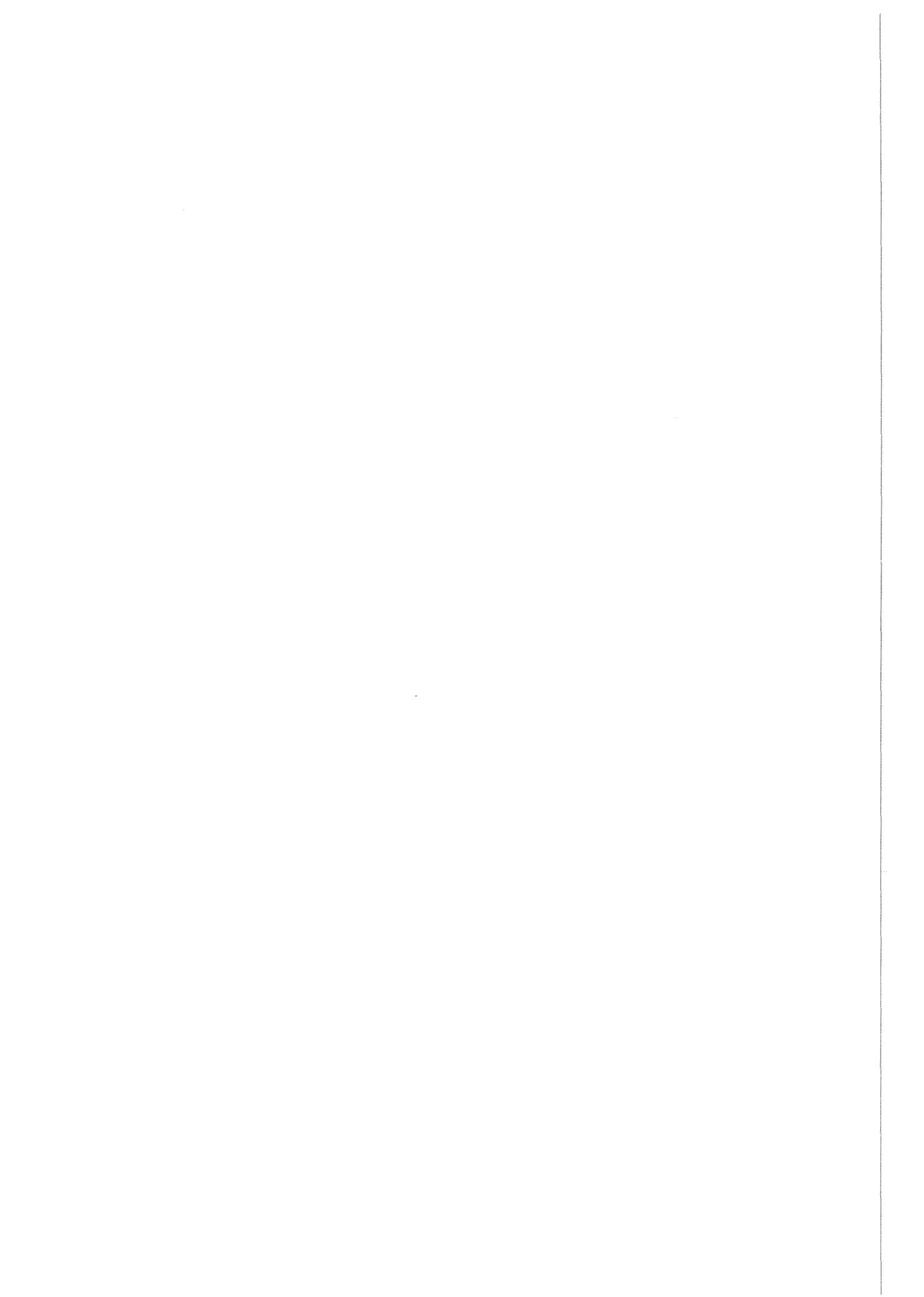
HS/AS wartet im Bereich "electronic-mail" und "file-transfer" (Texte und Grafik), noch immer auf generelle Lösungen der Betreiber des KfK-LAN. Für 1992 wird mit der Einführung X.400 fähiger Software im KfK gerechnet, unter der die Kommunikationsfähigkeit der Netzwerkteilnehmer erheblich steigen wird.

Einen Überblick über die wichtigsten EDV-Anwendungen bei HS/AS zeigt Abb. 2/6.

Im Bereich der Datenbankanwendungen wird die Einführung von Datenbankservern diskutiert, um die Datenbasen verschiedener Hard- und Softwareplattformen in verschiedenen Organisationseinheiten des KfK transparent miteinander verknüpfen zu können.

Abb. 2/6: Anwendungen im HS/AS-Rechnernetzwerk





3 Sicherung

R. von Holleuffer-Kypke, G. Beck, E. Duran, F. Gergele, R. Günther, E. Karbstein,
G. Körner, F. Paltian, B. Ritz, D. Schäfer, M. Schwall

Bei der Sicherung der im Kernforschungszentrum vorhandenen kerntechnischen Anlagen wurde weiterhin die Anpassung der notwendigen Objektsicherungsmaßnahmen an die geringer werdenden Inventare angestrebt. Bedingt durch die genehmigungstechnischen Randbedingungen, die bei der Abgabe von Kernbrennstoffen oder sonstigen radioaktiven Stoffen vorliegen, vollzieht sich diese Reduzierung der Objektsicherungsmaßnahmen langsamer, als entsprechende Planungen es vorsehen.

3.1 Objektsicherung

3.1.1 Objektsicherungsdienst

Der Objektsicherungsdienst (OSD) kontrolliert den Zugang zum Kernforschungszentrum Karlsruhe und führt Streifen in Gebäuden, Lagerbereichen und im Freigelände sowie Kontrollen von Versuchsanlagen durch. Zusätzlich überprüft der OSD im Rahmen der Streifentätigkeiten in regelmäßigen Abständen zur Überwachung angemeldete wissenschaftlich-technische Experimente. Es werden regelmäßig Sicherungsalarmübungen in den verschiedenen Sicherheitsbereichen des KfK GmbH und daneben Alarmübungen in Zusammenarbeit mit den Objektsicherungsdiensten der WAK, KBG und TU abgehalten.

3.1.2 Alarmzentrale

Im Jahr 1991 sind in der Alarmzentrale die in Abbildung 3/1 aufgeführten Alarm- und Störmeldungen (unter Berücksichtigung der Fehlalarme) eingegangen und bearbeitet worden. Die in Tabelle 3/1 ausgewiesenen Einsätze wurden in der Alarmzentrale dokumentiert. Alle in der Alarmzentrale tätigen Mitarbeiter wurden weiterhin praxisbezogen fortgebildet, so daß in diesem Bereich ein fachkundiger Umgang mit den hochentwickelten technischen Systemen garantiert ist. Das Ausbildungsprogramm bezog auch die Vertreter mit ein, um sie stets auf dem aktuellen technischen und administrativen Stand zu halten. Die in der Alarmzentrale installierten rechnergestützten Systeme wurden hard- und softwaremäßig den Erfordernissen angepaßt. Um auch bei technischem Ausfall eine zügige Abwicklung in Alarm- oder Störfällen zu gewährleisten, wird als Redundanz zu den vorhandenen Softwareprogrammen weiterhin eine Handdatei geführt.

3.1.3 Güterkontrolle

An der zentralen Güterkontrolle wurden im Berichtszeitraum für Fremdfirmen und Anlieferer Warendurchlaßscheine einschließlich solcher für Anlieferung und Abholung von Kernbrennstoffen und sonstigen radioaktiven Stoffen ausgestellt. Zusätzlich erfolgten Schrottverwiegungen und -begleitungen sowie Papiertransportbegleitungen nach Karlsruhe.

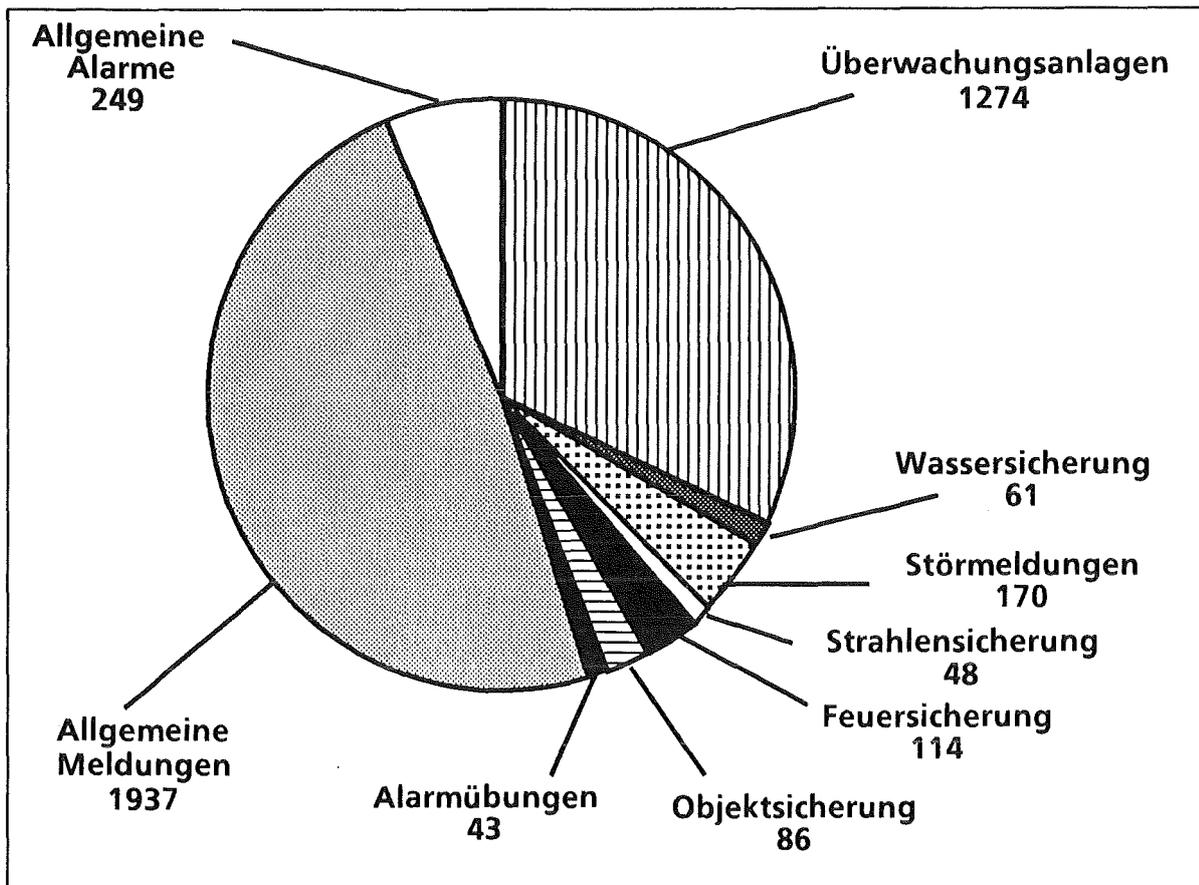


Abb. 3/1: Eingegangene Alarm- und Störmeldungen 1991

Einsatzleiter vom Dienst	186
Feuerwehr	157
Rufbereitschaften	431
Strahlenschutz	162
Versuchsleiter	39
HBT-Wartungsdienst	1 074
HDB-Klärwerkpersonal	41
Betriebsverantwortliche	118
Sankra-Deko	168

Tab. 3/1: Registrierte Einsätze 1991

3.1.4 Diensthundestaffel

Im Berichtszeitraum haben 28 Hundeführer ein Programm von 10 Schutzhunde-Lehrgängen mit Erfolg abgeschlossen. Bei der 12. KfK-Schutzhundeprüfung erzielten die acht Teilnehmer mit ihren Diensthunden hervorragende Noten. Acht Hundeführer nahmen zusätzlich an Prüfungen der Ortsvereine aus der Umgebung des Kernforschungszentrums teil.

3.2 Technische Sicherungssysteme

Die technischen Sicherungssysteme in den verschiedenen kerntechnischen Einrichtungen im Kernforschungszentrum Karlsruhe wurden in Zusammenarbeit mit anderen Organisationseinheiten weiterhin vervollständigt. Bei älteren Sicherungsanlagen wurde damit begonnen, die zentralen Einrichtungen auf den aktuellen technischen Stand umzubauen.

Als redundante Kommunikationsanlage wurde zwischen dem Kernforschungszentrum Karlsruhe und der Landespolizeidirektion Karlsruhe im September 1991 eine neue, sich selbst auf Störungen überprüfende Richtfunkanlage in Betrieb genommen. Diese Anlage ersetzt die bisherige, sehr wartungsintensive und über zehn Jahre alte Richtfunkanlage.

Das Verfahren zur Ausstellung und Verwaltung von Passierscheinen für den überwachten KfK-Bereich sollte mit einem rechnergestützten System rationeller abgewickelt werden. Deshalb wurde für die bisherige manuelle Passierscheinbearbeitung ein Rechnersystem geplant, die Installation ausgeführt und am 15.11.91 in Betrieb genommen. Beim Verlassen des KfK-Bereiches wird der Passierschein vom Inhaber zurückgegeben und vom KfK-Personal mit einer Balkencodeseinrichtung ausgebucht, d. h. im entsprechenden Stammsatz wird die Anwesenheitsinformation zurückgesetzt und die Ausgangsuhrzeit eingetragen.

3.3 Ermittlungsdienste

Die Zahl der bekanntgewordenen und dem Ermittlungsdienst gemeldeten Sachbeschädigungen liegt mit 77 Fällen weit unter der des Vorjahres. Lediglich in sechs Fällen konnte der Schadensverursacher nicht ermittelt werden. Der aus den Sachbeschädigungen entstandene Gesamtschaden beläuft sich auf ca. 172 000 DM und ist somit um die Hälfte niedriger als im Vorjahr, in dem mehrere Stürme zu vielen Schäden mit hohen Kosten führten.

Die Anzahl der gemeldeten Diebstähle beläuft sich im Berichtszeitraum auf 46 Fälle, wobei sich der Verlust an Sachwerten auf ca. 90 000 DM beläuft. Es konnten lediglich zehn Delikte aufgeklärt werden, da die Anzeigen, wie bereits in den vorangegangenen Jahren, meist viel zu spät beim Ermittlungsdienst eingingen, so daß die Ermittlungen von Anfang an zum Scheitern verurteilt waren.

Die im Kernforschungszentrum tätigen Fremdfirmen hielten sich weitgehend an die Ordnungs- und Kontrollbestimmungen. Im Jahr 1991 wurden 92 Verstöße gegen die im KfK geltenden Ordnungs- und Kontrollbestimmungen registriert und bearbeitet. Die Zahl liegt damit gering unter dem Vorjahresniveau. Es kam zu 24 Sicherstellungen von Werkzeugen, Geräten und Materia-

Beschädigte Gegenstände	Jahr	bekannt- gewordene Fälle	aufgeklärte Fälle	geschätzter Schaden in TDM
Kabelschäden	1989	11	11	44
	1990	7	7	36
	1991	5	5	21
Lichtmasten	1989	2	2	4
	1990	4	4	6
	1991	5	5	10
Tore, Einzäunungen	1989	2	2	2
	1990	8	8	35
	1991	3	3	5
Gebäude-/Sachschäden	1989	10	10	86
	1990	13	13	74
	1991	10	10	67
Dienst-Kfz	1989	25	25	30
	1990	40	40	68
	1991	49	43	61
Verschiedenes (Fenster, Türen, Bedachungen, Transport -, Sturmschäden)	1989	6	4	3
	1990	37	34	130
	1991	5	5	8
Summe	1989	56	54	169
	1990	109	106	349
	1991	77	71	172

Tab. 3/3: Sachbeschädigungen: Einsatz des Ermittlungsdienstes

lien, da die Ausführenden zum Zeitpunkt der Ausfuhr nicht die erforderlichen Ausfuhrpapiere vorweisen konnten. Nach Prüfung der Eigentumsverhältnisse wurde das sichergestellte Gut an die Eigentümer zurückgegeben.

In Zusammenarbeit mit den zuständigen Fachabteilungen wurden im Berichtsjahr 171 Betriebsunfälle und sonstige Unfälle innerhalb des Zentrums untersucht.

3.4 Verkehrsdienste

Mit 96 Verkehrsunfällen lag die Zahl der vom Verkehrsdienst aufgenommenen und bearbeiteten Verkehrsunfälle nur geringfügig über der des Vorjahres (Tab. 3/5). Bei 33 Unfällen entstand nur leichter Sachschaden, während bei 63 Unfällen der geschätzte Schaden über 1 000 DM lag. Darüber hinaus waren sechs Unfälle mit Verletzungen von Personen zu bearbeiten. Die häufigsten Unfallursachen waren wie auch in den vergangenen Jahren

- Nichtbeachten der Vorfahrt,
- zu geringer Sicherheitsabstand,
- Unachtsamkeit beim Rückwärtsfahren,
- nicht witterungsgerechtes Fahrverhalten in der Winterzeit,
- überhöhte Geschwindigkeit.

Bei elf Verkehrsunfällen haben sich die Unfallverursacher durch unerlaubtes Entfernen von der Unfallstelle der Aufnahme des Verkehrsdienstes entzogen und somit Unfallflucht begangen. Die Verursacher konnten nicht ausfindig gemacht werden, so daß der Schaden von den Geschädigten selbst getragen werden mußte.

Monat	Anzahl der Verkehrs- unfälle			Sachschaden < 1 000 DM 1991	Sachschaden > 1 000 DM 1991	Personen- schaden 1991
	1989	1990	1991			
Januar	8	10	11	6	5	1
Februar	6	7	14	0	14	1
März	9	5	6	3	3	1
April	5	9	9	6	3	-
Mai	5	6	6	3	3	-
Juni	13	11	8	4	4	1
Juli	15	5	4	1	3	-
August	7	5	6	3	3	2
September	5	14	8	2	6	-
Oktober	12	5	4	1	3	-
November	10	6	15	3	12	-
Dezember	4	10	5	1	4	-
Gesamt	99	93	96	33	63	6

Tab. 3/4: Verkehrsunfälle

3.5 Schließwesen

Die Gebäude sind hinsichtlich der Schließebenen in General-, Haupt-, Obergruppen-, Gruppen- und Einzelschließungen unterteilt. Aus allen Schließsystemen ergibt sich ein Bestand von 25 468 Schließzylindern und etwa 87 600 Einzelschlüsseln. Nach der Neukonzeption von Schließanlagen, die sich wegen der Errichtung von Neubauten oder durch Änderungen in Arbeitsabläufen ergeben, mußten im Jahr 1991 312 Schließzylinder und entsprechende Schlüssel neu beschafft werden. Eine große Anzahl von Schließzylindern und Schlüsseln war defekt oder abgenutzt und mußte erneuert oder ausgewechselt werden.

3.6 Buskontrollen

Im Berichtsjahr sind in den KfK-Zubringerbussen bei 10 056 Fahrgästen Fahrausweiskontrollen durchgeführt worden (Tab. 3/4), davon wurden 405 Fahrgäste ohne gültigen Fahrausweis ange-
troffen.

Die Fahrausweiskontrollen brachten folgendes Ergebnis:

Kontrollzeiten	Anzahl der kontrollierten Busse	Anzahl der kontrollierten Fahrgäste	davon ohne Fahrausweis angetroffen
Januar	30	1 065	25
Februar	31	1 105	17
März	28	998	25
April	33	1 176	26
Mai	37	1 004	14
Juni	-	-	-
Juli	21	715	10
August	37	678	41
September	36	650	17
Oktober	31	797	25
November	28	1 104	11
Dezember	25	1 072	28
Gesamt	337	10 364	239

Tab. 3/6: Anzahl der Buskontrollen

3.7 Personelle und administrative Sicherungsfragen

3.7.1 Personensicherheitsüberprüfung

Gemäß der atomrechtlichen Auflagen wurden die Anträge zu Personensicherheitsüberprüfungen bei den Behörden eingereicht. Es handelte sich dabei um Zutrittsersuchen zu inneren und äußeren Sicherungsbereichen. Die Behörden haben bis auf wenige Einzelfälle den Zutrittsersuchen stattgegeben. Die Betroffenen wurden über den Sachverhalt informiert. Für 5 523 Personen wurden Anträge auf Zutritt zum KfK-Gelände außerhalb der normalen Arbeitszeit bearbeitet.

3.7.2 Ausweisbüro

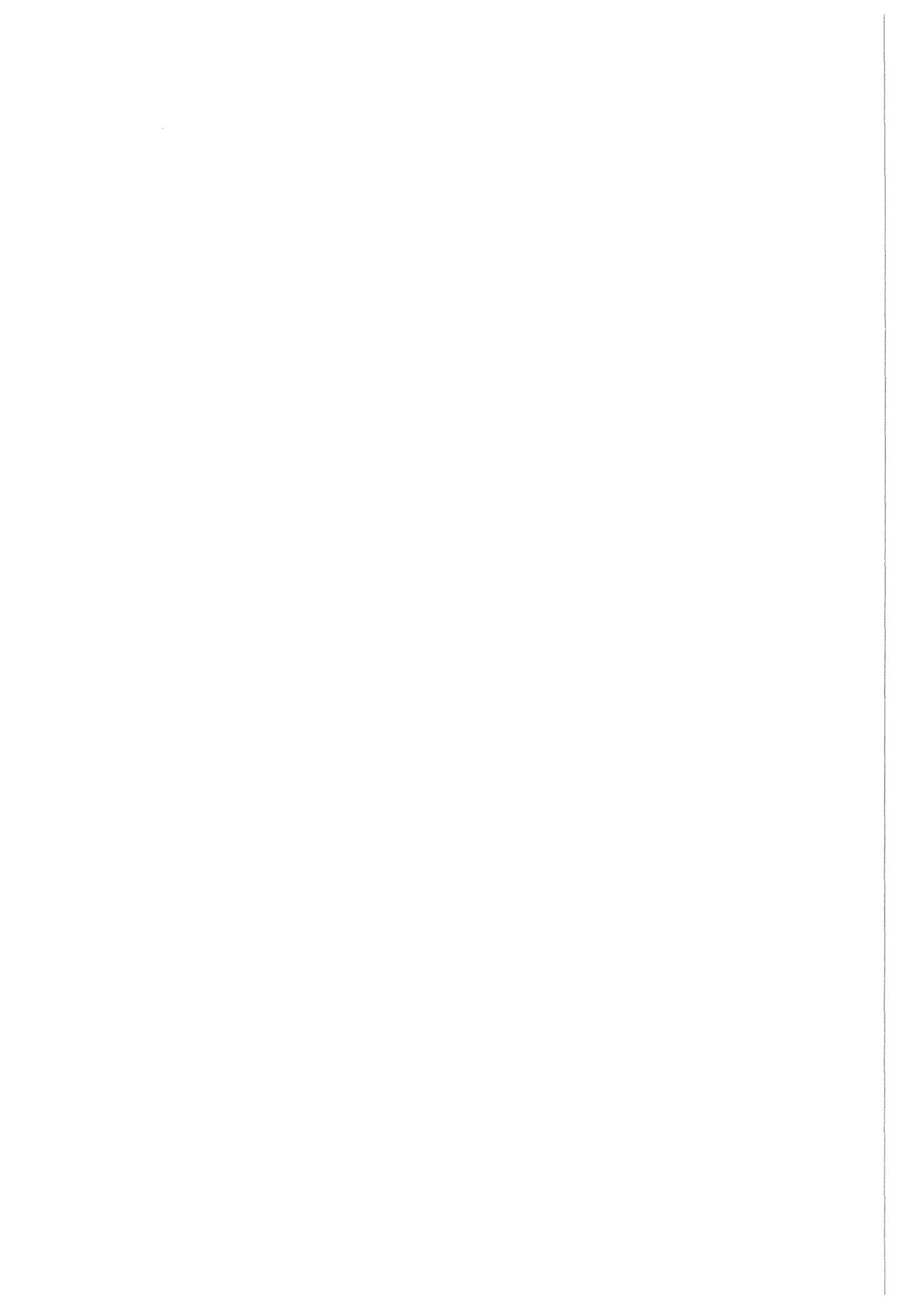
Im Jahr 1991 wurden im Ausweisbüro 3 967 Ausweise ausgestellt und 4 043 Ausweise eingezogen. Instituts-, Abteilungs- und Namenswechsel sowie Änderungen von Personen- und Firmennamen machten in 734 Fällen eine Ausweisneuausstellung erforderlich. Die Gesamtzahl der in Umlauf befindlichen Ausweise belief sich für 1991 auf 11 430 Ausweise.

Die Gesamtzahl setzt sich zusammen aus:

4159	KfK-Mitarbeiter
419	WAK-Mitarbeiter
161	KBG-Mitarbeiter
244	TU-Mitarbeiter
138	BfE-Mitarbeiter
315	FIZ-Mitarbeiter
511	Universitätsangehörige
135	Gäste
4322	Fremdfirmenangehörige

3.7.3 Empfangsdienst

Die Anzahl der Besucher lag im Berichtszeitraum auf dem gleichen Niveau wie im Jahr zuvor. So wurden insgesamt 32 050 Besucher, davon 5 390 Ausländer, registriert. Für kurzfristig im KfK eingesetzte Fremdfirmenangehörige wurden 4 850 befristete Passierscheine ausgestellt. Beim Empfangsdienst wurden im Berichtsjahr 47 Fundgegenstände abgegeben; vier Gegenstände konnten den rechtmäßigen Besitzern ausgehändigt werden.



4 Strahlenschutzüberwachung

H. Dilger, D. Beier, H.-U. Berger, A. Reichert

Die Abteilung Strahlenschutzüberwachung ist vor allem für den Schutz der mit radioaktiven Stoffen umgehenden oder ionisierender Strahlung ausgesetzten Personen des Kernforschungszentrums Karlsruhe zuständig. Sie unterstützt dabei die Strahlenschutzbeauftragten in der Wahrnehmung ihrer Pflichten gemäß Strahlenschutz- bzw. Röntgenverordnung. Der Umfang der Zusammenarbeit ist in Abgrenzungsregelungen zwischen der Hauptabteilung Sicherheit und der entsprechenden Institution festgelegt. Bedingt durch diese Aufgabenstellung sind die Mitarbeiter der Strahlenschutzüberwachung dezentral in den einzelnen Institutionen des Kernforschungszentrums Karlsruhe tätig. Nach der räumlichen Lage der zu überwachenden Gebäude gliedert sich die Abteilung in die drei Gruppen Nord, West und Süd mit insgesamt sieben Bereichen (siehe KfK-Plan und Tab. 4/1).

1 Gruppe	2 Bereich Überwachte Institutionen (Dezember 1991)	3 Anzahl der Mitarbeiter der Strahlenschutz- überwachung	4 Anzahl der über- wachten Personen (Dezember 1991)	5 Fläche des über- wachten Bereichs in m ²
Nord	1. "IHCh": IHCh, INE	7,5	317 (284)	16 300 (16 300)
	2. "HVT-HZ": HVT-HZ, HDB I-Wäscherei	7,5	152 (140)	9 600 (10 100)
	3. "FR2": HVT-EA, HIT, IRE, IMF II, HBT-IH, HS-B (Bau 620-622), Strahlenpaßstelle	3 + 7# 1* 1	340 (417)	10 400 (12 400)
West	4. "HDB I": HDB (Bau 510-516, 543, 545, 553, 555), INE (Bau 547) HZY	6,5 + 4 ⁺ 1*	392 (308)	8 500 (10 700)
	5. "HDB II": HDB (Bau 519, 526, 531-536, 548, 563, 570)	9,5	212 (238)	34 500 (33 900)
Süd	6. "IRCh": IRCh, LAF I, HBAU, IGT, FTU, HS (Bau 123, 221), MED, HPS, HS-AS-Fw	5	271 (281)	4 000 (7 400)
	7. "Inst./Meßl.": INFP, INR, LIT, LAF II, IK, ITP, HS (Bau 436, 439), HS-S, HBT-VB, HBT-QS, HBT-FT	7 1*	647 (751)	4 700 (4 100)
Abteilungsleitung / Sekretariat		1,5	-	-

Tab. 4/1: Personalstand, überwachte Personen und Bereichsgröße, Vorjahreszahlen in Klammern (#Wechselschichtdienst, +Schichtdienst, *Gruppenleiter)

Eine wichtige Aufgabe ist die Durchführung der Personendosimetrie. Jede beruflich strahlenexponierte Person erhält neben anderen Dosimetern eine Taschenionisationskammer. Die Anzahl der Personen, die mit selbstablesbaren Taschenionisationskammern ausgerüstet wurden (Stichmonat Dezember 1991), einschließlich Fremdfirmenangehörigen, ist in Spalte 4 von Tab. 4/1 aufgeführt. Diese Anzahl hat sich gegenüber dem Vorjahr um ca. 80 erniedrigt. Dies ist auf Reduktionen im Bereich der physikalischen Institute, des Sicherungspersonals und des IMF zurückzuführen. Dagegen ist in der HDB I die Anzahl der Fremdfirmenangehörigen weiterhin angestiegen. Über die Meßergebnisse der Taschenionisationskammern wird in Kap. 4.1.1 und Kap. 4.2 berichtet. Darüber hinaus werden, je nach den vorkommenden Strahlenarten und Expositionsbedingungen, weitere Dosimetertypen wie Thermolumineszenz- oder Albedodosimeter verwendet.

Die Gebäude und Anlagen werden routinemäßig durch Oberflächenkontaminations-, Wischproben-, Dosisleistungs- und Raumluftmessungen überwacht. Die Fläche der betrieblichen Überwachungs-, Kontroll- und Sperrbereiche ist in Spalte 5 von Tab. 4/1 angegeben. Vom betrieblichen Überwachungsbereich werden nur die Bereiche aufgeführt, in denen eine Aktivität oberhalb der Freigrenze gehandhabt wird. Signifikant verändert hat sich dabei die überwachte Fläche durch die Auflösung des Kontrollbereichs im 2.OG des IRCh und durch die Auflösung der Überwachungsbereiche im IMF und IMT. Die Reduktion im Bereich "HDB I" ist auf die Verringerung der überwachten Flächen im Klärwerk zurückzuführen.

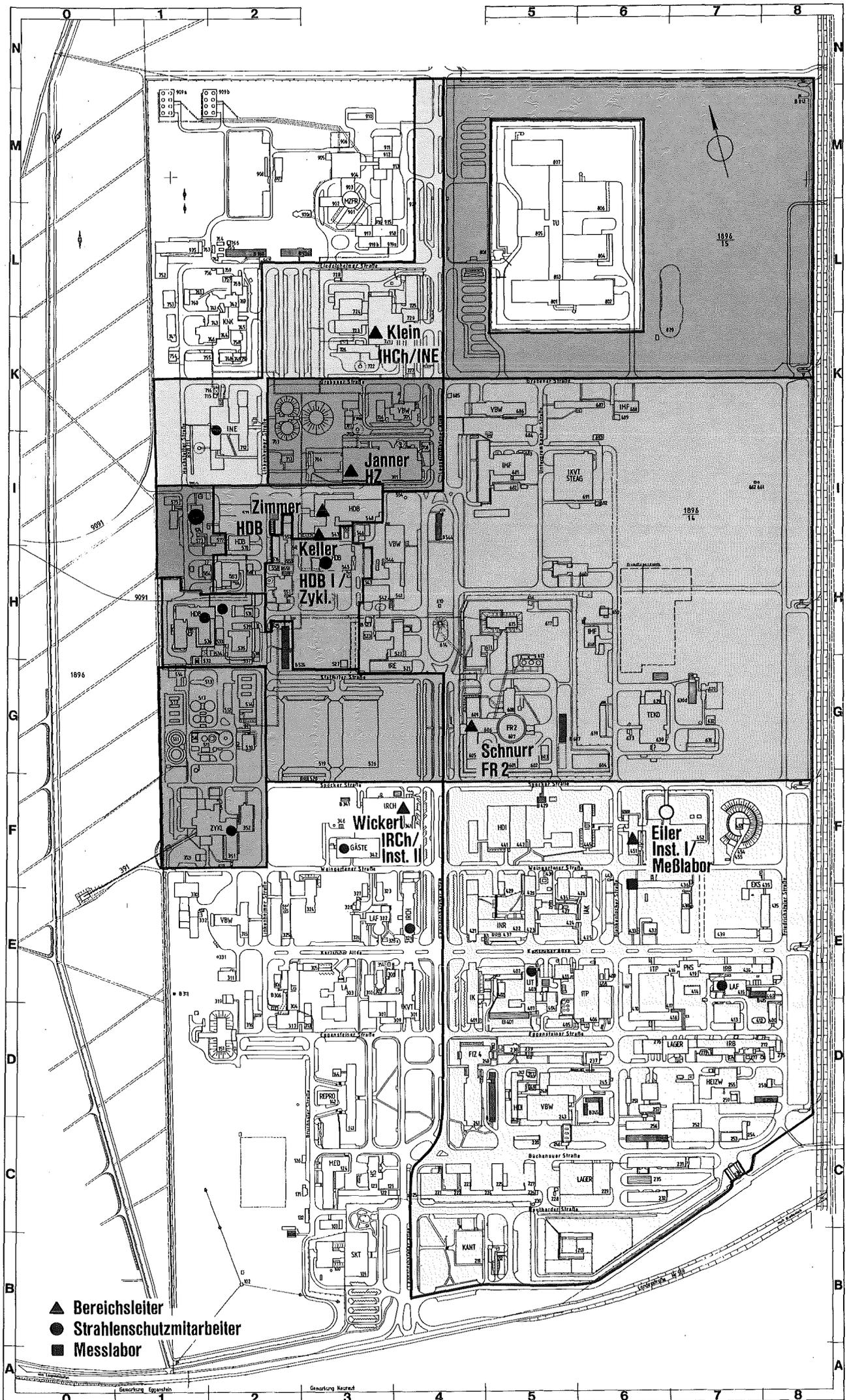
Die Kontaminationskontrolle von Personen am Ausgang von Bereichen, in denen genehmigungspflichtig mit radioaktiven Stoffen umgegangen wird, geschieht in der Regel in Eigenüberwachung unter Zuhilfenahme von Hand-Fuß-Kleidermonitoren mit automatisiertem Meßablauf. Die Alarmwerte sind auf 0,05 Bq/cm² für α -Aktivität und auf 0,5 Bq/cm² für β -Aktivität eingestellt.

Die Mitarbeiter überwachen auf Anforderung des zuständigen Strahlenschutzbeauftragten die Durchführung von Arbeiten mit erhöhtem Kontaminations- oder Strahlenrisiko. Autorisierte Mitarbeiter legen bei der Ausstellung von Interventionserlaubnissen die Strahlenschutzauflagen fest. Insgesamt wurden ca. 2100 (Vorjahr 2300) Vorgänge bearbeitet. Weiterhin führen Mitarbeiter die Strahlenschutzkontrolle bei der Ausfuhr von Material aus den Kontrollbereichen in den das ganze Gelände des KfK umfassenden betrieblichen Überwachungsbereich und aus dem KfK in das allgemeine Staatsgebiet durch. Bei dem Material handelt es sich um weiterverwendbare Gegenstände, wiederverwertbare Reststoffe oder gewöhnliche Abfälle.

Die Abteilung betreibt ein zentrales Meßlabor, in dem die Radioaktivität von Raumluftfiltern gemessen wird, nuklidspezifische Analysen und Sondermessungen durchgeführt werden. Von Mitarbeitern des Meßlabors werden alle Geräte der Abteilung verwaltet und die Neubestellungen vorgenommen (s.Kap. 4.3).

Die Abteilung unterhält einen Wechselschichtdienst, der außerhalb der regulären Arbeitszeit u.a. die Überprüfung von Meldungen vornimmt, in Zwischenfallsituationen Strahlenschutzmaßnahmen ergreift, Transportkontrollen durchführt oder Proben aus den Abwassersammelstationen ausmißt und gegebenenfalls zum Transport in die HDB freigibt. Hinzugekommen ist im vergangenen Jahr die zeitweise Strahlenschutzüberwachung des Beta-Ofens in der HDB während der Nachtschicht und an Wochenenden. Zur fachlichen Beratung und zur Verstärkung des Wechselschichtdienstes stehen außerhalb der Regelarbeitszeit zwei Rufbereitschaften zur Verfügung. Während der Regelarbeitszeit bilden die sieben Angehörigen der Rufbereitschaft II sowie jeweils zwei Personen von zwei Einsatzfahrzeugen den Strahlenmeßtrupp.

Die wiederkehrenden Prüfungen an Strahlenschutzmeßgeräten werden von den Mitarbeitern nach festgelegten Prüfplänen vorgenommen. Von autorisierten Mitarbeitern werden die Dichtheitsprüfungen an umschlossenen Strahlern im Rahmen einer Umgangsgenehmigung in den einzelnen Institutionen



durchgeführt (s. Kap. 4.7). Der Abteilungsleiter und sein Stellvertreter sind als Strahlenschutzbeauftragter bzw. Stellvertreter für diese Genehmigung bestellt. Die Gruppenleiter der Abteilung haben als Strahlenschutzbeauftragte oder stellvertretende Strahlenschutzbeauftragte für den Fahrdienst die ordnungsgemäße Durchführung von Transporten radioaktiver Stoffe im Rahmen der Transportgenehmigungen der KfK GmbH zu überwachen (s. Kap. 4.4), außerdem sind sie als Strahlenschutzbeauftragte oder stellvertretende Strahlenschutzbeauftragte für den Reinigungsdienst und die Abteilung Sicherung bestellt. Der Abteilungsleiter ist als stellvertretender Sicherheitsbeauftragter des Kernforschungszentrums Karlsruhe GmbH benannt.

Die Aus- und Weiterbildung der Mitarbeiter wurde auch im vergangenen Jahr fortgeführt. Neben der praktischen Ausbildung unter Anleitung der Bereichsleiter und der meßtechnischen Einweisung im Strahlenschutzmeßlabor wurden theoretische Kurse im Fortbildungszentrum für Technik und Umwelt des KfK besucht. Insgesamt wurden von Mitarbeitern der Abteilung 37 Kurse über Strahlenschutz, Chemie und Datenverarbeitung wahrgenommen. Zwei Mitarbeiter legten die Prüfung zur Strahlenschutzfachkraft bei der Industrie- und Handelskammer Aachen mit Erfolg ab.

Für die Mitarbeiter im Wechselschichtdienst und der Rufbereitschaften wurden monatlich Begehungen von Gebäuden mit Fort-, Raumluft- und sonstigen dauernd betriebenen Strahlenschutzmeßgeräten durchgeführt.

Größere Umbauarbeiten wurden bei IHCh, IRCh, HDB (LAW-Eindampfung, Verbrennung), HVT-HZ (Abwasser), IMF III (Bau 574), IMT (Bau 310) überwacht und die Materialflüsse kontrolliert.

Aus der Strahlenschutzüberwachung konnten entlassen werden: Vom IRCh das gesamte 2. OG des Baus 321, das gesamte IMT Bau 301-310, das gesamte IMF III Bau 573 und das gesamte IMF I Bau 681.

4.1 Arbeitsplatzüberwachung im KfK

H. Dilger

Die Art und Menge der gehandhabten radioaktiven Stoffe und auftretenden Strahlenarten sind in den einzelnen Institutionen unterschiedlich. Bei der folgenden Aufstellung werden die Einrichtungen des KfK in fünf Gruppen zusammengefaßt: Beschleuniger, Institutionen mit höherem und niedrigerem Aktivitätsinventar, Dekontamination und Abfallbeseitigung sowie sonstige Institutionen (vgl. Tab. 4/2).

4.1.1 Personendosimetrie mit Taschenionisationskammern

Die Tab. 4/2 zeigt, daß in den Einrichtungen des KfK im Jahre 1991 keine Person eine Jahresdosis von mehr als 15 mSv erhalten hat. Die Anzahl der Personen mit einer Jahresdosis zwischen 5 und 15 mSv im Jahr 1991 betrug 14, bei einer Gesamtzahl von 2 331 überwachten Personen. Bei einem Vergleich mit den Daten der Personendosisüberwachung in Kap. 2 sind zum einen die unterschiedlichen Meßverfahren - Film- und TL-Dosimeter einerseits und Ionisationskammer andererseits - und zum anderen der unterschiedliche Personenkreis zu berücksichtigen, da die hier genannte Überwachung auch Fremdfirmenmitarbeiter mit einschließt.

	1	2	3	4	5	6
Gruppe	Beschleuniger (HZY, INR, INFP)	Institutionen mit höherem Aktivitätsinventar (IHCh, IRCh, HVT-HZ, HVT-EA, HBT-IH/M Bau 701, INE)	Institutionen mit niedrigerem Aktivitätsinventar (IMF, HIT, LAF II)	Dekontamination und Abfallbehandlung (HDB)	sonstige Institutionen	KfK
Personendosis in mSv	Anzahl der Personen					
$H \leq 5$	195 (268)	505 (488)	178 (224)	510 (481)	929 (940)	2317 (2 401)
$5 < H \leq 15$	6 (12)	0 (0)	0 (0)	8 (6)	0 (0)	14 (18)
$15 < H \leq 50$	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
Oberflächenkontamination in Vielfachen der KfK-internen Interventionswerte	Anzahl der Fälle					
$10^0 < K_\alpha \leq 10^1$	0 (1)	34 (29)	1 (0)	53 (66)	0 (0)	88 (96)
$10^1 < K_\alpha \leq 10^2$	0 (0)	33 (11)	0 (0)	19 (16)	0 (0)	52 (27)
$10^2 < K_\alpha \leq 10^3$	0 (0)	6 (5)	0 (0)	1 (1)	0 (0)	7 (6)
$10^3 < K_\alpha$	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
$10^0 < K_\beta \leq 10^1$	11 (7)	47 (31)	0 (0)	30 (25)	0 (1)	88 (64)
$10^1 < K_\beta \leq 10^2$	6 (8)	24 (20)	1 (0)	3 (4)	0 (2)	34 (34)
$10^2 < K_\beta \leq 10^3$	0 (2)	6 (2)	0 (0)	0 (1)	0 (0)	6 (5)
$10^3 < K_\beta$	0 (5)	2 (2)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	2 (7)
$10^0 < K_{H3} \leq 10^1$	0 (1)	2 (0)	1 (0)	0 (0)	0 (0)	3 (1)
$10^1 < K_{H3} \leq 10^2$	0 (3)	1 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	1 (3)
$10^2 < K_{H3} \leq 10^3$	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
$10^3 < K_{H3}$	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)

Tab. 4/2: Strahlenschutzmeßergebnisse 1991 im Kernforschungszentrum Karlsruhe, Vorjahresergebnisse in Klammern.

	1	2	3	4	5	6
Gruppe	Beschleuniger (HZY, INR, INFP)	Institutionen mit höherem Aktivitätsinventar (IHCh, IRCh, HVT-HZ, HVT-EA, HBT-IH/M Bau 701, INE)	Institutionen mit niedrigerem Aktivitätsinventar (IMF, HIT, LAF II)	Dekontamination und Abfallbehandlung (HDB)	sonstige Institutionen	KfK
Raumluftaktivitätskonzentrationen in Vielfachen von abgeleiteten Grenzwerten	Anzahl der Fälle					
$0,025 < R_a \leq 1$	0 (0)	253 (126)	47 (2)	3690 (2 278)	0 (0)	3990 (2 406)
$1 < R_a \leq 20$	0 (0)	5 (11)	2 (0)	255 (95)	0 (0)	262 (106)
$20 < R_a$	0 (0)	0 (2)	0 (0)	71 (13)	0 (0)	71 (15)
$0,015 < R_\beta \leq 1$	0 (0)	8 (9)	3 (0)	114 (42)	0 (0)	125 (51)
$1 < R_\beta \leq 20$	0 (0)	0 (0)	0 (0)	16 (1)	0 (0)	16 (1)
$20 < R_\beta$	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
$0,025 < R_{H3} \leq 1$	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
$1 < R_{H3} \leq 20$	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
$20 < R_{H3}$	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
Überweisung an die Medizinische Abteilung	Anzahl der Personen					
	1 (1)	33 (18)	1 (1)	33 (18)	0 (3)	68 (41)

Tab. 4/2 Fortsetzung: Strahlenschutzmeßergebnisse 1991 im Kernforschungszentrum Karlsruhe, Vorjahresergebnisse in Klammern.

4.1.2 Oberflächenkontaminationen

In Tab. 4/2 sind weiterhin die gemessenen Oberflächenkontaminationen, aufgeschlüsselt nach den Strahlenarten, aufgeführt. Es werden Kontaminationen von Gebäudeoberflächen, Arbeitsplätzen, Arbeitsgegenständen und Material angegeben. Die Kontaminationen werden dabei in Vielfachen der durch die interne Kleider- und Zonenordnung vorgegebenen Interventionswerte eingeteilt. Die interne Kleider- und Zonenordnung nach Tab. 4/3 stellt eine Konkretisierung der Strahlenschutzverordnung nach den Gegebenheiten des KfK GmbH dar. Maßgebend für die Zoneneinteilung ist die Umgangsmenge an offenen radioaktiven Stoffen in Vielfachen der Freigrenze gemäß StrlSchV. Die Interventionswerte

stellen die Obergrenzen der in den jeweiligen Zonen zugelassenen Oberflächenaktivitäten dar. Meßwerte aus der Zone V, die bestimmungsgemäß kontaminiert ist, werden nicht aufgeführt. α -Kontaminationen traten vor allem bei Institutionen mit höherem Aktivitätsinventar und bei der "Dekontamination und Abfallbehandlung" auf; β -Kontaminationen überwogen bei den Institutionen mit höherem Aktivitätsinventar.

Zone	Schutzkleidung	Grenzwert für Oberflächenkontamination in Bq/cm ²	Umgang mit offenen radioaktiven Stoffen
Zone I - weiß - (Betrieblicher Überwachungsbereich/ Kontrollbereich)	Arbeitsmantel ohne farbliche Kennzeichnung	$\alpha \leq 0,05$ $\beta \leq 0,5$ ¹⁾ $n_i \leq 5$ ²⁾	<< Freigrenze
Zone II - grau - (Betrieblicher Überwachungsbereich/ Kontrollbereich)	Arbeitsmantel ohne farbliche Kennzeichnung Arbeitsschuhe oder Privatschuhe mit Überschuhen	$\alpha \leq 0,05$ $\beta \leq 0,5$ ¹⁾ $n_i \leq 5$ ²⁾	\leq Freigrenze
Zone III - grau/gelb - (Betrieblicher Überwachungsbereich/ Kontrollbereich)	Arbeitsmantel weiß oder grau mit gelber Kennzeichnung Arbeitsschuhe oder Privatschuhe mit Überschuhen	$\alpha \leq 0,5$ $\beta \leq 5,0$ ¹⁾ $n_i \leq 50$ ²⁾	$\leq 1\ 000$ fache Freigrenze
Zone IV - gelb - (Kontrollbereich/ Sperrbereich)	gelbe Kleidung Berufsmantel nur in Verbindung mit Dienstkleidung, Arbeitsschuhe gelb	$\alpha \leq 5,0$ $\beta \leq 50$ ¹⁾ $n_i \leq 500$ ²⁾	gemäß Genehmigungsumfang
Zone V - rot - (Kontaminationsbereich im Kontrollbereich/ Sperrbereich)	Kombinationsschutzkleidung gelb Arbeitsschuhe gelb und Überschuhe oder Sonderschutzkleidung	$\alpha > 5,0$ $\beta > 50$ ¹⁾ $n_i > 500$ ²⁾	gemäß Genehmigungsumfang

Tab. 4/3: Kleider- und Zonenordnung in der KfK GmbH

¹⁾ β -Strahler einschließlich γ -Strahler ohne ²⁾

²⁾ n_i = niederenergetische und niedertoxische Strahler gemäß Anlage IX der StrlSchV

4.1.3 Raumluftaktivitäten

Die Kontrollbereiche der Institutionen mit höherem Aktivitätsinventar und der HDB werden mit einem Netz von stationären Aktivitätssammlern überwacht, die mit einem Luftdurchsatz von 20 m³/h arbeiten. Die Filter werden arbeitstäglich gewechselt. Daneben werden an Arbeitsplätzen, an denen eventuell mit Freisetzen zu rechnen ist, anzeigende Geräte mit Alarmgebern eingesetzt. In Tab. 4/2 sind die Ergebnisse der Raumlufmessungen, wiederum aufgeschlüsselt nach α -, β - und H-3-Aktivitäten, aufgeführt. Aus den Grenzwerten der Jahresaktivitätszufuhr gemäß StrlSchV für beruflich strahlenexponierte Personen der Kategorie A und dem Jahresinhalationsvolumen von 2 400 m³ werden Interventionswerte abgeleitet. So werden in den Anlagen des KfK für α -Aktivitätsgemische 0,04 Bq/m³ (Leitnuklid Pu-239, löslich), für β -Aktivitätsgemische 40 Bq/m³ (Leitnuklid Sr-90, löslich/unlöslich) und für Tritium 1 MBq/m³ (als HTO) festgelegt. Bei Raumluftaktivitätskonzentrationen oberhalb dieser Interventionswerte dürfen Arbeiten in den Anlagen des KfK nur mit Atemschutzfiltergeräten bzw. beim Auftreten von Tritium mit fremdbelüfteten, gasdichten Schutzanzügen durchgeführt werden. Eine weitere Einteilungsschranke stellt das 20fache der abgeleiteten Interventionswerte dar. Oberhalb dieser Werte muß im Falle von aerosolförmigen Raumluftaktivitäten mit Atemschutzisoliergeräten gearbeitet werden. Als untere Meßschwelle wurde bei der α -Aktivität 1 mBq/m³ und bei der β -Aktivität 0,65 Bq/m³ gewählt. Damit ist bei einem nach der StrlSchV angenommenen Jahresinhalationsvolumen von 2400 m³, das aber in der Praxis weit unterschritten wird, eine Alpha-Aktivität von 2,4 % und eine Beta-Aktivität von 1,6 % des Grenzwerts der Jahresaktivitätszufuhr - bezogen auf Pu-239, löslich, und Sr-90, löslich/unlöslich - nachweisbar.

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 kommen für Atemschutzfiltergeräte ein Schutzfaktor von 20, für Atemschutzisoliergeräte ein Schutzfaktor von 200 zur Anrechnung. Wenn die so bestimmten Aktivitätszufuhren den abgeleiteten Tageswert von 0,4 Bq für α -Aktivitätsgemische oder von 400 Bq für β -Aktivitätsgemische oder 10 MBq für Tritium überschreiten, werden bei den betroffenen Mitarbeitern Inkorporationsmessungen aus besonderem Anlaß durchgeführt, und es wird eine spezielle Abschätzung der Aktivitätszufuhr vorgenommen.

Aus den Meßdaten zwischen der Meßschwelle und dem Interventionswert werden arbeitsgruppenspezifisch unter Verwendung des jeweils maximalen Aktivitätskonzentrationswertes einer Raumgruppe oder eines Gebäudes und der Annahme einer achtstündigen Arbeitszeit die täglichen Aktivitätszufuhren berechnet, zu Monatswerten addiert und zu effektiven Dosen umgerechnet. Dabei wird die Aktivität des β -Strahlers Pu-241 aufgrund von langjährigen Messungen des Nuklidvektors als das 20fache der gesamten α -Aktivität angenommen. Durch die konservative Annahme, daß alle Mitarbeiter sich im Raum mit der höchsten gemessenen Aktivitätskonzentration 8 Stunden lang aufgehalten haben, sollen lokale Aktivitätsfreisetzungen, die nicht durch die stationären Sammler erfaßt werden, rechnerisch kompensiert werden. In Tab. 4/4 sind für die im KfK auf diese Weise für die verschiedenen Arbeitsgruppen bestimmten effektiven Dosen aufgeführt.

4.1.4 Überweisungen an die Medizinische Abteilung

Hier werden alle Personen erfaßt, die aus Strahlenschutzbereichen an die Medizinische Abteilung überwiesen werden. Dazu gehören Vorgänge mit Personenkontaminationen, die vor Ort nicht durch einfaches Waschen beseitigt werden können, mit Verletzungen sowie mit Inhalationsverdacht nach Überschreitung des abgeleiteten Tageswertes (s. Kap. 4.1.3). Die Anzahl der aufgeführten Personen ist gegenüber dem Vorjahr angestiegen, da infolge von Umbauarbeiten mehr Verletzungen aufgetreten sind.

Arbeitsgruppe	Effektivdosis in mSv
HDB Verbrennung	2,8
HDB Deko fest (ohne Presse)	2,0
HDB Deko flüssig	2,0
HDB Deko fest Presse	0,4
HDB Zementierung Bau 545	0,2
IHCh Chem. Prozeßentwicklung	0,2
IHCh Infrastruktur	0,2
IHCh Head End	0,0
IHCh Prozeßanalytik	0,0
IHCh Laborautomatisierung	0,0
IHCh Organische Analytik	0,0
IHCh Grundlagen	0,0
INE Bau 712	0,0
IRCh Bau 321/321a	0,0
IRCh Bau 341	0,0

Tab. 4/4: Aus Messungen der Raumlufaktivität berechnete Effektivdosen im Jahr 1991

4.2 Summendosen durch externe Exposition

H. Dilger

Aus den Meßwerten der Taschenionisationskammern wurden die Summendosen und die mittleren Individualdosen der exponierten Personen für das Berichtsjahr in den verschiedenen Institutionen zusammengestellt. Diese Werte enthalten auch die Dosen der Fremdfirmenangehörigen. In Tab. 4/5 sind alle Institutionen mit Summendosen größer 10 mSv in der Reihenfolge fallender Summendosen aufgeführt. Insgesamt beträgt die Summendosis im Kernforschungszentrum 820 mSv (Vorjahr 960). Diese Reduktion ist vor allem auf eine Abnahme der Summendosis im Zyklotron, bei HS/S und den sonstigen Institutionen zurückzuführen, die die Zunahme bei der HDB überwiegen. Die Auswertungen zeigen, daß von allen überwachten Personen nur 1 094 Personen eine Dosis ab der monatlichen Erkennungsgrenze von 0,1 mSv erhalten haben. Diese Personen sind in Spalte 3 aufgeführt. Die höchsten mittleren Individualdosen erhielten die exponierten Personen von HZY mit 1,6 mSv.

Institution	Summendosen in mSv	Anzahl der Personen mit einer Dosis >0,1mSv	mittlere Individualdosis in mSv der Personen mit einer Dosis >0,1mSv
HDB	420 (382)	485 (378)	0,9 (1,0)
HZY	155 (218)	96 (73)	1,6 (3,0)
HBT	43 (63)	109 (144)	0,4 (0,4)
IHCh	39 (55)	50 (58)	0,7 (1,0)
HS-Ü	39 (41)	52 (51)	0,8 (0,8)
HVT-HZ	36 (55)	61 (77)	0,6 (0,7)
IRCh	17 (13)	20 (21)	0,9 (0,6)
HS-S	13 (45)	46 (133)	0,3 (0,3)
INE	12 (10)	45 (25)	0,3 (0,4)
HIT	10 (18)	30 (56)	0,3 (0,3)
alle übrigen	36 (60)	100 (153)	0,4 (0,6)
KfK Gesamt	820 (960)	1094 (1169)	0,7 (0,8)

Tab. 4/5: Mit Taschenionisationskammern gemessene Summen- und mittlere Individualdosen in den Institutionen der KfK einschließlich der Dosen von Fremdfirmenangehörigen im Jahr 1991, Vorjahreswerte in Klammern.

4.3 Strahlenschutzmeßlabor

D. Beier, K. Schuhmacher

Im Berichtszeitraum wurden im Strahlenschutzmeßlabor 39 800 Raumluftfilter mittels Alpha-Beta-Pseudokoinzidenzanlagen auf künstliche α - und β -Aktivität ausgemessen. Die gefundenen Luftstaubaktivitäten sind in Tab. 4/6 nach Raumluftkonzentrationen aufgegliedert. Die Werte 1 mBq/m^3 für α -Strahler bzw. $0,65 \text{ Bq/m}^3$ für β -Strahler sind die unteren Meßschwellen. Die Werte $0,04 \text{ Bq/m}^3$ für α -Strahler bzw. 40 Bq/m^3 für β -Strahler werden von den Grenzwerten der Jahresaktivitätszufuhr über Luft für Personen der Kategorie A abgeleitet (vgl. Kap. 4.1). Ein weiterer Grenzwert ist für α -Strahler $0,8 \text{ Bq/m}^3$ bzw. für β -Strahler 800 Bq/m^3 (20fache der abgeleiteten Werte), oberhalb dessen Atemschutzisolergeräte getragen werden müssen.

Aktivität	Aktivitätsgrenzen in Bq/m ³	Anzahl der Filter	Anteil an der Gesamtzahl in %
α-Aktivität	A > 0,8	71	0,18
	0,8 ≥ A > 0,04	262	0,66
	0,04 ≥ A ≥ 0,001	3 990	10,02
	A < 0,001	35 477	89,14
β-Aktivität	A > 800	0	0,00
	800 ≥ A > 40	16	0,04
	40 ≥ A ≥ 0,65	125	0,31
	A < 0,65	39 659	99,65

Tab. 4/6: Häufigkeitsverteilung der Aerosolaktivitätskonzentration in der Raumluft

Mittels α-Spektroskopie wurden 44 Proben untersucht. Davon entfielen 39 Proben auf Wischtests und drei Proben auf Luftfilter. Die identifizierten Nuklide sind in Tab. 4/7 aufgeführt. Mittels γ-Spektroskopie wurden im Strahlenschutzmeßlabor 1255 Proben quantitativ und qualitativ untersucht. Davon entfielen auf Kohlefilter 862, auf Luftfilter fünf, auf Wischtests 19, auf kontaminierte bzw. aktivierte Gegenstände 218 und auf Dichtheitsprüfungen 151 Proben. Die identifizierten Nuklide sind in Tab. 4/8 aufgeführt. Für viele Einzelproben mit unüblichen Meßgeometrien war der zeitliche Aufwand für die γ-Spektroskopie sehr hoch.

Vom Strahlenschutzmeßlabor werden außer den bereits aufgeführten Messungen auch die Neu- und Ersatzbeschaffung für HS-Ü durchgeführt. Das waren im Berichtszeitraum 114 Beschaffungsanforderungen. Darunter fielen elf Dosisleistungsmeßgeräte, zehn fahrbare Luftstaubsammler, acht Rechner mit Drucker, sieben Kontaminationsmeßgeräte, zwei Aerosolmonitoren, zwei Meßkanäle, ein Zehnfach-Probenwechsler, eine Bleiburg mit Probenwechslersteuerung, ein Flüssigszintillationszähler und Präparate für wiederkehrende Prüfungen der Meßgeräte. Besondere Aufmerksamkeit erfordert die Verfolgung von Reparaturaufträgen.

Nuklid	Be- schleu- niger	Einrich- tungen mit höherem Akti- vitäts- inventar	Einrich- tungen mit nied- rigerem Akti- vitäts- inventar	HDB	Sonstige Institu- tionen	Fremde Institu- tionen	Summe
Am-241 + Pu-238	-	12	-	19	5	1	37
Pu-239 + Pu-240	-	12	-	18	5	1	36
Cm-243 + Cm-244	-	5	-	6	2	1	14
U _{nat}	-	1	-	-	1	-	2
U _{abg}	-	-	1	-	-	-	1
Cm-242 + Cf-252	-	-	-	1	-	-	1

Tab. 4/7: Durch α-Spektroskopie identifizierte Radionuklide, sortiert nach fallender Häufigkeit

Nuklid	Beschleuniger	Einrichtungen mit höherem Aktivitätsinventar	Einrichtungen mit niedrigerem Aktivitätsinventar	HDB	Sonstige Institutionen	Fremde Institutionen	Summe
I-123	138	-	-	-	-	-	138
Cs-137 + Ba-137m	4	17	5	23	-	44	93
Co-60	4	7	4	21	2	31	69
I-131	-	7	42	2	-	-	51
Am-241	-	8	-	18	-	6	32
F-18	25	-	-	-	-	-	25
Cs-134	1	2	1	7	-	6	17
Mn-54	5	2	-	3	2	-	12
Ra-226 + Folgepr.	-	6	-	1	-	4	11
I-129	-	-	-	10	-	-	10
U _{nat}	-	3	-	-	-	6	9
I-125	-	-	-	8	-	-	8
Hg-203	-	-	-	8	-	-	8
Ag-110m	1	-	-	6	-	-	7
Te-121	4	-	-	-	-	-	4
Eu-152	-	-	-	1	-	3	4
Th + Folgepr.	-	2	-	1	-	1	4
Zn-65	2	1	-	-	-	-	3
Se-75	-	-	-	3	-	-	3
Te-123m	-	-	-	3	-	-	3
U _{abg}	-	-	1	-	-	2	3
U _{ang}	-	-	1	2	-	-	3
Na-22	1	-	-	1	-	-	2
Co-56	2	-	-	-	-	-	2
Mo-99 + Tc-99m	-	-	-	-	-	2	2
Ru-106 + Rh-106	-	-	-	2	-	-	2
Sb-125 + Te-125m	-	-	-	2	-	-	2
La-137	2	-	-	-	-	-	2
U + Folgepr.	-	2	-	-	-	-	2
Be-7	1	-	-	-	-	-	1
Sc-46	1	-	-	-	-	-	1
Cr-51	1	-	-	-	-	-	1
Co-58	1	-	-	-	-	-	1
Tc-95m	1	-	-	-	-	-	1
Tc-96	1	-	-	-	-	-	1
Ag-106m	-	-	-	1	-	-	1
Cd-109	1	-	-	-	-	-	1
Xe-133	-	1	-	-	-	-	1
Ce-144 + Pr-144	-	-	-	1	-	-	1
Eu-154	-	-	-	1	-	-	1
Eu-155	-	-	-	1	-	-	1
Ta-182	-	1	-	-	-	-	1

Tab. 4/8: Durch γ -Spektroskopie identifizierte Radionuklide, sortiert nach fallender Häufigkeit

4.4 Transporte radioaktiver Stoffe

H.-U. Berger

Neben seinen sonstigen Aufgaben hat der Verfasser die Verpflichtung, als Strahlenschutzbeauftragter des Fahrdienstes die ordnungsgemäße Durchführung der Transporte radioaktiver Stoffe auf öffentlichen Straßen zu überwachen, sofern dabei Beförderungsgenehmigungen des KfK GmbH in Anspruch genommen werden oder der Fahrdienst die Transporte durchführt. Das gleiche gilt für die vom Fahrdienst auf Werksstraßen des Kernforschungszentrums durchgeführten Transporte radioaktiver Stoffe. Ergänzend zu diesen auch bisher schon bestehenden Verpflichtungen wurde der Verfasser im Dezember 1990 für die Abteilungen HPS/FD und HS/Ü zum Gefahrgutbeauftragten ernannt.

Bei der Durchführung dieser Aufgaben wurden im Rahmen der vorgeschriebenen Buchführung über die durchgeführten Transporte 83 Beförderungspapiere nach Rn 2002 GGVS und neun Begleitpapiere nach der internen Transportordnung durchgesehen. Die Zahl der Beförderungen nach GGVS dürfte etwas angestiegen sein, obwohl der Vergleich der Zahlen mit denen des Vorjahres das Gegenteil vortäuscht. Im Frühjahr 1990 wurde die Transportdokumentation für die Beförderung nach Blatt 1 GGVS durch LAF II in der Form geändert, daß nicht mehr für jedes Versandstück ein eigenes Beförderungspapier ausgestellt wird, sondern daß für alle bei einem Transport beförderten Versandstücke nach Blatt 1 nur noch ein einziges gemeinsames Beförderungspapier ausgestellt wird. Masse und Aktivitätsinventar der einzelnen Versandstücke sind jeweils in einer Anlage zum Beförderungspapier aufgeführt. Vergleicht man nicht die Zahl der Beförderungspapiere, sondern die der Versandstücke, so wurden 1991 204 Versandstücke mit radioaktivem Inhalt auf öffentlichen Straßen befördert. Die Zunahme ist darauf zurückzuführen, daß ein größerer Teil der bei Iodfilter-Prüfungen benutzten Hilfsvorrichtungen und Geräte als kontaminiert eingestuft wird als früher und demgemäß nach GGVS befördert werden muß.

Wegen unvollständiger oder unklarer Angaben in den Begleitpapieren waren in einigen Fällen Rückfragen erforderlich. Für das Fahrpersonal wurden zwei Strahlenschutzbelehrungen durchgeführt. Die 86 (1990: 101) auf öffentlichen Straßen durchgeführten Transporte radioaktiver Stoffe sind in Tab. 4/9 nach Aktivitätsinventar aufgegliedert. Es handelte sich überwiegend um Transporte, die zum Zwecke der Prüfung von Iodfilteranlagen in Kernkraftwerken erfolgten (Beförderung von I-131 als Methyljodid in Form von Prüfgas, beladenen Meßadsorbern und kontaminierten Geräten). Die neun (1990: 55) auf Werksstraßen durchgeführten Transporte sind in Tab. 4/10 nach Aktivitätsinventar aufgegliedert. Der Rückgang dieser internen Transporte ist auf die Stilllegung der WAK zurückzuführen, es handelte sich überwiegend um Proben Transporte von der WAK zu TU im Auftrag der EURATOM-Inspektoren. In 32 (1990: 24) Fällen wurden für innerbetriebliche R2-Transporte im Sinne der Internen Transportordnung flankierende Maßnahmen und für eine Reihe von im wesentlichen gleichartigen innerbetrieblichen Transporten die Transportmodalitäten festgelegt.

An der Landespolizeischule wurden zwei Vortragsreihen durchgeführt. Diese Vortragsreihen dienen der Einführung der Gefahrgutkontrolltrupps der Polizei in die Probleme beim Transport radioaktiver Stoffe.

Auch 1991 erforderte die Umsetzung der mit der 2. und 3. Änderungsverordnung zur GGVS eingetretenen Änderungen der Rechtslage erheblichen Zeitaufwand. Bei der Aktualisierung des KfK-Berichtes 4218 "Hinweise für die Festlegung der Transportmodalitäten für den Transport radioaktiver Stoffe auf öffentlichen Straßen" zeigte sich, daß wegen der geänderten Blatt-Struktur, vor allem aber wegen der feineren Unterteilung der Verpackungstypen der überwiegende Teil des Berichts neu formuliert werden mußte. Die Neufassung liegt jetzt in einer Rohfassung vor, die Überarbeitung der zugehörigen Broschüren mit Detailhinweisen steht noch aus. Die Interne Transportordnung des KfK GmbH wurde der geänderten GGVS angepaßt, muß aber noch mit der Aufsichtsbehörde in der geänderten Fassung abgestimmt werden. Die Aufmerksamkeit der hauptsächlichen Versendern radioaktiver Fracht auf die Einrichtung eines formalisierten Qualitätssicherungsprogramms wurde geweckt.

Transporte mit Aktivitätsinventar A in GBq			
A < 0,4 und Leerbehälter	0,4 ≤ A < 40	40 ≤ A < 4000	A ≥ 4000
82 (89)	4 (11)	0 (1)	0 (0)

Tab. 4/9: Aktivitätsinventar der unter KfK-Verantwortung auf öffentlichen Wegen durchgeführten Transporte radioaktiver Stoffe. Die Vorjahreszahlen sind in Klammern angegeben.

Transporte mit Aktivitätsinventar A in GBq				
A < 0,4	0,4 ≤ A < 40	40 ≤ A < 4000	A ≥ 4000	ohne Aktivitäts- angabe
3 (16)	2 (24)	4 (14)	0 (1)	0 (0)

Tab. 4/10: Aktivitätsinventar der innerhalb des eingezäunten KfK-Geländes durchgeführten Transporte radioaktiver Stoffe. Die Vorjahreszahlen sind in Klammern angegeben.

4.5 Programmpflege und -neuentwicklung

D. Beier, G. Nagel, F. Stelzig

Im Berichtszeitraum wurden zwei Dateien neu aufgebaut und die dazugehörigen Programme erstellt. Für die vorhandenen Dateien wurden einige Programme nach Wünschen der Anwender weiter verbessert.

- **Strahlenpaßdatei**
Zur Erfassung aller im Kontrollbereich tätigen Fremdfirmenangehörigen wurde eine zentrale Stelle eingerichtet. Zur Verwaltung der Strahlenpässe und zur Verfolgung der Strahlenschutzbelehrungstermine sowie der Termine für die ärztliche Untersuchung wurde eine Datei "STRPASS" eingerichtet und die dazugehörigen Programme erstellt.
- **Oberflächen-Kontaminationsdatei**
Zur Erfassung aller grenzwertüberschreitenden Kontaminationen wurde eine Datei "OBKO" eingerichtet. An Programmen wurden dazu die Routinen Eingabe und Monatsbericht erstellt.
- **Gerätedatei**
Die Gerätedatei wurde auf Netzbetrieb umgestellt, so daß Änderungen im Datensatz jetzt aktuell in den HS/Ü-Bereichen vorliegen.

- Aerosol-Raumluftaktivitätsdatei
Zur Berechnung der Inhalationsdosis von einzelnen Personen bei Überschreitung der Raumluftaktivitätskonzentrationen von 0,04 Bq/m³ für α -, bzw. von 40 Bq/m³ für β -Strahler ohne Überschreitung des Tageswertes wurde die Datei "LUIN" mit den dazugehörigen Bearbeitungs- und Berechnungsprogrammen erstellt.
- Programm für die Wischtestmeßplätze mit Probenwechsler
Die Programme für die automatische Auswertung der Meßergebnisse sowie für die Steuerung der Probenwechsler mußten die Programme für neue Rechner umgeschrieben werden. Als neue Programmiersprache wurde Quick Basic gewählt.

4.6 Freimeßanlage für radioaktive Reststoffe

A. Reichert

Gemäß Genehmigung K 95/83 ist es der HDB erlaubt, dekontaminierte Geräte, Anlagenteile und sonstige Komponenten (Reststoffe) zur uneingeschränkten Wiederverwertung abzugeben, wenn durch repräsentative Aktivitätsmessung sichergestellt ist, daß die folgenden Grenzwerte eingehalten sind:

- spezifische Aktivität < 0,5 Bq/g
- nicht festhaftende Kontamination an der Oberfläche < 0,05 Bq/cm² für α -Strahler und < 0,5 Bq/cm² für β -Strahler
- Dosisleistung in 10 cm Abstand von der berührbaren Oberfläche < 1 μ Sv/h.

Um große Mengen dieser anfallenden Reststoffe, bedingt durch die Stilllegung von kerntechnischen Anlagen, auf die Einhaltung dieser Grenzwerte zu überprüfen, wurde bei HDB eine Freimeßanlage der Firma Herfurth (H 13630) installiert. Der mechanische Aufbau der Freimeßanlage besteht im wesentlichen aus der tunnelförmigen Meßkammer, in welcher die Plastik-Szintillationsdetektoren sowie die Xenon-Proportionaldetektoren angeordnet sind, der Fördereinrichtung zum Transport des Meßgutes (inkl. Waage) und des Elektronikschrankes mit Rechereinheit, Waagenanzeige und Monitor mit Tastatur. Die tunnelförmige Meßkammer ist an den Außenseiten mit 30 mm Blei abgeschirmt, die Innenseite ist mit Edelstahl ausgekleidet. Hinter den Aussparungen befinden sich die Detektoren, bestehend aus vier Gamma-Plastik-Szintillationsdetektoren und 12 Xenonproportionalzählern (24 Detektoren in 12 Doppelzählern). Die Meßkammer besitzt eine lichte Innenabmessung von 2 m x 1 m x 1 m, die Stirnseiten sind offen. Die Meßkammer und die Fördereinrichtung sind so ausgelegt, daß zur Aufnahme des Meßgutes Euro-Paletten verwendet werden können.

Zur Bestimmung der β/γ -Aktivität werden die vier Gamma-Plastik-Szintillationsdetektoren verwendet, welche an den Innenflächen der Meßkammer (links, rechts, oben, unten) angeordnet sind. Diese Detektoren besitzen ein aktives Meßvolumen von 0,04 m³ je Detektor. Die Bestimmung der α -Aktivität erfolgt mittels der Xenonproportionalzähler. Hierzu sind je Gamma-Plastik-Szintillationsdetektor vier Xenonproportionalzähler vorgelagert, mit Ausnahme des Detektors an der Meßkammerunterseite. Die effektive Fensterfläche eines Xenonproportionalzählers (Doppelzähler) beträgt 1000 cm². Die Aktivitätsbestimmung erfolgt durch die Messung der 60 keV γ -Strahlung des Am-241. Aufgrund der so errechneten Am 241-Aktivität wird mittels des Nuklidvektors die Gesamtalphabetaktivität berechnet. Zur Überwachung des Dosisleistungsgrenzwertes befindet sich an der Unterseite der Meßkammer ein GM-Zählrohr in 10 cm Abstand von der Meßgutoberfläche.

Im Rahmen der Inbetriebnahme wurde der Wirkungsgrad (η_{int}) der Gamma-Plastik-Szintillationsdetektoren, sowie der Xenonproportionalzähler für verschiedene Radionuklide und unterschiedliche Geometrien bestimmt, die Werte sind in Tab. 4/11 dargestellt.

Präparat	Co-60 Abschirmung		Cs-137 Abschirmung		Am-241 Abschirmung
	Luft	20 mm St. 1)	Luft	20 mm St. 1)	Luft
Präparat Meßkammermitte	19,8 %	13,8 %	8,9 %	5,7 %	1,6 %
Präparat Oberfläche Meßgut 2)	-	-	-	-	5,3 %

1) Stahlwürfel mit 20 mm Wandstärke

2) Flächenstrahler an der Außenseite des Rungengestells, entspricht Meßgutoberfläche

Tab. 4/11: Integrale Meßkammerempfindlichkeit für ausgewählte Nuklide

Die angegebenen Wirkungsgrade η_{int} sind Integralwerte über alle Detektoren einer Gruppe (integrale Meßkammerempfindlichkeit). Zur Bestimmung der Wirkungsgrade wurden Punktstrahler (Co-60, Cs-137, Am-241) und ein Flächenstrahler (Am-241) verwendet. Die Nachweisgrenzen für die oben aufgeführten Meßbedingungen sind in Tab. 4/12 dargestellt. Die Nachweisgrenze wurde in Anlehnung an DIN 25482 T1 berechnet:

$$\text{NWG} = (k_{1-\alpha} + k_{1-\beta}) \cdot [R_0 (1/t_0 + 1/t_b)]^{-1/2} \cdot \eta_{\text{int}}^{-1}$$

mit $k_{1-\alpha} = 1.65$ (Fehler 1. Ordnung 5 %)
 $k_{1-\beta} = 1.65$ (Fehler 2. Ordnung 5 %)
 $t_0 = 400 \text{ s}$
 $t_b = 60 \text{ s}$
 $R_0 = 6500 \text{ s}^{-1}$ (Gamma-Plastik)
 $R_0 = 450 \text{ s}^{-1}$ (Xenon)
 $\eta_{\text{int}} = \text{integrale Meßkammerempfindlichkeit}$

Präparat	Co-60 Abschirmung		Cs-137 Abschirmung		Am-241 Abschirmung
	Luft	20 mm St. 1)	Luft	20 mm St. 1)	Luft
Präparat Meßkammermitte	$1,9 \cdot 10^2 \text{ Bq}$	$2,7 \cdot 10^2 \text{ Bq}$	$4,1 \cdot 10^2 \text{ Bq}$	$6,5 \cdot 10^2 \text{ Bq}$	$6,0 \cdot 10^2 \text{ Bq}$
Präparat Oberfläche Meßgut 2)	-	-	-	-	$1,9 \cdot 10^2 \text{ Bq}$

1) Stahlwürfel mit 20 mm Wandstärke

2) Flächenstrahler an der Außenseite des Rungengestells, entspricht Meßgutoberfläche

Tab. 4/12: Nachweisgrenzen der Meßkammer für ausgewählte Nuklide

Zur Ermittlung des Nulleffekts für eine Detektorgruppe wurden die Einzelnulleffekte der in den Gruppen zusammengeschlossenen Detektoren aufsummiert. Die Dosisleistung im Meßraum in Geb. 571 betrug zum Zeitpunkt der Messungen 0,1 $\mu\text{Sv/h}$.

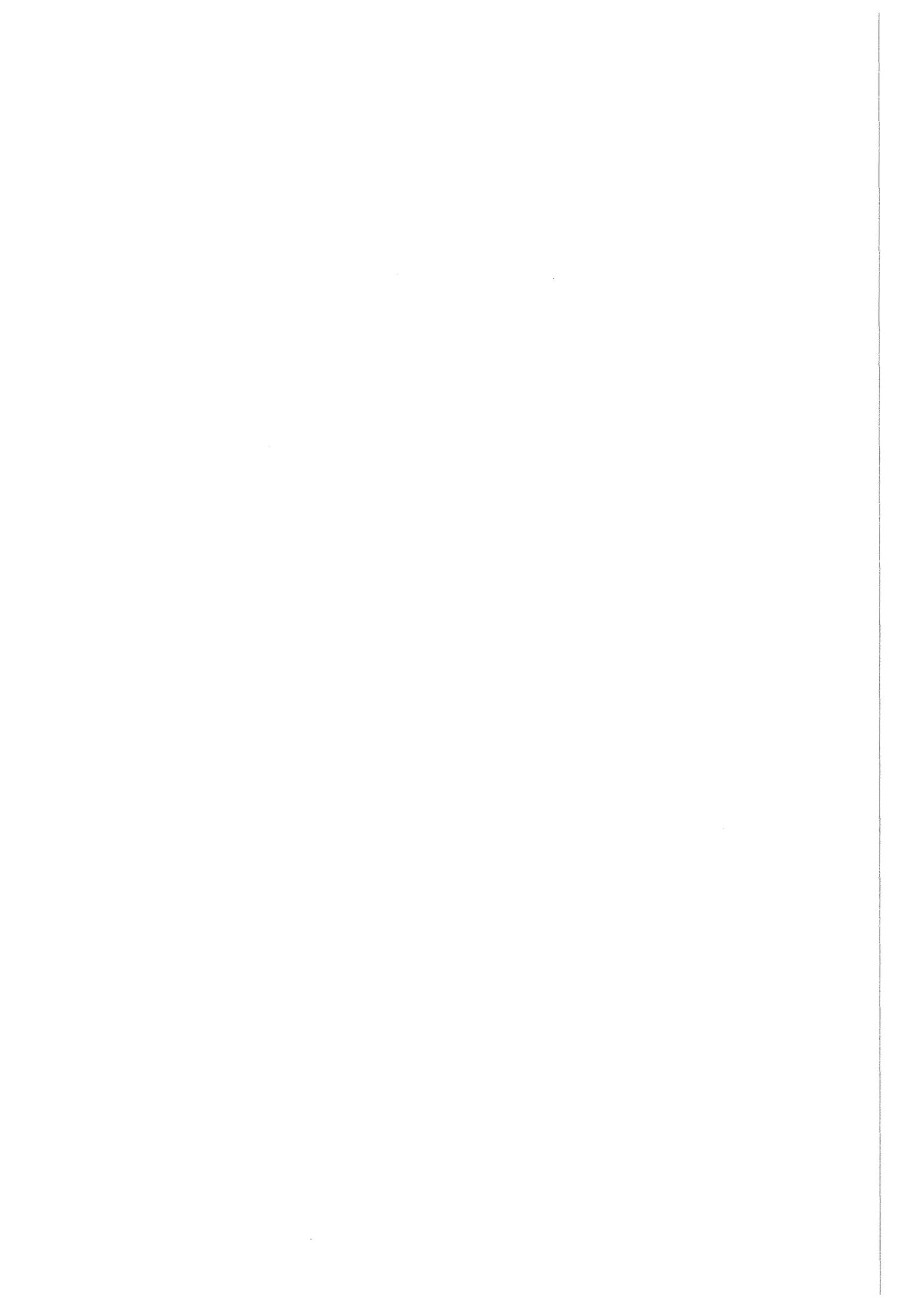
4.7 Dichtheitsprüfungen

H. Dilger

Im Berichtsjahr 1991 hat die Abteilung Dichtheitsprüfungen an umschlossenen Strahlern, die sich im Besitz des KfK GmbH befinden, durchgeführt. Die Prüfungen erfolgen für sonstige radioaktive Stoffe bis zum $1 \cdot 10^{10}$ fachen der Freigrenzen im Rahmen einer atomrechtlichen Genehmigung der Hauptabteilung Sicherheit, für Kernbrennstoffe im Rahmen der atomrechtlichen Genehmigungen der entsprechenden Institution und einer Bestätigung des UM, daß HS eine anerkannte Prüfstelle gemäß § 75 StrlSchV ist. Als Prüfgrundlage dient die DIN 25 426 T4. Danach müssen alle umschlossenen Strahler oberhalb dem 100fachen der Freigrenze jährlich einer Dichtheitsprüfung unterzogen werden. Für Strahler, die geschützt in Apparaturen eingebaut, nur gelagert oder besonders stabil gebaut sind, können Verlängerungen der Prüf Fristen bei der Aufsichtsbehörde verlangt werden. Hierzu ist ein entsprechendes Gutachten der PTB erforderlich. Als Prüfverfahren werden für β -Strahler die Wischprüfung, für α -, n- und niederenergetische β -Strahler die Tauchprüfung angewandt. Die Auswertung von Wischproben geschieht im Proportionalzähler. Die Flüssigkeitsproben werden entweder γ -spektrometrisch oder durch Flüssig-Szintillationsmeßtechnik ausgewertet. Der Strahler gilt als dicht, wenn die abgewischte oder gelöste Aktivität ≤ 200 Bq ist. Kann die Wischprüfung nur an einer Ersatzfläche durchgeführt werden, so gilt der Strahler nur dann als dicht, wenn die abgewischte Aktivität ≤ 20 Bq ist. Die Anzahl der geprüften Strahler ist in Tab. 4/13 nach Nuklid und Institution sortiert aufgeführt. Im Berichtsjahr wurde kein undichter Strahler gefunden.

	Am-241	Cs-137	Sr-90	Ra-226	Co-60	Cf-252	Np-237	Fe-55	Pu-238	Kernbr./ Spaltpr.	Co-57	Sm-151	Tl-204	Cd-109	Pm-147	Po-210	Ges.
HS-D	5	13	11		2	2							1		1		35
LIT	12	2			1				3								18
INR	4			5		3	3			2							17
IHCh	6	4	1				1					1					13
IKI	5		1					3			1					1	11
IK III	6			1							1						8
IGT			2	1	2												5
IRE	1		3	1													5
HS-Ü		2															2
HBT-QS								1						1			2
HZY			1	1													2
IRCh			1														1
HVT-HZ		1															1
LAFI	1																1
FTU	1																1
KfK	41	22	20	9	5	5	4	4	3	2	2	1	1	1	1	1	122

Tab. 4/13: Anzahl der im Jahr 1991 durchgeführten Dichtheitsprüfungen an umschlossenen Strahlern



5 Umweltschutz

M. Winter

Die Aufgaben der Abteilung „Umweltschutz“ (HS/US) umfassen die Überwachung der Emissionen radioaktiver Stoffe mit Abluft und Abwasser aus den kerntechnischen Einrichtungen und Instituten des Kernforschungszentrums Karlsruhe und die Überwachung der Immissionen in seiner Umgebung. Überwachungsziel ist der auf Messungen und begleitende Berechnungen gestützte Nachweis der Einhaltung der durch die Strahlenschutzverordnung vorgegebenen Grenzwerte und darüber hinausgehender Auflagen der atomrechtlichen Aufsichtsbehörde.

Die von den Emittenten des Kernforschungszentrums geplanten Ableitungen radioaktiver Stoffe in die Atmosphäre werden von HS/US koordiniert. Dies geschieht durch die jährliche Erstellung eines Abluftplanes, in dem die von den verschiedenen Emittenten, entsprechend ihrer Zweckbestimmung und ihren Forschungsaufgaben beantragten Planungswerte nach Möglichkeit berücksichtigt werden. Dieser Abluftplan ist dem Ministerium für Umwelt Baden-Württemberg jährlich im voraus zusammen mit einer Prognoserechnung für die sich aus den Antragswerten maximal ergebende Strahlendosis für die Bevölkerung zur Genehmigung vorzulegen. Zur Kontrolle der Einhaltung der Bestimmungen des Abluftplanes und zur Bilanzierung der abgeleiteten Radioaktivität werden alle im Bereich des KfK GmbH anfallenden Proben bei HS/US gemessen. Struktur, Umfang und Ergebnisse der routinemäßigen Abluftüberwachung sowie die Ergebnisse der Dosisberechnungen für die Umgebung des KfK auf der Grundlage der bilanzierten radioaktiven Ableitungen werden in Kap. 5.1 dargestellt.

Die Überwachung des Radioaktivitätsgehaltes aller im KfK anfallenden Abwässer erfolgt zentral durch HS/US. Die Radioaktivitätskonzentrationen der von der Hauptabteilung Dekontaminationsbetriebe aus den einzelnen Abwassersammelstationen gezogenen Abwasserproben werden bei HS/US gemessen. Durch Vergleich der Meßergebnisse mit genehmigten Werten wird in jedem Einzelfall über das Erfordernis einer Dekontamination der Abwässer entschieden. Die Bilanzierung der mit dem Abwasser insgesamt in den Vorfluter abgeleiteten Radioaktivität erfolgt anhand der Meßergebnisse für mengenproportionale Mischproben aus den Endbecken der Kläranlage. Über den Umfang und die Ergebnisse der routinemäßigen Abwasserüberwachung und eine Abschätzung der Strahlenexposition an den ungünstigsten Einwirkungsstellen der mit dem Abwasser abgeleiteten radioaktiven Stoffe in der Umgebung des KfK wird in Kap. 5.2 berichtet.

Das Umgebungsüberwachungsprogramm umfaßt sowohl die Messung der äußeren Strahlung mit Hilfe von Festkörperdosimetern und Dosisleistungs-Meßstationen als auch die Bestimmung des Radioaktivitätsgehaltes von Probenmaterialien aus verschiedenen Umweltmedien wie Luft, Niederschlag, Boden und Bewuchs, landwirtschaftliche Produkte, Fisch, Sediment, Oberflächenwasser, Grund- und Trinkwasser. Eine zusammenfassende Darstellung des Programms und der Ergebnisse der Umgebungsüberwachung wird in Kap. 5.3 gegeben. Kontrollierende und ergänzende Messungen in der Umgebung des KfK werden von der Landesanstalt für Umweltschutz durchgeführt.

Der Umfang der zur Erfüllung der Aufgaben der Abteilung erforderlichen spektroskopischen und radiochemischen Arbeiten wird in Kap. 5.4 dargestellt.

Ausführliche Berichte über die Ergebnisse der Abluft-, Abwasser- und Umgebungsüberwachung werden dem Ministerium für Umwelt Baden-Württemberg vierteljährlich übersandt. Die erforderliche Qualitätskontrolle der eingesetzten Meßverfahren und der mit ihnen erzielten Ergebnisse wird durch die regelmäßige Teilnahme an Ringversuchen gewährleistet, die von den Leitstellen des Bundes zur Überwachung der Umweltradioaktivität organisiert werden. Zur Kontrolle der Eigenüberwachung der Emissionen des KfK führen amtliche Meßstellen Vergleichsanalysen mit angeforderten Stichproben durch.

5.1 Fortluftüberwachung

A. Wicke

Im Rahmen der Überwachungsaufgaben der Abteilung Umweltschutz sind entsprechend den aktualisierten „Grundsätzen für die Ableitung radioaktiver Stoffe mit der Fortluft aus dem KfK (Stand: November 1990)“ die Aktivitätsabgaben der einzelnen Emittenten zu kontrollieren und zu bilanzieren. Als Grundlage für diese Aufgabe wird für jedes Jahr im voraus ein „Abluftplan“ erstellt, der dem Ministerium für Umwelt Baden-Württemberg (UM) zur Genehmigung vorzulegen ist. Dieser Abluftplan enthält für die einzelnen Emittenten des KfK die höchstzulässigen Jahresabgaben, aufgeschlüsselt nach Radionukliden und Radionuklidgruppen. Die jeweiligen Werte sind so festgelegt, daß die daraus errechnete Strahlenexposition der Bevölkerung in der Umgebung des KfK die in § 45 Strahlenschutzverordnung vorgeschriebenen Dosisgrenzwerte in jedem Fall deutlich unterschreitet.

Im Abluftplan und bei der Bilanzierung der radioaktiven Ableitungen werden die folgenden sieben Nuklidgruppen und die Einzelnuklide H-3 und C-14 unterschieden:

A _{AK}	Aerosole mit kurzlebiger α -Aktivität (Halbwertszeit kleiner als 8 Tage)
A _{AL}	Aerosole mit langlebiger α -Aktivität (Halbwertszeit größer als 8 Tage)
A _{BK}	Aerosole mit kurzlebiger β -Aktivität (Halbwertszeit kleiner als 8 Tage)
A _{BL}	Aerosole mit langlebiger β -Aktivität (Halbwertszeit größer als 8 Tage)
E	Radioaktive Edelgase
G _K	Kurzlebige radioaktive Aktivierungsgase
I	Radioaktives Iod: elementares, organisches und aerosolförmiges Iod als I-131-Äquivalent
H-3	Tritium
C-14	Radioaktiver Kohlenstoff

Die Einführung von Nuklidgruppen bedeutet keinen Verzicht auf die Bilanzierung der Ableitungen von einzelnen Radionukliden. Sie ist jedoch bei verschiedenen Emittenten des KfK notwendig, da bei diesen einerseits die Nuklidzusammensetzungen in den Ableitungen nicht vorhergesagt werden können, andererseits aber doch höchstzulässige Ableitungen vorgegeben werden müssen. Die für die Messung, die Bilanzierung und die Dosisberechnung erforderlichen Definitionen der Nuklidgruppen werden in Kap. 5.1.3 näher erläutert.

Von den insgesamt 40 Emittenten (vgl. Lageplan Abb. 5/1) gehören 36 zum KfK GmbH. Die Ableitungen werden in Zusammenarbeit mit den Mitarbeitern der HS-Abteilung „Strahlenschutzüberwachung“ (HS/Ü) ermittelt. Dabei werden die zur Bilanzierung benutzten Filter, Iodkohlepatronen, C-14- und Tritiumsammler durch HS/Ü-Personal gewechselt und HS/US zur Auswertung zugeleitet (s. Abb. 5/2). Die Ergebnisse der Edelgasmeßstellen werden vor Ort registriert und HS/US übermittelt. Wartung, Reparatur und Kalibrierung der für die Fortluftüberwachung eingesetzten Geräte werden durch eine Arbeitsgruppe der HS-Abteilung „Dosimetrie“ durchgeführt. Die Koordinierungsstelle bei HS/US veranlaßt, daß die Fortluftmeßstellen entsprechend den Forderungen der zuständigen Behörde nach dem Stand von Wissenschaft und Technik nachgerüstet werden. Im Berichtszeitraum wurde u.a. die Fortluftmeßstelle HZY-KAZ mit isokinetischer Probenahme und neuen Meß- und Sammeleinrichtungen ausgestattet. Außerdem wurden bei allen Fortluftmeßstellen die alten Sammelpatronen für H-3, C-14 und Iod durch neue aus Edelstahl ersetzt.

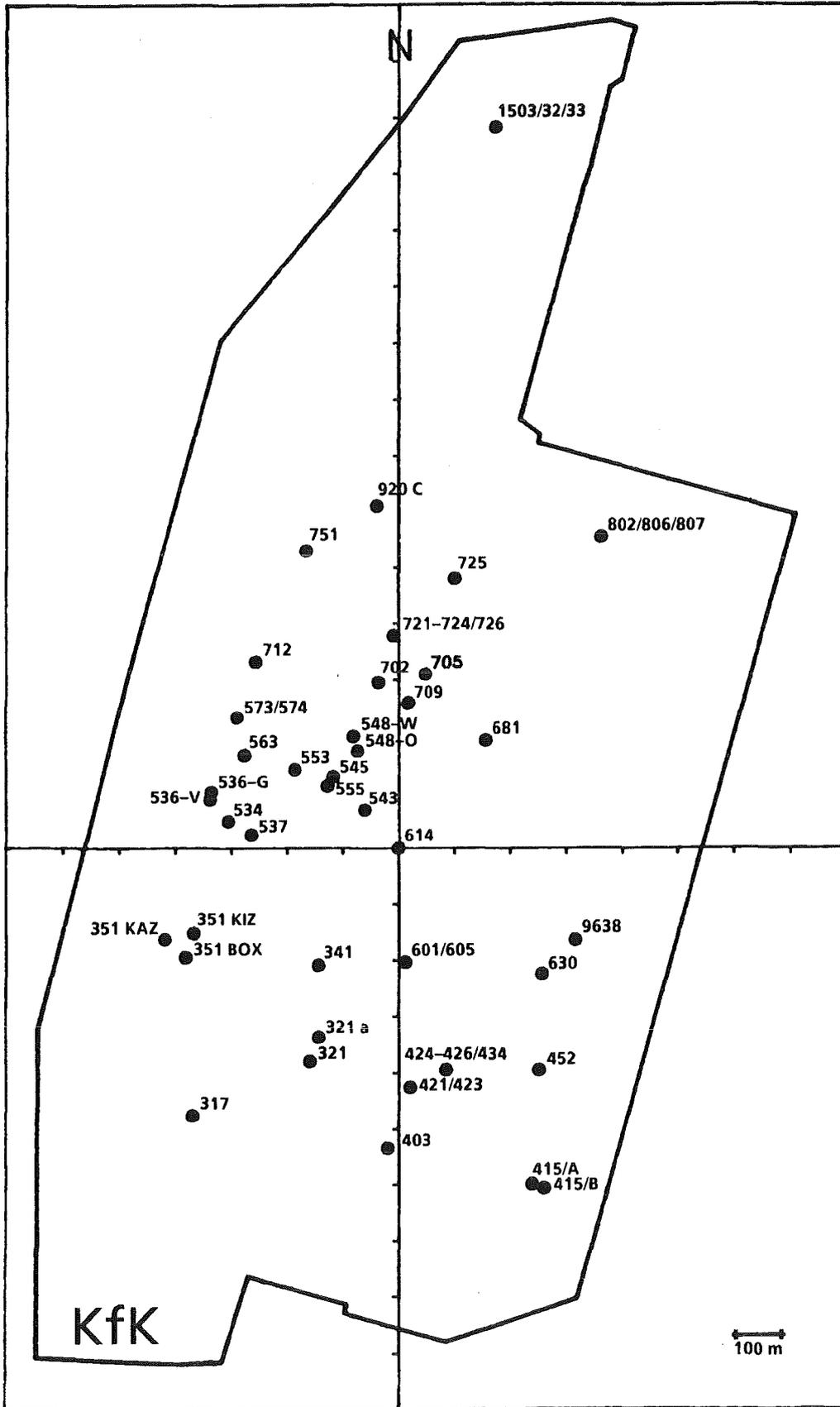


Abb. 5/1: Lageplan der Emittenten des KfK mit Angabe der Gebäudenummern

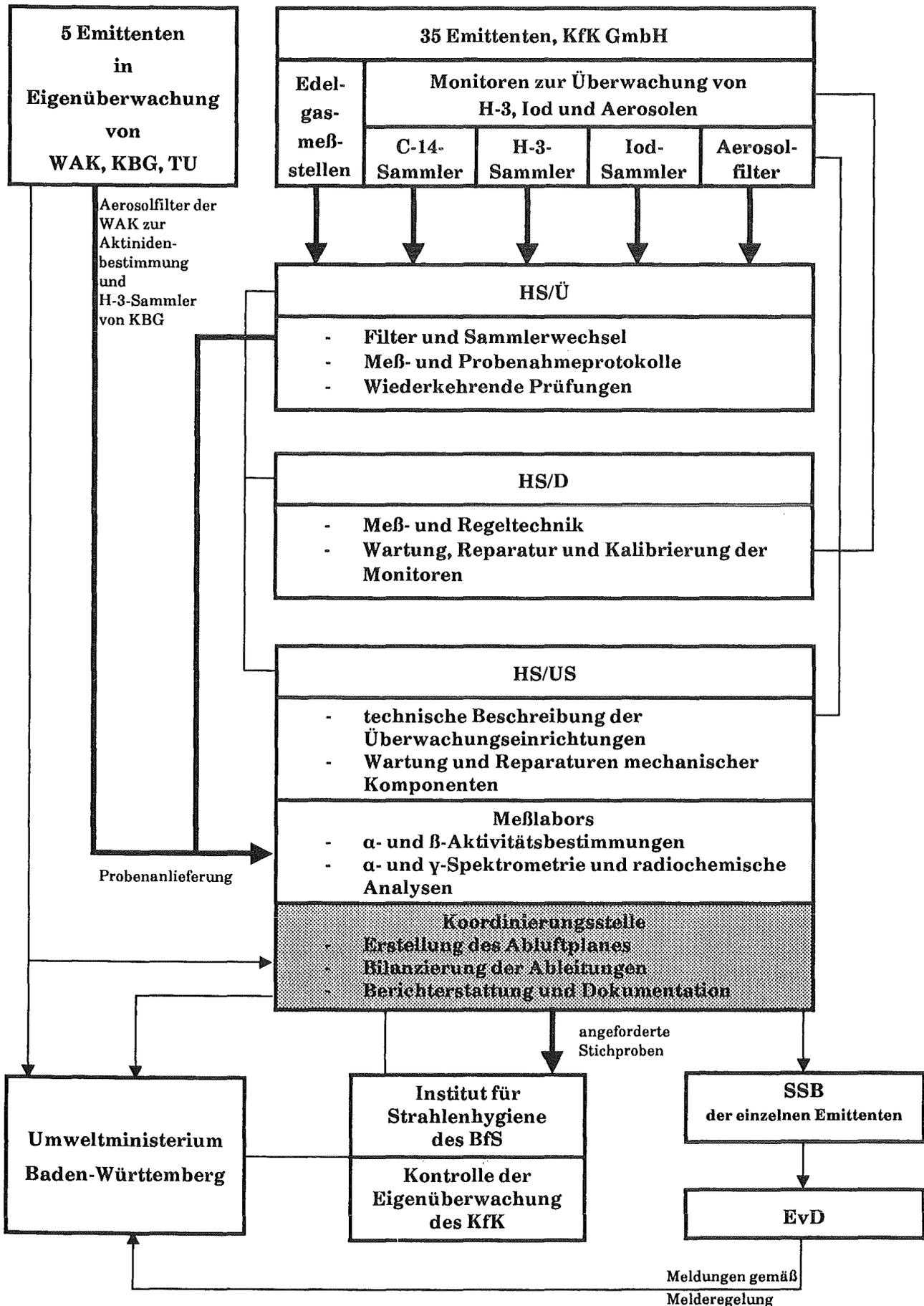


Abb. 5/2: Schematische Darstellung der Fortluftüberwachung im KfK

— Proben und Meßprotokolle — Kommunikationswege und Berichterstattung

Durch die Auflösung von Kontrollbereichen konnten die Fortluftmeßstellen des IMF (Geb. 573, 574 und 681) im Laufe des Jahres 1991 abgebaut werden.

Die Fortluftüberwachung der Anlagen des KfK, die nicht vom KfK GmbH betrieben werden, erfolgt durch die zuständigen Betreiber. Die Meßergebnisse werden der bilanzierenden Stelle bei HS/US regelmäßig mitgeteilt.

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

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

5.1.1 Ableitung radioaktiver Stoffe mit der Fortluft 1991

B. Messerschmidt, H. Wilker, A. Wicke, D. Papadopoulos

Die Bilanzierung der radioaktiven Ableitungen erfolgt durch Auswertung der in den Fortluftmeßstellen eingesetzten Sammler. Für die Überwachung der Aerosole werden Glasfaserfilter, für Iod Aktivkohle und für Tritium bzw. C-14 Molekularsiebe eingesetzt. Eine Ausnahme bilden die radioaktiven Edelgase, deren Bilanzierung durch Direktmessung erfolgt. 1991 waren insgesamt rund 4 350 Proben zu analysieren. Alle Meßergebnisse werden auf der Grundlage einer wöchentlichen Bilanzierung dokumentiert und der Behörde in Form von Tages-, Wochen-, Quartals- und Jahresberichten mitgeteilt.

Zur Bilanzierung werden Meßwerte herangezogen, die oberhalb der nach KTA-Regel 1503.1 geforderten Nachweisgrenze lagen. Die Bilanzierungswerte für radioaktive Aerosole werden durch Messung der Gesamt- α - bzw. Gesamt- β -Aktivität ermittelt. In den Fällen, bei denen sich Hinweise darauf ergeben, daß bei erhöhten Kurzzeitabgaben die maximal zulässigen Wochen- bzw. Tagesgrenzwerte erreicht werden sein könnten, werden nuklidspezifische Messungen vorgenommen.

Die Radioiodableitungen werden durch gammaspektrometrische Analyse der Aktivkohlefilter ermittelt. Für die Bilanzierung werden die Ableitungen verschiedener Iodisotope entsprechend ihrer radiologischen Bedeutung gewichtet summiert und so zu einem sogenannten I-131-Äquivalent zusammengefaßt:

$$A_I = \sum w_i \cdot A_i \leq A_{I(\text{zul.})}$$

Dabei bedeuten:

A_I	I-131-Äquivalent
$A_{I(\text{zul.})}$	gemäß Abluftplan maximal zulässige Aktivitätsabgabe
A_i	Aktivitätsabgabe für das Iodisotop i
w_i	Wichtungsfaktor für das Iodisotop i

Der Wichtungsfaktor w_i ist gleich dem Verhältnis der von einer abgeleiteten Aktivität A_i des Iodisotops i verursachten Schilddrüsendosis zu jener Schilddrüsendosis, die eine gleichgroße Aktivitätsableitung des Isotops I-131 hervorrufen würde. Die für den Abluftplan 1991 gültigen Wichtungsfaktoren sind in der nachfolgenden Tab. 5/1 angegeben. Im Zuge der Anpassung der Dosisberechnung an die „Allgemeine Verwaltungsvorschrift zu § 45 StrlSchV“ wurden die Wichtungsfaktoren neu berechnet. Dabei hat sich gegenüber 1990 insbesondere der Wert für I-129 von 12 auf 20 erhöht.

Iodisotop	Wichtungsfaktor w_i
I-120m	$3,3 \cdot 10^{-5}$
I-120	$1,2 \cdot 10^{-4}$
I-121	$5,8 \cdot 10^{-5}$
I-122	$1,3 \cdot 10^{-8}$
I-123	$9,8 \cdot 10^{-4}$
I-124	$3,7 \cdot 10^{-1}$
I-125	1,35
I-126	1,8
I-128	$2,1 \cdot 10^{-6}$
I-129	20
I-130	$8,7 \cdot 10^{-3}$
I-131	1,0
I-132m	$1,3 \cdot 10^{-4}$
I-132	$2,0 \cdot 10^{-4}$
I-133	$3,6 \cdot 10^{-2}$
I-134	$1,6 \cdot 10^{-5}$
I-135	$2,4 \cdot 10^{-3}$

Tab. 5/1: Wichtungsfaktoren zur Berechnung von I-131-Äquivalent

Bei der WAK werden entsprechend der behördlichen Genehmigung die Iodisotope I-129 und I-131 getrennt überwacht und bilanziert. Hinsichtlich der zulässigen Ableitung ist folgende Bedingung einzuhalten:

$$\frac{A_{I-129}}{A_{I-129,zul.}} + \frac{A_{I-131}}{A_{I-131,zul.}} \leq 1$$

In Tab. 5/2 werden für die einzelnen Emittenten des KfK, geordnet nach aufsteigenden Gebäudenummern und den jeweils zu berücksichtigenden Nukliden und Nuklidgruppen, die 1991 gemäß Abluftplan maximal zulässigen Ableitungen (Wochen- und Jahreswerte) mit den im Berichtsjahr und im Vorjahr bilanzierten Ableitungen verglichen. In einem Fall - IGT, Geb. 317 - wurde 1991 der zulässige Jahreswert für Iod um 45 % überschritten. Dennoch liegt die daraus abgeschätzte Schilddrüsendosis lediglich bei 0,6 μ Sv, das sind nur rund 0,7 ‰ des nach § 45 StrSchV zulässigen Dosisgrenzwertes.

Emittent Geb.-Nr. Emissions- höhe	Nuklid/ Nuklid- gruppe	Zulässige Ableitungen		Bilanzierte Ableitungen 1991 Bq	Bilanzierte Ableitungen 1990 Bq	Effektivdosis am Immissions- maximum des Emittenten 1991 µSv
		Bq/Woche	Bq/a			
IGT Geb. 317 14 m	AAL	-	1,0 E05	5,9 E02	-	< 0,01
	ABL	-	1,0 E06	2,3 E04	-	
	I	-	1,0 E06	1,5 E06	4,6 E05	
	I-125	-	-	1,1 E06	4,8 E05	
IRCh Geb. 321 16 m	AAL	-	1,0 E05	6,9 E02	-	< 0,01
	ABL	-	2,0 E07	1,4 E04	-	
	E	-	1,0 E12	-	1,8 E08	
	H-3	-	4,0 E12	1,9 E10	8,9 E09	
	I	-	6,0 E06	-	-	
IRCh Geb. 321A 15 m	AAL	1,0 E04	2,0 E05	1,9 E02	1,0 E03	< 0,01
	ABK	5,0 E07	1,0 E09	-	-	
	ABL	1,0 E07	2,0 E08	3,0 E04	-	
	E	2,0 E12	4,0 E13	4,2 E11	2,6 E11	
	H-3	2,0 E11	4,0 E12	9,8 E08	5,6 E09	
	I	2,0 E06	4,0 E07	3,8 E05	-	
	davon I-131 I-133	-	-	3,3 E05 1,3 E06	- -	
IRCh Geb. 341 15 m	AAL	-	1,0 E05	9,9 E02	-	< 0,01
	ABL	-	1,0 E07	2,4 E04	3,3 E04	
	H-3	-	8,0 E12	7,5 E09	5,5 E09	
	I	-	6,0 E06	-	-	
HZY (KIZ) Geb. 351 36 m	ABK	-	5,0 E09	-	-	0,14
	ABL	-	5,0 E07	-	-	
	E+GK	-	1,0 E13	1,3 E12	2,5 E12	
	I	-	1,0 E07	-	-	
HZY (KAZ) Geb. 351 15 m	ABK	5,0 E08	1,0 E10	2,0 E05	4,4 E05	< 0,01
	ABL	5,0 E06	1,0 E08	1,9 E05	1,7 E05	
	E	5,0 E12	1,0 E14	2,4 E12	2,1 E12	
	I	5,0 E05	1,0 E07	4,0 E04	1,1 E05	
	davon I-123	-	-	3,0 E07	8,0 E07	
	I-125	-	-	7,5 E03	3,2 E04	
HZY (Boxen- abluft) Geb. 351 11 m	ABK	-	1,0 E10	2,2 E05	1,1 E06	< 0,01
	ABL	-	1,0 E08	7,7 E02	3,5 E04	
	I	-	2,0 E06	0,1 E00	8,0 E03	
	davon I-123	-	-	1,0 E02	1,6 E02	
	I-126	-	-	-	5,0 E03	
LIT Geb. 403 10 m	ABK	-	1,0 E09	-	-	< 0,01
	ABL	-	1,0 E08	1,2 E02	-	

Tab. 5/2: Ableitungen radioaktiver Stoffe der einzelnen Emittenten des KfK in die Atmosphäre in den Jahren 1991 und 1990 (Bilanzierung entsprechend KTA-Regel 1503.1)

Emittent Geb.-Nr. Emissions- höhe	Nuklid/ Nuklid- gruppe	Zulässige Ableitungen		Bilanzierte Ableitungen 1991 Bq	Bilanzierte Ableitungen 1990 Bq	Effektivdosis am Immissions- maximum des Emittenten 1991 µSv
		Bq/Woche	Bq/a			
LAF II Geb. 415 A 8 m	I	2,5 E05	5,0 E06	-	-	-
LAF II Geb. 415 B 10 m	I (I-131)	2,5 E05	5,0 E06	2,2 E05	2,2 E05	< 0,01
INR Geb. 421/423 5 m	E H-3	- -	2,0 E10 2,0 E12	1,0 E07 4,8 E11	1,0 E07 4,5 E11	0,04
INFP und IK III Geb. 424-426 und 434 10 m	G _K H-3	- -	3,0 E11 2,0 E11	- -	- -	< 0,01
HVT/TL Geb. 452 50 m	H-3	2,0 E12	4,0 E13	-	-	-
HDB Geb. 534 8 m	AAL ABL H-3 I davon I-129	- - - - -	4,0 E04 4,0 E07 8,0 E10 1,0 E06 -	5,2 E02 8,2 E04 2,2 E09 6,2 E05 3,1 E04	- 4,1 E04 5,4 E09 5,1 E05 4,3 E04	< 0,01
HDB Geb. 536 (Verbren- nungsanlage) 70 m	AAL ABL H-3 C-14 I davon I-125 I-129 I-131	2,0 E06 7,5 E08 1,0 E12 2,0 E10 2,0 E07 - - -	4,0 E07 1,5 E10 2,0 E13 4,0 E11 4,0 E08 - - -	2,4 E05 1,3 E08 3,6 E12 3,9 E10 5,0 E07 1,7 E06 2,4 E06 2,0 E04	2,4 E05 3,6 E06 3,5 E11 3,1 E10 1,4 E07 5,4 E05 1,1 E06 4,9 E05	0,31
HDB Geb. 536 (Gebäude- abluft) 16,5 m	AAL ABL H-3 I	- - - -	1,0 E05 2,0 E07 1,0 E10 1,0 E06	- - 5,4 E08 -	- 3,2 E04 2,3 E08 -	< 0,01
HDB LfU-Lager Geb. 537 16,5 m	H-3	-	1,0 E11	7,0 E08	1,1 E09	< 0,01
HDB Geb. 543 8 m	AAL ABL H-3 I (I-131)	- - - -	4,0 E05 4,0 E07 1,0 E10 2,0 E05	2,0 E03 4,8 E04 3,2 E05 1,3 E04	1,9 E02 8,6 E03 5,0 E05 2,3 E02	< 0,01

Tab. 5/2: Fortsetzung

Emittent Geb.-Nr. Emissions- höhe	Nuklid/ Nuklid- gruppe	Zulässige Ableitungen		Bilanzierte Ableitungen 1991 Bq	Bilanzierte Ableitungen 1990 Bq	Effektivdosis am Immissions- maximum des Emittenten 1991 µSv
		Bq/Woche	Bq/a			
HDB Geb. 545 19 m	AAL ABL H-3 C-14 I davon I-129	5,0 E04 2,5 E07 1,0 E11 5,0 E08 3,0 E06 -	1,0 E06 5,0 E08 2,0 E12 1,0 E10 6,0 E07 -	2,4 E03 4,1 E05 2,2 E10 - 1,7 E07 8,5 E05	- 1,2 E06 5,8 E10 - 2,4 E07 2,0 E06	0,04
HDB Geb. 548 Ost und INE, Geb. 547 15 m	AAL ABL H-3 I davon I-129	6,0 E04 1,0 E07 1,0 E11 1,0 E06 -	1,2 E06 2,0 E08 2,0 E12 2,0 E07 -	2,0 E03 2,6 E04 2,6 E09 2,7 E05 1,4 E04	7,8 E03 1,8 E05 - 1,6 E05 1,3 E04	< 0,01
HDB Geb. 548 West 15 m	AAL ABL H-3 I davon I-125 I-129	6,0 E04 1,0 E07 1,0 E12 1,0 E06 - -	1,2 E06 2,0 E08 2,0 E13 2,0 E07 - -	2,4 E03 1,5 E05 1,4 E12 8,8 E06 - 4,4 E05	2,7 E04 1,2 E06 6,6 E10 3,2 E06 1,7 E04 2,7 E05	0,20
HDB LAW-Lager Geb. 553 8,5 m	AAL ABL H-3 I davon I-129	- - - - -	1,0 E05 1,0 E07 1,0 E11 1,0 E06 -	3,4 E03 2,6 E04 9,9 E09 1,4 E04 6,9 E02	- - 1,8 E10 5,7 E03 4,8 E02	< 0,01
HDB Geb. 555 19 m	AAL ABL H-3 I davon I-129	5,0 E04 2,5 E07 1,0 E11 2,5 E06 -	1,0 E06 5,0 E08 2,0 E12 5,0 E07 -	9,1 E01 1,5 E03 9,7 E08 8,6 E06 4,3 E05	- - 3,3 E09 8,7 E06 7,3 E05	0,03
HDB Geb. 563 14 m	AAL ABL H-3	- - -	1,0 E06 1,0 E07 8,0 E11	3,5 E02 1,5 E04 -	- - -	< 0,01
IMF III Geb. 573/574 8 m	AAL ABL	- -	2,0 E05 2,0 E07	- 4,8 E04	- -	< 0,01
HIT Geb. 601/605 22 m	AAK AAL ABL H-3	- - - -	6,0 E08 8,0 E05 3,0 E06 1,0 E08	1,0 E06 1,3 E02 1,4 E04 1,0 E06	1,0 E06 - 9,3 E01 1,0 E06	< 0,01

Tab. 5/2: Fortsetzung

Emittent Geb.-Nr. Emissions- höhe	Nuklid/ Nuklid- gruppe	Zulässige Ableitungen		Bilanzierte Ableitungen 1991	Bilanzierte Ableitungen 1990	Effektivdosis am Immissions- maximum des Emittenten 1991 µSv
		Bq/Woche	Bq/a	Bq	Bq	
HVT/FR2 Geb. 614 99 m	AAL ABL H-3 I E	- - - - -	1,0 E06 1,0 E08 1,0 E11 2,0 E06 5,0 E08	7,4 E02 3,1 E04 1,5 E10 - -	- - 7,6 E09 - -	< 0,01
TEKO Geb. 630 22,5 m	AAL	-	5,0 E05	-	-	-
IMFI Geb. 681 9 m	AAL ABL	- -	5,0 E05 1,0 E07	- -	- -	-
HVT/HZ Geb. 702 60 m	AAL ABL E H-3 I davon I-129	1,0 E06 4,0 E08 2,0 E12 4,0 E10 7,5 E06 -	2,0 E07 8,0 E09 4,0 E13 8,0 E11 1,5 E08 -	3,1 E02 1,4 E06 3,3 E12 5,9 E10 4,2 E06 2,1 E05	- 1,9 E06 2,8 E11 2,7 E10 4,2 E05 3,5 E04	< 0,01
HDB- Wäscherei Geb. 705 5,5 m	AAL ABL	- -	1,0 E06 1,0 E08	9,8 E02 2,3 E04	2,6 E01 6,8 E03	< 0,01
HVT/HZ Geb. 709 60 m	AAL ABL H-3	1,5 E05 2,0 E07 2,5 E11	3,0 E06 4,0 E08 5,0 E12	7,7 E02 7,4 E03 1,4 E11	- - 9,3 E10	< 0,01
INE Geb. 712 60 m	AAL ABL H-3 I	5,0 E04 5,0 E06 5,0 E07 1,2 E06	1,0 E06 1,0 E08 1,0 E09 2,5 E07	5,2 E02 1,3 E03 - -	- - - -	< 0,01
IHCh Geb. 721- 724/726 60 m	AAL ABL E H-3 C-14 I davon I-129 I-131	- - - - - - - -	3,0 E06 3,0 E08 8,0 E12 2,0 E11 4,0 E09 6,0 E07 - -	1,0 E03 1,2 E04 - 1,5 E08 - 5,9 E06 2,9 E05 -	2,1 E03 2,6 E04 - 1,3 E10 - 2,3 E07 2,0 E06 2,8 E04	< 0,01
IHCh Geb. 725 10 m	AAL ABL I E H-3 C-14	- - - - - -	1,0 E05 1,0 E07 1,0 E06 1,0 E11 4,0 E09 4,0 E08	8,0 E01 1,6 E04 - - - -	- 5,0 E03 - - - -	< 0,01

Tab. 5/2: Fortsetzung

Emittent Geb.-Nr. Emissions- höhe	Nuklid/ Nuklid- gruppe	Zulässige Ableitungen		Bilanzierte Ableitungen 1991 Bq	Bilanzierte Ableitungen 1990 Bq	Effektivdosis am Immissions- maximum des Emittenten 1991 µSv
		Bq/Woche	Bq/a			
KBG/KNK Geb. 751 99 m	A _{AL}	2,8 E05	1,1 E07	-	-	0,11
	A _{BL}	1,4 E08	5,6 E09	1,2 E05	1,0 E05	
	E	9,3 E12	1,5 E14	2,5 E12	3,5 E12	
	H-3	2,0 E11	4,0 E12	8,4 E11	7,8 E11	
	I (I-131)	9,3 E06	3,7 E08	6,9 E05	-	
TU Geb. 802, 806, 807 50 m	A _{AK}	1,6 E10	3,2 E11	-	-	< 0,01
	A _{AL}	5,0 E04	1,0 E06	2,9 E03	1,6 E03	
	A _{BL}	2,0 E07	4,0 E08	2,1 E05	4,2 E04	
	E	1,0 E11	2,0 E12	-	-	
	I	1,0 E06	2,0 E07	-	-	
	C-14	1,0 E09	2,0 E10	-	-	
KBG/MZFR Geb. 920c 99,5 m	A _{AL}	5,0 E04	1,0 E06	-	-	0,10
	A _{BL}	5,0 E07	1,0 E09	-	5,8 E04	
	H-3	5,0 E12	1,0 E14	6,3 E12	5,9 E12	
WAK Geb. 1503/ 1532/1533 60 m		Bq/Tag				0,50
	A _{AL}	3,7 E06	3,7 E08	9,7 E05	2,8 E05	
	A _{BL}	7,4 E08	7,4 E10	9,3 E07	1,8 E07	
	Pu-241*	-	1,5 E10	2,0 E07	9,6 E06	
	Sr-90*	-	3,7 E09	3,6 E07	1,3 E06	
	E (Kr-85)	1,3 E14	1,3 E16	4,4 E08	9,4 E14	
	H-3	3,7 E11	3,7 E13	2,5 E11	2,2 E12	
	C-14	6,1 E09	6,1 E11	-	3,7 E10	
	I-129	2,4 E06	2,4 E08	3,3 E07	9,0 E07	
	I-131	1,5 E07	1,5 E09	3,7 E06	1,2 E07	
I	-	-	6,6 E08**	1,1 E09**		
HS/B Geb. 9638 10 m	H-3	-	4,0 E07	7,5 E06	5,0 E04	< 0,01

* Ableitungswerte sind in A_{BL} enthalten. Die bilanzierten Ableitungen für Pu-241 wurden aus den Ableitungen von A_{AL} errechnet

** aus I-129 und I-131 errechneter Wert

Tab. 5/2: Fortsetzung

Bei den Angaben zu den Iodableitungen sind neben dem I-131-Äquivalent I die bilanzierten Einzelnuklide aufgeführt. Für die WAK wurden gemäß Auflage sowohl die zulässigen als auch die bilanzierten Pu-241- und Sr-90-Ableitungen explizit in Tab. 5/2 aufgenommen. Die Emissionswerte für diese Isotope sind im Wert für die Nuklidgruppe A_{BL} bereits enthalten. Die Pu-241-Werte wurden auf der Grundlage der gemessenen Gesamt-α-Emissionen aus dem Pu-241-Anteil im jeweiligen Kernbrennstoff errechnet. Diese Angaben sind deutlich höher als die durch radiochemische Analyse der Bilanzierungsfilter ermittelten Emissionswerte (s. Kap. 5.4.3). Die Ableitungen von Kr-85 und C-14 wurden nach KORIGEN aus dem Spaltproduktinventar berechnet.

5.1.2 Ableitung nichtradioaktiver Stoffe mit der Fortluft 1991

H. Wilker

KfK GmbH ist Genehmigungsinhaber für den Betrieb von mehreren Verbrennungsanlagen mit unterschiedlicher Aufgabenstellung:

1. Die Verbrennungsanlagen für feste und flüssige radioaktive Abfälle. Die Anlagen werden von HDB betrieben.
2. Die Testanlage zur Müllverbrennung, Abgasreinigung, Rückstandsverwertung und Abwasserbehandlung (TAMARA). Die Verbrennungsanlage hat eine maximale Leistung von 300 kg/h. Die TAMARA wird vom LIT betrieben.
3. Das Heizwerk des KfK, bestehend aus vier Einzelkesselanlagen (Fernheizwerk) und einem Blockheizkraftwerk (Gasturbinenanlage mit Abhitzeessel). Die gesamte installierte Feuerungswärmeleistung beträgt etwa 100 MW. Das Heizwerk wird von HBT betrieben.

Für alle drei Anlagen wurden die nach dem Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG) erforderlichen Genehmigungen erteilt. Die Genehmigungsbescheide enthalten Auflagen zur Überwachung der Emissionen. Die Informationen und die Emissionsdaten für die folgenden Tabellen wurden dem Berichtersteller von den Betreibern zur Verfügung gestellt.

Verbrennungsanlagen der HDB

Für alle drei Verbrennungssysteme der HDB, zwei Feststoff- und ein Lösemittelverbrennungssystem, besteht die behördliche Auflage zur kontinuierlichen Messung folgender mit dem Abgas emittierter Schadstoffe: Staub, Gesamtkohlenstoff, HCl, SO₂ und CO. Die ermittelten Schadstoffkonzentrationen sind bezogen auf einen Sauerstoffanteil von 11 Vol.-% und trockenes Rauchgas. Alle Systeme waren 1991 in Betrieb. Dabei wurde ein Feststoffverbrennungssystem rund um die Uhr auch an Samstagen und Sonntagen betrieben.

Zur Messung der einzelnen Schadstoffe und Bezugswerte werden Meßgeräte unterschiedlicher Hersteller eingesetzt. Auswertung und Dokumentation der Meßwerte erfolgen mit einem Klassiergerät mit Bezugswertrechnung und mit einem nachgeschalteten Speicher- und Verteilerrechner. Die Überwachungsgeräte zur Emissionsmessung wurden im Juni 1990 vom TÜV Südwest der vorgeschriebenen Wiederkehrenden Prüfung unterzogen.

Nach dem Einbau der neuen, nicht isolierten Rauchgasleitung traten bei der Überwachung der Staubemission mit dem vorhandenen Meßgerät Schwierigkeiten auf, da sich in der Leitung durch Feuchtigkeitskondensation Nebel bildete und dies von dem Meßgerät wie Staub registriert wurde. Dies führte zu deutlich überhöhten Meßwerten. Diskontinuierliche Probenahmen ergaben wesentlich geringere Staubkonzentrationen von < 5 mg/Nm³. Aus diesem Grunde wurde in Tab. 5/3 kein Jahresemissionswert für Staub angegeben. Das Meßgerät wurde Ende des Jahres durch ein geeignetes Meßgerät mit beheizter Probenahme ersetzt.

Für jeden Schadstoff wird täglich ein Protokoll erstellt, in dem die Häufigkeitsverteilung der Halbstunden- und Tagesmittelwerte für Konzentration und Massenstrom sowie Angaben über Betriebszeiten und Anlagenzustände enthalten sind. Tab. 5/3 gibt einen Überblick über die maximal zulässigen Schadstoffkonzentrationen und die Gesamtableitungen im Jahre 1991.

Schadstoff	Konzentrationsgrenzwert in mg/Nm ³	Jahresemission in Mg
HCl	50	0,024
SO ₂	100	0,34
CO	100	1,9
Staub	5	-
Gesamt-C	20	0,12

Tab. 5/3: Emissionsmeßdaten 1991

Versuchsanlage TAMARA

Für die TAMARA besteht die behördliche Auflage zum Nachweis folgender mit dem Abgas emittierten Schadstoffe: Feststoffanteil, der als Staub enthalten ist, und Schadgasanteile von HF, HCl, SO₂ und CO. Die Massenkonzentrationen der genannten Stoffe sind auf das Abgasvolumen im Normzustand nach Abzug des Feuchtegehalts zu beziehen. Neben diesen gemessenen Emissionswerten und den gemessenen prozentualen Sauerstoffgehalten des Abgases sind die rechnerisch auf einen Sauerstoffgehalt von 17 Vol.-% normierten Schadstoffkonzentrationen anzugeben. In der nachfolgenden Tab. 5/4 sind die Konzentrationen im Abgas als Mittelwerte über jeweils zusammenhängende Betriebsphasen angegeben. Beginn und Ende jeder Betriebsphase sind aufgeführt. Die genehmigten Werte können der letzten Zeile der Tabelle entnommen werden. Die Werte der Schadstoffkonzentrationen in der Tab. 5/4 belegen, daß die maximal zulässigen Emissionswerte der TAMARA im Jahre 1991 eingehalten wurden.

Emissionsintervalle 1991	O ₂ Vol.-%	Gemessene Schadstoffkonzentrationen									
		bei unterschiedlichen O ₂ -gehalten in mg/Nm ³ trocken					normiert auf einen O ₂ -Gehalt von 17 Vol.-% in mg/Nm ³ trocken				
		HF	HCl	SO ₂	CO	Staub	HF	HCl	SO ₂	CO	Staub
03.-07.06.	11,8	< 0,5	< 10	< 10	22	0,3	< 0,5	< 10	< 10	< 10	0,1
10.-14.06.	10,8	< 0,5	< 10	10	10	0,3	< 0,5	< 10	< 10	< 10	0,1
17.-21.06.	11,6	< 0,5	< 10	< 10	< 10	0,6	< 0,5	< 10	< 10	< 10	0,3
09.-13.09.	12,4	< 0,5	< 10	11	29	0,5	< 0,5	< 10	< 10	14	0,2
16.-20.09.	13,1	< 0,5	< 10	< 10	< 10	0,4	< 0,5	< 10	< 10	< 10	0,2
14.-18.10.	12,4	< 0,5	< 10	17	< 10	0,2	< 0,5	< 10	< 10	< 10	0,1
21.-25.10.	12,9	< 0,5	< 10	16	19	9,2	< 0,5	< 10	< 10	< 10	4,7
25.-29.11.	13,1	< 0,5	< 10	< 10	13	0,4	< 0,5	< 10	< 10	< 10	0,2
02.-06.12.	12,0	< 0,5	< 10	15	< 10	-	< 0,5	< 10	< 10	< 10	-
Genehmigungswerte:							2	50	200	100	50

Tab. 5/4: Schadstoffkonzentrationen im Abgas der TAMARA 1991

Heizwerk

Das Fernheizwerk (FHW) sowie das Blockheizkraftwerk (BHKW) des KfK wurden 1991 vorwiegend mit Erdgas betrieben. Aufgrund einer Abschaltung des Gasnetzes mußten ca. 600 Stunden mit Heizöl „EL“ gefahren werden.

Im März 1991 konnte für die kontinuierliche Emissionsüberwachung des Fernheizwerkes ein elektronisches Auswertesystem vom Typ Talas von H&B in Betrieb genommen werden, welches mit dem TÜV Südwest sowie dem Gewerbeaufsichtsamt Karlsruhe funktionsgeprüft und parametrierung wurde. Dabei ergab sich, daß die Anlage bezüglich der Staubmessung optimiert werden muß. Der angegebene Emissionswert für Staub wurde errechnet. Die kontinuierliche Überwachung und Dokumentation der CO- und NO₂-Emissionen des FHW entspricht den behördlichen Auflagen. Die Emissionen für die Monate Januar und Februar 1991 wurden rechnerisch ermittelt. Alle Emissionswerte des BHKW sowie die SO₂-Emissionen des FHW sind ebenfalls errechnet worden. Die Jahresemissionen können der Tab. 5/5 entnommen werden.

Schadstoff	Blockheizkraftwerk Jahresemission in Mg	Fernheizwerk Jahresemission in Mg
NO ₂	16,0	12,8
SO ₂	3,2	4,6
CO	8,9	2,0
Staub	0,7	0,9

Tab. 5/5: Emissionsdaten 1991

5.1.3 Strahlenexposition in der Umgebung durch die mit der Fortluft abgeleiteten radioaktiven Stoffe 1991

A. Wicke, D. Papadopoulos

Berechnungsgrundlagen

Die Dosisberechnung erfolgte auf der Grundlage der monatlich bilanzierten Ableitungswerte der im Jahr 1991 zu berücksichtigenden Emittenten (s. Tab. 5/2). Dabei wurden die Körperdosen gemäß der „Allgemeinen Verwaltungsvorschrift zu § 45 der Strahlenschutzverordnung: Ermittlung der Strahlenexposition durch die Ableitung radioaktiver Stoffe aus kerntechnischen Anlagen oder Einrichtungen, Bundesanzeiger 64a, 42 (1990)“ (AVV) berechnet. Mit Körperdosen sind im folgenden stets die über 50 Jahre integrierten Folgeäquivalentdosen gemeint.

Insbesondere wurde geprüft, ob die nach AVV errechnete maximal mögliche Individualdosis für die jeweils ungünstigste Einwirkungsstelle in der Umgebung des Standortes KfK unter Berücksichtigung sämtlicher relevanter Expositionspfade im Einklang mit den in § 45 der Strahlenschutzverordnung festgelegten Grenzwerten der Körperdosen steht. Die Berechnung nach der AVV ist im Gesamtergebnis konservativ. Sie geht u. a. von der Annahme besonderer Verzehrsgewohnheiten einer Referenzperson aus. Dabei wird angenommen, daß sich diese Person ausschließlich von Nahrungsmitteln ernährt, deren

landwirtschaftliche Ausgangsprodukte am Ort der höchsten Kontamination erzeugt wurden. Außerdem wurde von einer Akkumulation der Nuklide im Boden von 50 Jahren ausgegangen.

Bei der Berechnung blieb außer Betracht, ob an den ungünstigsten Einwirkungsstellen tatsächlich die Möglichkeit eines ständigen Aufenthalts gegeben war und ob die betrachteten Nahrungsmittel tatsächlich dort erzeugt wurden.

Die zur Berechnung der Teilkörperdosen und der Effektivdosis durch Inhalation, Ingestion und externer Bestrahlung benötigten Dosisfaktoren wurden - wie in AVV vorgesehen - dem Bundesanzeiger 185a vom September 1989 entnommen. Um die Auswahl relevanter Klassen für die Lungenretention und Löslichkeit bei Ingestion radioaktiver Aerosole zu ermöglichen, wurden für die verschiedenen Emittenten die bei den Aerosolableitungen jeweils dominierenden oder typischen chemischen Formen zugrundegelegt oder, falls unbekannt, jeweils konservative Annahmen gemacht. Bei der Berechnung der Dosiswerte wurden die Tochternuklide grundsätzlich mitberücksichtigt.

Die Anwendung der AVV wird im folgenden spezifiziert, und die benutzten Rechenprogramme werden kurz charakterisiert.

Meteorologische Daten

Die für die Ausbreitungsrechnung benötigten meteorologischen Daten werden am 200 m hohen Meßturm auf dem Betriebsgelände des KfK gemessen. Windrichtung, Windgeschwindigkeit und Ausbreitungskategorie werden halbstündlich gemittelt. Ihre Häufigkeitsverteilungen werden in der Ausbreitungsstatistik zusammengefaßt. Die Windrose wird in zwölf 30°-Sektoren eingeteilt. Windgeschwindigkeit und -richtung werden in 60 m Höhe gemessen.

Für andere Emissionshöhen als die Bezugshöhe von 60 m wird die Windgeschwindigkeit aus dem Windgeschwindigkeitsprofil entsprechend Abschn. 4.5.3 AVV berechnet. Dazu werden die Exponenten des vertikalen Windgeschwindigkeitsprofils aus der AVV übernommen.

Die doppelte Gebäudehöhe der KfK-Institute beträgt im Mittel ca. 30 m. Unterhalb einer Emissionshöhe von 30 m wird deshalb der Gebäudeeinfluß berücksichtigt und gemäß Abschn. 4.6.2 AVV die effektive Emissionshöhe berechnet. Oberhalb von 30 m werden die Kaminhöhen als effektive Emissionshöhen betrachtet.

Die horizontalen und vertikalen Ausbreitungsparameter σ_y und σ_z werden entsprechend AVV Anhang 7 aus den dort angegebenen Ausbreitungskoeffizienten ermittelt.

Ausbreitung und Ablagerung

Bei der Ausbreitungsberechnung wird - abweichend von 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 elementares Iod, organisch gebundenes Iod und Aerosol-

le berücksichtigt. Bei der Berechnung der Ablagerung durch Niederschlag kommt das vereinfachte Verfahren gemäß Abschn. 4.2.2.2 zur Anwendung. Abreicherungs-effekte in der Abluffahne bleiben unberücksichtigt.

Die Berechnung des Ausbreitungs- und Washoutfaktors erfolgt auf der Grundlage der monatlichen Ableitungswerte und der monatlichen meteorologischen Statistik. Bei der Ingestion wird gemäß AVV die auf der Pflanze abgelagerte Aktivität nur im Sommerhalbjahr berücksichtigt.

Rechenprogramme

Die Dosisbeiträge durch β -Submersion, Inhalation, Ingestion und Gammabodenstrahlung sind im allgemeinen proportional zur Aktivitätskonzentration in der Nähe des 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 γ -Strahlung in Luft kann bei der Berechnung der γ -Submersiondosis nicht so vorgegangen werden. Hier muß für jeden Aufpunkt die Gammadosis als Summe der Dosisbeiträge der im Raum verteilten Aktivität berechnet werden. Für diesen Zweck wurde das FORTRAN-Programm WOLGA entwickelt. Es gibt die Gammadosis für einen beliebigen Aufpunkt in der Umgebung eines oder mehrerer Emittenten als Summe der Dosisbeiträge der Aktivität im Raum an. Diese Berechnung wird, über die Forderung in der AVV hinausgehend, unter genauerer Berücksichtigung der Gamma-Energien der dosisrelevanten Radionuklide durchgeführt.

Einteilung der radioaktiven Emissionen in Nuklidgruppen und Einzelnuklide

Zur Dosisberechnung ist es erforderlich, für die in Kap. 5.1 angegebenen Nuklidgruppen Leitnuklide oder charakteristische Nuklidgemische festzulegen. Die erforderlichen anlagenspezifischen Festlegungen wurden 1991 unter Berücksichtigung der Ergebnisse einer Umfrage unter allen Anlagebetreibern und Institutionen des KfK aktualisiert.

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

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

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

Die Analysen von Filtern zeigten, daß bei der Mehrzahl der Institute Pu-239 als Leitnuklid gelten kann. Ausnahmen bilden folgende Institute, bei denen aufgrund des Umgangs mit radioaktiven Stoffen andere Leitnuklide in Frage kommen:

IGT:	Pu-238	HIT:	U-nat	IMF I:	U-238
IRCh, Geb. 321:	Am-241	HVT/FR2:	U-nat	TEKO:	U-nat

Für die HDB und die WAK wurde ein konservatives Gemisch aus Pu-238 (46 %), Pu-239 (7 %), Pu-240 (10 %) und Am-241 (37 %) angenommen. Die relativen Anteile wurden nach KORIGEN für den Umgang

mit kernbrennstoffhaltigen Resstoffen mit einem mittleren Abbrand von 30 000 MWd/t und einer Kühlzeit von drei Jahren berechnet. Die Ableitung erfolgte in nitroser Form. Lediglich bei der Verbrennungsanlage der HDB (Geb. 536) und der Wäscherei (Geb. 705) werden Oxide bzw. Hydroxide abgeleitet.

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

Für die Ableitung kurzlebiger β -Aktivität wurden anlagenspezifisch folgende Leitnuklide angenommen:

IRCh, Geb. 321a:	Mo-99
Zyklotron-KIZ:	Cl-38
Zyklotron-KAZ und -Boxenabluft:	Rb-81
LIT:	Mn-56

- Nuklidgruppe A_{BL} : Aerosole mit langlebiger β -Aktivität (Halbwertszeit größer als 8 Tage)

Bei der Ableitung langlebiger β -aktiver Aerosole wurden bei der Mehrzahl der Emittenten Spaltproduktgemische berücksichtigt. Bei wenigen Instituten beschränkt sich der Umgang bzw. die Produktion auf spezifische β -Strahler:

IGT:	S-35
Zyklotron-KIZ:	Be-7
Zyklotron-KAZ und -Boxenabluft:	Tl-201
LIT:	Fe-59

Bei Einrichtungen, die mit Kernbrennstoffen umgehen, wurde die Zusammensetzung des β -aktiven Spaltproduktgemisches nach KORIGEN unter Annahme eines mittleren Abbrandes von 30 000 MWd/t und einer Kühlzeit von 3 Jahren errechnet. Bei diesen Emittenten wurden 10 % der Ableitung der Gruppe A_{BL} als Sr-90 berücksichtigt. Außerdem wurde angenommen, daß beim IRCh, Geb. 321a, beim IHCh und bei TU 10 % der Emission der Gruppe A_{BL} als Pu-241 abgeleitet wird. Bei der WAK werden Sr-90 und Pu-241 separat berücksichtigt.

Bei den Anlagen der HDB wurde – mit Ausnahme von Geb. 536 (Verbrennungsanlage) und Geb. 545 (LAW) – bei der Ableitung die durch Messungen belegte mittlere Zusammensetzung des MAW-Destillats als charakteristisch angenommen (als Nitrat). Bei der Verbrennungsanlage wurden die Deklarationsscheine für die zu verarbeitenden Reststoffe zugrundegelegt. Die Verbrennungsprodukte wurden als Oxid emittiert. Für Geb. 545 wurde die Nuklidgemischzusammensetzung entsprechend wiederholter Analysen des LAW-Destillats festgelegt. Abweichend von den übrigen Anlagen der HDB ist hier der Anteil von β -Strahlern, die nicht aus dem Kernbrennstoffzyklus stammen, wie z. B. P-32, S-35 und Ca-45, relativ hoch (zusammen 66 %). Die Ableitung der Aerosole erfolgte in nitroser Form.

- Nuklidgruppe E/ G_K : Radioaktive Edelgase und kurzlebige Aktivierungsgase

Das Leitnuklid ist grundsätzlich Kr-85. Lediglich bei HZY-KIZ, INR, INFP und KNK wurden die Emissionen radioaktiver Edelgase als Ar-41 berücksichtigt. Beim HZY-KAZ wurde das kurzlebige Aktivierungsgas N-13 als Leitnuklid angenommen.

- Nuklidgruppe I: Radioaktives Iod

Bei der Ableitung von radioaktivem Iod kann - insbesondere bei der HDB - nicht immer vorhergesagt werden, welche Iodisotope jeweils dominieren. Da nicht die Aktivität, sondern die Dosis in der Umgebung begrenzt werden soll, wird im Abluftplan und bei der Emissionsüberwachung - mit Ausnahme der WAK - das I-131-Äquivalent angegeben (siehe Kap. 5.1.1). Die Dosisberechnung selbst erfolgt jedoch auf der Grundlage der individuell bilanzierten Iodisotope.

- Tritium

Grundsätzlich wird angenommen, daß Tritium als tritiiertes Wasser bzw. Wasserdampf (HTO) abgeleitet wird. Wird H-3 in Form von HT emittiert, wird in der Regel konservativerweise ebenfalls eine Ableitung in vollständig oxidierter Form angenommen.

- C-14

Bei der Ableitung von C-14 wird radioaktiver Kohlenstoff in Form von CO₂ zugrundegelegt.

Ergebnisse der Dosisberechnung

Unter den oben beschriebenen Randbedingungen wurden die Teilkörper- und Effektivdosen für Kleinkinder und Erwachsene in der Umgebung berechnet. Für die ungünstigsten Einwirkungsstellen außerhalb des KfK-Betriebsgeländes ergeben sich – aufgeschlüsselt nach den gemäß StrlSchV zu berücksichtigenden Expositionspfaden – 1991 folgende maximale Beiträge zur effektiven Dosis:

Expositionspfad	Kleinkinder	Erwachsene
Inhalation	0,05 µSv	0,07 µSv
Ingestion	1,0 µSv	0,78 µSv
Gammasubmersion	0,2 µSv	0,17 µSv
Gammabodenstrahlung	0,05 µSv	0,04 µSv
Summe über alle Expositionspfade, rund	1,3 µSv	1,1 µSv

Die maximal zu erwartende Schilddrüsendosis eines Kleinkindes berechnet sich zu rund 11 µSv, die eines Erwachsenen zu rund 13 µSv.

Die Einzelergebnisse für die betrachteten Expositionspfade – aufgeschlüsselt nach den in Tab. X2 der StrlSchV aufgeführten Organen und Geweben – sind für die umliegenden Ortschaften in Tab. 5/6 zusammengestellt. Als Ergänzung ist die regionale Verteilung der Effektivdosen in der Umgebung des Kernforschungszentrums für Erwachsene als Summe der Dosisbeiträge der o. g. Expositionspfade in Abb. 5/3 graphisch in Form von Isodosislinien dargestellt. Insgesamt zeigen die Berechnungsergebnisse, daß die Dosisgrenzwerte des § 45 StrlSchV im Jahr 1991 deutlich unterschritten wurden.

Für 1991 ergibt sich eine mittlere Effektivdosis der erwachsenen Bevölkerung im Umkreis von 3 km bzw. 20 km um das Kernforschungszentrum Karlsruhe von 0,09 µSv bzw. 0,03 µSv. Der Berechnung wurde folgende Beziehung zugrundegelegt:

$$H = \sum p_i \cdot H_i / \sum p_i$$

Dabei bedeutet p_i die Einwohnerzahl und H_i die errechnete Effektivdosis am Ort i .

Obwohl die Dosisberechnung bereits die Emissionen der WAK mitberücksichtigt, wird gemäß behördlicher Auflage eine gesonderte Berechnung der Strahlenexposition der Umgebung des KfK durch die mit der Abluft der WAK abgeleitete Aktivität durchgeführt. Im unteren Teil der Tab. 5/6 sind die so errechneten Teilkörper- und Effektivdosen an der jeweils ungünstigsten Einwirkungsstelle außerhalb des Betriebsgeländes des KfK aufgeführt.

Expositionspfad Inhalation							
Ort	Maximale Körper-Folgedosen in μSv für Erwachsene durch Emissionen in 1991						
	Keimdrüsen	Brust	rotes Knochenmark	Lunge	Schilddrüse	Knochenoberfläche	Beitrag zur effektiven Dosis
Graben	-	-	0,01	-	-	0,04	0,01
Neudorf	-	-	-	-	-	0,03	-
Friedrichstal	-	-	0,01	0,01	-	0,06	0,01
Spöck	-	-	-	-	-	0,03	-
Neuthard	-	-	-	-	-	0,03	-
Karlsdorf	-	-	-	-	-	0,02	-
Staffort	-	-	-	-	-	0,02	-
Blankenloch	-	-	-	-	-	0,02	-
Hagsfeld	-	-	-	-	-	0,02	-
Karlsruhe (Marktplatz)	-	-	-	-	-	0,01	-
Neureut	-	-	-	-	-	0,03	-
Eggenstein	-	-	0,01	0,01	-	0,06	0,01
Leopoldshafen	0,01	-	0,01	0,01	0,01	0,10	0,01
Linkenheim	-	-	0,01	0,01	-	0,07	0,01
Hochstetten	-	-	0,01	-	-	0,05	0,01
Liedolsheim	-	-	-	-	-	0,03	-
Rußheim	-	-	-	-	-	0,02	-
Leimersheim	-	-	-	-	-	0,02	-
ungünstigste Einwirkungsstelle für KfK insgesamt	0,05	0,05	0,09	0,06	0,06	0,95	0,07
x/y-Koordinaten in m, bezogen auf FR2-Kamin	200/750	200/750	420/1480	200/750	420/1480	420/1480	200/750
ungünstigste Einwirkungsstelle für WAK allein	0,02	-	0,07	0,01	0,02	0,87	0,05
x/y-Koordinaten in m, bezogen auf FR2-Kamin	420/1480	-173/1083	420/1480	420/1480	-173/1083	420/1480	420/1480

Tab. 5/6: Ergebnisse der Dosisberechnung für verschiedene Orte in der näheren Umgebung des KfK (Das Zeichen „-“ bedeutet, daß die errechneten Dosiswerte unter $0,005 \mu\text{Sv}$ liegen.)

Expositionspfad Ingestion							
Ort	Maximale Körper-Folgedosen in μSv für Erwachsene durch Emissionen in 1991						
	Keimdrüsen	Brust	rotes Knochenmark	Lunge	Schilddrüse	Knochenoberfläche	Beitrag zur effektiven Dosis
Graben	0,02	0,03	0,03	0,03	0,58	0,05	0,05
Neudorf	0,02	0,02	0,02	0,02	0,40	0,04	0,03
Friedrichstal	0,04	0,04	0,05	0,04	0,74	0,08	0,07
Spöck	0,02	0,02	0,03	0,02	0,39	0,04	0,04
Neuthard	0,03	0,03	0,03	0,03	0,40	0,04	0,04
Karlsdorf	0,02	0,02	0,02	0,02	0,28	0,03	0,03
Staffort	0,02	0,02	0,02	0,02	0,29	0,03	0,03
Blankenloch	0,01	0,01	0,01	0,01	0,27	0,02	0,02
Hagsfeld	0,01	0,01	0,01	0,01	0,19	0,02	0,01
Karlsruhe (Marktplatz)	0,01	0,01	0,01	0,01	0,16	0,01	0,01
Neureut	0,02	0,01	0,02	0,02	0,34	0,03	0,03
Eggenstein	0,04	0,03	0,04	0,03	0,72	0,06	0,06
Leopoldshafen	0,04	0,04	0,05	0,04	1,18	0,09	0,08
Linkenheim	0,03	0,03	0,04	0,03	0,81	0,06	0,06
Hochstetten	0,03	0,03	0,03	0,03	0,63	0,05	0,05
Liedolsheim	0,02	0,02	0,02	0,02	0,33	0,03	0,03
Rußheim	0,01	0,01	0,01	0,01	0,21	0,02	0,02
Leimersheim	0,01	0,01	0,01	0,01	0,27	0,02	0,02
ungünstigste Einwirkungsstelle für KfK insgesamt	0,53	0,53	0,56	0,53	12,5	0,80	0,78
x/y-Koordinaten in m, bezogen auf FR2-Kamin	200/750	200/750	200/750	200/750	420/1480	420/1480	200/750
ungünstigste Einwirkungsstelle für WAK allein	0,04	0,03	0,11	0,03	11,4	0,55	0,41
x/y-Koordinaten in m, bezogen auf FR2-Kamin	420/1480	420/1480	420/1480	420/1480	420/1480	420/1480	420/1480

Tab. 5/6: Fortsetzung

Expositionspfade Gammabodenstrahlung, Gammasubmersion und Betasubmersion				alle Expositionspfade
Ort-	Maximale Körper-Folgedosen in μSv für Erwachsene durch Emissionen in 1991			
	Beitrag der Gammaboden- strahlung zur effektiven Dosis	Beitrag der Gammasubmersion zur effektiven Dosis	Hautdosis durch Betasubmersion*	Effektive Dosis
Graben	-	-	0,01	0,06
Neudorf	-	-	0,01	0,04
Friedrichstal	-	-	0,01	0,08
Spöck	-	-	0,01	0,05
Neuthard	-	-	0,01	0,05
Karlsdorf	-	-	-	0,03
Staffort	-	-	0,01	0,03
Blankenloch	-	-	0,01	0,03
Hagsfeld	-	-	-	0,02
Karlsruhe (Marktplatz)	-	-	-	0,02
Neureut	-	-	0,01	0,04
Eggenstein	-	0,02	0,02	0,08
Leopoldshafen	-	0,02	0,03	0,10
Linkenheim	-	-	0,02	0,07
Hochstetten	-	-	0,01	0,06
Liedolsheim	-	-	0,05	0,03
Rußheim	-	-	0,01	0,02
Leimersheim	-	-	0,01	0,03
ungünstigste Einwirkungsstelle für KfK insgesamt	0,04	0,17	0,63	1,1**
x/y-Koordinaten in m, bezogen auf FR2-Kamin	420/1480	-640/-370	-641/-370	-
ungünstigste Einwirkungsstelle für WAK allein	0,03	-	-	0,50**
x/y-Koordinaten in m, bezogen auf FR2-Kamin	420/1480	420/1480	-173/1083	-

*gemäß Anlage X StrlSchV kein Beitrag zur effektiven Dosis.

**Summe der Dosisbeiträge aller Expositionspfade für die jeweils ungünstigste Einwirkungsstelle.

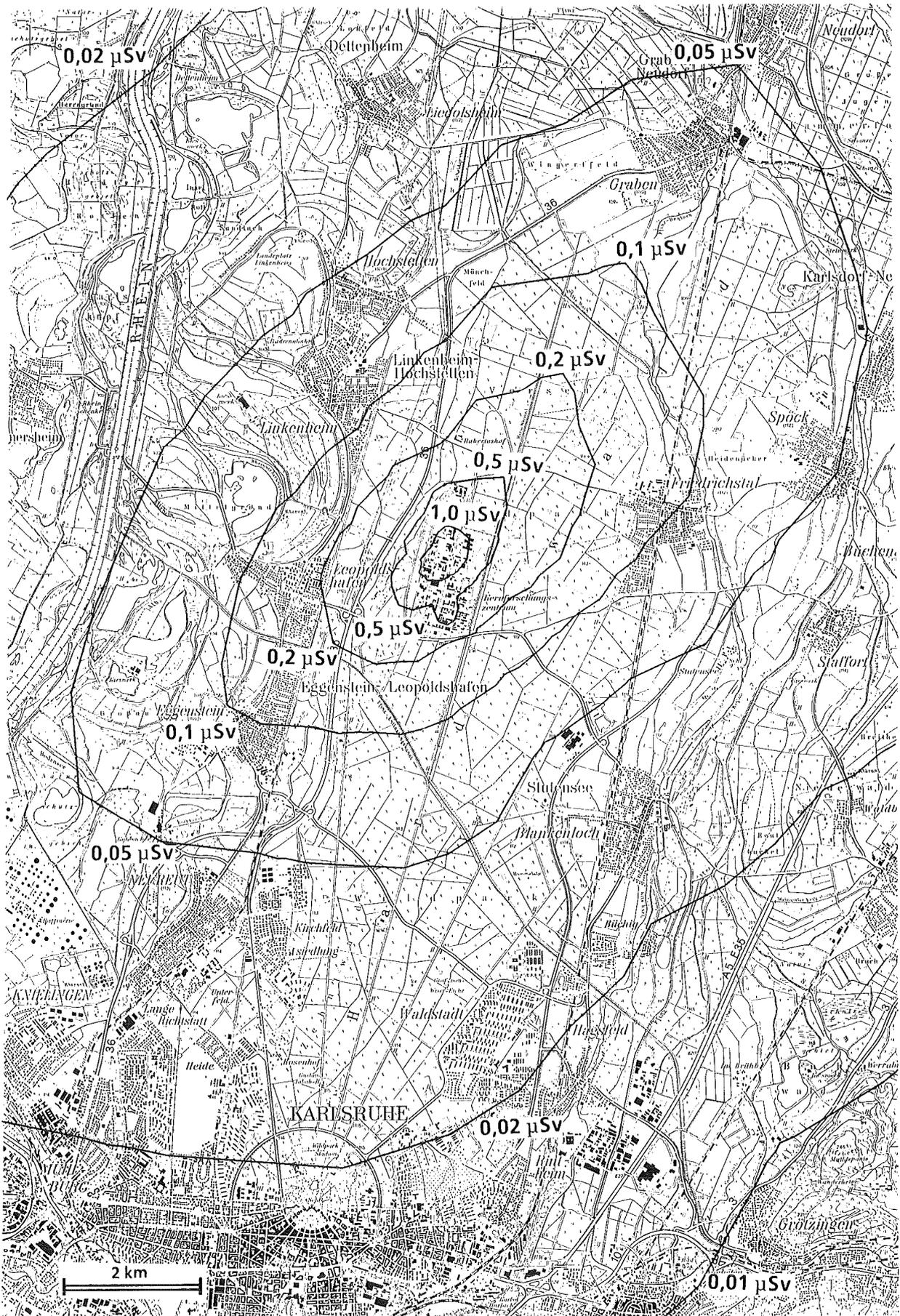


Abb. 5/3: Effektivdosen in der Umgebung des KfK, 50-Jahre-Folgedosis aufgrund der Emissionen 1991

5.2 Abwasserüberwachung

K.-G. Langguth

Die Überwachung des auf dem Betriebsgelände des KfK anfallenden Abwassers hinsichtlich der Radioaktivität wird durch die Hauptabteilung Sicherheit und hinsichtlich der nichtradioaktiven Stoffe durch die Hauptabteilung Dekontaminationsbetriebe durchgeführt. Dies geschieht im Rahmen des wasserrechtlichen Erlaubnis- und Genehmigungsbescheids und der atomrechtlichen Genehmigung, die vom Innenministerium bzw. vom Ministerium für Arbeit, Gesundheit und Sozialordnung Baden-Württemberg erteilt wurden. Die Zuständigkeit für die atomrechtliche Aufsicht ging 1984 an das Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten Baden-Württemberg und 1987 an das Ministerium für Umwelt Baden-Württemberg über.

Das Abwasser setzt sich aus Niederschlagswasser, häuslichem Abwasser, Kühlwasser und Chemieabwasser zusammen. Das Niederschlagswasser, das häusliche Abwasser und das Chemieabwasser werden innerhalb des Betriebsgeländes in getrennten Kanälen abgeleitet.

Das unschädliche Kühlwasser wird nach behördlicher Zulassung zusammen mit dem Niederschlagswasser in den unmittelbar an das KfK angrenzenden Hirschkanal eingeleitet. Von dem eingeleiteten Wasser werden kontinuierlich die Temperatur, Leitfähigkeit und der pH-Wert gemessen und die Meßwerte in der Schaltwarte angezeigt, um bei Überschreitung vorgegebener Grenzwerte unmittelbar Gegenmaßnahmen ergreifen zu können. Die Aktivitätskonzentration im Wasser des Hirschkanals wird unterhalb der Einleitungsstelle des KfK durch kontinuierliche Probenahme überwacht (s. Kap. 5.3.1).

Die häuslichen Abwässer werden der biologischen Kläranlage zugeführt, in mehreren Verfahrensschritten gereinigt und schließlich in den Endbecken für häusliches Abwasser gesammelt (s. Abb. 5/4). Nach Messung der Konzentration nichtradioaktiver Stoffe und nach einer Aktivitätskontrollmessung wird anhand der Ergebnisse über die Ableitung des Abwassers in den Vorfluter entschieden.

Die im KfK 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 radioaktiven Stoffen umgegangen wird (Chemieabwasser II), werden am Anfallort in sogenannten Abwassersammelstationen gesammelt. Anhand der von der Gruppe Abwasserüberwachung durchgeführten Aktivitätsmessung wird gemäß der geltenden atomrechtlichen Genehmigung über die Weiterverarbeitung des Abwassers entschieden.

Liegt die Aktivität aus genehmigungsbedürftigem Umgang je Kubikmeter unter dem 0,9fachen (bei Iod-Isotopen dem 0,45fachen) der in der Strahlenschutzverordnung in der Fassung vom 18.05.1989 genannten Jahresingestionsgrenzwerte, so werden die Abwässer über das Chemieabwassernetz I der Kläranlage zugeführt. Bei Aktivitätskonzentrationen zwischen dem 0,9 (bzw. 0,45)fachen und dem $6 \cdot 10^5$ (bzw. $3 \cdot 10^5$)fachen (LAW) wird es in das Chemieabwassersystem III eingeleitet oder mit Tankwagen in die LAW-Verdampfer der Dekontaminationsanlage eingespeist. (Bei Radionuklidgemischen bekannter Zusammensetzung sind die Grenzwerte als Summe der Nuklidanteile nach der Summenformel zu ermitteln.)

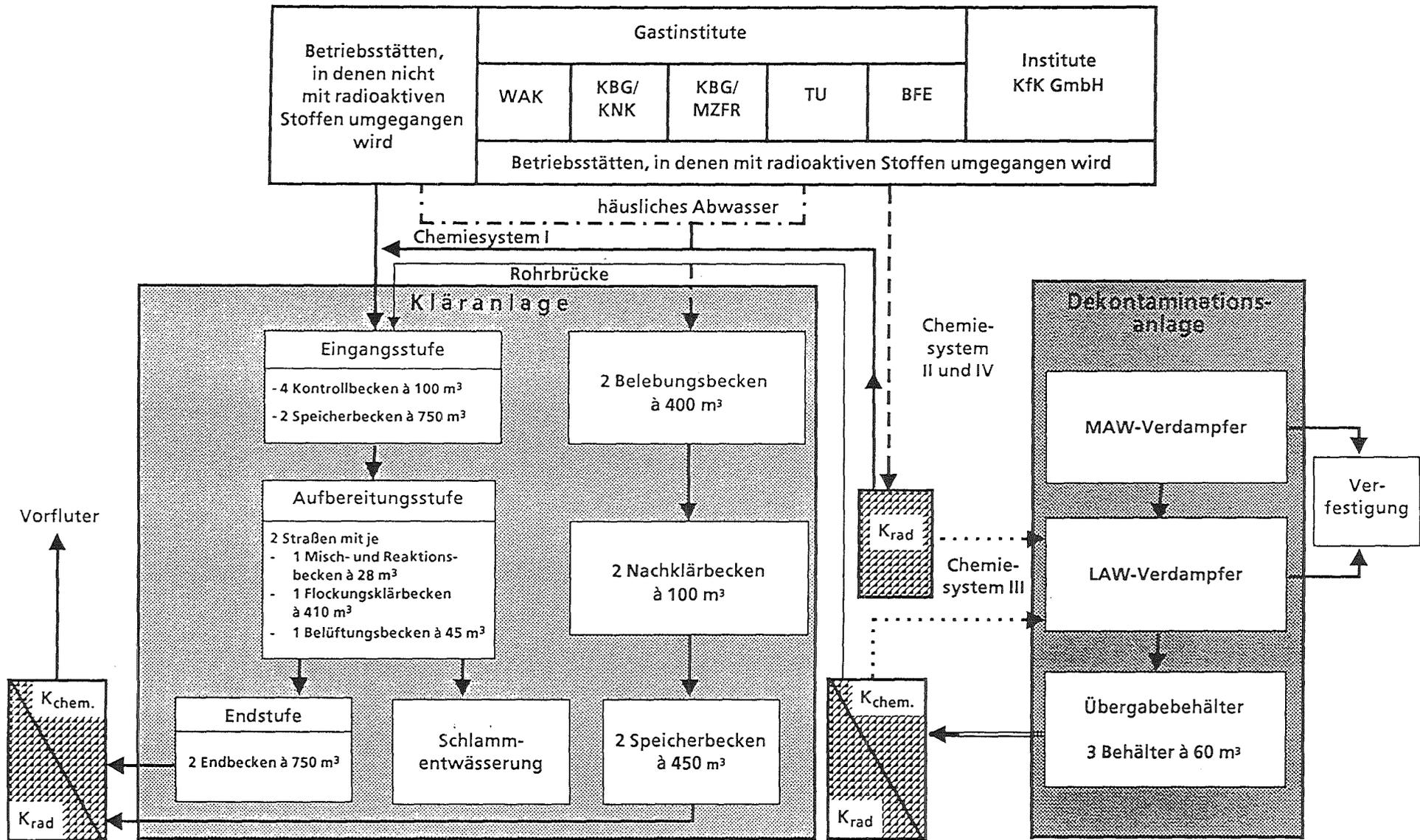


Abb. 5/4: Vereinfachtes Fließschema der Abwässer im KfK (K_{rad.}: Kontrollmessung radioaktiver Stoffe; K_{chem.}: Kontrollmessung nichtradioaktiver Stoffe).

Abwässer mit Aktivitäten pro Kubikmeter zwischen dem $6 \cdot 10^5$ (bzw. $3 \cdot 10^5$) fachen und dem $6 \cdot 10^8$ (bzw. $3 \cdot 10^8$) fachen der Jahresingestionsgrenzwerte (MAW) werden ausschließlich mit speziellen, abgeschirmten Tankwagen in die Dekontaminationsanlage für MAW überführt. Liegt die Aktivität je Kubikmeter des dekontaminierten Abwassers bei Tritium unterhalb des 30 000fachen und bei den übrigen Radionukliden unter dem 1 000fachen der Jahresingestionsgrenzwerte, so wird es ebenfalls der Kläranlage für Chemieabwasser zugeführt.

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.

In Tab. 5/7 ist die Verteilung der 1991 im Chemieabwasser II der verschiedenen Institute und Betriebsstätten auf dem Betriebsgelände des KfK nachgewiesenen Aktivität wiedergegeben.

Institut/ Betriebs- stätte	Nachgewiesene α -Aktivität		Nachgewiesene β -Aktivität (ohne H-3)		Abwassermenge	
	Bq	%	Bq	%	m ³	%
HDB II*	8,0 E+09	88,9	2,1 E+10	56,7	780	1,4
KNK	1,0 E+07	0,1	9,8 E+09	26,5	100	0,2
HVT/HZ	5,5 E+08	6,1	5,2 E+09	14,1	387	0,7
restliche Institute	4,4 E+08	4,9	1,0 E+09	2,7	55 244	97,7
Summe	9,0 E+09	100,0	3,7 E+10	100,0	56 511	100,0

*Behandlung fester radioaktiver Reststoffe

Tab. 5/7: Herkunft und Anteil der 1991 im Chemieabwasser II auf dem Betriebsgelände des KfK angefallenen Aktivität

Das in die Chemiekläranlage eingeleitete Chemieabwasser wird dort ebenfalls in einem mehrstufigen Prozeß gereinigt (s. Abb. 5/4) und schließlich in den zwei Endbecken für Chemieabwasser mit je 750 m³ Fassungsvermögen gesammelt. Im gereinigten Abwasser werden dann die Konzentrationen der radioaktiven und bestimmter nichtradioaktiver Stoffe ermittelt und anhand der Genehmigungswerte der atomrechtlichen Genehmigung und der wasserrechtlichen Erlaubnis über die Ableitung entschieden. Über einen 2,9 km langen Rohrkanal gelangen die Abwässer in den als Vorfluter dienenden Rheinniederungskanal, bis sie nach 23,6 km den Rhein erreichen.

Zusätzlich zu den Entscheidungsmessungen, die vor Abgabe des Abwassers aus den Abwassersammelstationen und den Endbecken durchzuführen sind, wird die mit dem Abwasser des KfK abgeleitete Aktivität durch nuklidspezifische Analysen von Wochen- und Monatsmischproben, die mengenproportional aus Teilmengen der einzelnen abgeleiteten Abwasserchargen aus den Endbecken herzustellen sind, bilanziert.

Die Eigenüberwachung der radioaktiven Emissionen mit dem Abwasser aus dem KfK wird durch Messungen behördlich beauftragter Sachverständiger kontrolliert. Aufgrund behördlicher Anordnung wird

seit 1. Januar 1980 auf das KfK sinngemäß das Kontrollprogramm gemäß der Bekanntmachung des BMI vom 10. Mai 1978 über die „Kontrolle der Eigenüberwachung radioaktiver Emissionen aus Kernkraftwerken“ angewandt. Danach werden durch das Bundesgesundheitsamt Berlin, das als beauftragter Sachverständiger von der zuständigen Behörde beigezogen wurde, Kontrollmessungen an Wochen- und Monatsmischproben durchgeführt.

Neben den Messungen im Rahmen des Überwachungskonzeptes, das durch die atomrechtliche Genehmigung und durch Auflagen vorgegeben ist, werden Messungen mit unterschiedlicher Zielsetzung an Wasser- und Feststoffproben verschiedenster Art und Herkunft von der Gruppe „Abwasserüberwachung“ durchgeführt.

Tab. 5/8 gibt eine Übersicht über Herkunft, Art und Anzahl der Proben, die 1991 von der Gruppe „Abwasserüberwachung“ bearbeitet wurden, sowie über Art und Anzahl der daran durchgeführten Einzelmessungen.

Meßzweck	Anzahl der Proben	Anzahl der durchgeführten Messungen					Summe der Einzelmessungen	
		α	β	Flüssigszintillation		α-Spektroskopie		γ-Spektroskopie
				H-3 C-14	Spektroskopie			
Abwasserüberwachung								
- Abwassersammelstationen	4 365	3 782	3 782	1 240	75	74	1 999	10 952
- Endbecken	367	367	367	367	-	-	546	1 647
- Endbecken (Mischproben)	64	64	64	64	-	-	-	192
Klärschlammüberwachung (Chemie- und Schmutzwasserschlamm)	34	34	34	-	-	-	-	68
Betriebliche Überwachung der Abwassereinzugsysteme	199	199	199	144	-	-	73	615
Beseitigung radioaktiver Abfälle	174	146	146	9	-	-	151	452
Betriebliche Überwachung der HVT/EA und HDB III	167	52	52	167	-	-	52	323
Überwachung der Fortluft (s. Kap. 5.1.1)	933	-	-	933	-	-	-	933
Entwicklungsarbeiten	530	-	-	503	30	-	45	578
Umgebungsüberwachung	484	-	-	484	-	-	-	484
Externe Aufträge	152	-	-	152	-	-	-	152
Qualitätskontrolle (Kalibrierungen, Ringversuche usw.)	677	1 993	1 993	3 094	45	44	735	7 904
Summe 1991	8 146	6 637	6 637	7 157	150	118	3 601	24 300
Summe 1990	8 517	7 708	7 708	6 712	-	84	4 142	27 709*

* In dieser Summe sind zusätzlich zu den aufgeführten Messungen noch Messungen mit einem Großflächenproportionalzähler als β-Energiezähler enthalten.

Tab. 5/8: Art und Anzahl der Proben sowie der 1991 im Abwasserlabor durchgeführten Einzelmessungen

5.2.1 Ableitung radioaktiver Stoffe mit dem Abwasser 1991

Ch. Wilhelm, Ch. Stickel, H.R. Goebel, H. Genzer, T. Knoch

Die Ableitung radioaktiver Stoffe mit dem Abwasser wird anhand von Mischproben bilanziert. Dazu werden mengenproportionale Proben der einzelnen Endbeckenfüllungen zu Wochen- und Monatsmischproben vereinigt und am Ende des Sammelzeitraumes analysiert. Neben den Gesamtaktivitätsmessungen werden auch nuklidspezifische Messungen mittels Gammaskopie durchgeführt. Bei Monatsmischproben werden diese Messungen durch eine chemische Aufbereitung der Proben zur getrennten Bestimmung der Konzentration von Strontium- und Plutoniumisotopen ergänzt.

In der Tab. 5/9 werden die anhand von Monatsmischproben ermittelten Gesamtableitungen radioaktiver Stoffe für 1991 wiedergegeben. Zum Vergleich sind die Vorjahreswerte und die Genehmigungswerte für Einzelnuclide angegeben. Zur Einhaltung der atomrechtlichen Genehmigung des KfK ist für mehrere Radionuclide oder ein Radionuklidgemisch zu gewährleisten, daß die Summe der Verhältniszahlen aus der gemessenen Aktivitätsabgabe und den Genehmigungswerten der einzelnen Radionuclide kleiner als eins ist.

Art der Aktivität, Radionuklid	Genehmigungswerte für die Aktivitätsabgaben in Bq/a	Bilanzierte Ableitungen in Bq/a	
		1991	1990
α-Bruttomessung	-	0*	0*
β-Bruttomessung (ohne H-3)	-	3,9 E+08	5,3 E+08
H-3	5,4 E+14	1,6 E+13	3,1 E+13
Sr-90	3,6 E+09	3,0 E+06	2,9 E+06
Cs-137	4,8 E+10	3,2 E+06	0*
Pu-238	2,4 E+08	7,7 E+05	2,8 E+05
Pu-239 + 240	2,4 E+08	6,9 E+05	6,8 E+05
aus dem KfK abgeleitete Abwassermenge in m ³	-	207 000	220 000

*Bilanzierung entsprechend KTA-Regel 1504, Werte < NWG werden nicht berücksichtigt.

Tab. 5/9: 1991 aus dem KfK in den Vorfluter abgeleitete Abwassermenge und -aktivität sowie Genehmigungswerte gemäß atomrechtlicher Genehmigung

Einen Überblick über die Entwicklung der mit dem Abwasser des KfK in den letzten 20 Jahren in den Vorfluter abgeleiteten Radioaktivität gibt Abb. 5/5.

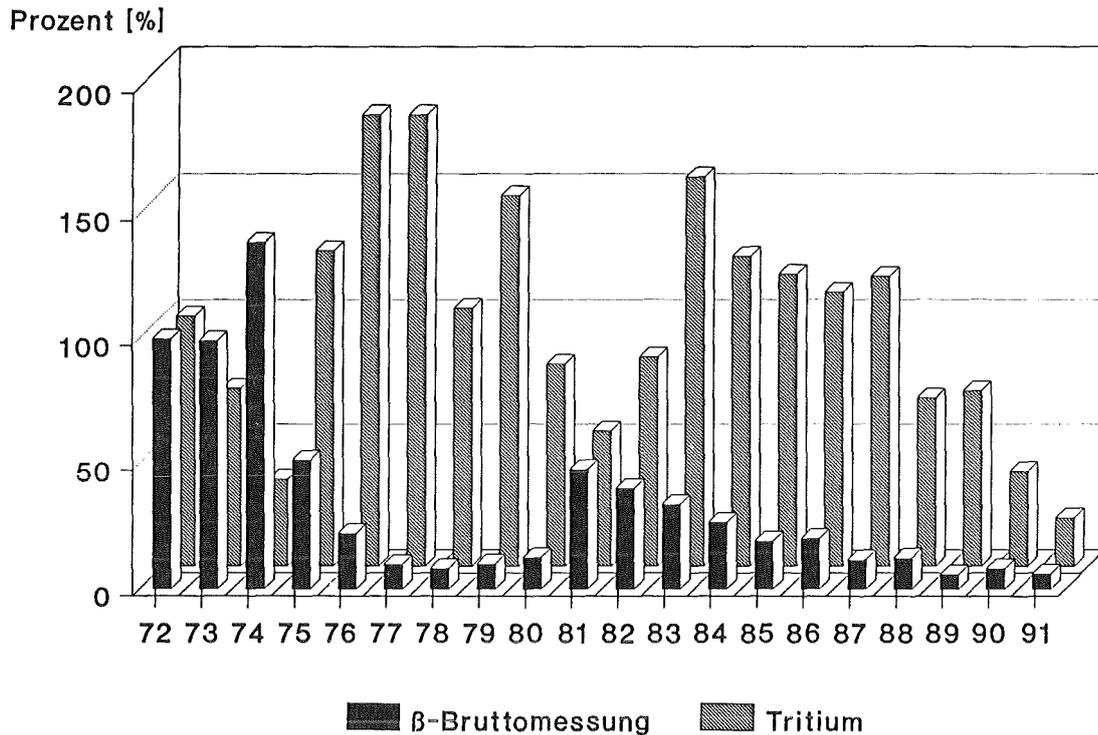


Abb. 5/5: Entwicklung der mit dem Abwasser aus dem KfK jährlich abgeleiteten Beta-gesamt- und Tritiumaktivität seit 1972 (1972 = 100 %)

5.2.2 Ableitung nichtradioaktiver Stoffe mit dem Abwasser 1991

K.-G. Langguth

Die Überwachung der aus den Endbecken der Kläranlagen für häusliches Abwasser und für Chemieabwasser in den Vorfluter eingeleiteten Abwässer hinsichtlich nichtradioaktiver Stoffe wird von der Hauptabteilung Dekontaminationsbetriebe (HDB) durchgeführt. Zur Ermittlung der Jahresabgaben dienen dabei die Ergebnisse der Messungen, die an den einzelnen Endbeckenchargen gemäß den Vorgaben des wasserrechtlichen Erlaubnis- und Genehmigungsbescheides und der Eigenkontrollverordnung des Landes Baden-Württemberg durchgeführt wurden. Darüber hinaus wurden zahlreiche weitere Stoffe als Eigenkontrolle des KfK in die Überwachung einbezogen.

In Tab. 5/10 sind die bilanzierten Ableitungen mit dem häuslichen Abwasser und dem Chemieabwasser im Jahre 1991 wiedergegeben. Die Daten wurden von HDB zur Verfügung gestellt. Zusätzlich wurden in die Tabelle die Volumina der abgeleiteten Abwässer und die errechneten Jahreskonzentrationsmittelwerte aufgenommen. Die Ableitungsgrenzwerte wurden in keinem Fall überschritten. Dies bestätigten auch die amtlichen Überwachungsmessungen.

Die Ableitung nichtradioaktiver Stoffe mit dem Chemieabwasser hat auch im Jahre 1991 weiter abgenommen. Die Abnahme ist im wesentlichen auf den Rückgang des Abwasservolumens zurückzuführen. Beim häuslichen Abwasser konnten die niedrigen Ableitungswerte, die im Vorjahr durch die Inbetriebnahme der neuen biologischen Kläranlage möglich geworden waren, wieder erreicht werden.

Bezeichnung der Stoffe	Chemieabwasser		häusliches Abwasser	
	Ableitung kg	Mittelwert g/m ³	Ableitung kg	Mittelwert g/m ³
biochem. Sauerstoffbedarf (BSB-5)	-	-	1,7 E+02	2,1 E+00
Trockenrückstand	1,3 E+05	1,0 E+03	5,6 E+04	6,9 E+02
chem. Sauerstoffbedarf (CSB)	4,5 E+03	3,6 E+01	2,9 E+03	3,6 E+01
adsorbierbare organ. Halogenverb. (AOX)	1,2 E+01	9,5 E-02	4,0 E+00	4,9 E-02
mineralöhlähnliche Kohlenwasserstoffe	2,6 E+01	2,1 E-01	9,9 E+00	1,2 E-01
flüchtige organ. Halogenverb. (POX)	3,0 E+00	2,4 E-02	-	-
organ. Gesamtkohlenstoff (TOC)	1,1 E+03	8,7 E+00	8,6 E+02	1,1 E+01
Gesamt-Stickstoff	-	-	2,3 E+03	2,8 E+01
organisch gebundener Stickstoff	-	-	2,4 E+02	3,0 E+00
Chlorid	4,9 E+04	3,9 E+02	1,4 E+04	1,7 E+02
Nitrat	3,3 E+03	2,6 E+01	8,5 E+03	1,0 E+02
Nitrit	2,8 E+02	2,2 E+00	3,4 E+01	4,2 E-01
Phosphat	3,7 E+02	2,9 E+00	2,2 E+03	2,7 E+01
Sulfat	2,6 E+04	2,1 E+02	5,3 E+03	6,5 E+01
Ammonium	3,9 E+02	3,1 E+00	2,5 E+02	3,1 E+00
Cadmium	< 6,0 E-01	< 4,8 E-03	< 4,0 E-01	< 4,9 E-03
Chrom	< 1,3 E+00	< 1,0 E-02	< 8,0 E-01	< 9,9 E-03
Eisen	8,2 E+01	6,5 E-01	1,2 E+01	1,5 E-01
Quecksilber	< 1,6 E-02	< 1,3 E-04	< 8,0 E-03	< 9,9 E-05
Blei	< 5,3 E+00	< 4,2 E-02	< 3,3 E+00	< 4,1 E-02
Kobalt	< 2,5 E+00	< 2,0 E-02	< 1,6 E+00	< 2,0 E-02
Kupfer	< 2,6 E+00	< 2,1 E-02	< 2,1 E+00	< 2,6 E-02
Mangan	< 4,3 E+00	< 3,4 E-02	< 2,1 E+00	< 2,6 E-02
Nickel	< 3,7 E+00	< 2,9 E-02	< 1,6 E+00	< 2,0 E-02
Zink	5,6 E+00	4,4 E-02	1,6 E+01	2,0 E-01

Tab. 5/10: Bilanzierte Mengen und Jahreskonzentrationsmittelwerte der 1991 mit dem Chemieabwasser (126.00 m³) und dem häuslichen Abwasser (81.000 m³) in den Vorfluter abgeleiteten nichtradioaktiven Stoffe

5.2.3 Strahlenexposition in der Umgebung durch die mit dem Abwasser abgeleiteten radioaktiven Stoffe 1991

D. Papadopoulos, K.-G. Langguth, M. Winter

Die aus den Ableitungen radioaktiver Stoffe mit dem Abwasser des Kernforschungszentrums Karlsruhe resultierende Strahlenexposition von Personen, die sich am Rheinniederungskanal, der als Vorfluter dient, aufhalten und Lebensmittel aus diesem Gebiet konsumieren, ist so gering, daß sie direkt nicht meßbar ist. Sie kann aber nach den in der Allgemeinen Verwaltungsvorschrift zu § 45 StrlSchV (AVV) angegebenen Modellen berechnet werden. Dabei kann entweder von den bilanzierten Aktivitätsableitungen oder, realistischer, von den gemessenen Aktivitätsgehalten im Trinkwasser und in Lebensmitteln ausgegangen werden. Beide hier vorgelegten Berechnungsergebnisse zeigen, daß die ermittelten Dosen die Dosisgrenzwerte des § 45 StrlSchV deutlich unterschreiten.

Berechnung der Strahlenexposition aus den bilanzierten Aktivitätsableitungen

Die Berechnung wurde mit Hilfe des Rechenprogrammes RHEIN_1 durchgeführt. RHEIN_1 berechnet die über 50 Jahre integrierten Folgeäquivalentdosen nach AVV. Für die Umgebung des KfK wurden die Effektivdosen und die Dosen der kritischen Organe jeweils für Erwachsene und Kleinkinder berechnet. Bei der Berechnung wurden alle für den Standort des KfK relevanten Expositionspfade berücksichtigt. Der mittlere Durchfluß im Rheinniederungskanal beträgt 0,7 m³/s. Tab. 5/11 enthält die Rechenergebnisse für die effektiven Dosen und die Dosen für die jeweils am stärksten exponierten Organe für Erwachsene und Kleinkinder.

Bilanzierte Aktivitätsableitungen 1991		Maximale Körper-Folgedosen 1991 in µSv			
		Erwachsene		Kleinkinder	
Nuklid	Aktivität in Bq	effektive Dosis	Dosis für das am stärksten exponierte Organ	effektive Dosis	Dosis für das am stärksten exponierte Organ
H-3	1,6 E + 13	31	-	31	-
Sr-90	3,0 E + 06	0,03	0,13 (RK)	0,02	0,07 (RK)
Cs-137	3,2 E + 06	0,08	-	0,01	-
Pu-238	7,7 E + 05	0,07	1,3 (KO)	0,05	0,57 (KO)
Pu-239 + Pu-240	6,9 E + 05	0,07	1,3 (KO)	0,04	0,55 (KO)
Summe, gerundet:		31		31	

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

Tab. 5/11: Maximale Körper-Folgedosen durch Ingestion, berechnet aus den bilanzierten Aktivitätsableitungen mit dem Abwasser 1991 und den Modellen und Rechenvorschriften der Allgemeinen Verwaltungsvorschrift zu § 45 StrlSchV

Berechnung der Strahlenexposition aus den gemessenen Aktivitätsgehalten im Trinkwasser und in Lebensmitteln

Die Äquivalentdosen werden als Produkte der durch Ingestion aufgenommenen Aktivitäten und den zugehörigen Dosisfaktoren ermittelt. Die Berechnung basiert auf den von HS/US gemessenen Aktivitätsgehalten im Trinkwasser und in Lebensmitteln im Bereich des Rheinniederungskanals. Bei allen Messungen der Aktivität von Trinkwasser wurde nur Tritium nachgewiesen. Da das aus dem Grundwasser gewonnene Trinkwasser auch zur Viehtränke und zur Beregnung verwendet wird, kann angenommen werden, daß dort erzeugte landwirtschaftliche Produkte außer Tritium keine anderen künstlichen Radionuklide aus dem Abwasser des KfK enthalten. Mit Ausnahme von Fleisch und Fisch ist für alle in der AVV angegebenen Lebensmittel die spezifische Tritiumaktivität aus Messungen bekannt. Für Fleisch wurde die spezifische Tritiumaktivität aus dem Tritiumgehalt der Viehtränke und des Viehfutters nach dem Modell der AVV berechnet. In Tab. 5/12 sind die der Dosisberechnung für Erwachsene zugrundeliegenden Tritiumgehalte für Trinkwasser und landwirtschaftliche Produkte für das Jahr 1991 eingetragen.

Für Trinkwasser wurde der Jahresmittelwert der Tritiumkonzentration (79 Bq/l), der sich 1991 bei der monatlichen Überwachung der Eigenwasserversorgungen von landwirtschaftlichen Betrieben am Rußheimer Altrhein ergab, in die Rechnung eingesetzt.

Bei Messungen von Fisch aus dem Rheinniederungskanal wurden geringe Mengen von Cs-134 (0,06 Bq/kg), Cs-137 (0,7 Bq/kg) und Sr-90 (0,07 Bq/kg) nachgewiesen. Für die spezifischen Aktivitäten dieser Nuklide in Fisch errechnet sich ein Beitrag zur effektiven Äquivalentdosis von 0,3 µSv. Obwohl die Cs-Meßwerte im Schwankungsbereich der auf den Unfall von Tschernobyl zurückzuführenden Cs-Gehalte von Fisch aus Fließgewässern liegen, wurden sie ohne Abzug für die Dosisberechnung verwendet. Für das Gewebewasser im Fischfleisch wurde der Jahresmittelwert der Tritiumkonzentration (910 Bq/l), der 1991 für das Oberflächenwasser aus dem Vorfluter ermittelt wurde, eingesetzt. Daraus wurde die spezifische Tritiumaktivität in Fisch ermittelt.

Zur Bestimmung des Tritiumgehaltes pflanzlicher Produkte wurde die spezifische Aktivität von Getreide, Kartoffeln und Spinat gemessen. Die Tritiumkonzentrationen des Gewebewassers der untersuchten pflanzlichen Produkte variierten 1991 zwischen 7 und 22 Bq/l. Da das Gewebewasser nicht das gesamte Pflanzengewicht ausmacht, ist zahlenmäßig die spezifische Aktivität der pflanzlichen Produkte kleiner als die Aktivitätskonzentration des Gewebewassers. Auf eine Korrektur wurde hier verzichtet und der höchste Konzentrationswert als spezifische Aktivität der Frischsubstanz für die Berechnung verwendet (s. Tab. 5/12).

Die Tritiumkonzentration in Milch aus den landwirtschaftlichen Betrieben am Rußheimer Altrhein wurde halbjährlich gemessen. 1991 betrug der höhere Wert 55 Bq/l. Dieser Wert wurde in die Rechnung eingesetzt. Da das aus der eigenen Grundwasseraufbereitung stammende Trinkwasser auch zur Viehtränke und zur Beregnung benutzt wird, wurde für die Berechnung des Tritiumgehaltes im Fleisch (s. Tab. 5/12) der Jahresmittelwert 1991 für Trinkwasser verwendet. Im Gewebewasser von Bewuchs wurde kein Tritium nachgewiesen. Zur Berechnung wurde die Nachweisgrenze von 7 Bq/l eingesetzt.

Die Effektivdosisbeiträge der verschiedenen Lebensmittel, die zu ihrer Berechnung verwendeten Tritiumgehalte und der Jahresverbrauch nach AVV sind in Tab. 5/12 eingetragen. Als Summe der Dosisbeiträge ergibt sich für 1991 eine effektive Folge-Äquivalentdosis für den Expositionspfad Abwasser von 2,4 µSv.

Lebensmittel	Tritiumgehalt	Jahresverbrauch Erwachsene	Effektive Dosis μSv
Trinkwasser	79 Bq/l	800 l/a	1,0
Fisch	910 Bq/kg**	20 kg/a	0,6*
Milch	55 Bq/l	330 l/a	0,3
Fleisch	125 Bq/kg	150 kg/a	0,3
Pflanzliche Produkte	22 Bq/kg	500 kg/a	0,2
Summe:			2,4*

*einschließlich Sr-90, Cs-134 und Cs-137

**mittlere H-3-Konzentration des Oberflächenwassers im Vorfluter

Tab. 5/12: Effektive Folge-Äquivalendosis für Erwachsene für den Expositionspfad Abwasser im Jahr 1991, berechnet aus den ermittelten Aktivitätskonzentrationen in Trinkwasser und Lebensmitteln

Die effektive Dosis für Erwachsene ist auf Grund der im Jahr 1991 gemessenen Aktivitätsgehalte im Trinkwasser und in Lebensmitteln um den Faktor 13 kleiner als bei einer Berechnung nach den bilanzierteren Ableitungen unter Anwendung der Modelle der AVV. Dies folgt aus der für Planungszwecke konzipierten AVV, die sicherstellen muß, daß die bei ihrer Anwendung errechnete Strahlenexposition des Menschen nicht unterschätzt wird.

5.3 Umgebungsüberwachung

S. Allers, A. Wicke

Die Umgebung des KfK wird gemäß § 48 StrlSchV nach einem vom Ministerium für Umwelt Baden-Württemberg genehmigten Routinemeßprogramm überwacht. Bei der Erstellung des Überwachungsprogramms wurden die in der Richtlinie für Emissions- und Immissionsüberwachung enthaltenen Vorschriften sowie spezielle Auflagen der zuständigen Aufsichtsbehörde beachtet. Das routinemäßig überwachte Gebiet umfaßt eine Fläche von ca. 300 km². Die meisten Meß- und Probenahmestellen liegen jedoch innerhalb eines Kreises von ca. 6 km Radius um das KfK. Innerhalb des gesamten Überwachungsbereichs bildet der betriebliche Überwachungsbereich des KfK selbst - das ist die ca. 2 km² große Fläche innerhalb des Zauns - einen besonderen Bereich. Das Meßstellennetz ist hier (s. Lageplan Nr. 2) wesentlich dichter als in der eigentlichen Umgebung (s. Lageplan Nr. 1).

Das 1991 gültige, auflagenbedingte Überwachungsprogramm umfaßt wie bisher die Ermittlung der direkten Strahleneinwirkung von außen sowie die Messung der Aktivität von Probenmaterialien aus verschiedenen Umweltmedien. Wenn sich im Rahmen der Routineüberwachung gegenüber bekannten Schwankungsbereichen signifikant erhöhte Radioaktivitätsmeßwerte ergeben, werden grundsätzlich ergänzende, zeitlich befristete Überwachungsmaßnahmen durchgeführt. Monatliche Meßfahrten dienen

dem Training des Einsatzpersonals bei Störfällen. Das Routineüberwachungsprogramm zur Überwachung der Umgebung des KfK hat folgende Struktur:

1 Direktmessung der Strahlung

- 1.1 Außenstationen
- 1.2 Monitoranlage zur Überwachung des Betriebsgeländes einschließlich WAK
- 1.3 Festkörperdosimeter

2 Radioaktivitätsmessungen

- 2.1 Luft
- 2.2 Niederschlag
- 2.3 Boden
- 2.4 Bodenoberfläche
- 2.5 Bewuchs
- 2.6 Pflanzliche Nahrungsmittel
- 2.7 Oberflächenwasser
- 2.8 Grund- und Trinkwasser
- 2.9 Sediment
- 2.10 Fisch
- 2.11 Milch

3 Meßfahrten (Störfalltrainingsprogramm)

- 3.1 γ -Ortsdosisleistung
- 3.2 Aerosole
- 3.3 gasförmiges Iod
- 3.4 Bodenoberfläche
- 3.5 Boden

5.3.1 Ergebnisse der Routineüberwachung 1991

S. Allers, E. Däuble, F. Werner, W. Bohn

Direktmessung der Strahlung

Zur Direktmessung der Strahlung befinden sich zwei On-line-Systeme im Einsatz. Das eine System, die sogenannte Monitoranlage, dient der Überwachung des betrieblichen Überwachungsbereichs, das andere, die sogenannten Außenstationen, dient der Überwachung der umliegenden Ortschaften. 1991 wurden durch die Monitoranlage sieben Überschreitungen der Warnschwelle von 10 $\mu\text{Sv/h}$ registriert. Ursachen der erhöhten Dosisleistungen auf dem Gelände des KfK waren Transporte radioaktiver Stoffe. Bei den Außenstationen wurden keine erhöhten Dosisleistungsmeßwerte registriert. In Abb. 5/6 sind die mittleren Ortsdosisleistungen 1991 an den Außenstationen der nächstgelegenen Ortschaften dargestellt. Die Meßwerte liegen innerhalb des Schwankungsbereichs der durch natürliche Strahlung verursachten Ortsdosis. Der unterschiedliche hohe Strahlungspegel wird im wesentlichen durch standortspezifische Parameter wie z. B. verschiedene Dachhöhen, Dachneigungen und Alter der Dächer bestimmt.

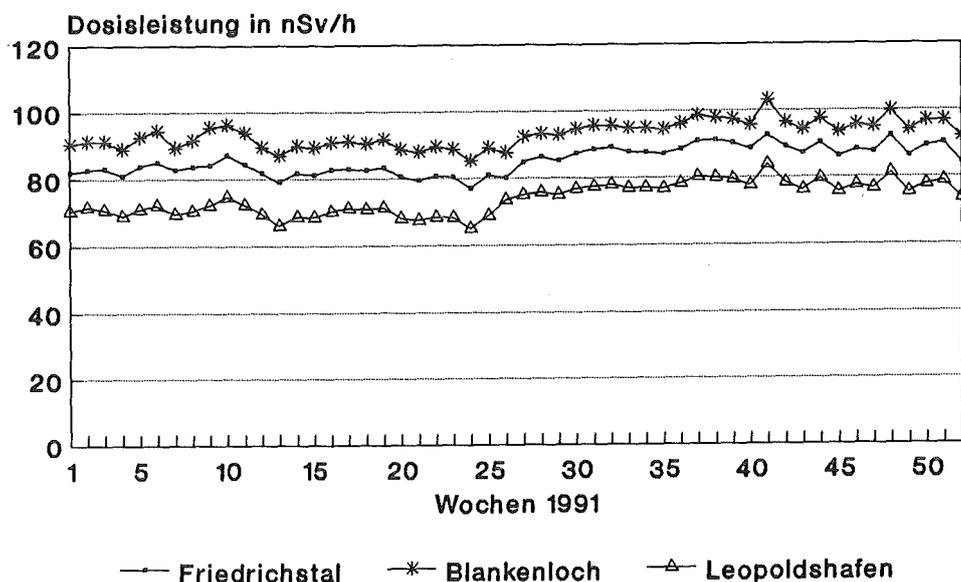


Abb. 5/6: Mittlere monatliche γ -Ortsdosisleistung 1991 in den nächstgelegenen Ortschaften

Die mit Thermolumineszenzdosimetern gemessene Ortsdosis entlang des Betriebsgeländezaunes (insgesamt 45 Meßorte) lag auch 1991 innerhalb der Schwankungsbreite (0,6 bis 0,83 mSv/a) der Meßwerte der 38 Umgebungsdosimeter in den umliegenden Ortschaften.

Radioaktivitätsmessungen

Zweimal wöchentlich werden die Aerosolfilter, die in den drei Meßhütten kontinuierlich bestaubt werden, gewechselt. γ -spektrometrische Untersuchung und Plutoniumanalyse der Filter erfolgen monatlich. 1991 lagen alle durch γ -Spektrometrie bestimmten Aktivitätskonzentrationen künstlicher Radionuklide unter oder nahe der Erkennungsgrenze. Die Be-7-Aktivitätskonzentration schwankte zwischen 2 und 3,3 mBq/m³. Be-7 ist ein natürliches Radionuklid, das als Leitnuclid für den vertikalen atmosphärischen Austausch angesehen werden kann und dessen Aktivitätskonzentration je nach Jahreszeit schwankt. Die Pu-238- und die (Pu-239 + Pu-240)-Aktivitätskonzentrationen lagen alle unterhalb von 0,3 μ Bq/m³ (vgl. Kap. 5.4.8). Im Niederschlag wurde bei der γ -spektrometrischen Bestimmung der künstlichen Radionuklide keine Aktivitätskonzentration oberhalb der Erkennungsgrenze festgestellt. Die Monatswerte der H-3-Aktivitätskonzentration lagen ebenfalls nahe oder unterhalb der Erkennungsgrenze.

Tab. 5/13 enthält eine Übersicht über den Schwankungsbereich der 1990 und 1991 gemessenen spezifischen Aktivitäten in Boden- und Sedimentproben. Aufgeführt wurden nur solche künstlichen Nuklide,

für die in den Jahren 1991 mindestens ein Meßergebnis über der Erkennungsgrenze lag. Bei K-40 handelt es sich um ein natürliches Radionuklid. Die sehr umfangreiche Zusammenstellung aller Einzelmeßergebnisse wird für jedes Quartal den zuständigen Aufsichtsbehörden zugeleitet. Gegenüber dem Vorjahr wurde keine erhöhte spezifische Aktivität im Boden oder Sediment festgestellt. Die gemessenen Cs-134- und Cs-137-Aktivitäten beruhten zum größten Teil auf dem Fallout vom Reaktorunfall in Tschernobyl im Jahr 1986. Die Sedimentproben aus dem Rheinniederungskanal wurden geschöpft, während das Sediment im Hirschkanal kontinuierlich in sogenannten Sedimentsammelkästen aufgefangen wurde.

Überwachtes Medium	Nuklid	spezifische Aktivität in Bq/kg Trockensubstanz			
		1990		1991	
		Minimum	Maximum	Minimum	Maximum
Boden (0-5 cm)	K-40	430	470	380	430
	Cs-134	0,5	4,1	1,6	3,7
	Cs-137	14	43	25	48
	Sr-90	1	3,2	0,7	2,1
	Pu-238	< 0,007	0,04	< 0,01	0,04
	Pu-239 + 240	0,1	0,6	0,03	0,7
Sediment (Rheinniederungskanal unterhalb Einleitung)	K-40	320	360	310	340
	Cs-134	< 0,9	4,7	< 0,7	3,5
	Cs-137	12	27	3,5	25
	Pu-238	0,03	0,1	0,02	0,2
	Pu-239 + 240	0,06	0,2	0,03	0,3
Sediment (Hirschkanal)	K-40	250	450	300	440
	Co-60	2,7	16	2,4	16
	Cs-134	26	120	13	72
	Cs-137	260	1100	180	1000
	Am-241	< 8,9	46	< 9,3	42

Tab. 5/13: Schwankungsbereich der spezifischen Aktivität im Boden und Sediment

1990 wurde die Ermittlung des Aktivitätseintrags in den Boden mittels In-situ-Spektrometrie in das Routineprogramm der Umgebungsüberwachung aufgenommen. Jährlich werden an vier Orten Messungen durchgeführt. Zwei Messungen werden jedes Jahr an den gleichen Orten, die sich in den beiden Hauptausbreitungssektoren befinden, durchgeführt (Koordinaten bezogen auf den FR2-Kamin: Südwestsektor: $x = -3,1$ km, $y = -2,2$ km; Nordostsektor: $x = 3,4$ km, $y = 1,8$ km). Die anderen zwei Meßorte können frei gewählt werden und entsprachen 1990 den mit Z11 und Z6, 1991 den mit Z1 und Z10 bezeichneten Stellen, die in der Zentralzone gemäß dem „Besonderen Katastropheneinsatzplan für die Umgebung des KfK“ festgelegt wurden (s. Lageplan, Abb. 5/7)). Parallel zu den In-situ-Messungen wurden Bodenproben entnommen, die im Labor ausgemessen wurden. In Tab. 5/14 werden die mittels In-situ-Spektrometrie und Labormessungen gewonnenen Meßergebnisse miteinander verglichen. Die Ergebnisse der spezifischen Cs-137-Aktivität stimmen innerhalb der Fehlerbreite gut überein, während beim Cs-134 die durch In-situ-Spektrometrie ermittelte Aktivität an zwei Meßorten höher liegt. Auch ist die durch Labormessungen ermittelte K-40-Aktivität in den meisten Fällen deutlich niedriger als bei den Feldmessungen. Diese Abweichungen können auf die unterschiedlichen Kalibrierungsmethoden und insbesondere auf die bei der In-situ-Spektrometrie für die Berechnung der spezifischen Aktivität getroffenen Annahmen über die Verteilung der Aktivität im Boden zurückgeführt werden.

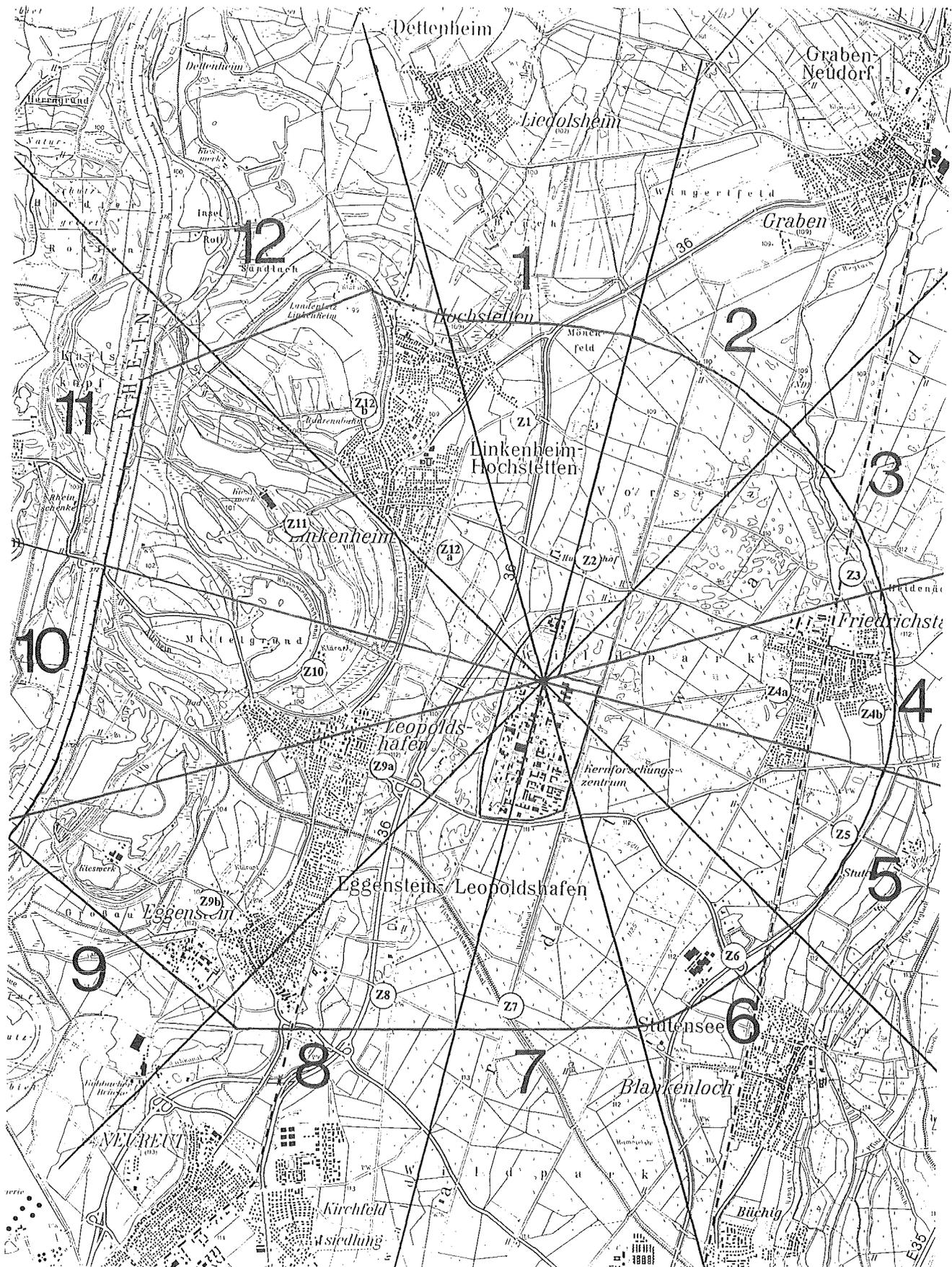


Abb. 5/7: Meß- und Probenahmeorte in der Zentralzone gemäß dem „Besonderen Katastropheneinsatzplan für die Umgebung des KIK“

Probenahmeort	Probenahmedatum	spezifische Aktivität in Bq/kg Frischsubstanz					
		Cs-134		Cs-137		K-40	
		In-situ	Labor	In-situ	Labor	In-situ	Labor
Z11	15.08.1990	6,4±2,3	2,2±0,4	24 ± 3	20 ± 1	430±30	350±20
Südwestsektor	13.07.1990	4,5±2,4	2,7±0,8	20 ± 2	19 ± 1	490±30	390±20
Z6	11.09.1990	< 0,74	1 ± 0,6	10 ± 1	12 ± 1	580±30	440±20
Nordostsektor (identisch mit Z3)	25.09.1990	1,9±0,9	1,1±0,6	15 ± 2	12 ± 1	570±30	390±20
Z1	28.01.1991	< 1,4	<0,95	9 ± 1	9 ± 1	490±30	410±20
Nordostsektor (identisch mit Z3)	08.03.1991	< 1,6	0,68±0,61	13 ± 2	10 ± 1	380±20	360±20
Südwestsektor	04.12.1991	6,1±2,6	2,6 ± 0,3	44 ± 3	38 ± 1	300±20	330±20
Z10	11.12.1991	2,5±1,2	-	5,2 ± 1,2	-	310±20	-

Tab. 5/14: Vergleich der Meßergebnisse der spezifischen Aktivität im Boden, ermittelt durch In-situ-Spektrometrie und Labormessungen

Tab. 5/15 enthält eine Übersicht über den Schwankungsbereich der 1990 und 1991 gemessenen spezifischen Aktivitäten in Nahrungsmitteln. Aufgeführt wurden nur solche künstlichen Nuklide, für die in

Überwachtes Medium	Nuklid	spezifische Aktivität in Bq/kg Frischsubstanz			
		1990		1991	
		Minimum	Maximum	Minimum	Maximum
Wurzelgemüse	K-40	42	110	38	150
	Cs-137	< 0,02	< 0,06	< 0,02	0,09
	Sr-90	0,08	0,3	< 0,05	< 0,08
Getreide	K-40	92	140	100	140
	Cs-137	< 0,04	< 0,1	< 0,04	0,05
	Sr-90	0,6	0,7	0,3	0,6
Blattgemüse	K-40	55	180	47	160
	Cs-137	< 0,02	0,6	< 0,02	1
	Sr-90	0,1	0,2	0,7	0,7
Fisch	K-40	21	76	73	83
	Cs-134	0,08	0,1	< 0,06	0,06
	Cs-137	0,7	1	0,4	0,7
	Sr-90	0,03	0,05	0,02	0,07

Tab. 5/15: Schwankungsbereich der spezifischen Aktivität in Nahrungsmitteln

den Jahren 1990 und 1991 mindestens ein Meßergebnis über der Erkennungsgrenze lag. Die landwirtschaftlichen Produkte wurden in den beiden Hauptausbreitungssektoren angebaut. Der Fisch stammt aus dem Rheinniederungskanal in der Höhe von Linkenheim. Die mittlere spezifische Cs-137- und Cs-134-Aktivität im Fisch hat gegenüber dem Vorjahr geringfügig abgenommen. Dieser Befund entspricht der generell abnehmenden Tendenz der durch den Unfall in Tschernobyl verursachten Cäsiumkontamination.

Die H-3-Aktivitätskonzentration des Grund- und Trinkwassers der Wasserwerke Linkenheim, Leopoldshafen, Hardtwald, des KfK und der Beobachtungsbrunnen zwischen dem KfK und Linkenheim lag im Schwankungsbereich des Nullpegels (7 bis 13 Bq/l). Bei Aussiedlerhöfen, die sich am Rußheimer Altrhein in der Nähe des Rheinniederungskanals zwischen Rußheim und Rheinsheim befinden, wird monatlich die H-3-Aktivitätskonzentration im Grundwasser bestimmt. Die H-3-Aktivitätskonzentration schwankte hier zwischen 35 und 130 Bq/l. Unterhalb der Einleitungsstelle für die Abwässer des KfK werden Wasserproben aus dem Rheinniederungskanal kontinuierlich über eine Woche gesammelt. Die Wochenwerte der H-3-Aktivitätskonzentration im Jahr 1991 schwankten zwischen 40 und 7700 Bq/l. In Abb. 5/8 ist der zeitliche Verlauf der Aktivitätskonzentration im Rheinniederungskanal dargestellt. Vierteljährlich werden außerdem vier Baggerseen und Tümpel, die zum Teil eine direkte Verbindung zum Rheinniederungskanal haben, beprobt. Die H-3-Aktivitätskonzentration schwankte zwischen der Erkennungsgrenze und 260 Bq/l.

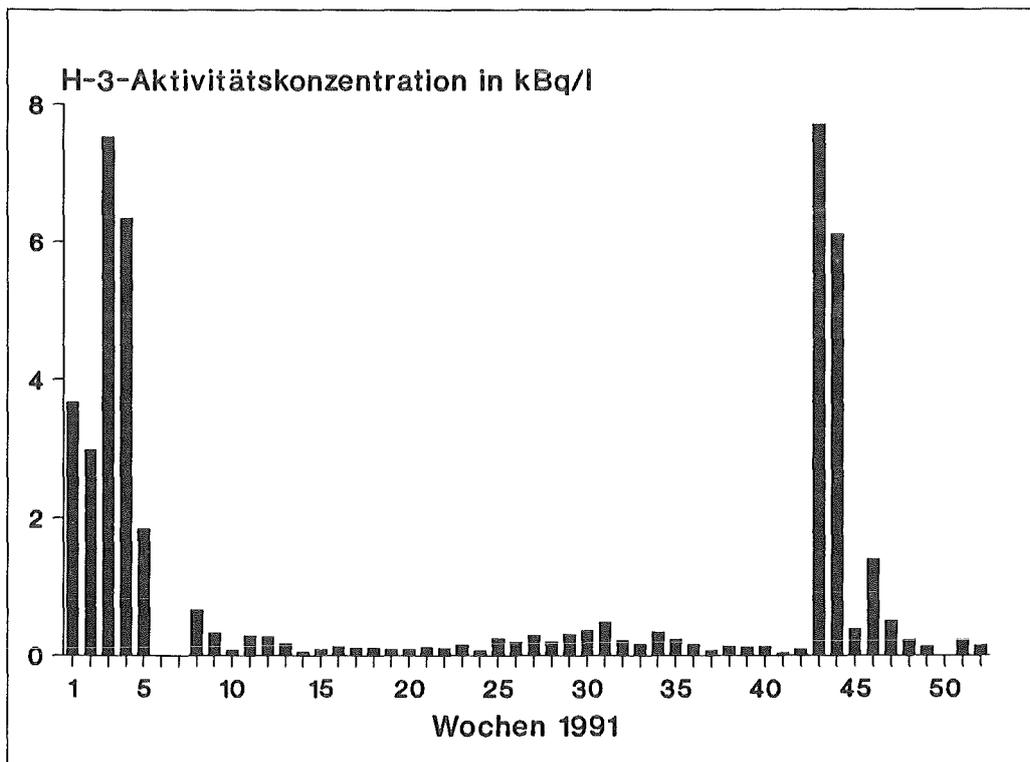


Abb. 5/8: H-3-Aktivitätskonzentration im Rheinniederungskanal

Meßfahrten

Im Rahmen des Störfalltrainingsprogramm werden monatliche Meßfahrten zu wechselnden Meß- und Probenahmeorten durchgeführt. Die anzufahrenden Stellen wurden in der Zentralzone (s. Lageplan, Abb. 5/7) gemäß dem „Besonderen Katastropheneinsatzplan für die Umgebung des KfK“ festgelegt. Ziel dieser Meßfahrten ist das Training des Rufbereitschaftspersonals der HS/US. Alle Meßergebnisse entsprachen der Erwartung und zeigten keinerlei Auffälligkeiten.

5.3.2 Ergänzende Überwachungsmaßnahmen

S. Allers

Im Jahr 1991 wurden zusätzlich zum Routineprogramm 14 Probenahmen und Messungen aufgrund von besonderen Vorkommnissen durchgeführt. Anlaß für die zusätzlichen Überwachungsmaßnahmen waren Verfärbungen oder pH-Wertveränderungen der Regen- und Kühlwässer in den Sandfängen. Es wurden jeweils Wasserproben entnommen und die H-3- sowie die α - und β -Aktivitätskonzentration bestimmt.

Probenahmen und Messungen von Bodenproben wurden nach der Entdeckung einer Altkontamination im Bereich des Leerfaßlagers auf dem Betriebsgelände der HDB erforderlich. Ursache und Zeitpunkt der Kontamination konnten nicht festgestellt werden. Die Cs-137-Aktivität in den Bodenproben schwankte zwischen 30 und 470 Bq/kg Trockensubstanz. Bei der γ -spektrometrischen Bestimmung der Einzelnuklide wurden außerdem noch Co-60, Sb-125, Ru/Rh-106, Cs-134 und Am-241 festgestellt. Die Probenahmeorte lagen innerhalb oder nahe des HDB-Zaunes.

Neben dem Routineprogramm der Umgebungsüberwachung bestehen Auflagen, die in anderen Genehmigungen festgelegt sind. Zum Beispiel werden aufgrund der Genehmigung für die Hauptabteilung Dekontaminationsbetriebe regelmäßig 30 Grundwasserpegel beprobt. In Abb. 5/9 ist der Verlauf der H-3-Aktivitätskonzentration des Grundwassers aus den drei Beobachtungspiegeln dargestellt, die monatlich überwacht werden. Beim Pegel G1/13 war im Juli 1991 wegen Bautätigkeiten eine ordnungsgemäße Probenahme nicht möglich. Die Pegel G 1/11 und G 1/13 befinden sich dicht bei den alten Endbecken der KfK-Kläranlage, der Pegel H II/1 in ca. 1 km Entfernung in Grundwasserfließrichtung. Die H-3-Aktivitätskonzentration des Grundwassers der anderen Pegel lag zwischen rund 7 und 42 Bq/l.

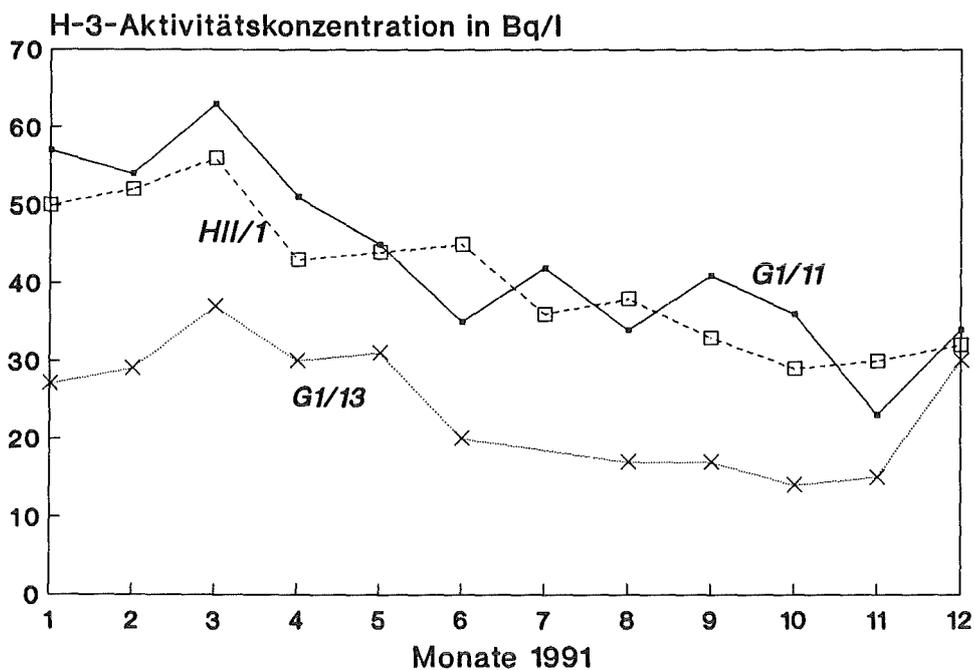


Abb. 5/9: H-3-Aktivitätskonzentration des Grundwassers aus den Beobachtungspiegeln H II/1, G 1/11 und G 1/13

Die 1991 durchgeführte Meßkampagne zur Bestimmung der spezifischen Aktivität und des Gehaltes von Schwermetallen in Böden aus den beiden Hauptausbreitungssektoren der HDB-Verbrennungsanlage (siehe KfK-Bericht Nr. 4830, Kap. 5.3.3.) wurde am 3. September 1991 mit einer verringerten Anzahl von Probenahmeorten wiederholt. In den beiden Hauptausbreitungssektoren Nordost und Südwest der Verbrennungsanlage der HDB (Abluftkamin Geb. 536) wurden jeweils 2 Bodenproben genommen. Außerdem wurden 3 Proben nördlich und südlich in 100 m Entfernung vom Kamin und an der Referenzstelle im Südosten genommen. An den Orten SW1, SW2, NO1, NO3 und an der Referenzstelle wurden bereits 1990 Proben geholt. Die Orte S1, N1 und N2 wurden hingegen im September 1991 zum ersten Mal beprobt. Bestimmt wurden die durch Gammasspektrometrie ermittelten Radionuklidgehalte sowie der Gehalt an Schwermetallen. Die im Jahresbericht 1990 beschriebenen Probenahme- und Probenaufbereitungsverfahren wurden nicht verändert. Tab. 5/16 enthält die Meßergebnisse der durch Gammasspek-

Probenahmeort	spezifische Aktivität in Bq/kg Trockensubstanz					
	Co-60	Sb-125	Cs-134	Cs-137	Am-241	K-40
SW1	0,4±0,2	1,8±0,6	2,7±0,2	120 ± 2	3,1±1,6	430±10
SW 2	0,4±0,2	2,2±0,8	3,8±0,3	140 ± 2	2,6±1	360±10
NO 1	-	-	0,3±0,1	9,8 ± 4,7	-	500±10
NO 3	0,2±0,16	-	0,6±0,1	27 ± 1	1,1±1,1	470±10
S1	0,4±0,18	0,5±0,4	1 ± 0,2	22 ± 1	-	440±10
N1	-	-	0,2±0,1	2,3 ± 0,2	-	470±10
N2	0,4±0,1	0,8±0,4	1,3±0,2	27 ± 1	2,2±1,4	470±10
Referenz I	0,7±0,5	-	3,3±0,2	68 ± 1	-	450±10

Tab. 5/16: Spezifische Aktivität in Bodenproben vom 3. 9 1991 aus den beiden Hauptausbreitungssektoren und in der Nähe der Verbrennungsanlage der HDB

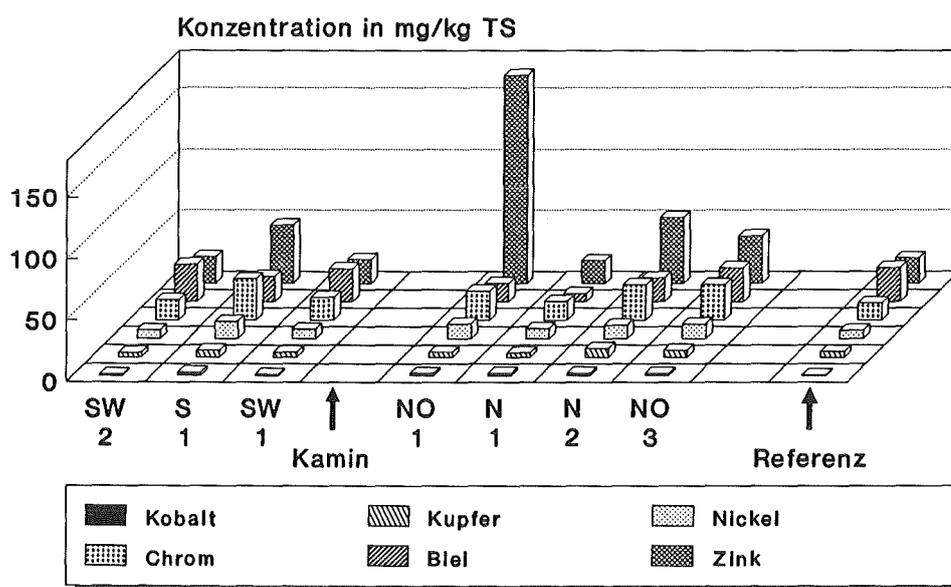


Abb. 5/10: Schwermetallkonzentrationen in Bodenproben vom 3. 9 1991 aus den beiden Hauptausbreitungssektoren und in der Nähe der Verbrennungsanlage der HDB

trometrie ermittelten Radionuklidgehalte. Wie schon im Vorjahr war die spezifische Aktivität an dem Probenahmeort SW1 deutlich erhöht. Auffällig war die Erhöhung der Cs-137-Aktivität an der Stelle SW2 von 57 Bq/kg Trockensubstanz im März 1990 auf 140 Bq/kg Trockensubstanz. Außerdem wurden in fast allen Proben neben den durch den Fallout von Kernwaffenversuchen und dem Reaktorunfall in Tschernobyl in den Boden eingebrachten Nuklide Cs-134 und Cs-137 Spuren von Co-60, Sb-125 und Am-241 festgestellt. Die an den erstmals beprobten Stellen N1, N2 und S1 gemessene spezifische Cs-137-Aktivität lag im Bereich des in Baden-Württemberg gemessenen Schwankungsbereiches von 10 bis 40 Bq/kg Trockensubstanz. Die Schwermetallkonzentrationen (siehe Abb. 5/10) blieben gegenüber dem Vorjahr unverändert. Auch an den drei erstmals beprobten Orten im Nahbereich des FERAB-Kamins waren keine auffälligen Meßwerte zu beobachten.

5.3.3 Tritiumkonzentrationen in landwirtschaftlichen Produkten

K.-G. Langguth, H. Genzer, Ch. Wilhelm

Im Jahre 1991 wurden die Tritiumkonzentrationen in verschiedenen landwirtschaftlichen Produkten aus den beiden Hauptausbreitungssektoren und aus dem Bereich des Vorfluters bestimmt. Dazu wurde die Tritiumkonzentration sowohl im Gewebewasser (HTO) als auch in der organischen Trockensubstanz (OBT) gemessen. Das Gewebewasser wurde durch Gefriertrocknung aus den Proben extrahiert. Der Tritiumgehalt der organischen Trockensubstanz wurde durch Messung der Tritiumkonzentration des Verbrennungswassers, das durch Verbrennung der wasserfreien Proben in einem Plasmaprozessor gewonnen wurde, ermittelt. Aus den jeweiligen Anteilen des Gewebewassers, der Trockensubstanz und der Asche am Probengut wurde die Tritiumkonzentration pro kg Frischsubstanz (Bq/kg FS) berechnet (s. Tabelle 5/17).

Herkunft der Proben	Probenart	Probenahmedatum	Wassergehalt in %	Tritiumkonzentration		
				in Bq/l		in Bq/kg FS*
				HTO	OBT	
Umgebung des Vorfluters (Rheinniederungskanal)	Milch	22.05.91	90	53 ± 6	31 ± 5	49 ± 6
		24.10.91	86	43 ± 3	32 ± 3	40 ± 3
	Spinat	05.06.91	87	9,7 ± 3,8	6,7 ± 6,1	8,7 ± 3,8
	Bewuchs	22.05.91	87	< 7,9	< 7,9	< 7,5
24.10.91		93	4,7 ± 3,4	12 ± 6	4,8 ± 3,5	
Referenzstelle Augustenberg	Bewuchs	23.04.91	80	< 3,3	< 5,9	< 3,3
		15.10.91	77	< 3,3	9,1 ± 5,5	< 3,7
1. Hauptausbreitungssektor (Raum Friedrichstal)	Kartoffeln	01.10.91	79	4,2 ± 3,5	< 4,8	< 3,9
	Spinat	05.06.91	88	< 3,3	10 ± 6	< 3,6
2. Hauptausbreitungssektor (Raum Eggenstein-Leopoldshafen)	Kartoffeln	11.09.91	81	< 3,4	4,1 ± 3,3	< 3,2
	Spinat	11.07.91	93	5,2 ± 3,5	14 ± 9	5,4 ± 3,6

* FS: Frischsubstanz

Tab. 5/17 Tritiumkonzentration in landwirtschaftlichen Produkten aus den beiden Hauptausbreitungssektoren und aus dem Bereich des Vorfluters

Unter der Annahme, daß die gesamte Tritiumzufuhr eines Menschen über das Trinkwasser erfolgt, läßt sich aus der maximal zulässigen Tritiumzufuhr über Ingestion nach Strahlenschutzverordnung und dem Jahresverbrauch von Trinkwasser für Erwachsene nach AVV eine mittlere zulässige Tritiumkonzentration für Trinkwasser berechnen. Für die allgemeine Bevölkerung ergibt sich eine Konzentration von 22.500 Bq/l. Im Vergleich dazu sind die von uns gemessenen Tritiumkonzentrationen in landwirtschaftlichen Produkten sehr niedrig und sind somit unter dem Aspekt des Strahlenschutzes ohne Bedeutung.

5.4 Spektrometrie und chemische Analytik

M. Pimpl

Die Arbeitsgruppe Spektrometrie und chemische Analytik führt die nuklidspezifischen Bestimmungen des Radioaktivitätsgehaltes in Luft, Wasser, Boden, Schlamm, Fisch und landwirtschaftlichen Produkten aus, die für die Emissions- und Immissionsüberwachung des KfK notwendig sind. Zusätzlich zu diesen Routineaufgaben werden, soweit es die Personalkapazitäten zulassen, nuklidspezifische Bestimmungen gegen Berechnung auch für externe Auftraggeber durchgeführt. Zur Überprüfung von Geräten und Methoden hat die Arbeitsgruppe auch 1991 an verschiedenen Ringversuchen teilgenommen, wobei durchweg sehr gute Ergebnisse erzielt werden konnten.

5.4.1 Spektrometrische Untersuchungen

H. Fessler, A. Radziwill-Ouf, S. Rinn

Die Arbeitsgruppe Spektrometrie führt für alle Arbeitsgruppen der Abteilung Umweltschutz Messungen durch. Für die Gammaskpektrometrie stehen insgesamt 10 Germaniumdetektoren zur Verfügung: 5 für hochenergetische Gammastrahlen und 4 für niederenergetische, sowie ein Gammadetektor für den gesamten Energiebereich. Für die Alpha-Spektrometrie sind 8 Meßplätze mit Halbleiterdetektoren im Einsatz. Zur Steuerung der Betriebsabläufe und zur Auswertung über Vielkanalanalysatorsysteme sind alle Meßplätze mit einer zentralen Rechen- und Speichereinheit verknüpft. Als zentrale Recheneinheit wird eine Genie-Workstation benutzt, über die die Steuerung von drei Vielkanalanalysatorsystemen (zwei ND-66 und ein ND-76) erfolgt, und welche zudem genügend freie Rechnerkapazität zur Speicherung und Auswertung der Spektren besitzt. Zusätzlich sind an die Anlage zwei IBM-kompatible Personalcomputer als intelligente Terminals angeschlossen. Damit wird im normalen Betriebsablauf die Auswertung von Spektren durch mehrere Mitarbeiter parallel ermöglicht. In besonderen Fällen, wenn beispielsweise viele Proben mit sehr kurzen Meßzeiten bewältigt werden müssen, erlaubt diese modifizierte Anlage einen dezentralen Betrieb, indem die Steuerung der Meßplätze direkt durch die Personalcomputer vorgenommen werden kann. Für die Messung von α - und β -Bruttoaktivitäten in Filterproben, wie sie bei der Fortluftüberwachung in großer Zahl anfallen, werden zwei Proportionalzähler mit Probenwechsler eingesetzt, wobei einer dieser Meßplätze mit einer Pseudokoinzidenzanlage ausgerüstet ist.

Die 1991 insgesamt durchgeführten Messungen sind in Tab. 5/18 aufgelistet. Verglichen mit dem Vorjahr ist die Zahl der Messungen mit planaren Germaniumdetektoren etwa gleich geblieben, während die Anzahl der Messungen mittels koaxialen Germaniumdetektoren geringfügig abgenommen hat. Die Anzahl der alpha-spektroskopischen Messungen ist 1991 stark zurückgegangen, da weniger Entwicklungsarbeiten für Alpha-Strahler in der radiochemischen Arbeitsgruppe durchgeführt wurden. Zur Messung der α/β -Bruttoaktivität in Fortluftfiltern wird pro Filter eine Doppelmessung durchgeführt. Die Erstmessung wird direkt nach der Probenanlieferung mit einer Pseudokoinzidenzanlage zur Unterdrückung

von Radonfolgeprodukten durchgeführt. Bis 1991 erfolgte die Zweitmessung der Fortluftfilter frühestens nach drei Tagen, wenn die kurzlebigen Folgeprodukte abgeklungen sind, ebenfalls mit der Pseudokoinzidenzanlage. In Tab. 5/18 wurde wegen des geringen zusätzlichen Aufwands bisher nur die Zahl der Doppelmessungen aufgenommen. Um auch niederenergetische β -Strahler zufriedenstellend erfassen zu können, wird seit Juni 1991 die Zweitmessung der Fortluftfilter in einem Proportionalzähler durchgeführt, wobei α - und β -Messung zeitlich nacheinander im gleichen Detektor vorgenommen werden. Wegen des Mehraufwandes pro Messung sind diese Zweitmessungen in Tab. 5/18 als eigenständige Messungen gezählt worden.

Meßgut	Meßmethode	Anzahl der Messungen	eingesetzte Detektoren
Messungen für Emissions- und Umgebungsüberwachung			
Abwasser aus Endbeckenmischproben	γ -Spektrometrie α -Spektrometrie	63 12	koaxiale Germaniumdetektoren Silizium-Sperrschichtdetektoren
Fortluftfilter (radiochemisch aufgearbeitet)	α -Spektrometrie	24	Silizium-Sperrschichtdetektoren
Aktivkohleproben (Fortluftüberwachung)	γ -Spektrometrie γ -Spektrometrie und Röntgen-Spektrometrie	1 258 876	koaxiale Germaniumdetektoren planare Germaniumdetektoren
Fortluftfilter (direkte Messung ohne radiochemische Aufarbeitung)	γ -Spektrometrie γ -Spektrometrie und Röntgen-Spektrometrie $\alpha + \beta$ -Bruttomessung	262 52 3 310	koaxiale Germaniumdetektoren planare Germaniumdetektoren Pseudokoinzidenzanlage
Fortluftfilter (Quartalsmischproben)	γ -Spektrometrie	4	koaxiale Germaniumdetektoren
Aerosol- und Iodfilter aus Meßhütten	γ -Spektrometrie α -Spektrometrie	60 36	koaxiale Germaniumdetektoren Silizium-Sperrschichtdetektoren
Boden-, Schlamm- und biologische Proben	γ -Spektrometrie α -Spektrometrie	86 9	koaxiale Germaniumdetektoren Silizium-Sperrschichtdetektoren
Messungen für Entwicklungsarbeiten, Auftragsmessungen, Qualitätskontrolle, etc.			
Proben mit unterschiedlicher Matrix	γ -Spektrometrie α -Spektrometrie	211 149	koaxiale Germaniumdetektoren Silizium-Sperrschichtdetektoren

Tab. 5/18: Spektrometrische Messungen 1991

5.4.2 Radiochemische Arbeiten

M. Pimpl, K. Bender, P. Perchio, E. Sadri, S. Vater

Für die Abluft-, Abwasser- und Umgebungsüberwachung führt die Arbeitsgruppe Radiochemie radiochemische Low-level-Bestimmungen in verschiedenen Probenmaterialien wie Aerosolfiltern, Pflanzen, Boden, Sedimenten, Fischen, Lebensmitteln und Wasser durch. Routinemäßig werden die Radionuklide Pu-238, Pu-239 + 240, Pu-241, Am-241, Cm-242, Cm-244, Sr-89, Sr-90, C-14 und K-40 erfaßt.

Zu den Routineaufgaben der Arbeitsgruppe Radiochemie gehören des weiteren die Beschaffung der benötigten radioaktiven Stoffe, die Herstellung von Kalibrierstandards und die Bilanzierung des Bestands an radioaktiven Stoffen für die Abteilung HS/US. Neben begleitenden Arbeiten zur Qualitätssicherung werden Entwicklungsarbeiten zur Verbesserung bestehender Verfahren und zur Einführung neuer Methoden geleistet.

Im Berichtszeitraum wurde wöchentlich die Fortluft der Verbrennungsanlage der HDB auf C-14 überwacht. Es zeigte sich, daß im gesamten Jahr 1991 nur etwa 10 % der zulässigen Menge von 40 GBq emittiert wurde. Ein Verfahren zur Messung von C-14 in Abwasserproben wurde an Wochenmischproben aus den Endbecken erprobt (siehe Kap. 5.4.5). Zusätzlich wurde mit der Entwicklung eines Verfahrens zur Bestimmung von S-35 in Abwasserproben begonnen (Kap. 5.4.6). Ein neues Verfahren zur Messung von α -Strahlern mittels Flüssigszintillationsspektrometrie wurde auf seine Eignung zur routinemäßigen Verwendung überprüft (Kap. 5.4.7).

Zusätzlich wurden Auftragsarbeiten für kerntechnische Anlagen durchgeführt, die nach einer aufwandsbezogenen Gebährentabelle in Rechnung gestellt werden. Im Jahr 1991 entfielen auf Auftragsarbeiten folgende Analysen: Monatliche Aktinidenanalysen von Aerosolfiltern der WAK, monatliche Sr-89/90-Analysen sowie Alphabruttomessungen von Abwasserproben der Kernkraftwerke Obrigheim, Neckarwestheim Block I und Block II und Plutonium- und Americiumanalysen von Primärwasserproben des Kernkraftwerks Obrigheim.

Die im Laufe des Jahres 1991 insgesamt in der Arbeitsgruppe Radiochemie durchgeführten Laborarbeiten sind in Tab. 5/19 aufgelistet.

Tätigkeitsgebiet	Art der Analysen	Anzahl der Bestimmungen
Umgebungsüberwachung	Pu-238, Pu-239 + 240	43
	Sr-89, Sr-90	15
	K-40	137
Abwasserüberwachung	Pu-238, Pu-239 + 240	12
	Pu-241	14
	Sr-89, Sr-90	59
	α -Bruttomessungen	12
	C-14	52
Fortluftüberwachung	Pu-238, Pu-239 + 240	12
	Pu-241	14
	Am-241, Cm-242, Cm-244	12
	C-14	52
Kalibrierstandards	C-14, K-40, U-232, Pu-236, Pu-239, I-131, Sr-90, Am-241	56
Kontrollanalysen	U, Pu, Sr, K, Am	56
	Blindelektrolysen	57
Ringversuche	U, Pu, Sr	14
Entwicklungsarbeiten	Pu-241	16
	S-35	25
	Pu-236, Pu-239	74
	U-232	36

Tab. 5/19: Arbeiten der Arbeitsgruppe Radiochemie im Jahr 1991

Mit in die Tabelle aufgenommen sind Entwicklungsarbeiten, bei denen eine Gastwissenschaftlerin mit insgesamt 0,5 Mannjahren und studentische Hilfskräfte mit 0,3 Mannjahren mitgearbeitet haben. Abb.5/11 vermittelt einen Überblick über den zeitlichen Aufwand für die routinemäßig anfallenden radiochemischen Arbeiten.

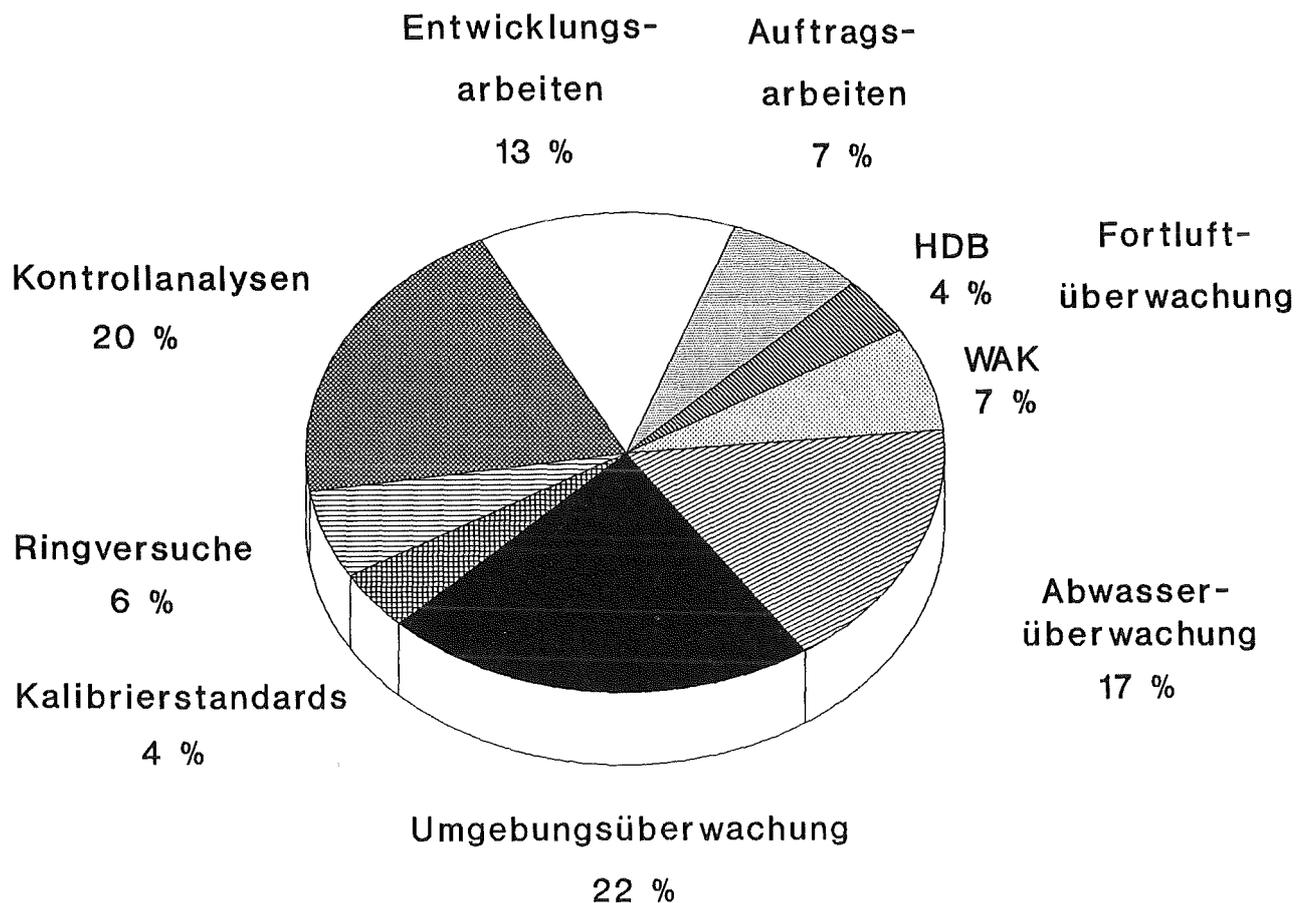


Abb. 5/11: Aufteilung der radiochemischen Arbeiten nach Zeitaufwand im Jahr 1991

5.4.3 Aktinidenableitungen mit der Fortluft der WAK 1991

K. Bender, M. Pimpl

Zur Messung der Aktinidenkonzentrationen in der Kaminabluft der WAK (Fortluft aus dem Prozeßgebäude und Behälterabgas) wird ein konstanter Volumenstrom im Bypass über ein Aerosolfilter geleitet. Die täglich entnommenen Filter werden zu einer Monatsmischprobe zusammengefaßt, die dann nuklid-spezifisch analysiert wird. Die Messung der Aktiniden erfolgt mittels α -Spektrometrie. In Tab. 5/20 sind die für 1991 ermittelten Aktinidenemissionen der WAK zusammengefaßt. Abb. 5/12 zeigt die zeitliche Entwicklung der Plutoniumableitungen mit der Fortluft der WAK von 1977 bis 1991.

Monat	Emissionsraten in kBq/Monat					
	Pu-238	Pu-239+240	Pu-241	Am-241	Cm-242	Cm-244
Januar	0,65	0,53	33	< 0,15	0,02	0,02
Februar	1,3	1,2	71	< 0,09	0,02	< 0,02
März	9,4	7,1	400	0,30	< 0,01	< 0,02
April	0,96	0,76	35	43	< 0,02	0,23
Mai	0,75	0,58	28	0,19	< 0,01	< 0,02
Juni	0,56	0,42	16	0,56	< 0,01	< 0,01
Juli	0,36	0,19	< 18	0,18	< 0,01	< 0,02
August	0,09	< 0,02	< 16	0,21	< 0,02	< 0,02
September	0,06	0,6	< 32	0,09	< 0,02	< 0,02
Oktober	0,13	0,08	< 12	0,12	< 0,02	< 0,01
November	0,97	0,70	< 8	0,67	< 0,02	< 0,03
Dezember	0,23	0,23	25	0,09	< 0,02	< 0,03

Tab. 5/20: Aktinidenemissionen mit der Fortluft der WAK 1991

Plutonium-Ableitungen in %

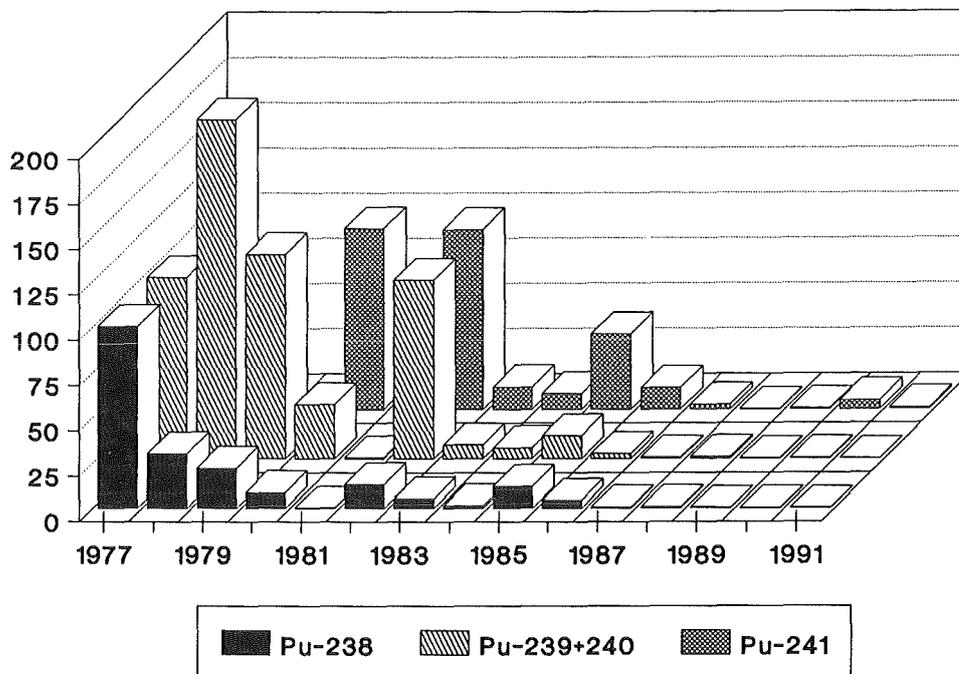


Abb. 5/12: Entwicklung der Plutoniumableitungen aus der WAK mit der Fortluft 1977-1991 (Die Ableitungen für Pu-238 und Pu-239 + 240 im Jahr 1977 sind gleich 100 % gesetzt, für Pu-241 die des Jahres 1980.)

5.4.4 Plutonium- und Strontiumableitungen mit dem Abwasser des KfK 1991

K. Bender, M. Pimpl

Zur Bilanzierung der mit dem Abwasser aus dem KfK in den als Vorfluter dienenden Rheinniederungskanal abgeleiteten Aktivitäten an Sr-90, Pu-238, Pu-239 + 240 und Pu-241 werden die Konzentrationen dieser Nuklide in Monatsmischproben aus den Endbecken gemessen. Zur Herstellung der Monatsmischproben wird eine mengenproportionale Probenahme verwendet. Hierzu werden jeweils entsprechende Teilmengen der einzelnen, während eines Monats abgeleiteten Abwasserchargen entnommen und zu einer Mischprobe vereinigt. Die nuklidspezifischen Analysen erfolgen monatlich an Teilmengen der jeweiligen Monatsmischproben.

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

Die 1991 erfolgten monatlichen Aktivitätsabgaben mit dem Abwasser des KfK in den Vorfluter sind Tab. 5/21 zu entnehmen. Abb. 5/13 gibt einen Überblick über die Entwicklung der Plutonium- und Strontiumableitungen in den Vorfluter seit Beginn der nuklidspezifischen Überwachung im zweiten Halbjahr 1973.

Monat	Emissionsraten in MBq/Monat			
	Pu-238	Pu-239 + 240	Pu-241	Sr-90
Januar	< 0,053	0,078	< 25	0,61
Februar	0,067	< 0,037	< 15	0,63
März	< 0,054	0,068	< 30	0,51
April	< 0,029	< 0,028	< 9	< 0,20
Mai	0,031	0,053	< 20	0,26
Juni	0,036	< 0,027	< 14	< 0,27
Juli	< 0,15	< 0,15	< 30	< 0,30
August	0,22	0,17	< 14	0,52
September	0,078	< 0,061	< 51	< 0,23
Oktober	0,14	0,17	< 8	0,42
November	0,12	0,10	< 26	< 0,29
Dezember	0,082	0,055	< 12	0,40

Tab. 5/21: Plutonium- und Strontiumemissionen mit dem Abwasser des KfK 1991

Strontium- und Plutonium-
Ableitungen in %

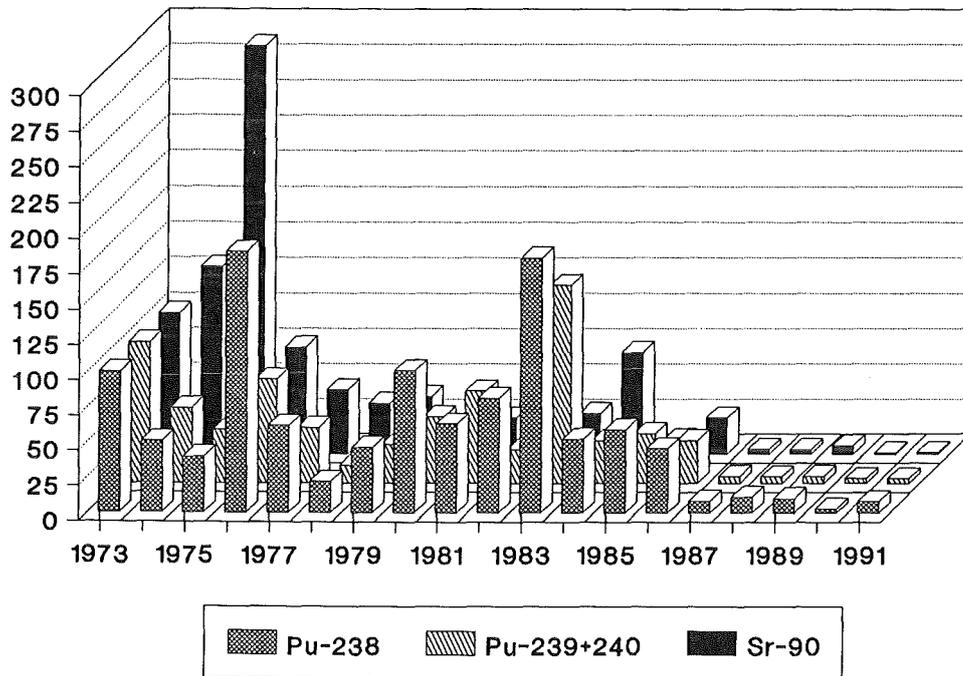


Abb. 5/13: Entwicklung der mit dem Abwasser aus dem KfK abgeleiteten Aktivitäten an Pu-238, Pu-239+240 und Sr-90 von 1973 - 1991 (Für Plutonium und Strontium sind die Ableitungen von 1973 gleich 100 % gesetzt.)

5.4.5 C-14-Bestimmungen in Abwasserproben des KfK

E. Sadri, S. Vater

Seit Januar 1991 werden die C-14-Ableitungen mit dem Abwasser des KfK routinemäßig überwacht. Die Bestimmung der C-14-Aktivitätskonzentration erfolgt an Wochenmischproben.

Eine direkte nuklidspezifische Messung von C-14 in Abwasserproben ist nicht möglich, da auch andere β -Strahler darin enthalten sind, deren Spektren das C-14-Spektrum überlagern. Um C-14 bestimmen zu können, muß das Isotop aus dem Abwasser isoliert werden. Die Abtrennung erfolgt mittels naßchemischer Oxidation durch KMnO_4 in schwefelsaurer Lösung. Das durch die Oxidation gebildete $^{14}\text{CO}_2$ wird in 1 M Natronlauge aufgefangen und anschließend im Flüssigszintillationsspektrometer gemessen.

Die C-14-Aktivitätskonzentrationen aller Abwasserproben aus den Endbecken lagen 1991 stets unter der Erkennungsgrenze von 80 Bq/l. Zur Erzielung einer deutlich verbesserten Nachweisempfindlichkeit müssen Meßgutmenen und Meßzeit beträchtlich erhöht und die Verfahrensschritte im einzelnen optimiert werden. Im 4. Quartal 1991 konnten Nachweisgrenzen unter 5 Bq/l erreicht werden.

5.4.6 Eine Bestimmungsmethode für S-35 in Abwasserproben

E. Sadri, H. Genzer, K.-G. Langguth

Schwefel-35 ist – wie Kohlenstoff-14 – ein reiner β -Strahler mit einer Maximalenergie von 167 keV. Eine direkte Messung der S-35-Aktivitätskonzentration in Abwasserproben, die noch andere β -Strahler enthalten, ist nicht möglich. Um S-35 bestimmen zu können, muß das Isotop aus Abwasserproben isoliert und separat gemessen werden.

Da bis jetzt keine Verfahren zur gleichzeitigen Trennung von C-14 und S-35 bekannt sind, wurde eine Methode erarbeitet, mit der C-14 und S-35 schnell und reproduzierbar aus Abwasserproben abgetrennt und gemessen werden können. Das Verfahrensprinzip wurde schon im Jahresbericht 1990 der HS beschrieben und auf C-14 angewendet. Abweichend davon wird nun als Oxidationsmittel Natriumpermanganat und als Säure Phosphorsäure verwendet. Dabei werden die in einer Probe enthaltenen organischen Substanzen in phosphorsaurem Medium mit NaMnO_4 oxidiert, wobei das entstehende CO_2 entweicht und in einer Waschlösung aufgefangen wird. Diese kann dann direkt zur C-14-Bestimmung im Flüssigszintillationsspektrometer verwendet werden. Versuche mit S-35-markierten Kohlenwasserstoffverbindungen (S-35-Cystein) zeigten, daß bei der Oxidation keine S-35-Aktivität in die Waschlösung übergang. Bei der Oxidation schwefelhaltiger Substanzen entsteht letztendlich HSO_4^- bzw. SO_4^{2-} das im Reaktionsgemisch zurückbleibt.

Um nun die S-35-Aktivität in diesem Reaktionsgemisch zu bestimmen, ist es nötig, dieses aufzuarbeiten. Zur Isolierung des in dem Reaktionsgemisch enthaltenen Sulfats bot sich die Fällung als BaSO_4 mit nachfolgendem Soda-Pottasche-Aufschluß an, um eine wäßrige Lösung für die Flüssigszintillationsspektrometrie zu erhalten.

Dabei wurde in der Regel an folgenden Stellen der Aufarbeitung die S-35-Aktivität zur Kontrolle bestimmt:

- nach der Oxidation im Filtrat des Reaktionsgemisches
- im Filtrat der BaSO_4 -Fällung
- in der wäßrigen Lösung des Aufschlusses
- in der Titriplex-III-Lösung von BaSO_4

Die BaSO_4 -Fällung wurde mit verschiedenen Mengen $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ als Träger durchgeführt. Dabei zeigte sich, daß die zugesetzte Menge die radiochemische Ausbeute nicht beeinflusste. So wurden bei dem anschließenden Soda-Pottasche-Aufschluß in dem wäßrigen Auszug des Schmelzkuchens stets zwischen 43% und 53% der eingesetzten S-35-Aktivität gefunden, wobei sich die radiochemische Ausbeute nicht mit der eingesetzten Trägermenge korrelieren ließ. Allerdings ergaben sich folgende Probleme durch den Aufschluß bzw. durch eine große Menge BaSO_4 -Niederschlag:

- Durch das Aufschlußmittel wird K-40 zugegeben, was wiederum die LSC-Messung stört.
- Bei hohen Salzkonzentrationen durch den Überschuß des Aufschlußmittels kommt es in dem wäßrigen Auszug bei der Zugabe des Cocktails zur LSC-Messung zur Trübung und zur Bildung zweier Phasen.

Wegen dieser Schwierigkeiten wurde ein weiteres Verfahren zur Auflösung des BaSO_4 -Niederschlages erprobt. Es besteht im Kochen des frisch gefällten Niederschlags in ammoniakalischer 0,1 M Titriplex-III-Lösung nach Merck. Dieses Verfahren ist einfach durchzuführen, und es erfolgt zudem keine Kontamination mit K-40 wie beim Soda-Pottasche-Aufschluß. Allerdings benötigt man relativ große Flüssigkeitsmengen zum Lösen.

Die radiochemischen Ausbeuten der Lösungsversuche mit ammoniakalischer oder alkalischer 0,1 M Titriplex-III-Lösung lagen wie beim Aufschluß des BaSO_4 mit Soda und Pottasche zwischen 43% und 52% der eingesetzten S-35-Aktivität.

Zur Messung der S-35-Konzentration wurden 2 ml der Titriplex-III-Lösung mit 18 ml des Flüssigszintillationscocktails „Ultima Gold“ in einem 20 ml-Polyäthylenvial versetzt. Nach Homogenisierung des Gemisches durch Schütteln, Abkühlen auf die Meßtemperatur (18 °C) und dem Abklingen eventuell auftretender Chemolumineszenzeffekte wurden die Proben mit einer Meßzeit von 1.000 min im Flüssigszintillationsspektrometer gemessen. Um der unvollständigen Oxidation Rechnung zu tragen, ist das erhaltene Meßergebnis entsprechend der Schwankungsbreite der radiochemischen Ausbeuten unter konservativen Gesichtspunkten mit einem Faktor 2,5 zu multiplizieren.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, daß die naßchemische Oxidation von Abwasserproben mit NaMnO_4 in phosphorsaurer Lösung und die BaSO_4 -Fällung, die anschließende Auflösung von BaSO_4 in Titriplex-III-Lösung und die Messung der S-35-Aktivität mit Flüssigszintillationsspektrometrie als Verfahren für die S-35 Überwachung von Abwasserproben geeignet erscheint.

5.4.7 Untersuchungen zur α -Spektrometrie mittels Flüssigszintillationsmeßtechnik

I. Yordanova, M. Pimpl

Die Flüssigszintillationsmeßtechnik wird seit vielen Jahren zur Bestimmung von β -Strahlern eingesetzt. Durch Verwendung neuentwickelter elektronischer Bauteile ist es in den letzten Jahren gelungen, auch α -Strahler in sehr niedrigen Aktivitätskonzentrationen mittels Flüssigszintillationsspektrometrie zu messen. Da bei diesem Meßverfahren Begleitsubstanzen nicht stören, sofern sie chemisch inert und zudem farblos sind, sollte die α -Flüssigkeitsszintillationsspektrometrie wegen des geringeren radiochemischen Aufwandes Vorteile bieten gegenüber den üblicherweise verwendeten Verfahren, bei denen die zu bestimmenden α -Strahler trägerfrei aus dem Probenmaterial isoliert und mittels Oberflächen-Sperrschicht-Detektoren α -spektrometrisch gemessen werden. Verschiedene Versuchsreihen wurden durchgeführt, um zu prüfen, ob U- und Pu-Isotope mittels α -Flüssigkeitsszintillationsspektrometrie genauso empfindlich und zuverlässig bestimmt werden können wie mit den bisher verwendeten Verfahren.

Für die Untersuchungen wurde ein PERALS-Spektrometer Modell 8100AB der Fa. Ordela verwendet (PERALS = Photon-Electron-Rejecting Alpha Liquid Scintillation). Das Gerät enthält einen Puls-Form-Diskriminator, mit dessen Hilfe eine nahezu vollständige Trennung von Alpha-Impulsen einerseits und Beta- und Gamma-Impulsen andererseits erreicht wird. Mittels eines Vielkanalanalysators werden die Alpha-Impulse nach steigender α -Energie sortiert und als Pulshöhenspektrum dargestellt.

Zur Überprüfung der Meßanordnung wurden aus zertifizierten Standardlösungen Aliquote der Nuklide U-232, Pu-236 und Pu-239 entnommen und in TOPO/Cyclohexan-Lösung extrahiert (TOPO = Trioctylphosphinoxid). Aliquote dieser organischen Phasen wurden mit verschiedenen Szintillatorlösungen in unterschiedlichen Mengenverhältnissen gemischt. Als Szintillatoren wurden PPO (2,5-Diphenyloxazol) und POPOP (2,2'-p-Phenylene-bis-(5-Phenyloxazol)) eingesetzt, sowie ULTIMA GOLD (Di-iso-propylnaphthalin), jeweils in Xylol gelöst. Jeweils 1 ml dieser Mischungen wurde in ein Glasvial gegeben. Zur Entfernung von Sauerstoff wurde Argon 2-3 min lang durch die Lösung geperlt; das Vial wurde unmittelbar daran anschließend mit einem Stopfen gasdicht verschlossen und zur Messung gebracht.

In zusätzlichen Versuchen wurde die TOPO/Cyclohexan-Lösung direkt den Szintillatorlösungen zugesetzt (10 Vol.-%). Mit diesem "Extractive Scintillator" wurden U- und Pu-Isotope aus Standardlösungen und aus echten Proben extrahiert und mittels PERALS-Spektrometrie gemessen.

Die durchgeführten Untersuchungen brachten folgende Ergebnisse:

- Das PERALS-Spektrometer erfüllt hinsichtlich Leistungsfähigkeit und Langzeitstabilität die geforderten Spezifikationen. Der Puls-Form-Diskriminator erlaubt eine zuverlässige α/β -Trennung, so daß der Untergrund durch Beta- und Gamma-Impulse in den α -Spektren vernachlässigbar gering ist. Probleme treten bei der α/β -Trennung auf, wenn durch starke Quench-Effekte der α -Peak sehr weit zu niederen Energien hin verschoben ist.
- Die Zählzählbeute für α -Strahler erreicht nahezu 100 %, wenn der Gehalt an Extraktionslösung in der Mischung Extraktionslösung + Szintillatorlösung 10 Vol-% nicht überschreitet und die Konzentration an Extraktionsmittel höchstens 0,1 M beträgt.
- Die erreichbare Nachweisgrenze bei einer Meßdauer von 1000 min liegt für 1 ml Meßlösung bei etwa 1 mBq (Vertrauensniveau 95 %). Berücksichtigt man die für die Extraktionsschritte arbeitstechnisch notwendigen Volumina und die Tatsache, daß der TOPO-Gehalt in 1 ml Meßlösung nur sehr klein sein darf, so ergibt sich, bezogen auf die Probenmenge, eine wesentlich höhere Nachweisgrenze. Mit einem zweistufigen Verfahren, Extraktion und anschließende Mischung eines Aliquots der Extraktionslösung mit Szintillatorlösung, ist eine Nachweisgrenze von etwa 250 mBq/Probe zu erreichen, bei Verwendung von "Extractive Scintillator" etwa 50 mBq/ Probe (Vertrauensniveau jeweils 95 %). Diese Nachweisempfindlichkeit ist deutlich schlechter als bei den zur Zeit verwendeten Verfahren, mit denen Nachweisgrenzen von 10 mBq/Probe erreicht werden.
- Die Auflösung in den α -Spektren beträgt bei Verwendung von Glasvials etwa 300-400 keV. Auf Grund dieser schlechten Auflösung ist es nicht möglich, quantitative Bestimmungen nach dem Prinzip der Isotopenverdünnungsanalyse durchzuführen. Selbst qualitative Messungen mit dem Ziel der Isotopenzuordnung nach α -Energien können nur mit großen Unsicherheiten vorgenommen werden. In weiteren Versuchen ist zu klären, ob durch die Verwendung von Teflon-Vials die nach Literaturangaben mögliche Auflösung von 230 keV unter sonst gleichen Versuchsbedingungen erreicht werden kann.
- Große Abweichungen ergaben sich bei der Überprüfung der Reproduzierbarkeit der Messungen. Die Ursache hierfür konnte in der Instabilität der Meßlösungen gefunden werden. Die Proben sind oftmals nur etwa 5-6 Stunden lang stabil, dann nimmt die Zählzählbeute stark ab, verbunden mit einer Verschiebung des α -Peaks zu niederen Energien hin. Diese Symptome sind typisch für den Quench, wie er durch Sauerstoff hervorgerufen wird. Da die Meßlösung jedoch nach der Sauerstoffentfernung gasdicht verschlossen worden war, ist anzunehmen, daß in der Meßlösung eine langsame chemische Reaktion abläuft, die – eventuell unter Sauerstoffabgabe – diesen Quench hervorruft. Diese Annahme wird gestützt durch die Tatsache, daß die zeitliche Instabilität der Lösung vom Gehalt an TOPO abhängt: Je höher die TOPO-Konzentration ist, desto eher erfolgt die Abnahme der Zählzählbeute. In weiteren Untersuchungen muß dieser Effekt geklärt werden.

- Bei der Durchführung dieser Untersuchungen wurde sehr schnell deutlich, daß die Probenvorbereitung nicht so ohne weiteres durch einen einzigen Extraktionsschritt alleine bewerkstelligt werden kann, wie es mehrfach in Literaturangaben beschrieben ist. Eine geringfügige pH-Verschiebung der Meßlösung in den sauren Bereich bewirkt einen sehr starken Quench mit einer weiteren Verschlechterung der Auflösung im α -Spektrum, so daß hier zumindest 2-3 Waschvorgänge zwischengeschaltet werden müssen. Inwieweit aus der Probe mitextrahierte Stoffe Quench-Effekte erzeugen, kann zur Zeit nicht beurteilt werden, da auf Grund der schlechten Auflösung nur extreme Quench-Effekte identifiziert werden können.

Zusammenfassend ist festzustellen, daß die Messung von α -Strahlern mittels Flüssigszintillationsspektrometrie im Prinzip funktioniert, daß jedoch noch etliche Entwicklungsarbeit in das Verfahren gesteckt werden muß, wenn es hinsichtlich Zuverlässigkeit und Genauigkeit zu den heute verwendeten Verfahren auch nur annähernd konkurrenzfähig sein soll.

5.4.8 Plutoniumkonzentrationen der bodennahen Luft 1991

P. Perchio, M. Pimpl

Seit Mitte 1977 wurde an der Probenahmestelle Forsthaus in der Hauptausbreitungsrichtung in der Umgebung der WAK die Aktivitätskonzentration an Plutonium-Isotopen in der bodennahen Umgebungsluft gemessen. Ab 1979 wurden an den Meßstellen Hütte "Nordost" und Hütte "West" die gleichen Messungen durchgeführt. Bei der Probenahme werden pro Monat mindestens 10 000 m³ Luft durch Aerosolfilter von 20 cm Durchmesser gesaugt und die in einem Monat gesammelten Filter der jeweiligen Meßstelle auf Plutonium analysiert. Alle Pu-238-Meßwerte und – bis auf eine Ausnahme – auch alle (Pu-239 + Pu-240)-Meßwerte lagen 1991 unter den jeweils erreichten Erkennungsgrenzen, die zwischen 0,09 und 0,25 $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$ variierten. Die Ausnahme bildet die (Pu-239 + Pu-240)-Konzentration der Luft am Standort der Meßhütte „Nordost“, für die sich im September 1991 ein Wert von 0,3 $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$ ergab.

6 Dosimetrie

6.1 Amtliche Personendosimetrie

S. Ugi

Die für die Personenüberwachung externer Stellen in Baden-Württemberg Ende 1984 eingerichtete amtliche Meßstelle für Festkörperdosimeter wurde nach Inkrafttreten der neuen Strahlenschutzzuständigkeitsverordnung am 01.04.1986 zur sechsten eigenständigen Meßstelle in der Bundesrepublik. Nachdem im zweiten Betriebsjahr die Bedingung der Vollkostendeckung erreicht wurde, ist die Meßstelle als Dauereinrichtung im KfK etabliert.

Amtliches Personendosimeter ist das Photolumineszenz-Phosphatglasdosimeter mit Kugelkapselung. Unter der amtlichen Bezeichnung KfK-PLD-GD1 (Zulassungsnummer 6.21-OPD-89.13) wird es zur Personenganzkörper- und Ortsdosimetrie für Photonenstrahlung im Energiebereich oberhalb 45 keV eingesetzt.

Als zweites amtliches Dosimeter wird mit der amtlichen Bezeichnung KfK-TLD-TD1 (Zulassungsnummer 6.21-PD-89.14) ein Thermolumineszenzdosimeter für die Teilkörperdosimetrie ausgegeben. Das Dosimeter besteht aus einem TLD-700-Detektor in einem Edelstahl-Fingerring hinter einer Abdeckung von 15 mg/cm². Meßgröße ist die Photonen-Äquivalentdosis.

Als drittes amtliches Dosimeter wird ein Neutronendosimeter unter der Bezeichnung KfK-TLD-GD1 (Zulassungsnummer 6.21-PD-89.12) angeboten, dessen bundesweiter Einführung vom Länderausschuß für Atomkernenergie zum Jahresende 1986 zugestimmt wurde. Das vom KfK entwickelte universelle Albedoneutronendosimeter, Type ALNOR, mit TLD-600 (⁶LiF:Mg,Ti)- und TLD-700 (⁷LiF:Mg,Ti)-Thermolumineszenzdetektoren dient zur Personenüberwachung in Neutronen-Beta-Gamma-Mischstrahlungsfeldern. Für spezielle Überwachungsaufgaben können die Albedodosimeter auch mit gammastrahlungsunempfindlichen Kernspurätzdetektoren sowohl anstelle der TL-Detektoren als auch zum getrennten Nachweis schneller Neutronen eingesetzt werden.

Bis Ende 1988 waren von amtlich zugelassenen Stellen ausgegebene und ausgewertete Dosimeter von der Eichpflicht freigestellt, wenn sie regelmäßig und erfolgreich an Vergleichsmessungen der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt (PTB) in Braunschweig teilnahmen. Mit Inkrafttreten der neuen Eichordnung vom 12. August 1988 (BGBl, S. 1657) müssen Dosimeter aufgrund einer Bauartprüfung oder einer einmalig durchgeführten erweiterten Vergleichsmessung zugelassen werden.

Im Jahre 1989 erhielt die Meßstelle für die oben genannten Dosimeter eine vorläufige befristete Zulassung. Voraussetzung für diese Zulassung war die jahrelange erfolgreiche Teilnahme an den Vergleichsmessungen der PTB und die Erstellung von umfangreichen Gebrauchsanweisungen für die einzelnen Dosimeter. Das Verfahren der endgültigen Bauartzulassung im Rahmen einer einmal durchgeführten, erweiterten Vergleichsmessung ist noch nicht abgeschlossen.

Neben den amtlichen Dosimetern wird von der Meßstelle eine größere Anzahl an nichtamtlichen Dosimeterauswertungen und Meßverfahren angeboten (Tab. 6/1). Die nichtamtliche Überwachung basiert in der Regel auf freiwilligen Zusatzmaßnahmen, aber auch auf auflagebedingten Auswertungen.

Zur Umgebungsüberwachung werden sowohl Phosphatglas- als auch Thermolumineszenzdosimeter eingesetzt. Zur Überwachung der Radonkonzentration in der Luft werden passive Radondosimeter angeboten. Zusätzlich erfolgte die Bereitstellung von Kernspurdetektoren für die Lizenznehmer.

Amtliche Auswertung	Auswertezahl	Kundenzahl
Phosphatglas-Ganzkörperdosimeter	70 020	72
Thermolumineszenz-Teilkörperdosimeter	20 764	203
Albedo-Neutronen-Ganzkörperdosimeter	14 329	65
Nichtamtliche Auswertung		
Phosphatglasdosimeter	2 596	7
Thermolumineszenzdosimeter	1 744	10
Radondosimeter	2 257	97

Tab. 6/1: Serviceleistungen der amtlichen Meßstelle 1991

6.1.1 Photolumineszenzdosimetrie

D. Vilgis

Die Anzahl der mit Photolumineszenz-Glasdosimetern überwachten Betriebe blieb im Berichtszeitraum konstant, wobei die Auswertezahlen mit über 72 000 den durch Sonderrevision bedingten Vorjahresstand nicht ganz erreichten (Tab. 6/1). Die Entwicklung der Auswertezahlen in den letzten fünf Jahren ist in Abb. 6/1 dargestellt. Der Einsatz der Phosphatgläser in der Ortsdosimetrie lag mit ca. 1 000 Gläsern in der gleichen Größenordnung wie im Vorjahr.

Den überwiegenden Anteil an den Phosphatglasauswertungen stellen die amtlichen Personenüberwachungen bei den Kernkraftwerken mit monatlichem Überwachungszeitraum dar. Den kleinsten Teil bilden die Feuerwehren und Katastrophenschutzeinheiten, die im jährlichen Rhythmus überwacht werden.

Die in Abb. 6/2 sichtbaren monatlichen Schwankungen der Auswertezahlen sind zum einen die Folge des Zusammentreffens unterschiedlicher Überwachungszeiträume, zum anderen resultieren sie aus der teilweisen Überlappung der Revisionsphasen in den einzelnen Kraftwerken in Jahresmitte.

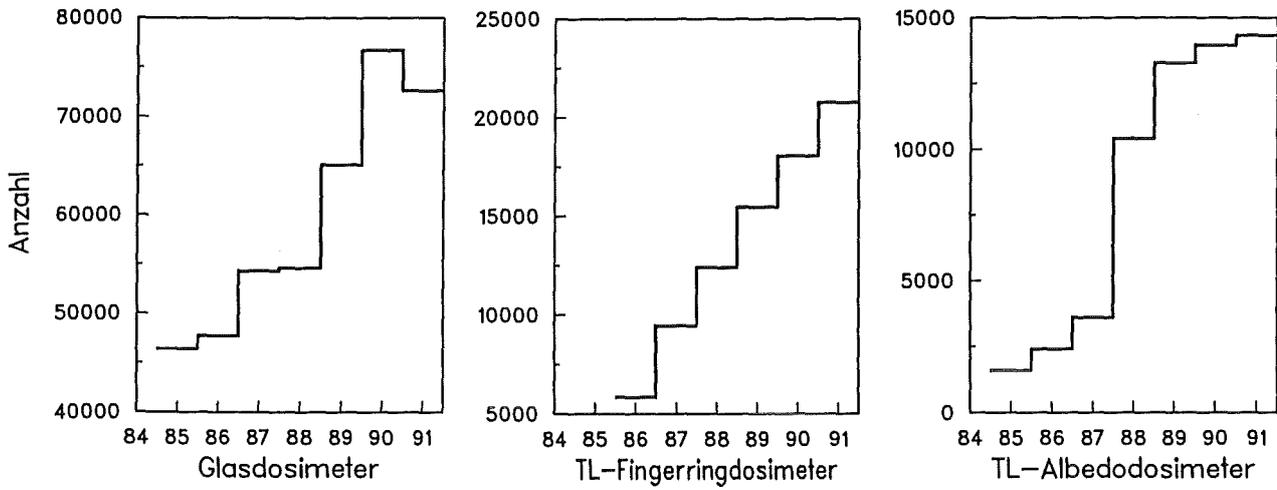


Abb. 6/1: Entwicklung der Auswertezahlen pro Jahr seit 1985

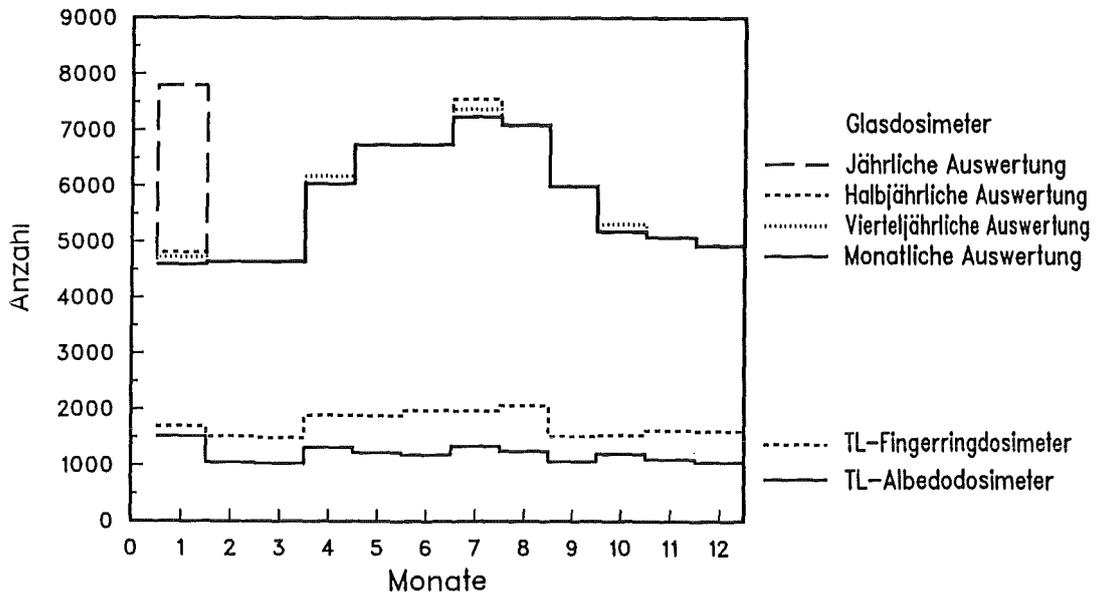


Abb. 6/2: Verlauf der Auswertezahlen pro Monat im Jahr 1991

6.1.2 Thermolumineszenzdosimetrie

E. Pawlik

Die Auswertezahlen bei der im Januar 1986 begonnenen Teilkörperdosimetrie stiegen von anfänglich 400 auf derzeit ca. 1 700 im Monat. Während der Revisionsphasen in den Kernkraftwerken besteht Bedarf an Teilkörperdosimetern zur Messung von Betastrahlung. Die Meßstelle bot für diesen Zweck das Fingerringdosimeter bestückt mit zwei TL-Detektoren an. Über die Dosisanzeige in verschiedenen Tiefen konnte mittels Kalibrierkurven der β -Dosisanteil ermittelt werden. Die Anzahl der Auswertungen stieg um 10 % auf 20 764 im Berichtszeitraum (Tab. 6/1).

Die Anzahl der automatisch ausgewerteten Albedoneutronendosimeter hat sich wie im Vorjahr bei etwa 1 200 Dosimetern pro Monat eingependelt.

6.1.3 Sonstige Personen- und Ortsdosimeter

N. Biegard, E. Pawlik, D. Vilgis

Neben den amtlichen Dosimetern werden Festkörperdosimeter in Eigenüberwachung sowie im Auftrag auswärtiger Stellen ausgewertet. Eingeschlossen sind Dosismessungen mit Festkörperdosimetern in der Umgebung kerntechnischer Anlagen und die Bereitstellung von Dosimetern, Geräten und Methoden zum Nachweis von Beta-, Gamma- und Neutronenstrahlung in der Routine- bzw. Unfalldosimetrie.

Folgende Dosimeter werden routinemäßig zur Personen- und/oder Ortsdosimetrie eingesetzt:

- Thermolumineszenzdosimeter zur Personenüberwachung in Beta-Gamma-Mischstrahlungsfeldern. Es werden neutronenunempfindliche TLD-700 (7LiF:Mg,Ti) in einer Kapsel der Firma Alnor hinter einer Abdeckung von 30 mg/cm^2 und 450 mg/cm^2 verwendet und in einem automatischen Auswertesystem ausgewertet.
- Thermolumineszenzdosimeter zur Umgebungsüberwachung bestehend aus TLD-700-Detektoren in einer Polyäthylenkapsel entsprechend einer Abdeckung von 500 mg/cm^2 .
- Phosphatglasdosimeter zur Umgebungsüberwachung in der Kugelkapselung zum praktisch energieunabhängigen Nachweis der Photonenstrahlung im Energiebereich von 45 keV bis 10 MeV .
- Passive Radondosimeter in zwei Ausführungen, bestehend aus Kernspurätzdetektor und Diffusionsfilter.
- Passive Neutronen-Äquivalentdosismesser, bestehend aus einer Polyäthylenkugel von 30 cm Durchmesser mit einem thermischen Neutronendetektor im Zentrum. Als Detektoren können Thermolumineszenzdetektoren oder Kernspurdetektoren im Kontakt mit einem (n,α) -Konverter verwendet werden. Mit letzteren läßt sich die natürliche Neutronenstrahlung bei Expositionszeiten von einigen Monaten nachweisen.
- Thermolumineszenzdosimeter zur Ortsdosismessung im Gray-Dosisbereich. Bevorzugt werden $\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7$ -Detektoren wegen ihrer relativ geringen Supralinearität und Wiederverwendbarkeit nach Hochdosisbestrahlungen eingesetzt.

Seit Januar 1982 erfolgt im Kernforschungszentrum Karlsruhe die Eigenüberwachung der Personen in der Dosimetergruppe A mit TL-Dosimetern in der Alnorkapsel. Erstmals wurden Personen der Gruppe B neben Stabdosimetern mit Flachglasdosimetern überwacht. Die TL-Dosimeter werden monatlich, die Flachglasdosimeter jährlich ausgewertet.

Eine beachtliche Zunahme bei der Bereitstellung und Auswertung von Radondosimetern ist durch Aufträge aus den neuen Bundesländern bedingt. Im Rahmen der Erstellung eines Altlastenkatalogs sind hier auch weiterhin erhöhte Auswertezahlen zu erwarten.

6.1.4 Bauartprüfungen und Vergleichsbestrahlungen

B. Burgkhardt, S. Ugi

Nach den Bestimmungen der Eichordnung aus dem Jahre 1988 müssen Personen- und Ortsdosimeter für Photonenstrahlung bauartzugelassen und geeicht sein, wenn sie zur Messung der Personendosis bzw. Ortsdosis / Ortsdosisleistung innerhalb der physikalischen Strahlenschutzkontrolle eingesetzt werden. Vorgesehen ist hier eine wiederkehrende Eichung nach zwei Jahren.

Anstelle einer allgemeinen Bauartzulassung, die vom Gerätehersteller zu beantragen ist, gilt für amtliche Personendosimeter als Sonderregelung eine Bauartzulassung aufgrund einer einmal durchgeführten, erweiterten Vergleichsmessung. Dies betrifft die bei HS/D eingesetzten Thermolumineszenz- und Photolumineszenzdosimeter zur Messung der Personen- oder Ortsdosis. Die Bauartzulassung aufgrund der erweiterten Vergleichsmessung wurde von der Meßstelle bei der PTB beantragt.

Zu den Bauartanforderungen gehört eine eindeutige Festlegung und Zuordnung der Komponenten des Dosimetriesystems. Hierzu gehören die Dosimetersonde, das Auswertegerät, die zugrundegelegte Meß- und Wärmebehandlungsvorschrift, der angeschlossene Rechner und die Datenausgabe.

Für die mindestens einmal jährlich stattfindende Vergleichsmessung erhält die PTB pro Bauart jeden dritten Monat Dosimeter zur Bestrahlung. Nach Bestrahlung erfolgt die Auswertung bei der Dosimetriestelle innerhalb eines Tages im Beisein eines Eichbediensteten, wobei das in der Bauartzulassung festgelegte Routineverfahren überprüft wird. Maximal zulässige Meßwertabweichungen für die Nenngebrauchsbereiche der Einflußgrößen sind in mindestens 90 % der Fälle im Geltungsbereich $H \geq 0,2$ mSv für Ganzkörper- und $H \geq 1$ mSv für Teilkörperdosimeter einzuhalten.

Im Berichtszeitraum wurden bei HS/D im Beisein eines Eichbediensteten Phosphatglaskugeldosimeter, Albedoneutronendosimeter und Fingerringdosimeter ausgewertet. Beim Phosphatglaskugeldosimeter lag der Mittelwert aller auf den Sollwert bezogenen relativen Anzeigen bei 1,04 mit einer relativen Standardabweichung von 12 %. Die Ergebnisse unserer Auswertungen für das Fingerringdosimeter lagen bei $1,13 \pm 13$ % und für das Albedoneutronendosimeter wurde bei der Photonenmessung $0,97 \pm 9,4$ % erreicht. Das entsprechende Ergebnis der Neutronenvergleichsbestrahlung für Albedoneutronendosimeter lag bei $0,92 \pm 17$ %.

6.2 Photonendosimetrie

6.2.1 Das neue Phosphatglasdosimeter im IAEO-Vergleich für Personendosimeter

E. Piesch, B. Burgkhardt, M. Vilgis

Auf Einladung der IAEO beteiligte sich HS/D mit dem neuen Phosphatglasdosimetriesystem [6,39] an einer internationalen Vergleichsbestrahlung für Personendosimeter. Zum Einsatz kam das Einelement-Flachglasdosimeter mit dem kommerziell jetzt erhältlichen Auswertesystem Toshiba FGD-10. Für dieses PLD-System wurde bei der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt (PTB) eine Bauartzulassung beantragt. Nach erfolgter Bauartzulassung soll das neue Flachglasdosimeter von der nach Landesrecht zuständigen KfK-Meßstelle als amtliches Personendosimeter in der Routineüberwachung eingesetzt werden.

Innerhalb des IAEO-Vergleichs wurden Dosimetriesysteme eingesetzt, die auf die neue, von der ICRU empfohlene Meßgröße $H_{sl}(10)$ im Plattenphantom optimiert worden sind. Die Bestrahlungen der Dosimeter erfolgte auf einem Plattenphantom sowie auf einem Alderson-Mensch-Phantom mit unterschiedlichen Photonenenergien und Strahleneinfallsrictungen unter 0° , 30° und 60° bzw. bei rotierendem Phantom.

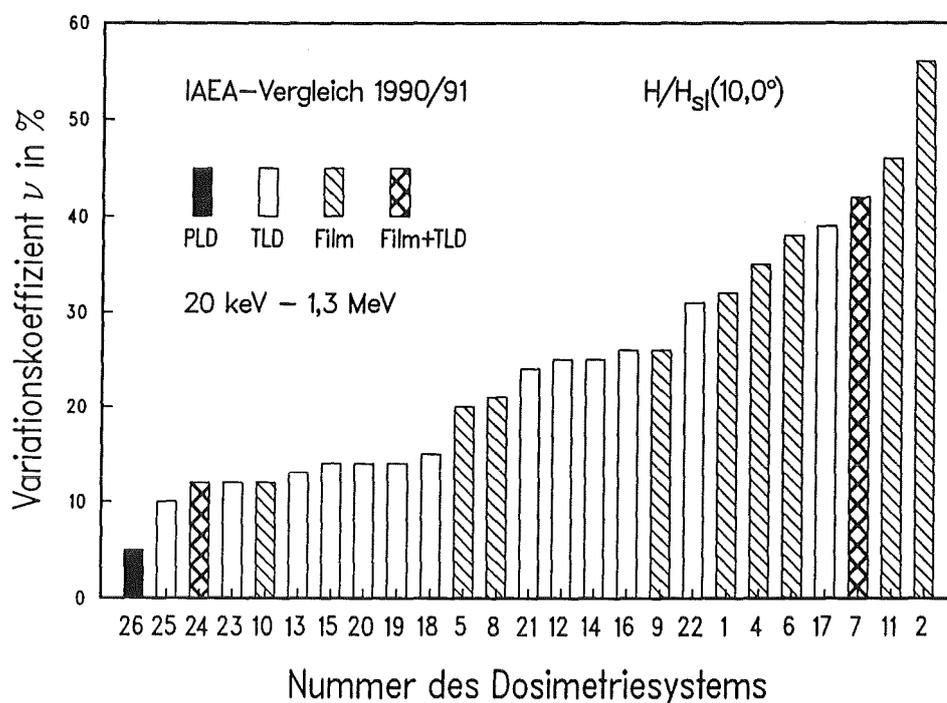


Abb. 6/3: Verteilung des Variationskoeffizienten der Dosismessung für die am IAEO-Vergleich 1990/91 teilgenommenen Personendosimetriesysteme

Abb. 6/3 vergleicht die Ergebnisse der verschiedenen Dosimetriesysteme für eine Frontalbestrahlung der Dosimeter. Danach zeigt das Flachglasdosimeter die geringste Abweichung der gemessenen Äquivalentdosis H von dem Sollwert der interessierenden Größe $H_{sl}(10,0^\circ)$. Für die Bestrahlungen im Photo-

nenenergiebereich 20 keV bis 1,3 MeV ergab sich ein Variationskoeffizient der Dosismessung von 5 % im Vergleich zu 11 % für die besten Systeme des Vergleichs. Der entsprechende Mittelwert der Meßwerte lag bei 1,02 (siehe Tab. 6/2). Für alle Strahleneinfallrichtungen einschließlich der Rotation am Plattenphantom und Alderson-Phantom ergab sich ein Mittelwert von 0,98 und ein Variationskoeffizient von 11 %. Die KfK-Ergebnisse des Vergleichs verdeutlichen die hervorragenden Eigenschaften des Glasdosimeters im Vergleich zu Film- und Thermolumineszenzdosimetern.

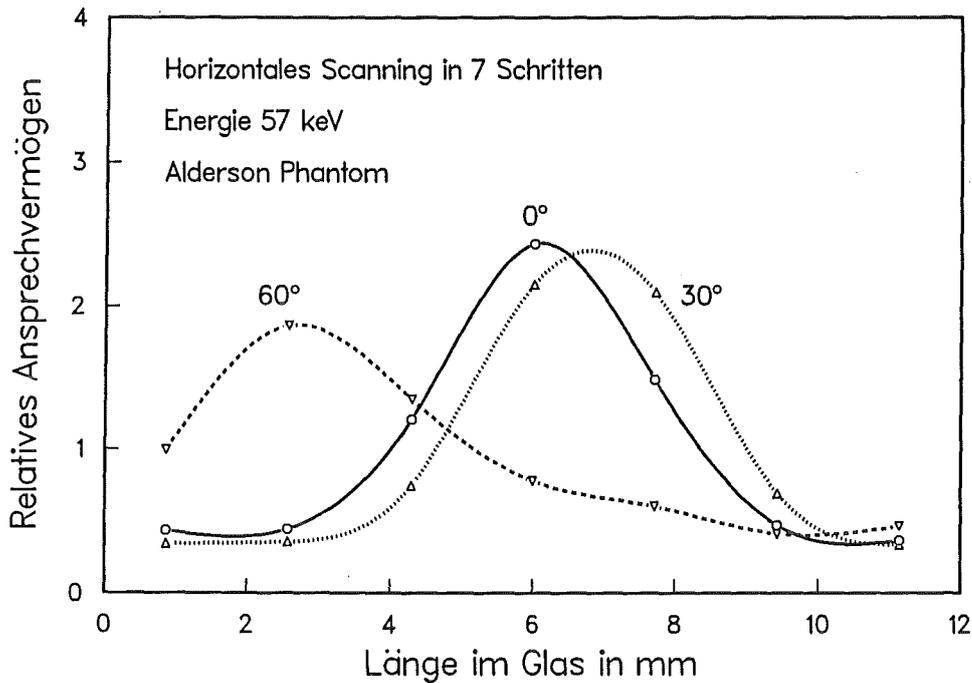


Abb. 6/4: Horizontales Dosisprofil im Flachglasdosimeter für Phontonenstrahlung von 57 keV, IAE0-Vergleich 1990/91

Die besonderen Eigenschaften des Einelement-Flachglasdosimeters sind u. a. auch darin zu sehen, daß zusätzlich zum unmittelbar gemessenen und angezeigten Dosiswert die automatische Messung des Dosisprofils im Glas zur Interpretation von Strahlenqualität und Strahleneinfallrichtung herangezogen werden kann. Abb. 6/4 zeigt hierzu die bei horizontaler Abtastung des Glases ermittelten Dosisprofile am Beispiel der Bestrahlung bei 57 keV. Durch die teilweise Abdeckung des Glases mit einem Plastik- bzw. Zinnfilter erwartet man z. B. bei einer Einstrahlung von der linken Bildseite das Intensitätsmaximum hinter dem Plastikfilter auf die rechte Bildseite verschoben bzw. umgekehrt.

Aus dem Verhältnis des Intensitätsmaximums und -minimums läßt sich die Strahlenqualität ermitteln. Diese besonderen Möglichkeiten zur Analyse der Bestrahlungsbedingungen kamen auch beim IAE0-Vergleich zum Tragen. So konnte für alle Bestrahlungen die Strahlenqualität richtig angegeben werden. Die von einer Frontaleinstrahlung abweichenden Eintrittswinkel von 30° bzw. 60° wurden mit Ausnahme des 30°-Wertes bei 104 keV bzw. bei höheren Energien richtig erkannt.

Im Vergleich zur Bestrahlung am Plexiglasplattenphantom zeigt das Flachglasdosimeter bei Bestrahlung am gewebeäquivalenten Alderson-Phantom im Bereich der Lungen bzw. Abdomen einen um 6 bis 10 % geringeren Rückstreuereffekt.

Die gleichzeitige Anzeige verschiedener Meßgrößen bietet beim Glasdosimeter die Möglichkeit, sowohl die in den PTB-Anforderungen zur Bauartzulassung vorgegebene Meßgröße Photonen-Äquivalentdosis H_x als auch die neuen ICRU-Meßgrößen $H_{sl}(10)$ in 10 mm und, wie hier beim Vergleich, $H_{sl}(0,07)$ in 0,07 mm Gewebetiefe anzuzeigen. Die neuen Meßgrößen werden zur Zeit in der DIN-Normung eingeführt und sollen in nächster Zukunft die zur Zeit gültige Meßgröße H_x ablösen. Bei Änderung der Meßgröße muß hier weder das Auswerteverfahren noch das Energiekompensationsfilter geändert werden, so daß alte bzw. neue Meßergebnisse jederzeit in der gewünschten Meßgröße angegeben werden können.

Die Ergebnisse dieses Vergleiches mit dem jetzt erhältlichen PLD-System fanden allgemeine internationale Beachtung, zumal das Dosimeter wegen seiner hohen Empfindlichkeit, seiner geringen Meßunsicherheit im Bereich unterhalb 0,1 mSv und der Langzeitstabilität des Meßwertes gegenüber Einflüssen der Umgebungstemperatur und der Luftfeuchte nicht nur als Routinedosimeter, sondern auch als Referenzdosimeter u. a. auch zur Analyse von Strahlenfeldern eingesetzt werden kann.

E (keV)	H/ $H_{sl}(10,0^\circ)$	H/ $H_{sl}(0,07)^{1)}$
20	1,08	-
37	1,09	1,00
57	1,04	1,11
104	1,00	1,08
205	0,93	0,98
374	0,97	0,98
662	1,04	1,04
1 250	0,99	0,98
37 + 662	1,07	1,03
Mittelwert \pm (Max-Min) / 2	1,02 \pm 0,08	1,03 \pm 0,07
Variationskoeffizient	$\pm 5 \%$	$\pm 5 \%$

1) Nennbereich der Photonenenergie 25 keV bis 1,3 MeV

Tab. 6/2: KfK-Ergebnisse für das Flachglasdosimeter beim IAEO-Vergleich 1990/91

Nr.	E _q (keV) ¹⁾		Winkel	
	IAEO	KfK	IAEO	KfK
1	B20	<30	0°	
2		<30	30°	30°
3		<30	60°	60°
4	B37	30-70	0°	
5	B57	30-70	0°	
6		30-70	30°	30°
7		30-70	60°	60°
8		30-70	360°	
9	B57/Al	30-70	0°	
10		30-70	0°	
11		30-70	30°	30°
12		30-70	60°	60°
13		30-70	360°	
14	B104	70-150	0°	
15		70-150	30°	
16		70-150	60°	60°
17	N205	>150	0°	
21	G374	>150	0°	
22	G662	>150	0°	
23		>150	30°	
24		>150	60°	
25		>150	360°	
26	G662/Al	>150	0°	
27		>150	30°	
28		>150	60°	
29		>150	360°	
34	G1250	Co-60	0°	
35	G662/B37	70-150	0°	

1) Zahlenwert entspricht der mittleren Photonenenergie

Tab. 6/3: KfK-Angaben zur Strahlenqualität und Strahleneinfallrichtung im Vergleich zu den IAEO-Solldaten

6.2.2 Der Einfluß einer erhöhten Umgebungstemperatur innerhalb der Routineüberwachung auf die Dosisanzeige passiver Detektoren

E. Piesch, B. Burgkhardt, M. Vilgis

Beim Einsatz von Festkörperdosimetern innerhalb der Personenüberwachung werden unterschiedliche Temperaturen erwartet, die jahreszeitlich bedingt mindestens zwischen 20 °C und 40 °C betragen können. Bei Thermolumineszenzdosimetern wird der Temperatureinfluß während des Überwachungszeitraumes durch eine Wärmebehandlung nach der Bestrahlung bzw. vor der Auswertung herabgesetzt. Bei erhöhter Umgebungstemperatur ist ein Fading des Meßwertes jedoch nicht zu vermeiden. PLD-Systeme sind hingegen unempfindlich gegenüber Temperatur- und Feuchtigkeitseinflüssen. Nach 100 Tagen Lagerung bei 63 °C bzw. acht Jahren bei 30 °C konnte kein wesentliches Fading festgestellt werden. Wie neuere Ergebnisse bei KfK ergaben, ist bei Glasdosimetern insbesondere während der Bestrahlung ein Temperatureinfluß von weniger als +0,1 %/°C zu erwarten.

Abb. 6/5 und Abb. 6/6 zeigen die zu erwartende Änderung der Dosisanzeige für einen monatlichen Überwachungszeitraum in Abhängigkeit von der Umgebungstemperatur. Innerhalb der Routineüberwachung kann hierbei eine Bestrahlung in einem Zeitraum zwischen 7 Tagen bzw. 40 Tagen vor der Auswertung bei der Meßstelle erwartet werden. Im Vergleich zum Phosphatglasdosimeter zeigen TLD-Systeme ein zeit- und temperaturabhängiges Verhalten, das durch die Umgebungstemperatur und die Dauer der Meßwertspeicherung während des Überwachungszeitraumes bestimmt wird. Der Meßwert wird hierbei auf Kalibrierdosimeter bezogen, die bei 20 °C gelagert wurden. Bei Umgebungstemperaturen zwischen 20 °C und 40 °C kann die temperaturbedingte Meßunsicherheit beim Glasdosimeter +2 %, bei LiF-Dosimetern bis zu -5 % und bei Li₂B₄O₇-Dosimetern bis zu -30 % betragen. Innerhalb der Personen- und Umgebungsüberwachung erwartet man mit Phosphatglasdosimetern daher eine Dosisanzeige, die gegenüber umweltbedingten Temperatur- und Feuchtigkeitseinflüssen weitgehend stabil ist.

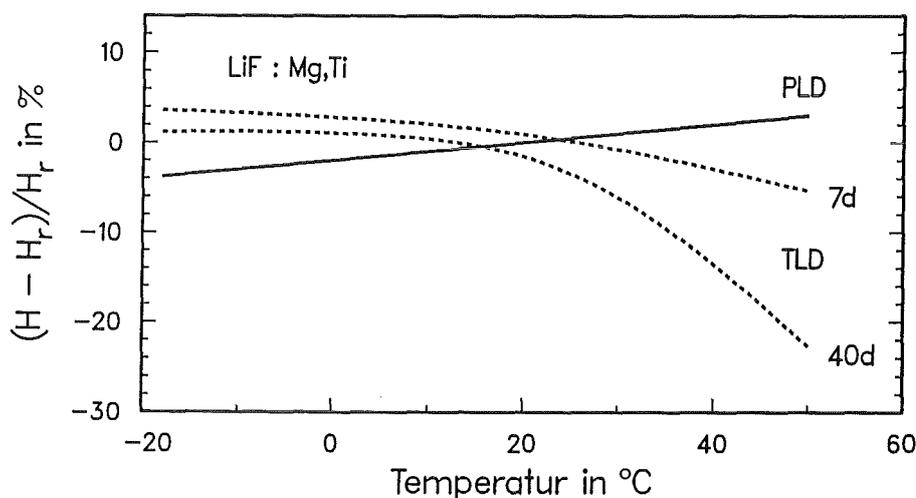


Abb. 6/5: Einfluß der Umgebungstemperatur auf die Dosisanzeige von Flachglasdosimetern und TLD-700-Dosimetern

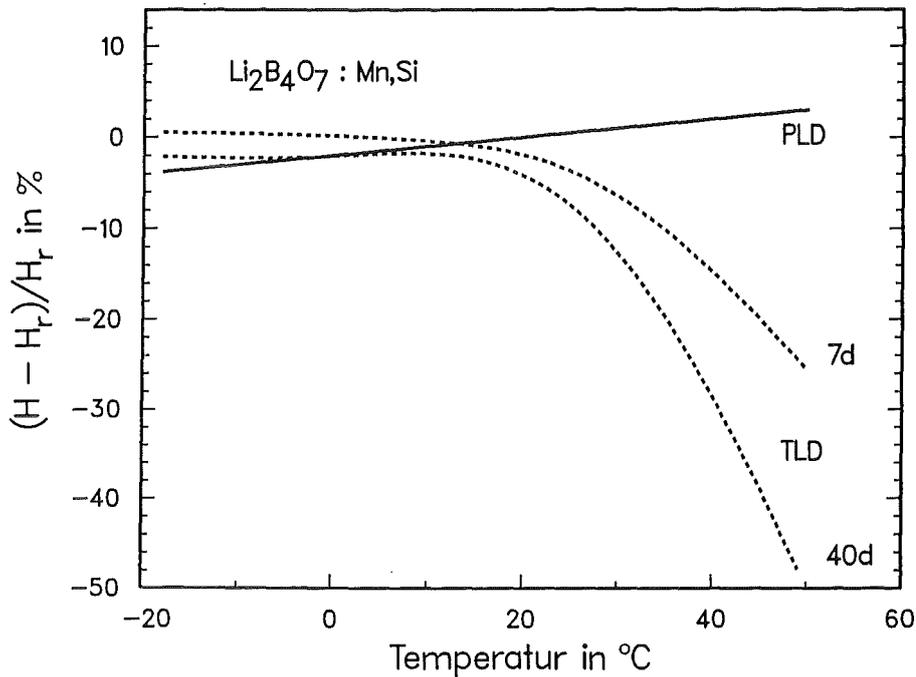


Abb. 6/6: Einfluß der Umgebungstemperatur auf die Dosisanzeige von Flachglasdosimetern und $\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7 : \text{Mn, Si}$ -Dosimetern

6.2.3 Das Problem verschiedener Meßgrößen in der Teilkörperdosimetrie

E. Piesch, B. Burgkhardt, M. Vilgis

Zur Überwachung der Jahresgrenzwerte an den Extremitäten werden von der Meßstelle nach Landesrecht Fingerringdosimeter eingesetzt. Bei einer medizinischen Anwendung wird lediglich durchdringende Photonenstrahlung erwartet, hingegen muß in Beta-Photonen-Mischstrahlenfeldern zusätzlich auch Beta- und Photonenstrahlung geringer Eindringtiefe nachgewiesen werden. Eine meßtechnische Trennung der Dosisanteile der verschiedenen Strahlenarten ist hier nicht möglich. Die derzeitige Problematik der Teilkörperdosimetrie resultiert aus der bisher nicht beachteten Tatsache, daß das Ansprechvermögen eines Fingerringdosimeters nicht allein durch die Dosimeteereigenschaften bestimmt wird, sondern im gleichen Maße durch die Vorgabe der zu messenden Dosisgröße, der Vorgabe des Trageortes am Körper sowie der Vorgabe einer Kalibrierbestrahlung frei in Luft bzw. am Phantom.

In Deutschland werden für Teilkörperdosimeter, in Abweichung von der internationalen Praxis, zur Zeit zwei Meßgrößen vorgegeben:

- Die Photonen-Äquivalentdosis H_x verlangt unabhängig vom Trageort eine Kalibrierung frei in Luft auf die Meßgröße Standardionendosis.
- Die Äquivalentdosis $H(0,07)$ für Elektronenstrahlung in 0,07 mm Tiefe in Weichteilgewebe erfordert unabhängig vom Trageort eine Kalibrierung auf einem Plattenphantom.

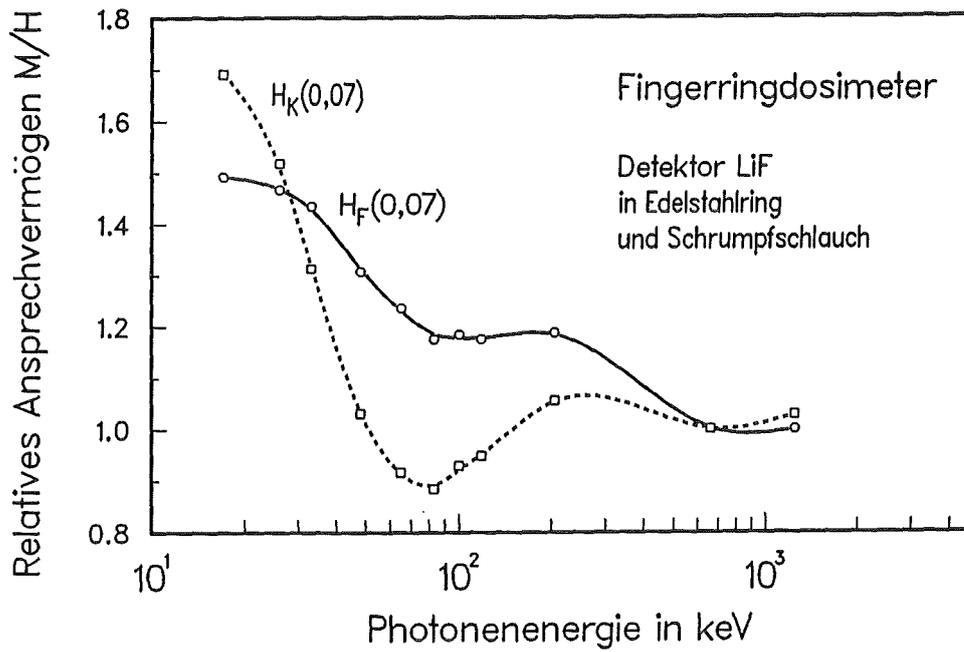


Abb. 6/7: Energieabhängigkeit eines Fingerringdosimeters mit TLD-700-Detektoren von 0,9 mm Dicke für die Meßgröße $H_K(0,07)$ in der ICRU-Kugel (ICRP 51, 1987) und $H_F(0,07)$ in einem Fingerphantom (Robertson et al, Health Physics 57, 733-741, 1989) bei Bestrahlung auf einem Fingerphantom

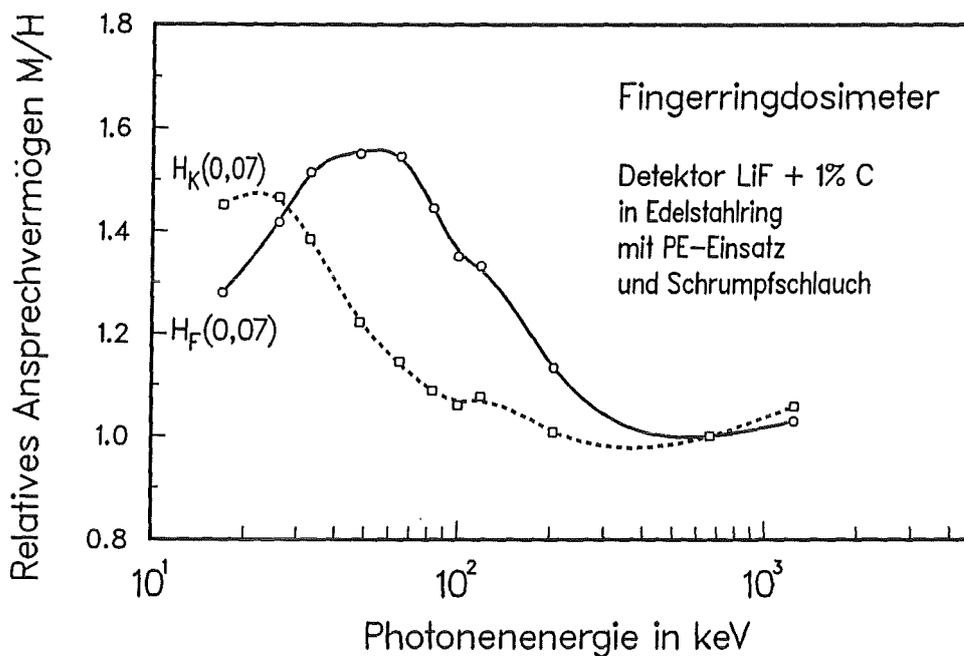


Abb. 6/8: Energieabhängigkeit eines Fingerringdosimeters mit dünn-schichtigem LiF-Graphit-Detektor (vergleiche Abb. 6/7)

Im Vergleich zur Freiluftbestrahlung führt die Phantomkalibrierung zu einer veränderten, u. U. nicht tolerierbaren Energieabhängigkeit des Photonensprechvermögens und damit je nach Anwendungsart zwangsläufig zur Änderung der Dosimeterkonstruktion. In welchem Maße die Meßgröße bei der Konstruktion des Teilkörperdosimeters berücksichtigt werden muß, zeigten die bei HS/D durchgeführten Untersuchungen an einem Edelstahlring mit dünnenschichtigen LiF-Graphitdetektoren. Die Vorgabe von zwei unterschiedlichen Meßgrößen und die erforderliche Bauartzulassung für Photonenstrahlung verhinderte bisher den Einsatz betastrahlungsempfindlicher Ringdetektoren in der Teilkörperdosimetrie [19,40].

Die in naher Zukunft zu erwartende Einführung der neuen, von der Strahlenart unabhängigen ICRU-Meßgrößen, insbesondere der Personendosis $H_p(0,07)$ in der Tiefe 0,07 mm am Trageort des Personendosimeters, wird hier zur Problemlösung beitragen. Voraussetzung für die Einführung dieser Meßgrößen ist hier jedoch die Vorgabe von geeigneten Phantomen für die Kalibrierbestrahlung der in der Praxis unterschiedlich eingesetzten Personendosimeter. Für Personendosimeter, die am Körperrumpf getragen werden, steht zur Zeit ein Plexiglas-Plattenphantom der Größe $30 \times 30 \times 15 \text{ cm}^3$ zur Diskussion. Für Teilkörperdosimeter an Extremitäten, insbesondere der Hand, ist hingegen eine Kalibrierbestrahlung an einem Fingerphantom erforderlich. Wegen des von der Phantomgröße abhängigen Photonenrückstreuanteiles, der bis zu 80% betragen kann, müssen für $H_p(0,07)$ in 0,07 mm Gewebetiefe am Rumpf bzw. der Hand unterschiedliche Dosisgrößen definiert werden.

Eine vom Trageort abhängige Dosisgröße ist von ICRU bisher nicht in Betracht gezogen worden. Abb. 6/7 und Abb. 6/8 zeigen am Beispiel des KfK-Fingerringdosimeters mit zwei unterschiedlich dicken Detektoren das Photonensprechvermögen, wenn der Meßwert M an einem Fingerphantom mit der Meßgröße $H_K(0,07)$ in der ICRU-Kugel und der Meßgröße $H_F(0,07)$ in einem Fingerphantom ins Verhältnis gesetzt werden. Die Energieabhängigkeit des Fingerringdosimeters und damit die Konstruktion des Dosimeters wird nach wie vor von der Vorgabe der Meßgröße und der Kalibriervorschrift bestimmt. Vor einer entsprechenden ICRU-Empfehlung ist es daher nicht möglich, die Konstruktion eines Fingerringdosimeters für Beta-Photonenstrahlung festzulegen, wenn dünnenschichtige Detektoren verwendet werden müssen.

6.2.4 Energiekompensationsfilter für ein LiF-Mehrkomponentendosimeter zur Umgebungsüberwachung

E. Amaral, B. Burgkhardt, M. Hauser

Im Rahmen eines IAEO-Stipendiats wurden Energiekompensationsfilter mit dem Ziel der energieunabhängigen Anzeige H_x und $H^*(10)$ frei in Luft für ein portugiesisches Gamma-Thermolumineszenzdosimeter entwickelt. Dieses Dosimeter wird zur Umgebungsüberwachung in Portugal landesweit vom "Laboratorio Nacional de Energenharia e Tecnologia Industrial, Lisboa" eingesetzt. Der Aufbau der Dosimeterkapselung war vorgegeben. In einem Plexiglaszylinder von etwa $25 \text{ mm} \varnothing$ und 10 cm Länge sind in der Achse fünf LiF:Mg,Ti-Detektoren der Größe $1 \times 1 \times 6 \text{ mm}^3$ im Abstand von etwa 15 mm angeordnet. Die Untersuchungen beruhen auf den Mittelwerten der drei unteren Detektoren. Die beiden oberen Detektoren werden als Kalibrierdosimeter und zur Fadingkorrektur herangezogen.

Die optimale Energie- und Richtungsunabhängigkeit für die Anzeige der Meßgröße H_x konnte hier durch die Verwendung eines ringförmigen Zinnringes von $1,2 \text{ mm} \varnothing$ und 1 mm Dicke um jeden Detektor erreicht werden. Abb. 6/9 zeigt die Verbesserung der Energieabhängigkeit durch die Filter. Die Richtungsabhängigkeit bei 48 keV ist für einen Einfallswinkel von 60° größer als -10 % und selbst bei extremem Strahleneinfall längs der Achse beträgt sie nur -35 %.

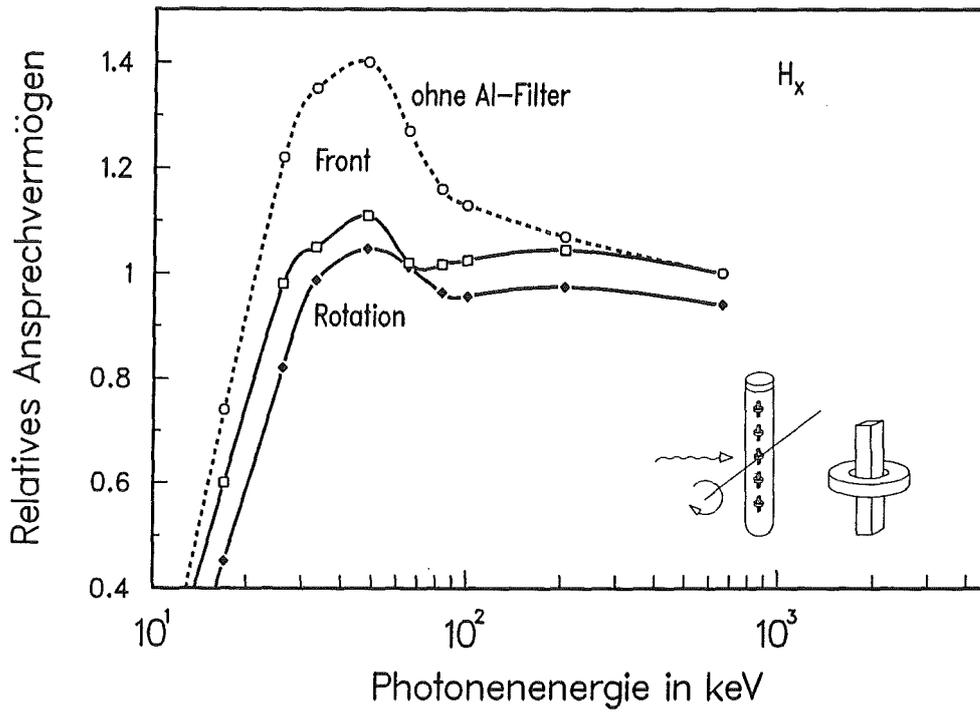


Abb. 6/9: Energie- und Richtungsabhängigkeit eines LiF-Mehrkomponentendosimeters für die Meßgröße H_x

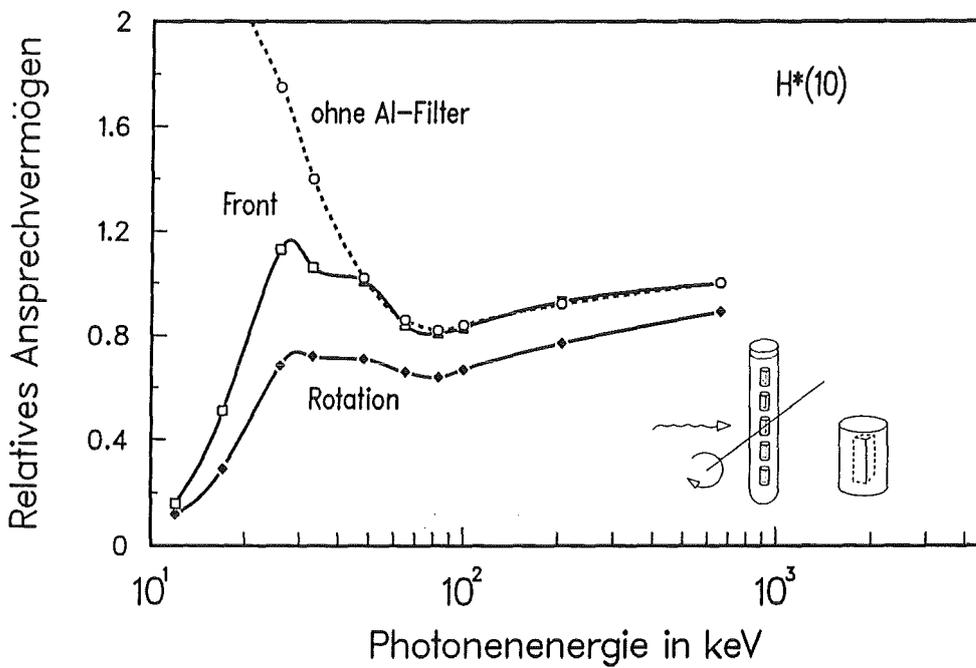


Abb. 6/10: Energie- und Richtungsabhängigkeit eines LiF-Mehrkomponentendosimeters für die Meßgröße $H^*(10)$ frei in Luft

Das optimierte Energiekompensationsfilter für die Meßgröße $H^*(10)$ besteht aus einer Aluminiumkapsel von 1 mm Dicke, die jeden Detektor allseitig umschließt. Im Energiebereich 20 keV bis 660 keV (Abb. 6/10) wird die Energieabhängigkeit damit vom Faktor 2 auf $\pm 20\%$ verbessert. Die Richtungsabhängigkeit bei 48 keV bleibt auch hier bis zu einem Winkel von 60° unter 10% , erhöht sich jedoch längs der Achse wegen der vielen übereinanderliegenden Abdeckungen auf -55% . Dieser Wert ließe sich durch die Verwendung nur einer Aluminiumkapsel für alle fünf Detektoren verringern.

6.2.5 Energiekompensationsfilter für ein CaSO_4 -Dosimeter zur Umgebungsüberwachung

B. Burgkhardt, M. Guelev, M. Hauser

Im Rahmen der bilateralen deutsch-bulgarischen Zusammenarbeit wurde ein Energiekompensationsfilter für einen im Partnerland hergestellten Thermolumineszenzdetektor zur Umgebungsüberwachung entwickelt. Der Detektor besteht aus einem Aluminiumschälchen von 5 mm \varnothing , in dem 18 mg $\text{CaSO}_4\text{:Dy}$ -Pulver mit einer hitzebeständigen Glasur aufgebracht sind. Zur Dosismessung wird hier der Mittelwert einer Gruppe von mehreren, übereinander angeordneten Detektoren herangezogen. Aus Geometriegründen kann daher ein perforiertes Filter nicht verwendet werden. Anstelle dessen werden zwei Detektorgruppen eingesetzt. Die erste Gruppe befindet sich im Zentrum einer Zinnkugel von 2 mm Wandstärke, die zweite in Plastik gekapselte Gruppe in 3 cm Abstand von der Zinnkugel und beide in einer zylinderförmigen Dosimeterhalterung aus Plastik.

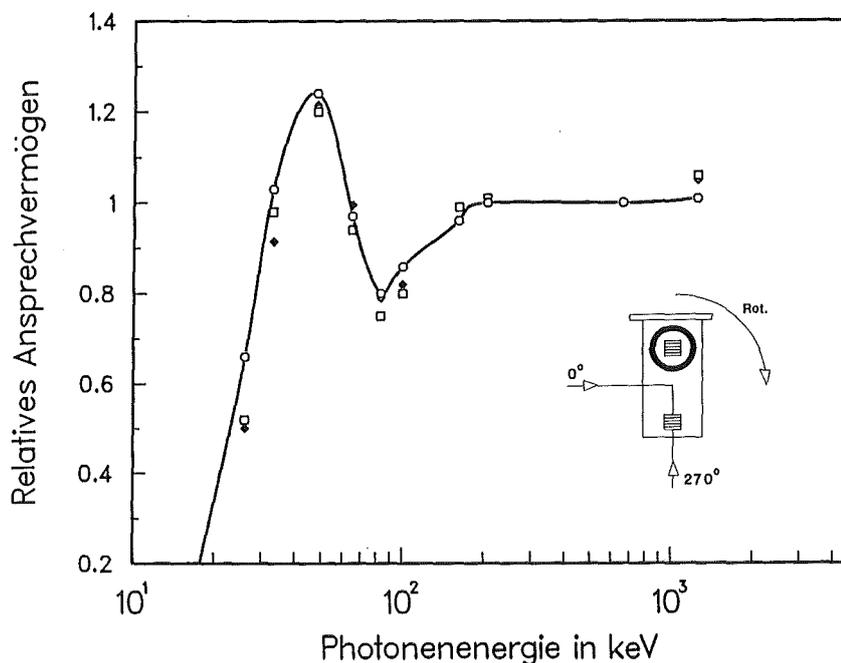


Abb. 6/11: Energie- und Richtungsabhängigkeit eines CaSO_4 -MehrkompONENTENDOSIMETERS zur Umgebungsüberwachung für die Meßgröße H_x

Eine experimentell ermittelte Linearkombination der gemittelten Meßwerte der beiden Gruppen ergibt eine energieunabhängige Anzeige der Photonen-Äquivalentdosis innerhalb von $\pm 25\%$ oberhalb einer Photonenenergie von 30 keV (Abb. 6/11). Dieser Wert gilt auch für verschiedene Strahleneinfallrichtungen bis auf einen schmalen Raumsektor, in dem die in Plastik gekapselten Detektoren von der Zinnkugel abgeschattet werden. Beim Einsatz in der Umgebungsüberwachung ist die Zinnkugel im oberen Teil der senkrecht hängenden Zylinderhalterung positioniert.

6.2.6 Abschätzung der Strahlenexposition durch Energiesparlampen

Th. Reddmann und A. Zieger

In einigen moderneren Energiesparlampentypen werden für die Zündung der Lampe radioaktive Stoffe benutzt. Es wurde versucht, diese Stoffe in den Energiesparlampen nachzuweisen, und eine Dosisabschätzung durchzuführen.

Die Energiesparlampen sind von ihrem Aufbau her miniaturisierte Leuchtstoffröhren. Im einfachsten Fall werden Sparlampen durch eingebaute Glimmzünder gestartet, alternativ kann man die Lampe mit geeigneten elektronischen Schaltungen zünden. Die Glimmzünder enthalten zur Vorionisation radioaktive Stoffe, die hauptsächlich α - oder niederenergetische β -Strahlung aussenden. Bei den hier untersuchten Lampen wird in den Glimmzündern das radioaktive Isotop Kr-85, ein Edelgas, verwendet. Kr-85 hat eine Halbwertszeit von 10,72 Jahren und emittiert hauptsächlich β -Strahlung der mittleren Energie von 250 keV. Mit 0,43-prozentiger Wahrscheinlichkeit wird dabei ein γ -Quant der Energie 514 keV ausgesandt. Während die β -Strahlung vollständig in einer Glaswand von 1 mm Stärke absorbiert wird, verläßt die γ -Komponente praktisch ungeschwächt die Röhre. Diese γ -Komponente könnte somit zu einer möglichen Strahlenexposition führen. Es sei hier betont, daß nur in einigen speziellen Sparlampentypen diese Glimmzünder verwendet werden. In Sparlampen, die mit einem elektronischen Vorschaltgerät arbeiten, sind keine künstlichen radioaktiven Stoffe verarbeitet.

Die beiden Hersteller Osram und Philips wurden um eine Probelieferung der in Frage kommenden Lampentypen gebeten. Zum Vergleich wurden zusätzlich Glimmzünder für Standardleuchtröhren gemessen. Diese Starter wurden dem Materiallager des KfK entnommen. Für die Messungen wurden je 20 Lampen eines Herstellers zerlegt, die Bauteile sortiert und die 20 Glimmröhren bzw. Glaskolben gemeinsam gemessen.

Um die γ -Linie bei 514 keV gegen die benachbarte Linie der Vernichtungsstrahlung bei 511 keV (im Nulleffekt vorhanden) diskriminieren zu können, wurden alle Lampen mit den HPGe-Detektoren des neuen Teilkörperzählers bei HS gemessen. Abb. 6/12 zeigt das mit einem koaxialen Germaniumdetektor gemessene Spektrum der Philips-Glimmzünder. Nach Abzug des Nulleffekts bleibt abgesehen von einem marginalen K-40-Beitrag als einzige signifikante Linie die γ -Linie des Kr-85 bei 514 keV. Für eine einzelne Philips-Glimmröhre wurde eine Aktivität von 207 Bq Kr-85 abgeschätzt. Für die Osram-Glimmröhren wurden 290 Bq Kr-85 bestimmt.

Um auch schwächere Linien nachzuweisen, wurden die Glimmzünder nochmals in einem Abstand von nur 0,5 cm zum Detektor gemessen. Im Spektrum des planaren Detektors (Energiebereich bis 200 keV) erkennt man nun deutlich die Röntgenfluoreszenzlinien des Bleis, das offenbar in der Wandung der Röhren von beiden Herstellern verarbeitet wird (Abb. 6/13).

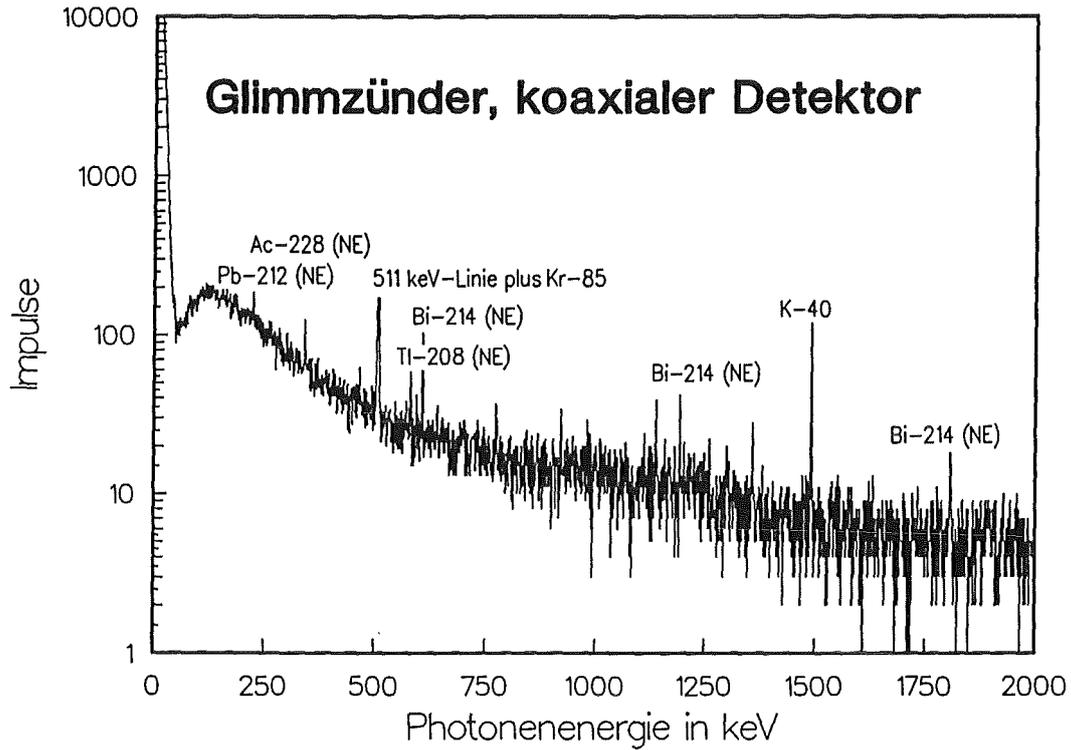


Abb. 6/12: γ -Spektrum der Glimmzünder von Philips Sparlampen, Typ PL*9. Koaxialer HPGe-Detektor, 41 400 sec Meßzeit. Linien des Nulleffekts sind mit NE markiert.

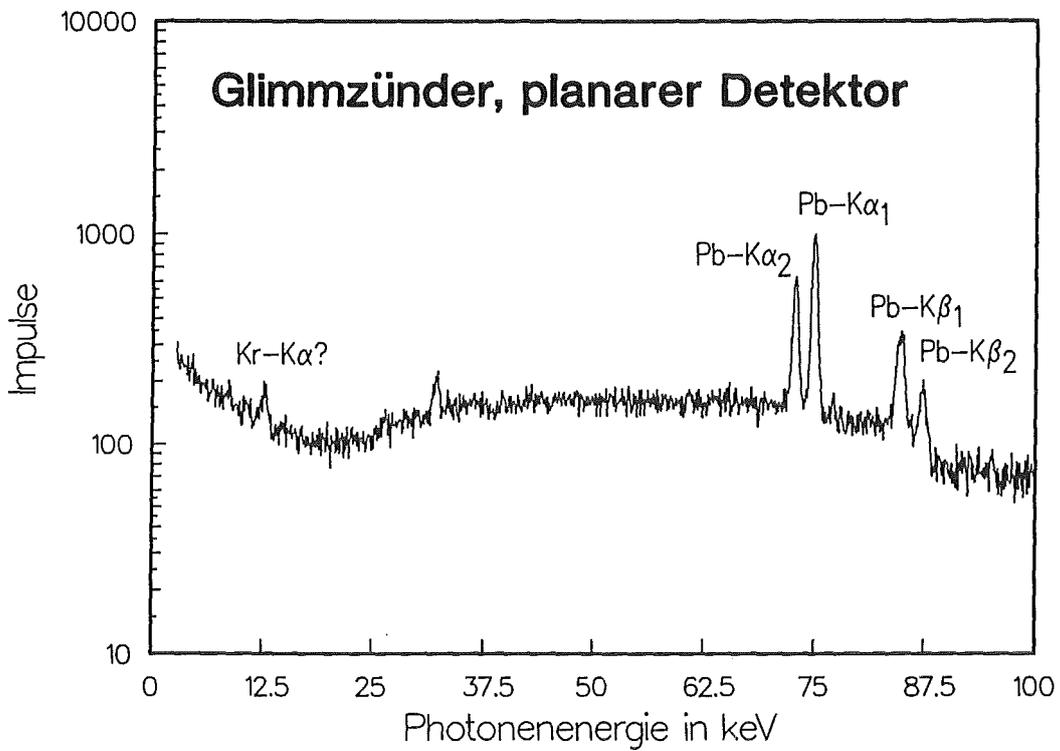


Abb. 6/13: γ -Spektrum der Philips-Glimmzünder im Energiebereich bis 100 keV. Planarer HPGe-Detektor, 41 400 sec Meßzeit.

In den Glaskolben der Sparlampen wurde nur K-40 nachgewiesen. Dabei ergaben sich pro Glaskolben K-40-Aktivitäten von etwa 60 Bq (Philips) bzw. 76 Bq (Osram). Die Glimmzünder von 20 Standardleuchtröhren wurden ebenfalls aus dem Startergehäuse entfernt und in ähnlicher Geometrie wie bei den Sparlampen gemessen. Für diese Glimmzünder wurde eine Aktivität von etwa 500 Bq Kr-85 pro Glimmzünder bestimmt. Die sich aus den vorliegenden Messungen ergebenden Kr-85-Aktivitäten stimmen mit den Herstellerangaben recht gut überein. Die Firma Osram gibt beispielsweise als Aktivitätswert 250 Bq pro Lampe an. Für die Abschätzungen der Dosis braucht nur die γ -Komponente berücksichtigt zu werden, da die β -Strahlung noch in der Lampe absorbiert wird. Bremsstrahlung kann in diesem Energiebereich vernachlässigt werden, ebenso wie die Blei-Röntgenfluoreszenzlinien.

Die Dosisleistung einer Lampe in einem mittleren Abstand von 10 cm errechnet sich mit dem obigen Aktivitätswert zu etwa $8 \cdot 10^{-6}$ $\mu\text{Sv/h}$. Ist die Lampe an der Decke montiert, so ergibt sich bei einem mittleren Abstand von etwa 2 m eine Dosisleistung von etwa $2 \cdot 10^{-8}$ $\mu\text{Sv/h}$, entsprechend einer Dosis von etwa 0,0002 μSv pro Jahr. Dies ist im Vergleich zur durchschnittlichen effektiven Jahresdosis durch natürliche Quellen, die für die Bevölkerung der Bundesrepublik bei 2000 - 2500 μSv liegt, absolut vernachlässigbar. Die Glimmzünder in den Startern der Standardleuchtröhren führen zu etwa doppelt so hohen Werten, die aber ebenfalls gegenüber der natürlichen Strahlenexposition vernachlässigt werden können.

Interessanterweise verursacht das natürliche radioaktive Isotop K-40, welches in den Glaskolben enthalten ist, eine über zehnmal höhere γ -Dosis als das Kr-85. Diese liegt aber immer noch um etwa einen Faktor 100 000 unter der durch das körpereigene Kalium verursachten effektiven Dosis.

Kann man sich nun überhaupt Situationen vorstellen, wo von der in den Sparlampen enthaltenen Kr-85-Aktivität eine Gefährdung ausgehen könnte? Ein Bruch eines Glimmzünders beispielsweise würde in einem ungelüfteten Raum zu einer erhöhten Kr-85-Raumluftaktivität führen. Bei einer angenommenen Raumgröße von 10 m^3 und einer Aufenthaltszeit von einer Stunde ergibt sich eine durch die β -Strahlung verursachte Hautdosis von 0,001 μSv , etwa ein Milliardstel des Grenzwertes für beruflich strahlenexponierte Personen. Selbst in einem Lampenlager, in dem die Strahlung von einigen tausend Lampen zu beachten wäre, wäre die γ -Strahlendosis insgesamt immer noch weit unter der natürlichen Strahlenexposition und dazu hauptsächlich durch das Kalium verursacht. Käme es in einem solchen Lager zu einem größeren Glasbruch (1000 Lampen), so wäre auch in diesem Fall eine mögliche Raumluftkontamination im Hinblick auf die Dosis praktisch ohne Belang. Es kann aber vermutet werden, daß das aus den Glaskolben austretende Hg-Gas eine ernsthafte Gefährdung darstellen würde, da allein bei Bruch einer Leuchtstoffröhre bis zu 15 mg Hg-Dampf freigesetzt werden kann, was bei einem Raumvolumen von 10 m^3 einer zehnfachen Konzentration des MAK-Werts entspricht.

6.3 Neutronendosimetrie

6.3.1 Messung kleiner Neutronendosen in der Umgebungsüberwachung mit passiven Dosimetern

B. Burgkhardt, M. Vilgis, O. Kosbadt

Zur langzeitigen Messung kleiner Neutronen-Äquivalentdosen, beispielsweise der natürlichen Neutronenstrahlungskomponente von etwa 80 $\mu\text{Sv/a}$ werden von HS/D Kernspurätzdetektoren in Kombination mit einem (n, α)-Konverter in einer Moderator-Kugel von 30 cm \varnothing verwendet. Beim langzeitigen Einsatz dieser Dosimeter in der Umgebungsüberwachung einer Beschleunigeranlage des MPI für Metallforschung in Stuttgart wurden für jeden Meßort jeweils zwei Kugeln ausgelegt, wobei eine für ein ganzes Jahr und je eine zweite für die beiden aufeinanderfolgenden Halbjahre exponiert wurde. Durch Abdich-

ten der Kugel mit Silikonfett konnte ein unkontrollierter Einfluß von Radonfolgeprodukten auf das Meßergebnis verhindert werden. In jeder Kugel befinden sich zwei Kernspurdetektoren, deren Anzeigen gemittelt werden.

Abb. 6/14 zeigt die Ergebnisse für die beiden Halbjahre, für die Summe der beiden Halbjahre und für die Ganzjahresexposition. Ortsabhängige Unterschiede des Neutronenstrahlungspegels von etwa 10 % im Neutronen-Dosisleistungsbereich von etwa 90 $\mu\text{Sv/a}$ zeigen sich übereinstimmend für alle drei Meßzyklen. Die auf ein Jahr normierten, für alle Meßorte gemittelten Neutronen-Äquivalentdosiswerte lagen für die jeweiligen beiden Halbjahre bei 90 $\mu\text{Sv/a}$ bzw. 91 $\mu\text{Sv/a}$ im Vergleich zum Ganzjahreswert von 83 $\mu\text{Sv/a}$. Die Detektoren des zweiten Halbjahres wurden zusammen mit denen des Ganzjahres geätzt und auch ausgewertet. Unter Berücksichtigung der Meßunsicherheit der Kernspurdetektoren von etwa 10 %, ist hier ein zusätzlicher Langzeiteinfluß von etwa 5 % auf den Meßwert nicht auszuschließen. An Referenzorten mit ausschließlich natürlicher Umgebungsstrahlung wurde im Freien eine Neutronen-Äquivalentdosis von etwa 80 $\mu\text{Sv/a}$ angezeigt.

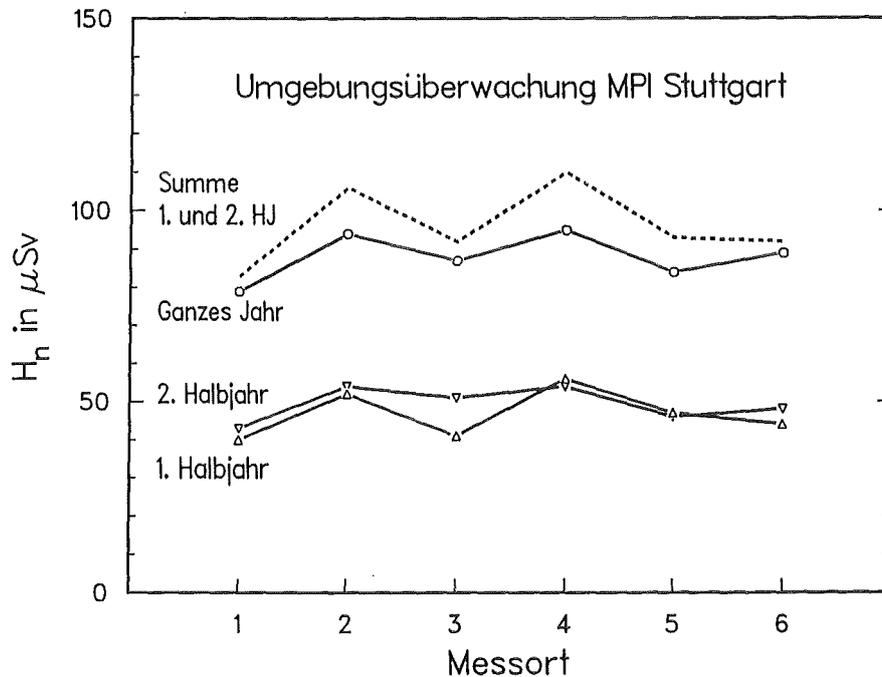


Abb. 6/14: Neutronen-Äquivalentdosen an einem Beschleuniger des MPI für Metallforschung in Stuttgart, gemessen mit Kernspurdetektoren im Zentrum einer 30-cm-Moderatorkugel

Die Ergebnisse für die Eichhalle und das Zyklotron im KfK sind weitere Beispiele für die Neutronen-Umgebungsüberwachung von Anlagen. Abb. 6/15 zeigt die hier auf ein Jahr normierten Meßwerte der Neutronen-Äquivalentdosis nach Abzug des natürlichen Neutronendosisanteils, gemessen an einem Referenzort, aufgetragen über die effektive Entfernung von der Neutronenquelle. Der Expositionszeitraum betrug jeweils 127 Tage. Außerhalb des Kontrollbereiches wird der Jahresgrenzwert für den innerbetrieblichen Überwachungsbereich von 5 mSv/a während der Überwachungszeit unter Berücksichtigung des Gamma-Dosisanteiles an keiner Stelle erreicht.

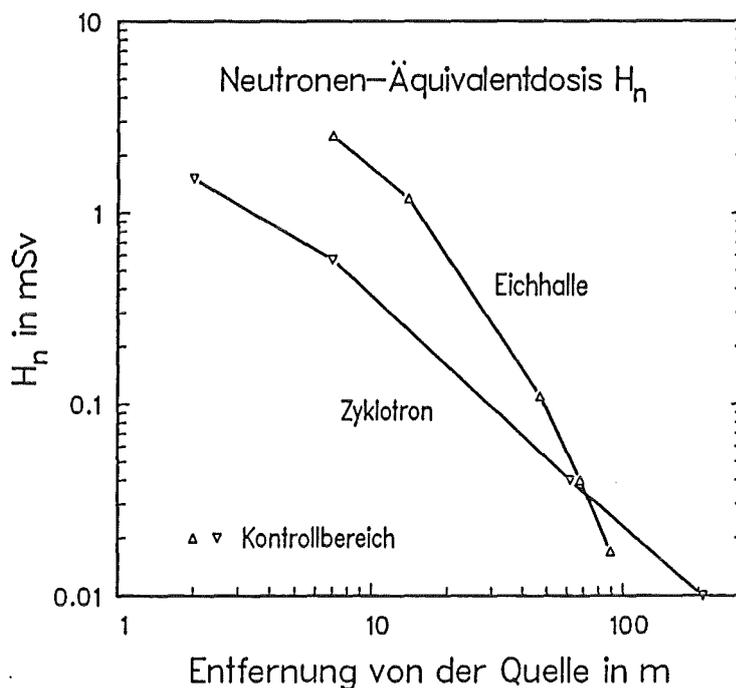


Abb. 6/15: Neutronen-Äquivalentdosen an der Eichhalle und am Zyklotron des KfK für einen Überwachungszeitraum von 127 Tagen, normiert auf ein Jahr

6.3.2 Änderung des LET-Spektrums in Neutronenstreustrahlungsfeldern eines Kalibrierbunkers

B. Burgkhardt, M. Hauser, C. Teichmann

Im Kalibrierbunker der Eichhalle wurden im Neutronenstreustrahlungsfeld einer Am-Be- und ^{252}Cf -Quelle Messungen mit dem von der Homburger Universität entwickelten gewebeäquivalenten Niederdruck-Proportionalzähler (Prototyp HANDI) durchgeführt. Die Ermittlung der Energie- und Äquivalentdosis erfolgt in einem solchen Gerät durch Messung eines Impulshöhenspektrums in 16 Kanälen. Die Impulshöhe ist bei Verwendung eines simulierten Detektordurchmessers von nur $2\ \mu\text{m}$ ein Maß für die lineale Energie y in $\text{keV}/\mu\text{m}$, die für einen weiten Energiebereich der Neutronen und Photonen eine gute Näherung des LET-Wertes für Gewebe darstellt.

Abb. 6/16a zeigt das normierte mikrodosimetrische Spektrum der Energiedosis in Abhängigkeit von der linealen Energie y im Strahlenfeld einer Am-Be- und ^{252}Cf -Quelle (mittlere Neutronenenergie etwa 4 bzw. 2 MeV). Das entsprechende Äquivalentdosispektrum (Abb. 6/16b) ergibt sich durch Wichtung der Energiedosis in jedem Kanal entsprechend dem durch ICRP (1977) vorgegebenen Q-Faktor als Funktion des LET-Wertes für Wasser.

Die Spektren für die höherenergetischen Neutronen der Am-Be-Quelle sind gegenüber der ^{252}Cf -Quelle nach kleinen Werten der linealen Energie verschoben. Die Photonen erscheinen im Spektrum bei Werten unterhalb $10\ \text{keV}/\mu\text{m}$. Im Vergleich zum Energiespektrum ist der relative Photonenanteil bei der Äquivalentdosis erwartungsgemäß sehr klein.

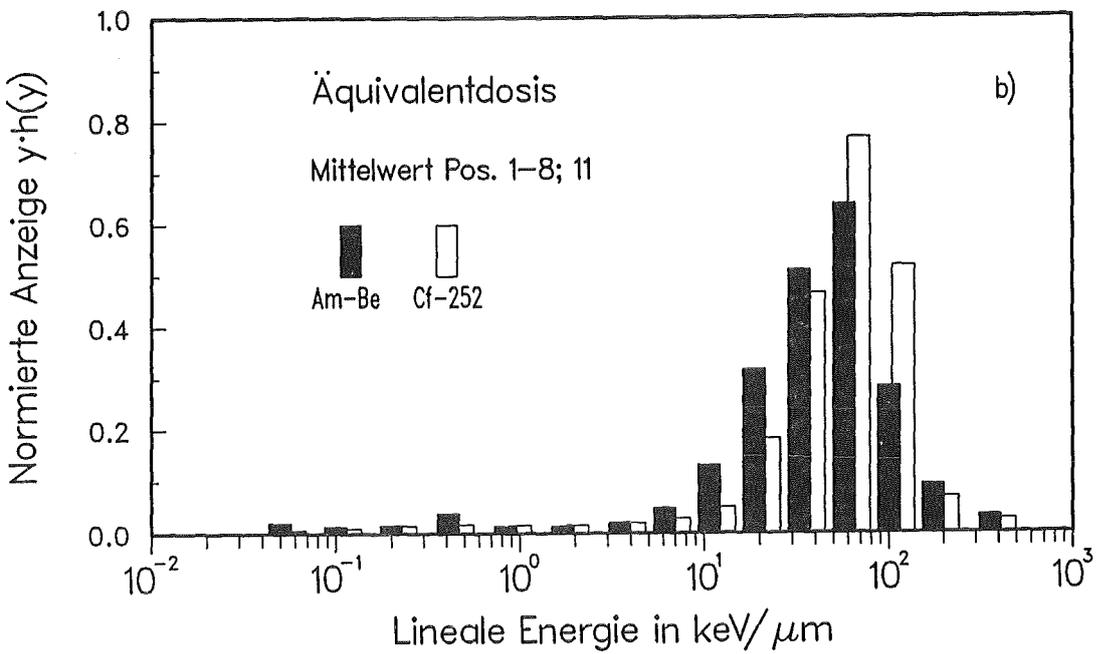
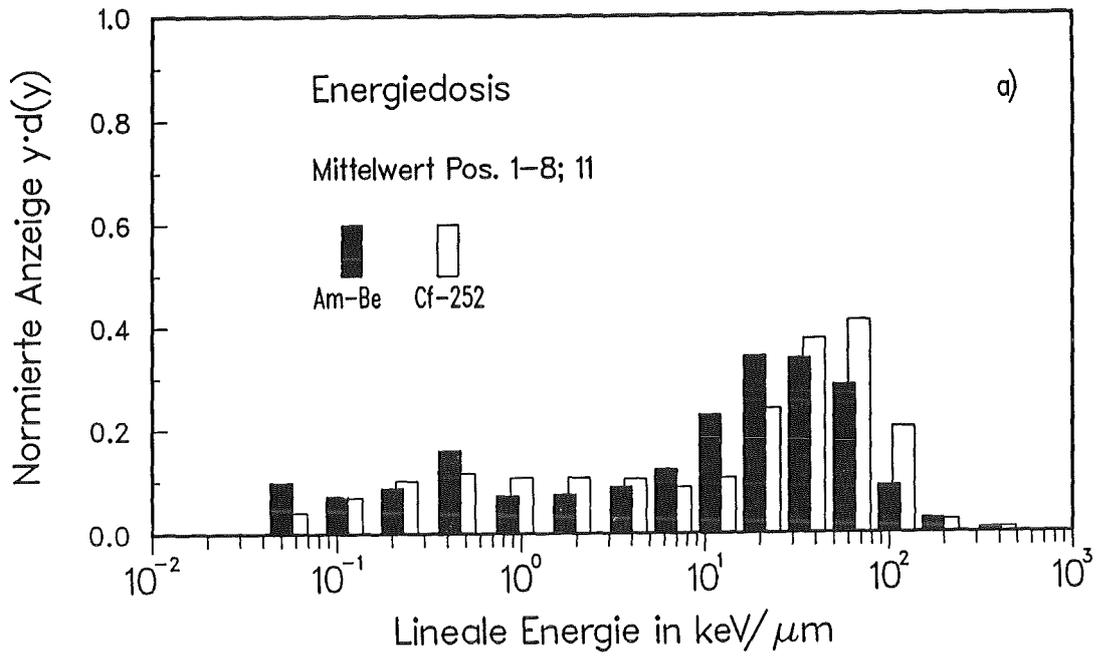


Abb. 6/16: Energiedosisverteilung (a) und Äquivalentdosisverteilung (b) in Abhängigkeit von der linealen Energie y im Streustrahlungsfeld einer Am-Be- bzw. ^{252}Cf -Quelle, Mittelwert aus neun Meßpositionen

In Abb. 6/17 werden neun ^{252}Cf -Spektren wiedergegeben, die in verschiedenen Abständen von der ^{252}Cf -Quelle im Kalibrierbunker der Eichhalle aufgenommen wurden. Diese Spektren sind durch nebeneinander stehender Balken gekennzeichnet, wobei jeweils der linke Balken die Ergebnisse in 0,5 m Quellabstand und die folgenden Balken im Abstand von 1 m, 2 m, 3 m, 3,45 m, 4 m, 5 m, 7 m und 10 m wiedergeben. Mit zunehmender Entfernung von der Quelle verschiebt sich das Maximum des Spektrums zu höheren LET-Werten. Dies bedeutet eine Verschiebung des Energiespektrums zu niederen Energien (vergleiche Abb. 6/16b). Gewebeäquivalente Niederdruck-Proportionalzähler bieten die Möglichkeit, Neutronspektren in Streustrahlungsfeldern zu analysieren und darüber hinaus einen Referenzwert für die Energie- und Äquivalentdosis, insbesondere für Neutronen, zu liefern.

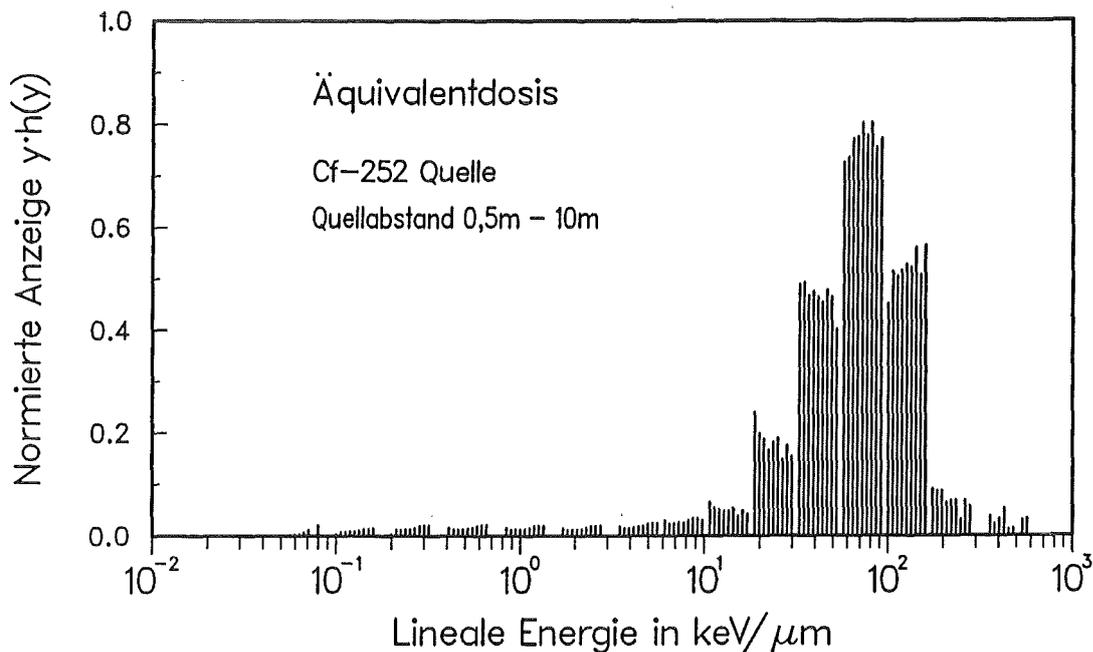


Abb. 6/17: Vergleich von 9 Äquivalentdosisverteilungen in Abhängigkeit von der linealen Energie y im Streustrahlungsfeld einer ^{252}Cf -Quelle für zunehmenden Abstand von der Quelle: jeweils linker Balken 0,5 m und rechter Balken 10 m

6.3.3 Langzeitvergleich des Kalibrierfaktors von Albedoneutronendosimetern

E. Piesch, B. Burgkhardt, S. Ugi

Bei der Routineauswertung des Albedoneutronendosimeters werden für die entsprechenden Anwendungsbereiche N1 bis N4 unterschiedliche Kalibrierfaktoren zugrundegelegt. Zur Korrektur der Energieabhängigkeit wird die im Streustrahlungsfeld ermittelte funktionelle Abhängigkeit des Kalibrierfaktors vom jeweiligen Meßwertverhältnis $M(a)/M(i)$ im vorgegebenen Anwendungsbereich herangezogen. Die Überprüfung der Meßgenauigkeit für das von der Meßstelle nach Landesrecht eingesetzte Neutronendosimeter erfolgt durch jährlich stattfindende Kontrollbestrahlungen bei der PTB. In der Praxis interessieren vor allem Arbeitsplätze in Strahlungsfeldern hinter einer starken Abschirmung (N1) bzw. der Umgang mit Radionuklidquellen (N3). Bei Vergleichsbestrahlungen werden daher kalibrierte Am-Be- und ^{252}Cf -Neutronenquellen, letztere in Verbindung mit D_2O -Quellabschirmungen eingesetzt und die Albedoneutronendosimeter an einem Kugel- bzw. Plattenphantom bestrahlt.

Die Auswertung der KfK-Ergebnisse für die Vergleichsbestrahlungen der Jahre 1988, 1989 und 1990 sind in Abb. 6/18 in Abhängigkeit von der Neutronen-Äquivalentdosis wiedergegeben. Die Meßergebnisse für H_n wurden hierbei auf die von der PTB angegebene Referenzdosis $H'(10)$ bezogen. Die Meßergebnisse oberhalb 1 mSv zeigen eine Streuung von etwa $\pm 15\%$. Sie sind im Mittel jedoch um etwa 10% kleiner als die Referenzdosen. Eine mögliche Erklärung wäre die unterschiedliche Ermittlung der Referenzdosis für die PTB-Vergleichsbestrahlung und für die Routineauswertung. Zur Feldkalibrierung in unterschiedlich moderierten Streustrahlungsfeldern diene HS/D ein Moderator-typdosimeter von 30 cm Durchmesser. Die PTB-Vergleichsbestrahlung wurde hingegen unter idealisierten, nahezu rückstreuungsfreien Bestrahlungsbedingungen in geringen Abständen von der Neutronenquelle durchgeführt. Die Referenzdosis ermittelt sich aus der Quellstärke der Neutronenradionuklidquellen unter Berücksichtigung spektrums- und phantombabhängiger Konversionsfaktoren und der rückgestreuten Neutronen aus dem Bestrahlungsraum. Die Meßwertabweichungen bei kleinen Neutronendosen beschränken sich auf den Anwendungsbereich N3, in dem das Neutronenansprechvermögen gegenüber dem Anwendungsbereich N1 je nach dem Moderierungsgrad des Neutronenspektrums (Am-Be-Neutronen) bis um eine Größenordnung kleiner sein kann.

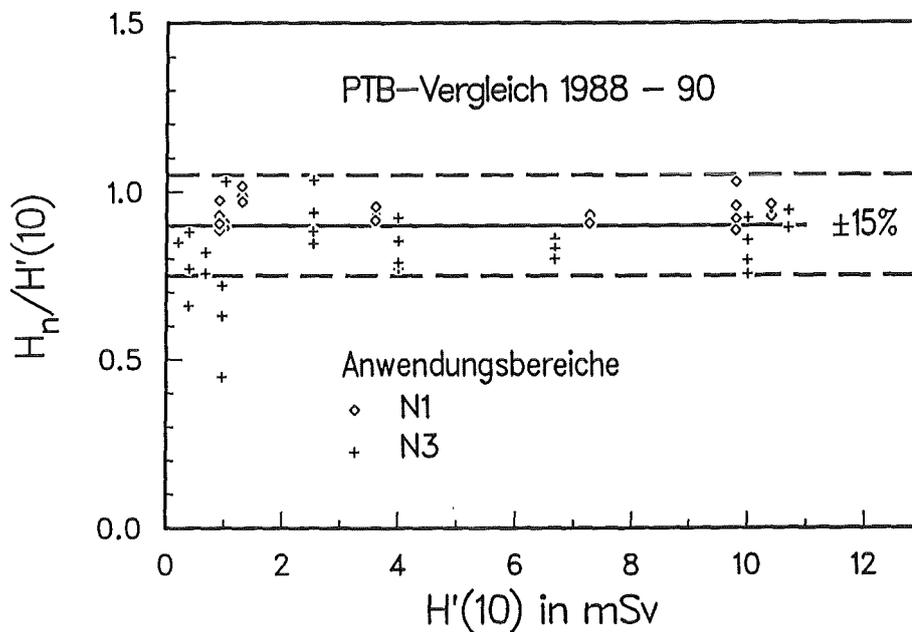


Abb. 6/18: Ergebnisse von PTB-Vergleichsbestrahlungen 1988-1990 für das KfK-Albedoneutronendosimeter. Für die Neutronenfelder der Anwendungsbereiche N1 und N3 wurden unterschiedliche Kalibrierkurven zugrundegelegt.

6.3.4 Untersuchung des Nulleffektes von CR-39-Kernspurdetektoren

E. Piesch, B. Burgkhardt, M. Vilgis

Kernspurätzdetektoren zum Nachweis von Neutronen und Alphateilchen zeigen schon vor einer Bestrahlung eine Nulleffekt-Spuredichte, deren Höhe und Schwankungsbreite je nach Fertigungscharge relativ große Änderungen aufweisen kann. Die bei HS/D in den letzten Jahren durchgeführten Meßreihen mit CR-39-Detektoren ermöglichten einen Vergleich von Materialien verschiedener Hersteller, verschiedener Fertigungschargen und verschiedenen Herstellungsaltern.

Detektorcharge	Alter (Monate)	Ansprechvermögen ¹⁾ (cm ⁻² mSv ⁻¹)	NE ± 1s (cm ⁻²)	3s-Wert von NE (µSv)
AA1	28	663	46 ± 15	68
AA2	30	689	48 ± 7	30
AA3	1	716	40 ± 9	38
AA4	9	901	70 ± 10	33
AA5	13	835	82 ± 7	25
AA6	22	658	94 ± 15	68
PM1	4	573	30 ± 10	52
PM2	6	673	56 ± 23	114
PM3	3	606	26 ± 8	40
PM4	8	355	19 ± 5	42
PM5	10	501	23 ± 5	30
PM6	10	515	19 ± 12	65
PM7	11	703	45 ± 6	26
PM8	15	733	54 ± 8	33
PM9	1	636	66 ± 28	132
IN1	5	580	169 ± 25	129
LA1	7	355	12 ± 1	8
PA1	8	280	22 ± 5	54

1) ²⁵²Cf-Neutronen

Tab. 6/4: Nulleffekt (NE), Ansprechvermögen und Nachweisgrenze für CR-39-Kernspurdetektoren verschiedener Hersteller und Herstellungsladungen. Zweistufige elektrochemische Ätzung bei 60 °C, 20 kV cm⁻¹ (AA American Acrylics, PM Pershore Mouldings, IN Inter-cast, LA Lantrak, PA Patras)

Tab. 6/4 zeigt eine Zusammenstellung der Streuung des ²⁵²Cf-Neutronenansprechvermögens, der Spurendichte des Nulleffektes und seiner experimentell ermittelten Standardabweichung. Zur Interpretation der kleinsten nachweisbaren Neutronendosis ist es zweckmäßig, das dreifache der Standardabweichung des Nulleffektes unter Berücksichtigung des unterschiedlichen Ansprechvermögens in der Einheit der Äquivalentdosis anzugeben. Dieser Wert wurde beispielsweise bei Eurados-Cendos-Vergleichen herangezogen.

Bei gleichen Ätzbedingungen ändert sich demnach das Ansprechvermögen beispielsweise beim PM-Detektor aus fertigungstechnischen Gründen zwischen 355 und 733 cm⁻²·mSv⁻¹ und der 3s-Wert des Nulleffektes zwischen 52 und 132 µSv. Für das LA1-Material wurde der kleinste Nulleffekt bzw. die kleinste Standardabweichung des Nulleffektes gefunden. Bei einer Spurendichte von 12 cm⁻² muß hier zur Interpretation der kleinsten nachweisbaren Dosis zusätzlich die Zufallsunsicherheit mit berücksichtigt werden. Bedingt durch die Optimierung des KfK-Ätzverfahrens, insbesondere die Herabsetzung der elektrischen Feldstärke, ist der bei KfK gefundene Nulleffekt für verschiedene Materialien im internationalen Vergleich klein, so daß bei ausgelesenen Detektorladungen mit einer Nachweisgrenze < 0,1 mSv gerechnet werden kann.

6.4 Strahlenexposition durch Radon-Zerfallsprodukte

J. Schmitz, R. Fritsche

6.4.1 Messungen in untertägigen Arbeitsbereichen

1991 wurden im Rahmen eines seit Ende 1988 vom Bundesumweltministerium geförderten Forschungsvorhabens (St.Sch. 1087) noch in 13 untertägigen Arbeitsbereichen Radon- und Folgeproduktmessungen weitergeführt. Zusammen mit den Betrieben in Nordrhein-Westfalen, welche von der Materialprüfanstalt Dortmund untersucht wurden, sind damit, mit Ausnahme der Steinkohlegruben, praktisch alle bekannten Bergbaubetriebe, Besuchergruben, Schauhöhlen und viele der sekundär genutzten Stollen untersucht worden (Gesamtzahl 158, davon belegt 143). Es wurden bisher ca. 1 000 Bestimmungen vorgenommen, wobei sich die Anzahl der Einzelmessungen von Radon und Folgeprodukten, γ -Ortsdosis und wettertechnischen Parametern nach Größe der Grube und Anzahl der Beschäftigten richtete. Zusätzlich wurden integrierende passive Radon-Ortsdosimeter exponiert, um auch in niedrigen Konzentrationsbereichen zuverlässige Radonwerte zu erhalten [44].

Das nun vorliegende vorläufige Ergebnis der Gesamtuntersuchung führt bei den statistischen Auswertungen gegenüber den 1989/1990er Werten zu keinen Verschiebungen. Die Untersuchungen haben gezeigt, daß die jeweiligen Einflußgrößen auf die Radonkonzentration so betriebsspezifisch sind, daß keine Vorhersagen auf eine zu erwartende Radonexposition gemacht werden können. Die Aussage, daß ca. 40 % der Vollschiebtbetriebe über der 5-mSv-Grenze liegen, und bei vier Vollschiebtbetrieben eine effektive Jahreseinzeldosis sogar über 40 mSv/a vorliegen kann, bleibt bestehen. In Analogie zur Strahlenschutzüberwachung in kerntechnischen Betrieben würden in den von uns untersuchten Arbeitsplätzen ca. 150 Beschäftigte der Kategorie B angehören.

Die höchsten bisher gefundenen Konzentrationen wurden in einem ehemaligen Wasserstollen gemessen, in dem intensive Forschungsarbeiten zu Fragen der Hydrologie durchgeführt werden. Durch Bewetterung des Arbeitsplatzes konnte die Exposition auf ein bergbauübliches Maß herabgesetzt werden. Die dafür notwendigen Parameter lieferten kontinuierliche Messungen mit WL-Monitoren.

In einigen Bergwerken, die höhere Radonbelastungen erwarten lassen, oder die aufgrund der Strahlenschutzverordnung zur Strahlenschutzüberwachung verpflichtet sind, wie z. B. Grube Konrad und Morsleben, wurde Radon-Personendosimetrie versuchsweise eingeführt. Dazu wurden fünf Bergleute mit unterschiedlichen Tätigkeitsmerkmalen mit persönlichen Dosimetern ausgerüstet und aus deren Inhalationsdosis ein Mittelwert pro Monat bzw. pro verfahrenere Schicht berechnet. Für eine radonbelastete Produktionsgrube ergab sich aus dieser Überwachungstechnik die in Abbildung 6/19 dargestellte Charakteristik. In den Sommermonaten ziehen die Frischwetter über den "Alten Mann" in das belegte Grubengebäude und reichern sich mit Radon an. Die hier gefundenen Effektivdosen aus der Inhalation der Radonfolgeprodukte liegen bei 15-20 Milli-WLM pro Schicht, d. h. Monatsdosen von 3 mSv können erreicht werden. Dieser Wert ist vergleichbar mit Expositionen im Uranbergbau. Durch Änderung der Wetterrichtung im Winter ergeben sich dann jedoch - bei gleichzeitiger Abnahme des Gleichgewichtsfaktors - wesentlich geringere Expositionswerte. An der mittleren Belastung pro Schicht läßt sich der Erfolg von Sanierungsmaßnahmen für die Belegschaft insgesamt besser abschätzen als mit Einzelbestimmungen vor Ort.

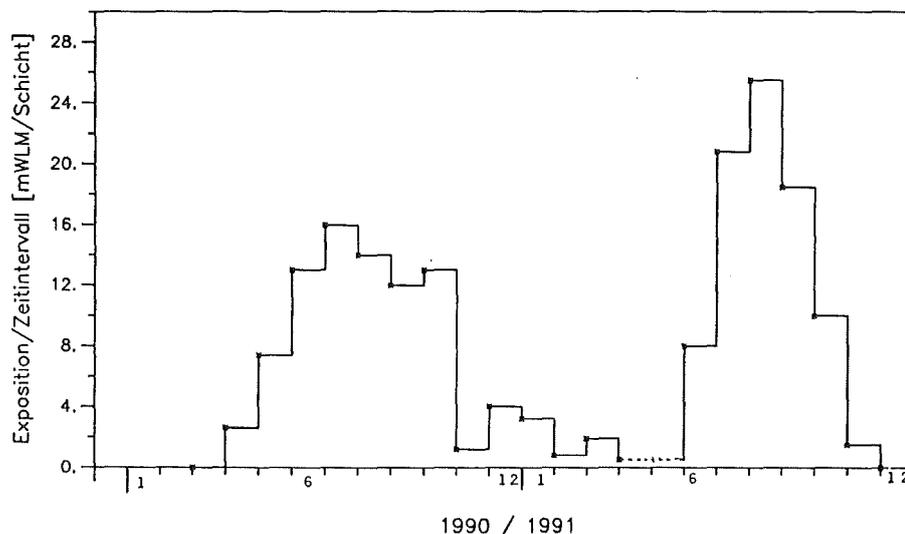


Abb. 6/19: Jahreszeitliche Änderung der Inhalationsdosis in einer radonbelasteten Grube

6.4.2 Messungen in übertägigen Einrichtungen

Schwerpunkt der Untersuchungen "Radonbelastete Arbeitsplätze" lag 1991 in Bereichen der Balneologie, in denen Sole, Mineral- und Thermalwasser angewendet werden. 1991 konnten in 64 balneotherapeutischen Einrichtungen Messungen durchgeführt werden, so daß die Gesamtzahl nun bei 93 Bädern liegt. Hinzu kommen einige Sole- und Kohlensäuregewinnungsanlagen. Zehn Badebetriebe lehnten die Messungen ab, wie überhaupt der Zugang zu den balneotherapeutischen Einrichtungen ungleich schwieriger ist als z. B. zu den Untertagebetrieben, die den Bergbehörden unterstehen. Die Radonbäder wurden schon 1990 eingehend untersucht. Da die von den Bädern zur Verfügung gestellten Wasseranalysen nur selten Auskunft über mögliche Ra- und Rn-Gehalte gaben, wurden zusätzlich von besonders relevanten Mineralwässern Wasserproben genommen und ergänzende Radionuklidanalysen durchgeführt.

In modernen Badeabteilungen mit guter Klimatisierung wurden bisher keine nennenswerten Radonkonzentrationen gefunden, so daß eine Überschreitung der Dosis von 5 mSv/a nur sehr selten zu erwarten ist. Ausgenommen sind hiervon die Radonbäder, die aber bereits 1989/90 detaillierter untersucht wurden. In den Bereichen mit höheren Werten (Brunnenstuben) sind die Aufenthaltszeiten des technischen Personals im allgemeinen zu vernachlässigen. Höhere Radongehalte in Luft wurden in Einzelfällen im Bereich der Quelfassungen, der Wasseraufbereitung und in Wasservorratsbehältern sowie in älteren Badeabteilungen festgestellt. Im Vergleich zu den häufig gut klimatisierten Bewegungsbecken können in Wannenbadabteilungen, bei nicht immer optimalen Belüftungsbedingungen, von Fall zu Fall, etwas höhere Werte auftreten. Abb 6/20 zeigt die statistische Aufbereitung der gewonnenen Daten, untergliedert in typische Arbeitsbereiche. Die Untersuchungen werden 1992 unter Einbeziehung der neuen Länder fortgesetzt [45].

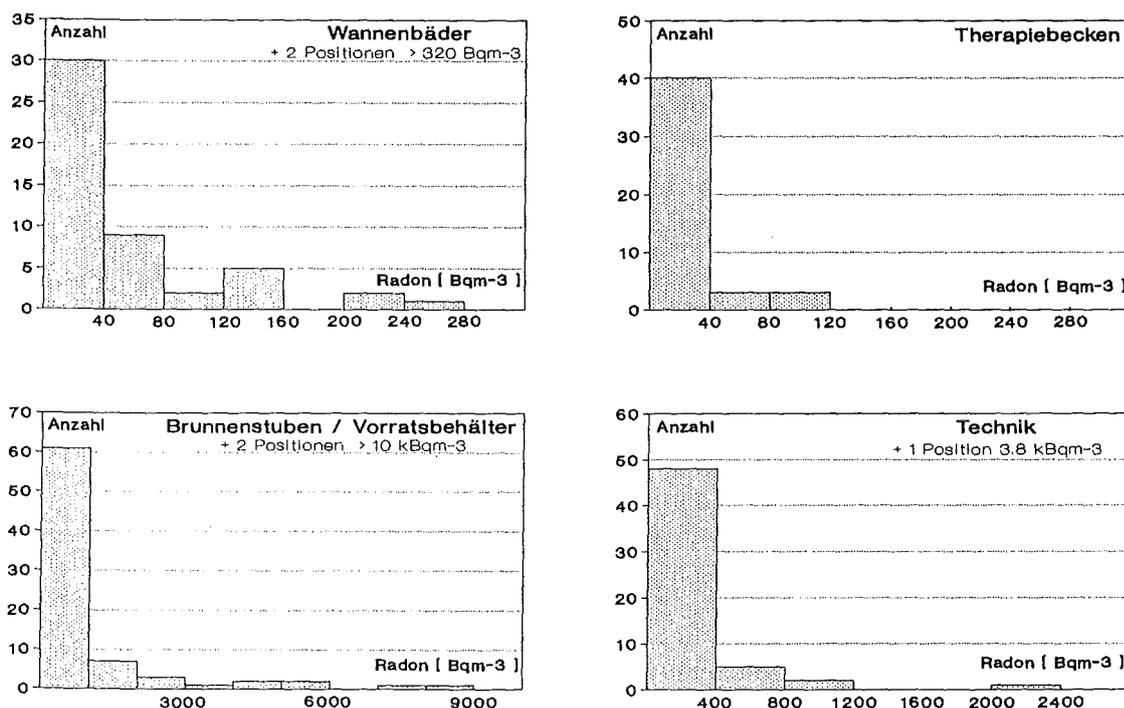


Abb. 6/20: Radongehalte in balneotherapeutischen Einrichtungen (Stand: Dezember 1991)

6.4.3 Qualitätssicherung und Optimierung von Radondetektoren

J. Schmitz, G. Baum

Ende September 1991 fand in Badgastein ein internationaler Vergleich von Radon-/Folgeproduktmeßmethoden unter der Beteiligung von über 80 Wissenschaftlern aus aller Welt statt. Das von der IAEA und der EG unterstützte Vorhaben wurde im Bocksteiner Radon-Heilstollen durchgeführt und war ursprünglich auch zur Kalibrierung der unterschiedlichsten Meßtechniken gedacht. Abbildung 6/21 zeigt die von uns aufgezeichnete zeitliche Änderung der Po-218-Aktivität während der Meßphase, deren Kernzeit auf 14.00 bis 18.00 Uhr definiert wurde. Der sich stark ändernde Po-218-Aktivitätsverlauf ist unmittelbar proportional den vorhandenen Radonschwankungen und läßt deutlich werden, daß unter derartigen Bedingungen eine Kalibrierung wenig sinnvoll war. Der Methodenvergleich war dennoch ein interessanter Bestandteil eines regen Erfahrungsaustausches und konnte als Performance-Test unter erschwerten Untertagebedingungen (40 °C, >95 % rel. Feuchte) für viele Teilnehmer angesehen werden.

Die von uns und vielen anderen während der kurzen Expositionszeit bei relativ hohen Radonkonzentrationen (20 kBq m⁻³) eingesetzten passiven Dosimeter zeigten eine ungewöhnlich hohe Schwankungsbreite. Dies wurde zum Anlaß genommen, die 1990 begonnenen Versuche zur Optimierung der Ätztechnik fortzusetzen. So wurden einige Ätzparameter näher untersucht wie z. B. Abtragungsgeschwindigkeit während des Ätzens. Abbildung 6/21 zeigt, daß die Ätzrate bei Standardbedingungen (KOH/ROH = 40/60, 6,5n, 35 °C) gut reproduzierbar mit ca. 4 µm h⁻¹ verläuft und diese Bedingungen zu einem Abtrag von 25 µm führen. In diesem Abstand von der Oberfläche befindet sich der ätzbare Kernspurbereich, d. h. die maximale Eindringtiefe von 3 bis 4,5 MeV α-Teilchen. Dieser Bereich ist charakteristisch für Detektorabmessung und Filmdichte und abhängig von den zu bestimmenden α-Energien.

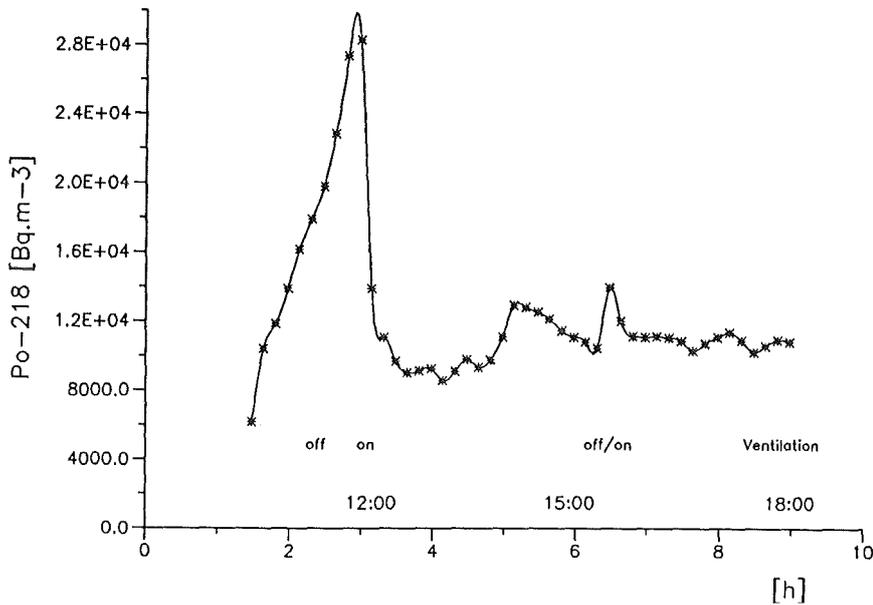


Abb. 6/21: Internationaler Vergleich von Radonmeßmethoden, Gastein 1991. Zeitlicher Verlauf der Po-218-Aktivität während der Testphase

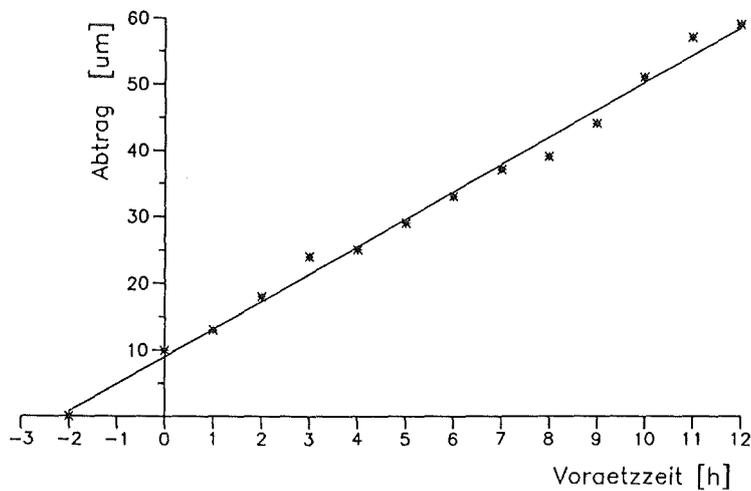


Abb. 6/22: Makrofol DE 1-4, Ätztiefe als Funktion der Ätzzeit unter Standardbedingungen (KOH/ROH = 40/60, 6,5n, 35 °C)

Die Radon-Nachweisgrenze, z. B. bei Messungen im Freien, wird wesentlich bestimmt vom Nulleffekt der Detektorfolie. Bei Nettospurenzahlen von 20 cm⁻² (z. B. 100 d Expositionszeit bei 10 Bq m⁻³) sind Schwankungen des Nullwertes zwischen 5 und 15 Spuren die Hauptfehlerquelle. Abbildung 6/23 zeigt die Abhängigkeit des Nullwertes von der Ätztiefe nach einem Wechsel auf eine neue Materialcharge. Hier läßt sich eindeutig nachweisen, daß der Nullwert nicht allein vom Eindringen oberflächennah entstandener Alphastrahlung herrühren kann - hier wäre nach einer maximalen Eindringtiefe von ca. 40 µm eine starke Abnahme der Spurenzahl die Folge -, sondern daß das Material mit Fehlstellen 'durchgefärbt' ist, die zu identischen Spuren beim elektrochemischen Aufätzen führen. Zusammen mit dem Hersteller der Folien wird zur Zeit nach den möglichen Ursachen der Kontamination im Produktions-

prozeß gesucht, um Kriterien zu finden, eine gezielte Auswahl treffen und Detektormaterial mit möglichst geringem Nullwert aus der Produktion ausschleusen zu können. Auch bei großem Interesse an solchem Material von seiten anderer Radonmeßlabors spielt jedoch der Bedarf von wenigen Kilogramm Radon-Qualitätsfolie, bei Chargengrößen von 20 t technisch einwandfreien Materials und mehr, wirtschaftlich keine Rolle für den Hersteller.

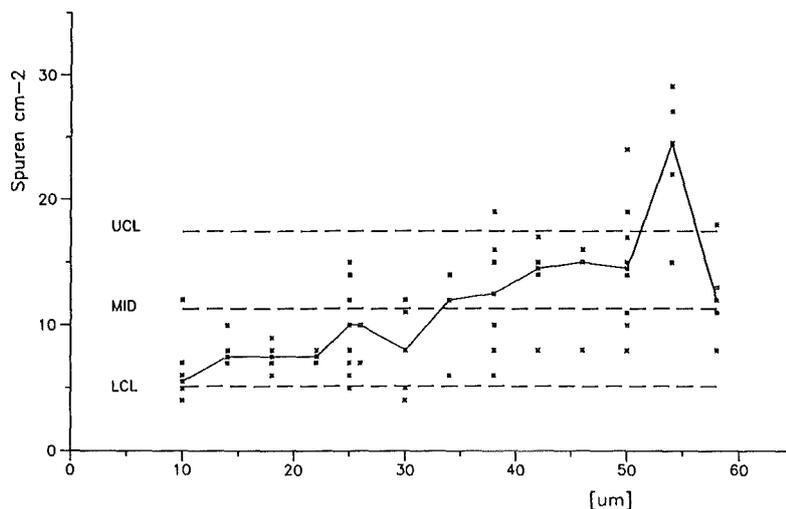


Abb. 6/23: Makrofol DE 1-4, Änderung des Nullwertes mit der Ätztiefe (neues Material, KOH/ROH = 40/60, 6,5 n, 35 °C)

6.5 Inkorporationsmessung

6.5.1 Routine- und Sondermessungen

H. Doerfel, U. Mohr, Th. Reddmann, A. Zieger

Alle Mitarbeiter von KfK, KBG, WAK und TU, die mit offenen radioaktiven Stoffen oberhalb einer bestimmten Grenzmenge umgehen, werden routinemäßig auf inkorporierte Radionuklide untersucht. Die Grenzmenge richtet sich sowohl nach der Art der gehandhabten Radionuklide als auch nach dem Inkorporationsrisiko beim Umgang. Die Häufigkeit der Untersuchungen richtet sich in erster Linie ebenfalls nach dem Inkorporationsrisiko und in zweiter Linie auch nach der effektiven Halbwertszeit der Radionuklide im Körper.

So genügt bei schwerflüchtigen und langlebigen Stoffen eine Inkorporationsmessung pro Jahr, während bei leichtflüchtigen und kurzlebigen Stoffen bis zu zwölf Routinemessungen erforderlich sein können. Ergeben sich beim Umgang mit radioaktiven Stoffen konkrete Hinweise auf eine mögliche Inkorporation, so werden zusätzlich zu den Routinemessungen sofortige Sondermessungen durchgeführt.

Die Messungen werden mit dem Ganzkörperzähler sowie mit dem Teilkörperzähler von HS/D durchgeführt. Mit dem Ganzkörperzähler können in erster Linie Spalt- und Aktivierungsprodukte nachgewiesen werden, während der Teilkörperzähler hauptsächlich zum Nachweis von Aktiniden in der Lunge sowie in der Leber und im Skelett dient.

Die Tab. 6/5 vermittelt einen Überblick über die mit dem Ganzkörperzähler für die verschiedenen Überwachungsbereiche durchgeführten Inkorporationsmessungen. Bedingt durch den Reaktorunfall von Tschernobyl wiesen auch 1991 noch alle untersuchten Personen eine erhöhte Cäsium-Körperaktivität auf.

Dies führte wie bereits im Vorjahr zu einer signifikanten Erhöhung der unteren Nachweisgrenze für alle im Rahmen der beruflichen Tätigkeit zugeführten Radionuklide. Besondere Schwierigkeiten bereitet die Abschätzung der beruflich bedingten Zufuhr von Cs-137. Schließt man eine beruflich bedingte Zufuhr von Cs-134 aus, so kann man anhand des bekannten Aktivitätsverhältnisses der in Tschernobyl freigesetzten Cäsium-Isotope die beruflich bedingte Körperaktivität von Cs-137 abschätzen. Dies führte in keinem Fall zu einem positiven Befund. Die auf berufliche Strahlenexposition zurückzuführenden positive Befunde der Ganzkörpermessungen (insgesamt 74) wurden mit Hilfe der neuen Software der internen Dosimetrie analysiert.

Insgesamt wurden 1 971 Mitarbeiter überwacht (Tab. 6/5). Bei 24 Personen sind die 1991 nachgewiesenen Körperaktivitäten mit hoher Wahrscheinlichkeit ausschließlich auf Aktivitätszufuhren in den Vorjahren zurückzuführen. Bei fünf Personen beruhen die nachgewiesenen Körperaktivitäten wahrscheinlich teilweise und bei 10 Personen ausschließlich auf neuen Aktivitätszufuhren in 1991. Bei 35 Personen reichten die verfügbaren Meßergebnisse für eine sinnvolle Interpretation nicht aus (Tab. 6/6).

Nimmt man an, daß die 1991 erfolgten Aktivitätszufuhren auf Inhalation zurückzuführen sind, so ergeben sich die in Tab. 6/7 aufgeführten Werte für die resultierende effektive Folgeäquivalentdosis. Die Tab. 6/7 vermittelt darüber hinaus auch einen Überblick über die bei den Berechnungen zugrundegelegten bzw. die aus den Meßergebnissen resultierenden Lungenretentionsklassen. Die weitaus überwiegende Mehrzahl der Meßbefunde geht auf Inkorporationen von Co-60 in schwer transportabler Form (Lungenretentionsklasse Y) zurück.

Außer den Routinemessungen wurden zahlreiche weitere Untersuchungen durchgeführt. So wurden im Ganzkörperzähler 184 Referenzmessungen zur Bestimmung der Cäsium-Körperaktivität in der Karlsruher Referenzgruppe durchgeführt. Weitere 74 Ganzkörpermessungen galten der Bestimmung von K-40 und anderen Hintergrundstrahlern im Zusammenhang mit Teilkörperuntersuchungen. Zusammen mit verschiedenen Kalibrier-, Proben und Nulleffektmessungen beläuft sich die Gesamtanzahl der Untersuchungen mit dem Ganzkörperzähler auf etwa 3 380 (Tab. 6/8).

Mit den Teilkörperzählern wurden im Rahmen der Eigenüberwachung 46 Messungen aus besonderen Anlässen durchgeführt, die in zehn Fällen einen positiven Befund lieferten (Tab. 6/9). Ein Anteil der Meßkapazität der Teilkörperzähler wurde auch 1991 wieder durch Inkorporationsmessungen für externe Auftraggeber in Anspruch genommen (Tab. 6/10). Im Vordergrund standen dabei Messungen für KWU und Euratom. Die Gesamtanzahl der Teilkörpermessungen beläuft sich auf etwa 892. Damit gehört die Inkorporationsmeßstelle von KfK zu den am stärksten ausgelasteten Einrichtungen dieser Art in der Bundesrepublik.

Überwachungsbereich	Anzahl der überwachten Mitarbeiter	Routinemäßige Inkorporationsmessungen	Inkorporationsmessungen aus besonderem Anlaß
		Anzahl der Messungen	Anzahl der Messungen
HBT	5	8	-
HBT-BI	1	1	-
HBT-BW	24	30	-
HBT-FT	6	6	-
HBT-IH	20	21	-
HBT-IH-E	3	3	-
HBT-IH-M	14	17	-
HBT-PV	5	5	-
HBT-VB	3	3	-
HDB	520	877	22
HIT	5	13	-
HS	36	42	-
HVT-EA	15	25	5
HVT-HZ	54	56	-
HZY	6	6	1
IGT	2	2	-
IHCH	144	175	2
IK III	7	7	-
IMF I	11	11	-
IMF III	15	15	-
IMT	2	2	-
INE	13	14	1
INR	2	4	-
IRCH	18	21	2
KBG-KNK	146	151	-
KBG-MZFR	97	162	1
LAF II	2	2	-
LIT	3	3	-
PBA-FR 2	3	6	-
PHDR	4	4	-
TU	200	217	7
WAK	506	945	2
Sonstige	79	84	-
Gesamt	1971	2938	43

Tab.6 /5: Inkorporationsüberwachung im Ganzkörperzähler

Nuklid	Anzahl der Personen mit positivem Befund	wahrscheinliche Ursachen der Körperaktivität		
		ausschließlich Vorbelastung	teilweise Vorbelastung	neue Zufuhr in 1991
Co-60	58	23	5	7
Mn-54	5	-	-	2
Co-58	4	-	-	-
Tc-99m	1	-	-	-
Co-57	1	1	-	-
I-123	1	-	-	1
I-125	4	-	-	-
Gesamt	74 (100 %)	24 (32 %)	5 (7 %)	10 (14%)

Tab. 6/6: Ursachen für die positiven Meßbefunde des Ganzkörperzählers in 1991 aufgrund der Analyse der Meßergebnisse nach ICRP 30

Nuklid	Retentionsklasse			Effektive Folgeäquivalentdosis in μSv			
	D	W	Y	≤ 1	>1 ≤ 10	>10 ≤ 100	>100 $\leq 1\ 000$
Co-60	-	-	12	-	1	11	-
Mn-54	-	2	-	1	1	-	-
I-123	1	-	-	1	-	-	-
Gesamt	1	2	12	2	2	11	0

Tab. 6/7: Schätzwerte für die effektive Folgeäquivalentdosis infolge von Inkorporationen im Jahr 1991 aufgrund einer Analyse der Meßergebnisse des Ganzkörperzählers nach ICRP 30

Messung	Zahl der Messungen
Fremdauftrag	74
Referenz	184
Kalibrierung	6
Nulleffekt	30
Sonstige	148
Gesamt	442

Tab. 6/8: Zusammenstellung der im Ganzkörperzähler durchgeführten Messungen (ohne Messungen in Tab. 6/5)

Institut	Anzahl Personen	Messungen aus besonderem Anlaß	
		Anzahl Messungen	Messungen mit Befund
HDB	23	23	3
IHCH	2	4	2
INE	1	3	3
IRCH	1	1	1
HVT/EA	5	5	-
KBG	1	1	-
WAK	2	2	-
TU	7	7	1
Gesamt	42	46	10

Tab. 6/9: Inkorporationsüberwachung im Teilkörperzähler

Messung	Phoswich-Detektor 8"	Phoswich-Detektor 1"	HPGe-Detektor
Fremdauftrag	130	35	-
Routine	43	-	-
Referenz	25	3	6
Kalibrierung	169	7	121
Nulleffekt	30	8	24
Sonstige	35	-	210
Gesamt	432	53	361

Tab. 6/10: Zusammenstellung der mit den Phoswich- und den HPGe-Detektoren im Teilkörperzähler durchgeführten Messungen (ohne Messungen in Tab. 6/9)

6.5.2 Cs-137-Referenzmessungen

H. Doerfel, U. Mohr, Th. Reddmann, A. Zieger

Seit der Installation des ersten KfK-Ganzkörperzählers im Jahr 1961 wird in monatlichen Messungen an einer Referenzgruppe von zur Zeit etwa 15 Mitarbeitern von HS die Cs-137-Körperaktivität in der Bevölkerung aus dem Karlsruher Raum ermittelt. Die Abb. 6/24 vermittelt einen Überblick über alle seit 1961 für Erwachsene gemessenen Quartalsmittelwerte der spezifischen Cs-137-Körperaktivität. Das erste Maximum im Jahr 1964 ist auf die umfangreichen Kernwaffentests in der Atmosphäre in den Jahren 1961 und 1962 zurückzuführen. Dieses Maximum liegt rund 25 % über dem nach dem Unfall von Tschernobyl beobachteten Maximum in Höhe von etwa 8 Bq/kg. Ein Vergleich der Flächen der beiden Peaks zeigt, daß die durch die Kernwaffentests in der Atmosphäre verursachte Cs-137-Körperdosis im Karlsruher Raum etwa doppelt so groß war wie die durch den Reaktorunfall von Tschernobyl verursachte Cs-137-Körperdosis.

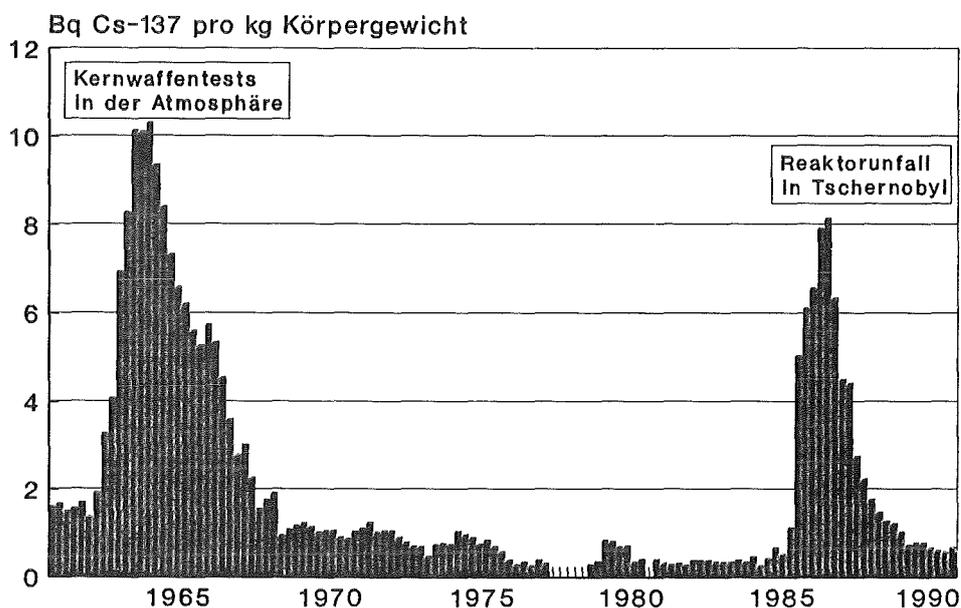


Abb. 6/24: Quartalsmittelwerte der spezifischen Cs-137-Körperaktivität für die Karlsruher Referenzgruppe (Erwachsene) seit 1961

In Tab. 6/11 sind die Monatsmittelwerte der spezifischen Cs-137-Körperaktivität für 1991 aufgelistet. Die Abb. 6/25 vermittelt einen Überblick über die seit dem Reaktorunfall von Tschernobyl für die Erwachsenen der Referenzgruppe gewonnenen Monatsmittelwerte. Bei den Erwachsenen ergab sich im dritten Quartal 1987 ein Maximum um etwa 8 Bq/kg. Seit dem vierten Quartal 1987 wird ein stetiger Abfall der spezifischen Cs-137-Körperaktivitäten beobachtet, der allerdings in 1991 nur schwach ausgeprägt ist. Der Jahresmittelwert der Körperaktivität von 0,63 Bq/kg liegt nur etwa 0,2 Bq/kg über dem Wert vor dem Tschernobyl-Ereignis (0,45 Bq/kg in 1985). Die Abb. 6/26 zeigt eine Aufschlüsselung der Quartalsmittelwerte der spezifischen Cs-137-Körperaktivität nach dem Geschlecht.

Monat	Mittl. spezif. Cs-137-Körperaktivität in Bq/kg
Januar	0,80
Februar	0,76
März	0,42
April	0,68
Mai	0,57
Juni	0,59
Juli	0,63
August	0,58
September	0,53
Oktober	0,61
November	0,76
Dezember	0,68

Tab. 6/11: Monatsmittelwerte der spezifischen Cs-137-Körperaktivität in der Karlsruher Referenzgruppe für 1991 (Erwachsene)

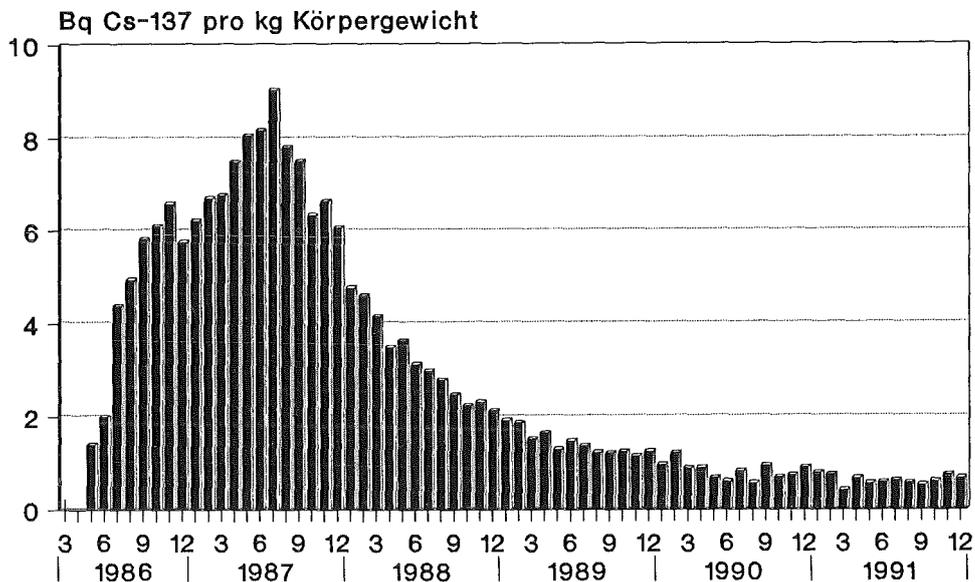


Abb. 6/25: Monatsmittelwerte der spezifischen Cs-137-Körperaktivität in der Karlsruher Referenzgruppe

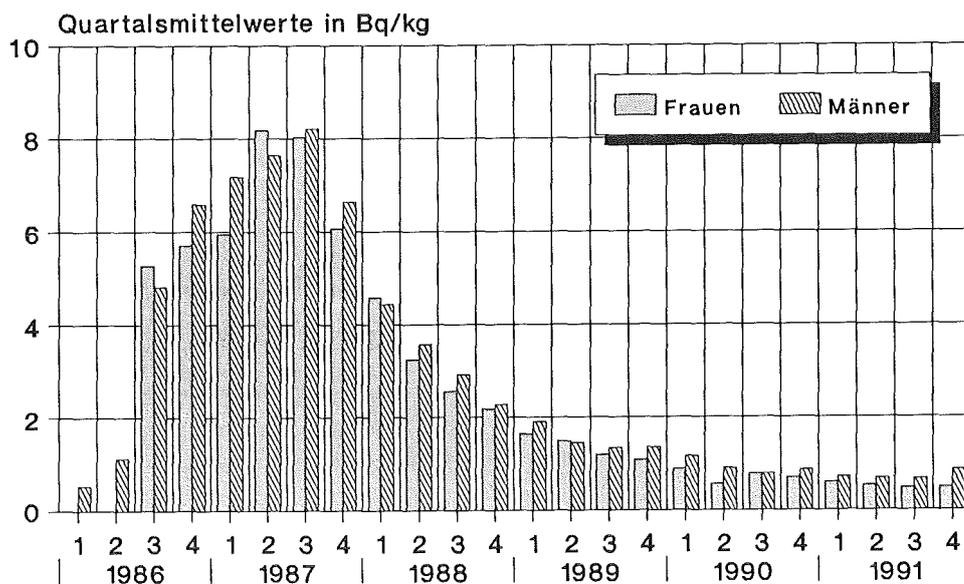


Abb. 6/26: Quartalsmittelwerte der spezifischen Cs-137-Körperaktivität für die Frauen und Männer der Karlsruher Referenzgruppe seit dem Reaktorunfall von Tschernobyl

6.5.3 Neues Meßverfahren zur organspezifischen Aktivitätsbestimmung von Am-241

H. Doerfel, A. Zieger

Auf der Basis der in den vergangenen Jahren gesammelten Erfahrungen wurde ein kombiniertes Meßverfahren mit den planaren Germanium-Detektoren des neuen Teilkörperzählers und mit den Phoswich-Detektoren des alten Teilkörperzählers entwickelt. Bei diesem Verfahren wird mit beiden Detektorsystemen zunächst über dem Thorax gemessen (Abb. 6/27). Dabei werden in erster Linie die Lunge und die tracheo-bronchialen Lymphknoten erfaßt. Mit dem untersten der vier Germanium-Detektoren wird darüber hinaus auch die Leber erfaßt. Die Phoswich-Detektoren erfassen die Leber in dieser Geometrie nur mit einem relativ geringen Wirkungsgrad, so daß mit diesen Detektoren noch eine spezielle Lebermessung durchgeführt wird. Zur Bestimmung der Skelettdeposition wird mit beiden Detektorsystemen sowohl am Kopf als auch über den Knien gemessen. Aus Geometrie Gründen muß der Kopf bei der Messung mit dem Germanium-System zur Seite gelegt werden (die in Abb. 6/27 dargestellte Meßgeometrie repräsentiert in diesem Fall die Position des Germanium-Systems relativ zum Kopf). Jede der Messungen dauert 50 min. Einige der Messungen können allerdings parallel durchgeführt werden, so daß die gesamte Untersuchung etwa vier Stunden in Anspruch nimmt.

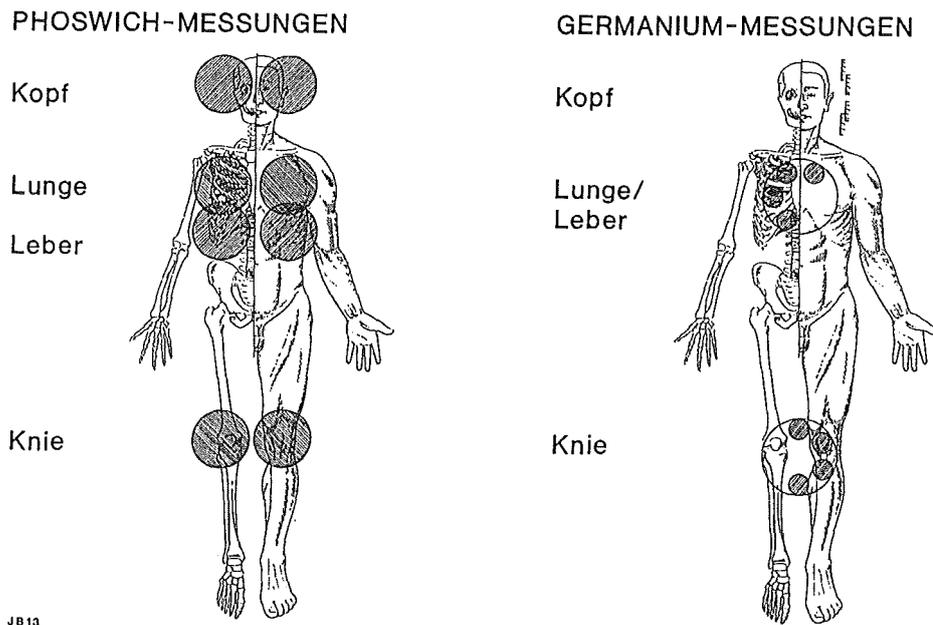


Abb. 6/27: Anordnung des Phoswich-Systems (zwei 8"-Detektoren) bzw. des Germanium-Systems (vier 2"- Detektoren) bei der organspezifischen Bestimmung von Am-241

Die Detektorsysteme wurden mit verschiedenen anthropomorphen bzw. anthropogenen Phantomen kalibriert. Zur Simulierung homogener Am-241-Depositionen im Lungenparenchym, in den tracheo-bronchialen Lymphknoten und in der Leber wurde das vom Lawrence Livermore National Laboratory entwickelte anthropomorphe Torso-Phantom (LLNL-Phantom) verwendet. Die Kalibrierung für Am-241-Depositionen im Skelett wurde mit einem vom U.S. Transuranium Registry zur Verfügung gestellten anthropogenen Skelettphantom durchgeführt (Abschn. 6.5.4).

Auf der Basis der ermittelten Kalibrierfaktoren ergeben sich für den hypothetischen Fall, daß die Am-241-Aktivität in nur einem der vier betrachteten Bereiche deponiert ist, die in Tab. 6/12 aufgeführten Werte für die unteren Nachweisgrenzen. Beim Germanium-System wurden die Nachweisgrenzen nach DIN 25 482 Teil 2 (Nachweisgrenze und Erkennungsgrenze - Kernstrahlungsmessungen) ermittelt. Beim Phoswich-System kann die DIN-Norm in dieser Form nicht angewandt werden, da die Bestimmung der Photopeak-Fläche außerordentlich komplex ist. Hier wurde statt dessen ein empirisches Verfahren zur Bestimmung der Nachweisgrenze herangezogen. Aufgrund der in Tab. 6/12 aufgeführten Werte ist das Phoswich-System empfindlicher als das Germanium-System. Allerdings liefert das Germanium-System insbesondere an der unteren Nachweisgrenze eine genauere Aussage über die Strahlenqualität sowie über die räumliche Verteilung der Strahlenquellen im Körper. Bezieht man diese ganz wesentlichen Punkte in die Betrachtung ein, so können beide Systeme in Hinblick auf die in-vivo-Messung von Am-241 als gleichwertig angesehen werden.

Depositionsort	Untere Nachweisgrenze in Bq Am-241	
	Phoswich-System (2x8")	Germanium-System (4x2")
Lunge	5,6	8,4
TB-Lymphknoten	8,5	23,8
Leber	5,7	9,7
Skelett	19,8	36,2

Tab. 6/12: Untere Nachweisgrenze für homogene Am-241-Depositionen in der jeweils günstigsten Meßgeometrie (Meßzeit 50 min)

Im allgemeinen Fall muß man davon ausgehen, daß die Am-241-Aktivität in nicht näher definierter Weise auf Lunge, tracheo-bronchiale Lymphknoten, Leber, Skelett und unter Umständen auch auf weitere Körperregionen verteilt ist. Um den Meßaufwand in erträglichen Grenzen zu halten, wird zunächst angenommen, daß außer den vier genannten Bereichen keine weiteren Körperregionen involviert sind. In diesem Fall hat man folglich vier unbekannte Größen und nach Durchführung aller Messungen insgesamt zwölf unabhängige Meßwerte. Die hieraus resultierenden zwölf Bestimmungsgleichungen werden zunächst mit der reziproken Standardabweichung der jeweiligen Impulsrate gewichtet. Danach werden die vier Organ-Aktivitäten nach der Methode der kleinsten Quadrate bestimmt.

Im nächsten Schritt wird der Fit überprüft, indem die Impulsraten mit den ermittelten Aktivitäten zurückgerechnet und mit den gemessenen Werten verglichen werden. Wenn die über alle zwölf Messungen gemittelte Abweichung zwischen Messwert und Fit kleiner als die 1,2-fache Standardabweichung ist, dann wird angenommen, daß die ermittelte Aktivitätsverteilung den tatsächlichen Verhältnissen entspricht. Andernfalls muß angenommen werden, daß die Aktivitätsverteilung in einem oder mehreren Bereichen nicht mit der Phantomverteilung übereinstimmt oder daß außer den vier betrachteten Bereichen noch weitere Körperregionen involviert sind.

Dieses kombinierte Verfahren der organspezifischen Aktivitätsbestimmung von Am-241 hat sich insbesondere bei der Untersuchung von Depositionen in den tracheo-bronchialen Lymphknoten hervorragend bewährt (Abschn. 6.5.5).

6.5.4 Neukalibrierung der Teilkörperzähler für Am-241-Depositionen im Skelett

H. Doerfel, A. Zieger

Bei Inkorporationen von Transuranen wird die effektive Folgeäquivalentdosis im allgemeinen von der Aktivitätsdeposition im Skelett bestimmt. Aus diesem Grund ist die Bestimmung von Aktivitätsdepositionen im Skelett von besonderer Bedeutung bei der Inkorporationsüberwachung auf Transurane. Allerdings kann mit den heute verfügbaren Methoden nur ein einziges Transuran-Nuklid (Am-241) mit hinreichender Empfindlichkeit direkt im Skelett nachgewiesen werden. Hinzu kommt, daß das Skelett im Gegensatz zu den übrigen relevanten Depositionsbereichen (Lunge, tracheo-bronchiale Lymphknoten, Leber) eine meßtechnisch schwer erfaßbare Struktur aufweist. Die Kalibrierung der Meßanordnungen für Am-241-Depositionen im Skelett ist daher vergleichsweise aufwendig.

Im Jahr 1987 wurde der Phoswich-Teilkörperzähler mit verschiedenen anthropomorphen Knochenphantomen vom Institute of Environmental Medicine des New York University Medical Center (NYUMC) für Am-241-Depositionen im Skelett kalibriert (HS-Jahresbericht 1987). Bei den NYUMC-Phantomen handelt es sich um gewebeäquivalente Nachbildungen von Kopf, Thorax und Bein, in die menschliche Knochen mit einer homogenen Am-241-Oberflächenbeschichtung eingebettet sind. Die Kalibriermessungen wurden in vier definierten Meßpositionen durchgeführt, wobei die Phoswich-Detektoren symmetrisch zur Medianebene des Körpers über dem Schädel bzw. über der Lunge, der Leber und den Knien angeordnet waren. Die bei diesen Kalibriermessungen ermittelten Wirkungsgradwerte wurden mit Hilfe einer aus Autopsiemessungen (Transuranium Registry Fall Nr. 102) abgeleiteten Aktivitätsverteilung auf das Gesamtskelett extrapoliert.

Bei den mit diesen extrapolierten Kalibrierfaktoren in der Folgezeit ermittelten Skelettaktivitäten ergaben sich jedoch systematische Inkonsistenzen, so daß die Extrapolation 1989 auf der Basis der Ergebnisse von drei weiteren Autopsien modifiziert wurde (HS-Jahresbericht 1989). Allerdings konnten die Inkonsistenzen auch nach dieser Modifikation nicht vollständig ausgeräumt werden, so daß angenommen werden muß, daß die Aktivitätsverteilung in einzelnen Komponenten der NYUMC-Phantome nicht realistisch ist.

Aus diesem Grund wurden die Teilkörperzähler 1991 mit einem neuartigen anthropogenen Skelettphantom vom U.S. Transuranium Registry (USTR) erneut kalibriert. Dieses Phantom besteht aus gewebeäquivalenten Nachbildungen von Kopf, Thorax, Arm und Bein, in die die Knochen aus der linken Körperhälfte einer Person mit einer bekannten Am-241-Skelettdeposition (Transuranium Registry Fall Nr. 102) zusammen mit den Knochen der rechten Körperhälfte einer nichtexponierten Person eingebettet sind. Da die Am-241-Aktivität im Skelett symmetrisch zur Medianebene des Körpers verteilt ist, können die mit den USTR-Phantomkomponenten ermittelten Kalibrierfaktoren ohne Schwierigkeiten auf eine anthropogene Aktivitätsdeposition im Gesamtskelett übertragen werden. Die dabei für die beiden Phoswich-Detektoren des alten Teilkörperzählers erhaltenen Werte sind in Tab. 6/13 zusammen mit den bei den früheren Kalibrierungen ermittelten Werten aufgeführt. Die Werte beziehen sich jeweils auf eine Aktivitätsdeposition im Gesamtskelett und werden daher als extrapolierte Kalibrierfaktoren bezeichnet.

Die Tab. 6/14 zeigt die für das Phoswich-System ermittelten Werte im Vergleich zu den entsprechenden Werten für die vier planaren HPGe-Detektoren des neuen Teilkörperzählers. Die Phoswich-Werte sind etwa 30 mal so groß wie die Germanium-Werte. Die effektive Gesamtfläche des Phoswich-Systems ist allerdings nur etwa achtmal so groß wie die des Germanium-Systems. Demnach ist die Empfindlichkeit des Germanium-Systems weit geringer als man aufgrund der effektiven Detektorfläche erwarten würde. Die Ursachen hierfür müssen noch untersucht und gegebenenfalls beseitigt werden.

Meßposition	Extrapolierter Kalibrierfaktor (Imp/Bq 3000 s)		
	NYUMC-alt	NYUMC-neu	USTR
Schädelmessung	22,7	23,8	19,5
Lungenmessung	8,8	10,5	7,4
Lebermessung	8,4	10,5	4,6
Kniemessung	38,5	17,8	23,1

Tab. 6/13: Extrapolierte Kalibrierfaktoren für Am-241-Depositionen im Gesamtskelett für die beiden Phoswich-Detektoren des alten Teilkörperzählers aufgrund von Kalibriermessungen mit den anthropomorphen Phantomen des New York University Medical Centers (NYUMC) und den anthropogenen Phantomen des U.S. Transuranium Registry (USTR)

Meßposition	Extrapolierter Kalibrierfaktor (Imp/Bq 3000 s)	
	Phoswich-System	Germanium-System
Schädelmessung	19,5	0,725
Lungenmessung	7,4	0,146
Lebermessung	4,6	
Kniemessung	23,1	0,782

Tab. 6/14: Extrapolierte Kalibrierfaktoren für Am-241-Depositionen im Gesamtskelett für die beiden Phoswich-Detektoren des alten Teilkörperzähler (Phoswich-System) sowie für die vier planaren HPGe-Detektoren des neuen Teilkörperzählers (Germanium-System) aufgrund von Kalibriermessungen mit den anthropogenen Phantomen des U.S. Transuranium Registry

Mit den in Tab. 6/14 dargestellten Kalibrierfaktoren konnten die bei der organspezifischen in-vivo-Messung von Am-241 bisher beobachteten Inkonsistenzen weitgehend ausgeräumt werden.

6.5.5 Zur Rolle der Lymphknoten bei Inhalation von Am-241

H. Doerfel

In 1991 wurde ein neues kombiniertes Meßverfahren zum organspezifischen Nachweis von Am-241 mit Phoswich- und HPGe-Detektoren entwickelt, mit dessen Hilfe die Verteilungsmuster von Am-241 im Körper wesentlich präziser bestimmt werden können als mit den früher verwandten Verfahren (siehe Abschn. 6.5.3). Die seitdem durchgeführten Messungen zeigen, daß Am-241 in sehr unterschiedlichen

Verteilungsmustern im Körper deponiert sein kann. Und zwar hängen die Verteilungsmuster hauptsächlich davon ab, ob das Am-241 zusammen mit Plutonium inhaliert wurde oder ob es zuvor chemisch abgetrennt wurde.

Die Abb. 6/28 zeigt zwei typische Verteilungsmuster, die aus den organspezifischen in-vivo-Messungen an insgesamt 15 externen Probanden abgeleitet wurden. Bei allen Probanden kann aufgrund der Expositionsbedingungen angenommen werden, daß das Am-241 durch Inhalation zugeführt wurde. In den Fällen, in denen das Am-241 zusammen mit Plutonium inkorporiert wurde, befand sich der überwiegende Anteil der Am-241-Körperaktivität in den tracheo-bronchialen Lymphknoten, während in den anderen Fällen der Hauptanteil im Skelett nachgewiesen wurde. In den erstgenannten Fällen lag die Zufuhr mehr als acht Jahre zurück und in den zweitgenannten Fällen vier bis fünf Jahre. Da ein Aktivitätstransfer vom Skelett in die tracheo-bronchialen Lymphknoten auszuschließen ist, können die unterschiedlichen Verteilungsmuster nicht auf einen Zeiteffekt zurückgeführt werden. Offenbar handelt es sich hier um systematische Unterschiede.

Analoge Verteilungsmuster wurden in britischen und amerikanischen Institutionen bei verschiedenen Wundkontaminationsfällen festgestellt. So wurden bei der Autopsie einer Person, die etwa 15 Jahre vor dem Tod über eine Wunde ein Am-241/Plutonium-Gemisch inkorporiert hatte, rund 80 % der Am-241-Körperaktivität in den regionären Lymphknoten nachgewiesen, während in einem anderen Fall etwa 20 Jahre nach Wundaufnahme von chemisch abgetrenntem Am-241 etwa 80 % der Am-241-Körperaktivität im Skelett zu finden waren (Abb. 6/29).

Aufgrund dieser Ergebnisse ist zu vermuten, daß bei der Zufuhr von chemisch abgetrenntem Am-241 generell der chemische Transport über Komplexbildner in den Körperflüssigkeiten dominiert, während bei Am-241/Plutonium-Gemischen der biologische Transport durch Phagozytose im Vordergrund steht. Folglich spielen die Lymphknoten insbesondere bei der Zufuhr schwerlöslicher Transurane offenbar eine größere Rolle, als aufgrund des gängigen Lungenmodells der ICRP (Publ. 19, 30, 48) zu erwarten ist. Nach diesem 1972 erstmals publizierten Modell werden 15 % des ursprünglichen Pulmonaldepots in die tracheo-bronchialen Lymphknoten transportiert. Die in den Lymphknoten deponierte Aktivität verteilt sich auf die beiden Kompartimente i (90 %) und j (10 %). Die Aktivität im Kompartiment i wird bei einer biologischen Halbwertszeit von 1000 d in das Blut weitergeleitet, während die Aktivität im Kompartiment j auf Dauer in den Lymphknoten verbleibt. Nach diesem Modell werden demnach 1,5 % des ursprünglichen Pulmonaldepots langfristig in den Lymphknoten abgelagert (Tab. 6/15). Vergleicht man dies mit dem Originalmodell der ICRP Task Group on Lung Dynamics von 1966, so fällt auf, daß die Aktivitätsverteilung auf die beiden Lymphknotenkompartimente i und j ursprünglich genau umgekehrt war. So werden im Originalmodell 90 % des Lymphknotendepots auf Dauer deponiert und nur 10 % in das Blut weitergeleitet. Die Vermutung, daß irgendwann zwischen 1966 und 1972 einmal die Prozentangaben für die Kompartimente i und j versehentlich vertauscht wurden, wird gestützt durch eine Publikation der IAEO, in der dasjenige Modell beschrieben wird, auf das sich die ICRP Task Group seinerzeit offensichtlich in wesentlichen Punkten abgestützt hatte. Auch in diesem Modell werden nur 10% des Lymphknotendepots wieder abgebaut und 90 % langfristig deponiert. Hinzu kommt, daß in diesem Modell nicht nur 15 % sondern sogar 44 % des Pulmonaldepots in die Lymphknoten transportiert werden. Demnach sollten nach diesem Modell letztlich 40 % des ursprünglichen Pulmonaldepots in den Lymphknoten zu finden sein.

Mit diesem IAEO-Modell konnten die nach Inhalation von Am-241/Plutonium-Gemischen ermittelten Verteilungsmuster in allen Fällen nahezu exakt verifiziert werden. Demnach gibt dieses Modell zumindest in den bei KfK untersuchten Fällen die tatsächlichen Verhältnisse wesentlich besser wieder als das zur Zeit gebräuchliche Lungenmodell. Hieraus ergeben sich auch Ansatzpunkte zur Entwicklung eines Verfahrens zur indirekten Inkorporationsmessung von Plutonium über das in den Lymphknoten deponierte Am-241.

	IAEO	ICRP/TGLD	ICRP 19
Aktivitätstransfer von Pulmonalbereich in TB-Lymphknoten			
- Anteil (%)	44	15	15
- Biol. Halbwertszeit (d)	1 000	360	500
Aktivitätstransfer von TB-Lymphknoten in Körperflüssigkeiten			
- Anteil (%)	10	10	90
- Biol. Halbwertszeit (d)	380	360	1 000
Langfristige Deposition in TB-Lymphknoten bezogen auf urspr. Pulmonaldepot (%)	40	13,5	1,5

Tab. 6/15: Modellparameter für die inhalationsbedingte Aktivitätsdeposition schwertransportabler Verbindungen in den tracheo-bronchialen Lymphknoten nach den Modellen der IAEO (IAEO Technical Reports Ser. No. 118, 1968), der ICRP/TGLD (ICRP Task Group on Lung Dynamics, 1968) sowie nach ICRP (Publ. 19, 30, 48)

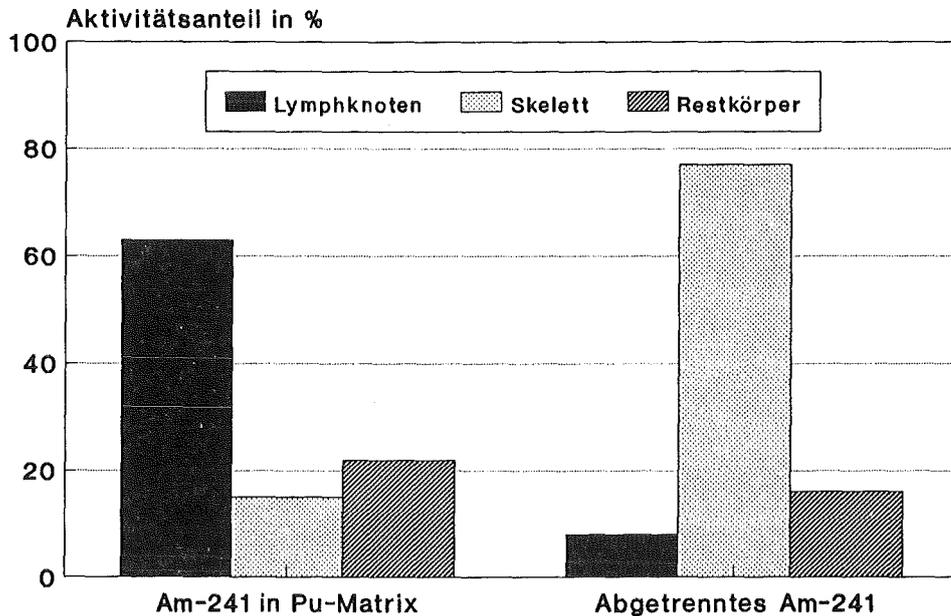


Abb. 6/28: Typische Verteilungsmuster von Am-241 nach Inhalation von Am-241/Plutonium-Gemischen bzw. chemisch abgetrenntem Am-241 aufgrund von in-vivo-Messungen an insgesamt 15 Probanden aus externen Institutionen

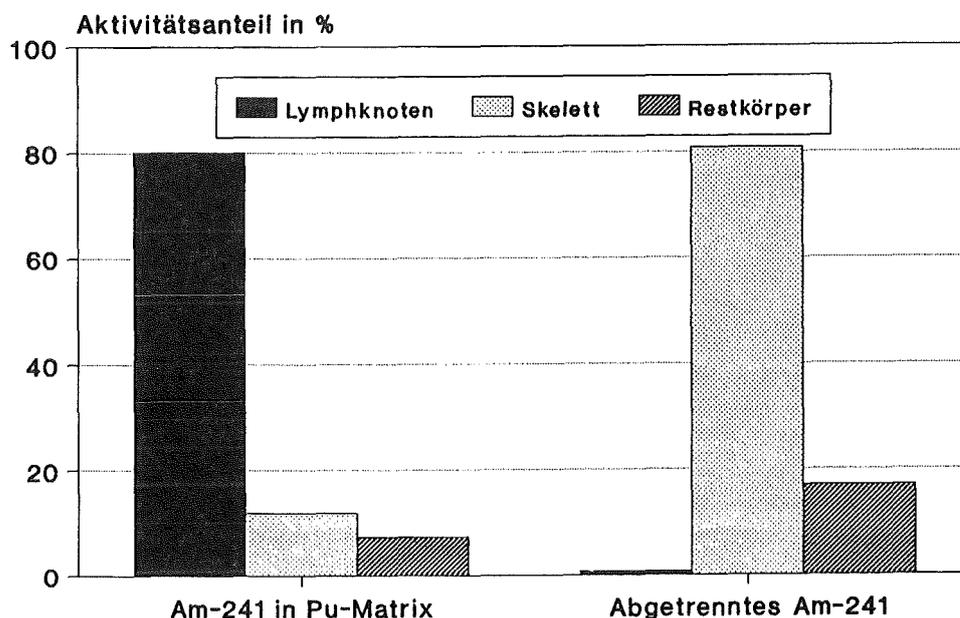


Abb. 6/29:: Typische Verteilungsmuster von Am-241 nach Wundaufnahme von Am-241/Plutonium-Gemischen bzw. chemisch abgetrenntem Am-241 aufgrund von Autopsiemessungen in britischen und amerikanischen Institutionen

6.5.6 Zur Interpretation von Ausscheidungsdaten bei der Inkorporationsüberwachung auf Transurane

H. Doerfel

Zur Bestimmung der Berufslebensdosis wird bei allen KfK-Mitarbeitern, bei denen Anhaltspunkte für eine zurückliegende Inkorporation von Transuranen vorliegen, eine retrospektive Dosisabschätzung auf der Basis der heute gebräuchlichen ICRP-Modelle (ICRP-Publikationen 26, 30, 48 und 54) durchgeführt. Für diese Dosisabschätzung werden alle verfügbaren Ergebnisse der routinemäßigen und besonderen Ausscheidungsmessungen herangezogen.

Im Verlauf der Dosisabschätzung kristallisierten sich drei Problembereiche heraus, die einer näheren Untersuchung bedurften. Es handelte sich hierbei um die Auswahl der relevanten Meßergebnisse, die Unterscheidung zwischen der inhalations- und der ingestionsbedingten Komponente der Stuhlausscheidung und die Bestimmung der Lungenretentionsklasse und der Korngröße aus der inhalationsbedingten Komponente der Stuhlausscheidung. Die bei der Untersuchung dieser Problembereiche gewonnenen Ergebnisse sind von allgemeiner Bedeutung für die Interpretation von Ausscheidungsdaten und werden daher im folgenden kurz erläutert.

6.5.6.1 Auswahl der relevanten Meßergebnisse

Die routinemäßige Inkorporationsüberwachung auf Transurane wurde in den zurückliegenden Jahren in Ergänzung zur Raumluftüberwachung ausschließlich durch regelmäßige Untersuchungen von Urinproben durchgeführt. Die Überwachungsfrequenz lag dabei zwischen einer und zwei Untersuchungen pro Jahr. Bedingt durch die geringen relativen Ausscheidungsraten können auf diese Weise nur Transuran-Zufuhren von mehr als 100 Bq sicher nachgewiesen werden. Der Tagesgang der Urinausscheidung sowie die statistischen Schwankungen des Meßverfahrens führen zwar dazu, daß auch bei geringeren Zufuhren sporadisch Meßwerte oberhalb der Nachweisgrenze registriert werden können, allerdings werden diese Meßwerte bei Folgemessungen in der Regel nicht bestätigt. Man ist daher in diesen Fällen im allgemeinen davon ausgegangen, daß die Urinprobe während oder nach der Probenahme durch äußere Einflüsse kontaminiert wurde.

Um die Frage der äußeren Probenkontamination genauer entscheiden zu können, wurde anhand des vorliegenden Datenmaterials versucht, empirische Aussagen über die Schwankungsbreite der Ausscheidungsdaten zu gewinnen. Hierfür wurden nur solche Daten verwendet, die signifikant über der Nachweisgrenze liegen und bei denen Aussagen über den jeweiligen Erwartungswert der Ausscheidungsrate möglich waren. Vorzugsweise wurden diejenigen Daten herangezogen, bei denen der Erwartungswert der Ausscheidungsrate als konstant anzusehen war, das heißt, bei denen die Zufuhr mehrere Jahre zurücklag. Da das diesbezügliche Datenmaterial sehr begrenzt ist, wurden darüber hinaus auch solche Daten verwendet, bei denen im betrachteten Zeitraum nur geringfügige systematische Veränderungen erkennbar waren und bei denen die Zeitabhängigkeit der Ausscheidungsrate durch eine einfache Exponentialfunktion approximiert werden konnte (quasistationäre Ausscheidung).

Aufgrund dieser Analyse können die folgenden Aussagen zur Streuung der Meßwerte bei quasistationärer Ausscheidung gemacht werden:

- Die Häufigkeitsverteilung der Verhältniszahlen der einzelnen Meßwerte zum jeweiligen Erwartungswert kann in guter Näherung durch eine Poisson-Verteilung approximiert werden (Abb. 6/30).
- Bei zeitlich nah beieinander liegenden Messungen (z. B. an drei aufeinanderfolgenden Tagen) streut das Verhältnis der einzelnen Meßergebnisse zum jeweiligen Mittelwert etwa um den Faktor 1,8.
- Bei Messungen, die mehrere Wochen auseinanderliegen, erhöht sich der entsprechende Streufaktor auf etwa 2,4.

Hieraus können zunächst folgende Schlüsse gezogen werden:

- Die Variation der Ausscheidungsraten wird von einer kurzfristigen Komponente (Tagesgang) und einer längerfristigen Komponente (Monatsgang) bestimmt. Der Tagesgang hängt vermutlich in erster Linie von der Ernährung und von der Probensammlung ab, während der Monatsgang von der Schwankung der Ausscheidungskinetik bestimmt wird.
- Der Mittelwert der Ergebnisse von drei aufeinanderfolgenden Tagen streut mit einem Streufaktor von etwa 1,3 um den langfristigen Mittelwert der quasistationären Ausscheidung.

Weiterhin kann aus der Poisson-Verteilung das folgende Kriterium zur Erkennung von äußeren Kontaminationen von Urinproben abgeleitet werden:

- Wenn bei quasistationärer Ausscheidung mehr als 80 % der Meßergebnisse unter der Nachweisgrenze und die restlichen Meßwerte ausschließlich oberhalb der doppelten Nachweisgrenze liegen, dann sind diese Meßwerte höchstwahrscheinlich auf äußere Probenkontaminationen zurückzuführen.

Wenn dagegen die Mehrzahl der Meßwerte unter der Nachweisgrenze und der Rest oberhalb der einfachen Nachweisgrenze liegt, dann handelt es sich mit hoher Wahrscheinlichkeit um eine quasistationäre Ausscheidung, deren Erwartungswert knapp unter der Nachweisgrenze liegt [14].

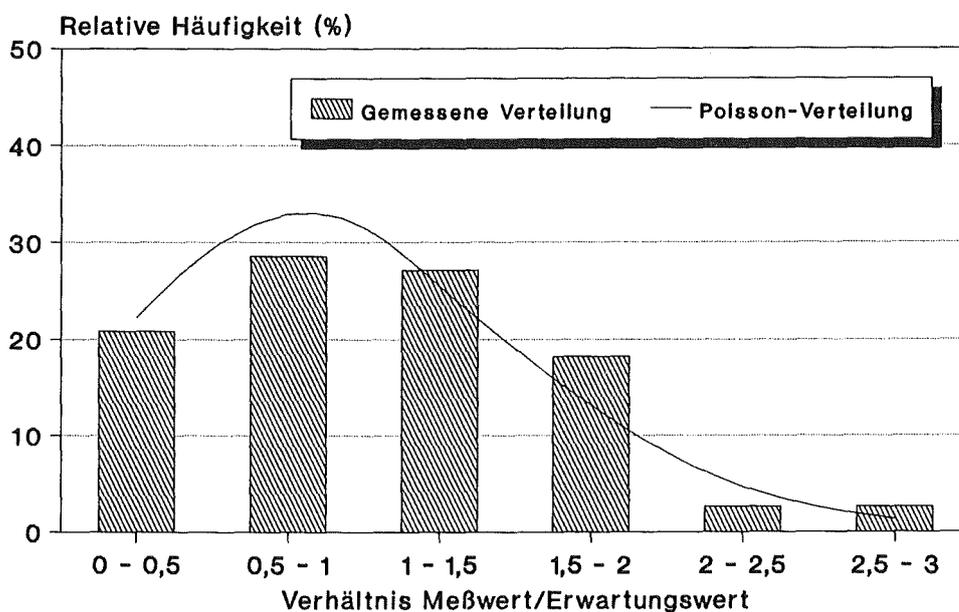


Abb. 6/30: Häufigkeitsverteilung für das Verhältnis von Meßwert zu Erwartungswert der quasistationären Ausscheidung von Transuranen in Stuhl und Urin aufgrund einer Analyse von ca. 100 Meßdaten

6.5.6.2 Unterscheidung zwischen Inhalation und Ingestion

Aufgrund der gemessenen Stuhlausscheidungsraten ist bei vielen zwischenfallsbedingten Inkorporationen davon auszugehen, daß die Zufuhr sowohl durch Inhalation als auch durch Ingestion erfolgte. Eine Separierung der beiden Komponenten ist nach den ICRP-Modellen jedoch nicht ohne weiteres möglich, da in diesen Modellen stets von einem diffusionsartigen Aktivitätstransport ausgegangen wird. Bei der Magen-Darm-Passage handelt es sich jedoch hauptsächlich um eine mechanische Aktivitätsverschiebung mit sehr geringer Durchmischung. Aus diesem Grund weicht der tatsächliche Verlauf der ingestionsbedingten Stuhlausscheidung bei einmaliger Zufuhr sehr stark von dem durch die Modellrechnungen gegebenen Verlauf ab. Die Abb. 6/31 zeigt als Beispiel den aus verschiedenen zwischenfallsbedingten Ingestionsfällen abgeleiteten Verlauf der Transuran-Stuhlausscheidung im Vergleich zur

ICRP-Modellrechnung. Als Ingestionsfälle wurden hierbei diejenigen Inkorporationsfälle betrachtet, bei denen mehr als 95 % der Stuhlausscheidung auf Ingestion zurückgeführt werden können.

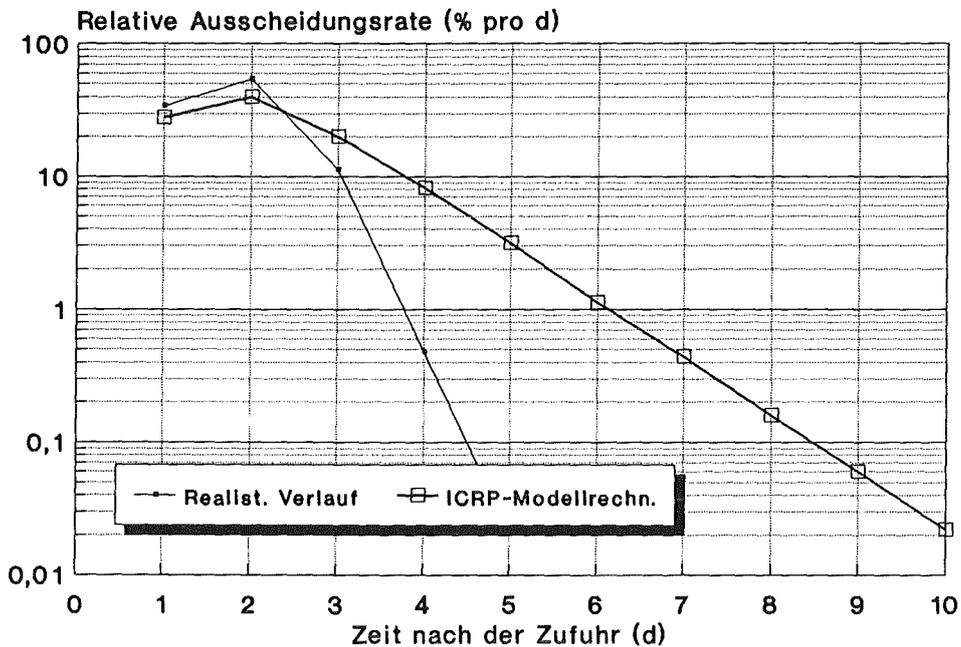


Abb. 6/31: Realistischer Verlauf der ingestionsbedingten Aktivitätsausscheidung von Transuranen im Stuhl im Vergleich zu dem nach ICRP-Modellen (ICRP Publikation 30) berechneten Verlauf

Aus den Zeitabhängigkeiten der realistischen ingestionsbedingten Stuhlausscheidung und der nach ICRP (Publikation 30) für verschiedene Korngrößen und Retentionsklassen berechneten inhalationsbedingten Stuhlausscheidung kann die folgende Beziehung zur Separierung der Komponenten abgeleitet werden:

$$A(\text{Inh})1 = 18,2 (A2 - 0,0001 A1) \quad \text{für } A2 > 0,0001 A1$$

$$A(\text{Inh})2 = A2 - 0,0001 A1 \quad \text{für } A2 > 0,0001 A1$$

$$A(\text{Inh})1 = A(\text{Inh})2 = 0 \quad \text{für } A2 \leq 0,0001 A1$$

A(Inh)1 inhalationsbedingte Stuhlausscheidung vom 1. bis zum 3. Tag nach der Zufuhr

A(Inh)2 inhalationsbedingte Stuhlausscheidung vom 6. bis zum 8. Tag nach der Zufuhr

A1 gesamte Stuhlausscheidung vom 1. bis zum 3. Tag nach der Zufuhr

A2 gesamte Stuhlausscheidung vom 6. bis zum 8. Tag nach der Zufuhr

Die Bezugszeiträume wurden hierbei so gewählt, daß bei minimaler Abhängigkeit von Korngröße und Retentionsklasse eine maximale statistische Sicherheit erzielt wird. Die Abschätzung nach den obigen Gleichungen ist konservativ, da die Abhängigkeit von der Korngröße und der Retentionsklasse eher zu einer Überschätzung als zu einer Unterschätzung der Inhalationskomponenten führt.

Eine erste Auswertung der zwischenfallsbedingten Inkorporationsfälle mit signifikanten Stuhlausscheidungen zeigt, daß bei etwa einem Viertel der Fälle hauptsächlich inhaliert ($A(\text{Inh})1 > 0,95 A1$) und bei einem weiteren Viertel der Fälle hauptsächlich ingestiert ($A(\text{Inh})1 < 0,05 A1$) wurde. In den übrigen Fällen lag die Inhalationskomponente in der gleichen Größenordnung wie die Ingestionskomponente. Da sich die Dosisfaktoren für Inhalation und Ingestion von Transuranen um mehr als drei Größenordnungen unterscheiden, ist demnach in der überwiegenden Zahl der Fälle eine Separierung der beiden Komponenten unumgänglich.

6.5.6.3 Bestimmung von Retentionsklasse und Korngröße

Da die Dosisfaktoren für Inhalation von Transuranen von der Retentionsklasse und der Korngröße des zugeführten Materials abhängen, müssen nach Separierung der Inhalationskomponenten auch diese beiden Parameter bestimmt werden. Aufgrund der ICRP-Modellrechnungen können diese beiden Parameter bei einmaliger Zufuhr unabhängig voneinander ermittelt werden, wenn drei Wochen nach der Zufuhr ein dritter Dreitageswert der Stuhlausscheidung ($A3$) gemessen wird. Voraussetzung ist hierbei, daß zwischenzeitlich keine weiteren Zufuhren erfolgen. Dann kann angenommen werden, daß es sich bei $A3$ um einen rein inhalationsbedingten Wert handelt ($A3 = A(\text{Inh})3$). Wie aus Abb. 6/32 hervorgeht, kann aus dem Verhältnis von $A(\text{Inh})2$ zu $A(\text{Inh})3$ sowohl die Retentionsklasse als auch die Korngröße des inhalierten Aerosols eindeutig bestimmt werden.

Eine erste Auswertung des vorliegenden Datenmaterials zeigt, daß bei allen betrachteten zwischenfallsbedingten Inhalationen von Transuranen Material der Retentionsklasse W aufgenommen wurde. Dieses Ergebnis ist aufgrund der Vorgeschichte der involvierten Materialien auch zu erwarten. Die abgeschätzten Korngrößen variieren zwischen etwa $1 \mu\text{m AMAD}$ und $7,5 \mu\text{m AMAD}$. Auch diese Werte sind durchaus realistisch. Demnach können die ICRP-Modelle bei inhalationsbedingten Zufuhren offenbar zu sehr realistischen Interpretationen der Stuhlausscheidungen führen.

Aufgrund dieser Betrachtungen wird für die retrospektive Dosisabschätzung die folgende Vorgehensweise festgelegt:

- Zur Eliminierung des Tagesgangs der Ausscheidung werden nach Möglichkeit jeweils drei aufeinanderfolgende Tagesmeßwerte zu einem kumulierten Meßwert zusammengefaßt.
- Bei zwischenfallsbedingten Zufuhren werden zunächst aus den kumulierten Meßwerten $A1$ (1.-3. Tag) und $A2$ (6.-8. Tag) die jeweiligen Inhalations- und Ingestionskomponenten der Stuhlausscheidung ermittelt. Sind die erforderlichen Meßwerte nicht vollständig vorhanden, so werden die fehlenden Werte aus den vorhandenen Werten interpoliert. Ist dies nicht möglich, so wird eine reine Inhalation angenommen.
- Ergeben sich nach (2) signifikante Inhalationskomponenten, so wird aus den Werten $A(\text{Inh})2$ (6.-8. Tag) und $A(\text{Inh})3$ (22.-24. Tag) die Retentionsklasse und die Korngröße des inhalierten Materials abgeschätzt. Stehen die hierfür erforderlichen Meßwerte nicht zur Verfügung, so wird die Retentionsklasse W und die Korngröße $1 \mu\text{m AMAD}$ angenommen.
- Bei Meßwerten, die nicht auf eine zwischenfallsbedingte Zufuhr zurückgeführt werden können, wird generell die Retentionsklasse W und die Korngröße $1 \mu\text{m AMAD}$ angenommen.

Für zukünftige zwischenfallsbedingte Inkorporationsmessungen empfiehlt sich die folgende Vorgehensweise:

- Zunächst wird generell die kumulierte Stuhlausscheidung A1 bestimmt. Wenn dieser Wert kleiner als 3 Bq ist (entsprechend einer inhalationsbedingten Zufuhr von weniger als 10 % des Grenzwertes der Jahresaktivitätszufuhr unter konservativen Annahmen), dann wird aus diesem Wert konservativ eine inhalationsbedingte Zufuhr abgeschätzt und auf weitere Messungen verzichtet.
- Wenn A1 größer als 3 Bq ist, dann wird die kumulierte Stuhlausscheidung A2 gemessen und die Inhalations- und die Ingestionskomponente explizit bestimmt. Wenn der Meßwert von A1 nicht rechtzeitig vorliegt, wird A2 vorsorglich bestimmt, sofern im Nasen-Rachen-Abstrich eine α -Aktivität von mehr als 10 mBq gefunden wird. Ist die aus A1 und A2 abgeschätzte Inhalationskomponente A(Inh)1 kleiner als 3 Bq, dann wird aus diesem Wert konservativ die inhalationsbedingte Zufuhr abgeschätzt und auf weitere Messungen verzichtet.
- Wenn A(Inh)1 größer als 3 Bq ist, dann wird zur Bestimmung der Lungenretentionsklasse und der Korngröße die kumulierte Stuhlausscheidung A3 gemessen und die inhalationsbedingte Zufuhr unter realistischen Annahmen abgeschätzt.

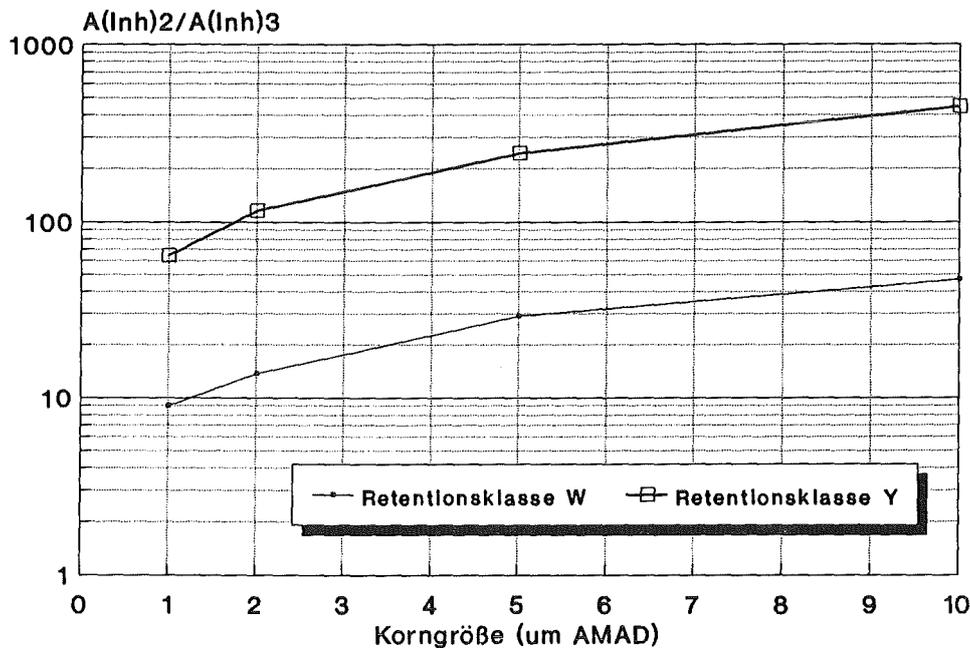


Abb. 6/32: Verhältnis der inhalationsbedingten Aktivitätsausscheidung von Transuranen im Stuhl vom 6. bis zum 8. Tag nach der Zufuhr (A(Inh)2) zur entsprechenden Ausscheidung vom 22. bis zum 24. Tag nach der Zufuhr (A(Inh)3) in Abhängigkeit von der Korngröße und der Retentionsklasse des inhalierten Materials

6.5.7 Datenverarbeitung

Th. Reddmann

Die Datenbank für die Verwaltung der Daten aus den Inkorporationsmessungen und die Programme zur Dosisabschätzung waren zunächst für ein PC-Einzelplatzsystem konzipiert. Um dieses System bei HS/D sinnvoll einsetzen zu können (Meßeinrichtung in Kellerräumen, Büroräume im OG), mußte es auf

Mehrbenutzerbetrieb umgestellt werden. Da bei der Programmierung für die Datenverwaltung hauptsächlich ORACLE-Werkzeuge verwendet wurden, war es wegen der Portabilität dieser Werkzeuge auf verschiedenste Rechnersysteme relativ leicht möglich, die Menüprogramme und Abfragemasken an die UNIX-Systemumgebung des HS/D-Abteilungsrechners anzupassen. Damit wurde zunächst ein störungsunempfindlicher Terminalbetrieb für die Inkorporationsdatenbank ermöglicht, der Dateneingaben und -abfragen und den Ausdruck von Meßlisten von allen Arbeitsplätzen aus zuläßt. Bewährt hat sich für komplexere Abfragen (Statistik) auch die SQL-Implementierung SQL-Plus von ORACLE. Durch den Nachtrag von Datenbeständen zurück bis zum Jahre 1975 ist die Zahl der Messungen in der Datenbank auf mehr als 70 000 und die Zahl der auf inkorporierte Nuklide überwachten Personen auf mehr als 10 000 Personen angewachsen.

Da die Rechenprogramme nach ICRP-30 spezifisch auf die PC-Umgebung zugeschnitten sind, war es für die Anbindung der PC-Stationen, an denen die Dosisberechnung ausgeführt werden sollte, zusätzlich nötig, einen Zugriff auf die Datenbank im PC-Mode der Rechner zu ermöglichen. Dies gelingt durch eine Client-Server-Architektur, bei der auf dem Server nur die Datenabfrage- und Datenänderungsanweisungen abgearbeitet werden, die die benutzerseitigen Programme auf den Arbeitsstationen (die sogenannten Clients) wie Bildschirmformen oder die interaktive SQL-Implementierung an die Datenbank des Servers senden. Die Arbeitsstationen werden in diesem Fall über das LAN mit dem Server verbunden. Im Moment verfügen zwei PC's über die Möglichkeit, sich als Clients mit der Datenbank zu verbinden. Die Anbindung wurde über das TCP-IP-Protokoll realisiert, die den Vorteil großer Flexibilität hat, aber einen erheblichen Teil des PC-Speichers für die Netzwerktreiberprogramme belegt. Die PC-Stationen können zusätzlich zur Datenbank auch direkt auf Ressourcen des Abteilungsrechners (Drucker, Massenspeicher) über eine LAN-Manager-Implementierung zugreifen.

6.6 Strahlenschutzmeßtechnik

6.6.1 Aufgaben

B. Reinhardt

Nach der Strahlenschutzverordnung wird an Strahlenschutzmeßgeräte generell die Forderung gestellt, daß sie dem Stand der Wissenschaft und Technik entsprechen, den Anforderungen des Meßzweckes genügen, in ausreichender Anzahl vorhanden sind und regelmäßig gewartet werden müssen.

Der Bestand an elektronischen Geräten, der von der Hauptabteilung Sicherheit betreut wird, setzt sich aus einer großen Anzahl von Dosisleistungs- und Kontaminationsmonitoren, aus Meßplätzen zur Aktivitätsbestimmung, den ortsfesten Anlagen zur Pegel- und Luftüberwachung und wenigen, aber teuren und komplizierten Anlagen zur Spektroskopie zusammen. Da sich diese Geräte weiträumig in den verschiedenen Instituten und Abteilungen des Kernforschungszentrums befinden, ergibt sich zwangsläufig eine gewisse Unterteilung im Service, der soweit wie möglich von den betreffenden Abteilungen selbst durchgeführt wird.

Die Funktionstüchtigkeit der Geräte und Anlagen wird vom Personal der Arbeitsplatzüberwachung regelmäßig, meist täglich, überprüft. Regelmäßig wiederkehrende Prüfungen nach Prüfanweisung und mit Protokollierung werden gemäß den in einem Prüfplan festgelegten Anforderungen durch das Personal der Arbeitsplatzüberwachung, durch Sachkundige einer Service-Firma oder durch hinzugezogene Sachverständige (z. B. TÜV) durchgeführt.

Bei der Instandhaltung der Strahlenschutzmeßgeräte fallen folgende Aufgaben an:

- Kalibrierung der tragbaren Dosisleistungsmeßgeräte des KfK sowie Auftragsarbeiten für Fremdfirmen,
- Mitarbeit bei der Eichung von Dosisleistungsmeßgeräten und Dosimetern durch die amtliche Eichabfertigungsstelle,
- Bestrahlung von Dosimetern zur Kalibrierung von Auswertegeräten sowie für Forschungs- und Entwicklungsarbeiten,
- Reparatur und Kalibrierung der Pegel- und Luftüberwachungsanlagen in den verschiedenen Instituten und Abteilungen des KfK und in der Umgebung,
- Reparatur sonstiger elektronischer Geräte aus dem Bereich der Abteilung Dosimetrie.

Außerdem werden Eingangskontrollen neubeschaffter Geräte durchgeführt und gelegentlich auch die Eigenschaften von neuen Detektoren und Geräten untersucht. Die in der Praxis gewonnenen Erfahrungen stehen für die Beschaffung und Installation von Geräten und Überwachungsanlagen zur Verfügung. Schließlich werden auch Umbauten und Anpassungen von Geräten selbst vorgenommen und kommerziell nicht erhältliche Geräte für den Eigenbedarf der Hauptabteilung Sicherheit entwickelt.

6.6.2 Wartung und Reparatur

B. Reinhardt

Im Berichtszeitraum wurden zehn neubeschaffte HFK-Monitoren und zwölf tragbare Kontaminationsmonitoren einer Eingangsprüfung unterzogen, 20 Kontaminationsmonitoren einer Fremdfirma wurden auf Funktion und Zählwirksamkeit überprüft und soweit nötig repariert.

Zur Instandhaltung der von der Hauptabteilung Sicherheit betreuten kontinuierlich messenden Luftüberwachungsanlagen waren 390 Reparatureinsätze erforderlich. Für die Fortluftüberwachungsanlagen kamen Software programmierte Steuerungen (SPS) als Grenzwertgeber zum Einsatz, deren Programmierung und Inbetriebnahme zusätzlich zu den Routinearbeiten erfolgte. Des öfteren waren Reparaturen an Ortsdosisleistungs-Meßstellen (ODL) notwendig. Bei den Zählrohr-Monitor-Außenstationen erfolgte eine Modifikation der Blitzschutzeinrichtungen.

Der Umbau vorhandener Meßhütten erforderte sowohl mechanische als auch elektrische Eingriffe und konnte 1991 abgeschlossen werden. Die Beratung bei der Lösung von Meßproblemen und bei der Beschaffung von neuen Geräten und Anlagen, die Mitarbeit bei Abnahmeprüfungen durch Aufsichtsbehörden, und nicht zuletzt der Versand von Geräten und die Beschaffung von Ersatzteilen erforderten einen erwähnenswerten Arbeitsaufwand.

6.6.3 Routinekalibrierung

B. Burgkhardt, B. Reinhardt

Die routinemäßige Kalibrierung von Dosimetern und Dosisleistungsmeßgeräten dient der Gewährleistung der innerhalb der Strahlenschutzüberwachung erforderlichen Meßgenauigkeit der Geräteanzeige. Die für die Strahlenschutzmeßgeräte vorgeschriebene Meßgenauigkeit ergibt sich aus den Anforderungen der PTB an Strahlenschutzdosimeter für die Zulassung zur Eichung und den PTB-Prüfregeln für Strahlenschutzdosimeter.

Innerhalb der Dosimetrie stehen vor allem folgende Aufgaben im Vordergrund:

- Übertragung der Meßgröße vom Primärstandard der PTB und Gewährleistung der Meßgenauigkeit an allen Bestrahlungsanlagen durch den Einsatz von Normaldosimetern sowie durch Teilnahme an internationalen Kontroll- und Vergleichsbestrahlungen,
- Kalibrierung von Dosisleistungsmeßgeräten, Dosimetern, Dosiswarngeräten innerhalb der Routinebetreuung nach einer Reparatur sowie bei neu angeschafften Geräten,
- Bestrahlung von Dosimeterchargen zur Kalibrierung von TL- und PL-Auswertegeräten.

Im Berichtsjahr wurden für KfK 65 Gamma-Dosisleistungsmeßgeräte und 26 Neutronendosisleistungsmeßgeräte kalibriert. Für Forschungs- und Entwicklungsarbeiten und für die Kontrolle der Auswertegeräte wurden an den Eichständen der Eichhalle 489 Gamma- und 64 Neutronenbestrahlungen durchgeführt. An der Röntgenanlage dienten 397 Bestrahlungen der Bestimmung der Energieabhängigkeit von Dosimetersonden. Alle Cs-137-Bestrahlungsanlagen der Eichhalle wurden regelmäßig mit einem Sekundärstandard überprüft.

6.6.4 Amtliche Eichabfertigungsstelle

B. Reinhardt

Aufgrund der Eichordnung ist es Aufgabe des Landes Baden-Württemberg, auch Eichungen von Personen- und Ortsdosimetern vorzunehmen. Entsprechend einem Vertrag zwischen dem Land Baden-Württemberg und dem KfK werden hierfür die im Kernforschungszentrum Karlsruhe vorhandenen technischen Einrichtungen zur Verfügung gestellt. Bei der amtlichen Eichabfertigungsstelle werden Beamte der Aufsichtsbehörde hoheitlich tätig. Der Beitrag der Hauptabteilung Sicherheit besteht in der Bereitstellung der Bestrahlungseinrichtungen wie auch in der Unterstützung bei der Durchführung der Eichungen. Im Jahre 1991 wurden für das KfK 1 055 Stabdosimeter und 200 sonstige Geräte geeicht.

7 Biophysik und Ökologie

7.1 Multizelluläre Sphäroide aus Leberzellen der adulten Ratte

B. Walser, C. Fritzsche, C. Angenieux, K.-F. Weibezahn, H. Dertinger

Dieses mit Mitteln des Technologie-Transfers (TT) geförderte Projekt wurde Ende November 1991 erfolgreich abgeschlossen. Projektziele waren in erster Linie die Verbesserung und Standardisierung der Sphäroidkultur von adulten Ratten-Hepatocyten sowie die Charakterisierung dieses Systems hinsichtlich seiner metabolischen und vor allem xenobiotischen Leistungsfähigkeit.

Die bei HS/B vor Projektbeginn entwickelte Methodik zur Gewinnung und Kultur von Hepatocyten als Sphäroide diente als Grundlage für die Weiterentwicklung dieses Systems. Kulturmedien sowie andere Parameter sollten im Hinblick auf eine Langzeitstabilität der Sphäroide optimiert werden. Durch Ausarbeitung von Protokollen wurde der Industriepartner in die Lage versetzt, selbst Hepatocyten-Sphäroide herzustellen. In Zusammenarbeit mit dem Kooperationspartner erfolgte ein Vergleich der Sphäroiddaten mit Daten entsprechender Monolayer-Zellkulturen bzw. mit tierexperimentellen Daten. Nach Charakterisierung der Sphäroide sollte die Tauglichkeit dieses Systems als Ersatz oder zur Reduzierung von Tierversuchen bewertet werden. Mit der Entwicklung der Hepatocyten-Sphäroide steht ein Zellkultursystem zur Verfügung, das gegenüber den herkömmlichen Monolayer-Zellkulturen deutliche Vorteile aufweist. Durch den (Wieder-)Aufbau einer dreidimensionalen morphologischen Einheit stabilisieren sich eine Reihe metabolischer Funktionen der Hepatocyten.

Vor allem die Fähigkeit zum Metabolismus von Fremdstoffen stellt eine für die toxikologische und pharmakologische Forschung wesentliche Bedingung für den Ersatz von Tierversuchen durch in-vitro-Systeme dar. Bei unseren Versuchen nimmt zwar der Cytochrom P-450-Gehalt im Verlauf der ersten beiden Kulturtage ab, stabilisiert sich dann aber auf dem Niveau drei Tage alter Sphäroide. Die übrigen biochemischen Daten weisen ebenfalls auf diesen Stabilisierungseffekt ab dem dritten Kulturtag hin. Zu diesem Zeitpunkt ist auch der Aggregationsprozeß beendet, durch den die Sphäroide entstanden sind. Die anfängliche Verringerung des Gehaltes an Cytochrom P-450 geht nicht einher mit einem ähnlich verlaufenden Aktivitätsverlust P-450-abhängiger Isoenzyme. Diese können entweder auf dem Niveau der Ausgangszellen bleiben, darüber oder darunter liegen. Die Veränderung des Cytochrom-P-450-Isoenzymmusters ist wahrscheinlich auf Medieneinflüsse zurückzuführen. Die Erhöhung sowohl des Cytochromgehaltes als auch der spezifischen Induktion von P-450-Isoenzymen durch Phenobarbital und Methylcholanthren ist mit der in-vivo-Reaktion vergleichbar. Damit ließen sich möglicherweise induzierende Eigenschaften auch anderer Substanzen nachweisen. Um die Spezifität der Induktionen zu untersuchen, wäre zur Ergänzung unserer Befunde noch die Anwendung immunologischer Methoden sinnvoll.

Die Umsetzung des Modellsubstrates Scoparon durch Hepatocyten-Sphäroide stellt ein in vieler Hinsicht vorteilhaftes Testsystem für Stoffwechseluntersuchungen dar. Die Metabolisierung eines einzigen Substrates zu verschiedenen Produkten mit anschließenden Konjugationsreaktionen erlaubt Rückschlüsse sowohl auf die P-450-abhängigen Umsetzungen als auch auf die nachgeschalteten Reaktionen der Phase II. Im Gegensatz zu den üblichen biochemischen Untersuchungen bleibt dabei das Zellkultursystem erhalten, untersucht werden nur die Stoffwechsel-Endprodukte im Kulturmedium. Damit würde sich dieses System auch sehr gut für eine kontinuierliche Kulturform eignen. Die derzeit noch unvollständige Bilanz möglicher Scoparon-Stoffwechselwege müßte allerdings vorher ergänzt werden.

Der Ansatz, durch einen hohen Anteil tetra- und octoploider Hepatocyten auch eine hohe metabolische Aktivität zu gewährleisten, hat sich als richtig erwiesen. Durch die geringe mitotische Aktivität bleibt auch der Differenzierungsgrad der Hepatocyten erhalten. Morphofunktionelle Differenzierungen, wie die enzymhistochemisch und mittels Elektronenmikroskopie nachweisbaren Gallekanälchen oder eine mögliche metabolische Zonierung innerhalb der Hepatocyten-Sphäroide machen dieses System auch für weitere Forschung und Anwendungen interessant. Obwohl das von uns entwickelte System einer Hepatocyten-Reinkultur entspricht, ist grundsätzlich auch die Herstellung von Mischzellsphäroiden mit anderen Leberzellen denkbar. Damit könnte auch der Einfluß heterotypischer Wechselwirkungen untersucht werden.

Über die im Projektverlauf erzielten Teilergebnisse wurde in den HS-Jahresberichten der zurückliegenden Jahren ausführlich berichtet. Eine detaillierte Beschreibung der Herstellung von Hepatocyten-Sphäroiden liegt als KfK-Primärbericht vor (50U314.OPO1A; 08/1991). Das Gesamtergebnis ist im Abschlußbericht dargestellt und liegt ebenfalls als KfK-Primärbericht vor (50U314.OP02A; 2/92).

7.2 Erprobung von Mikrowaben als Wirtsstrukturen für Zellen und multizelluläre Sphäroide

K.-F. Weibezahn, G. Knedlitschek, H. Dertinger

Zum ersten Juli 1991 wurde ein weiteres TT-Projekt in Angriff genommen. Es baut auf den in den zurückliegenden Jahren erzielten Ergebnissen zur Zelldifferenzierung in Sphäroid-Kulturen auf. Hierbei standen Differenzierungsprozesse im Vordergrund, die vor allem durch die interzelluläre Kommunikation und andere Formen dreidimensionaler Zellinteraktionen vermittelt wurden. Im Rahmen des neuen Projektes sollen nun auch die Auswirkungen von Zellkontakten mit äußeren Substraten auf die Zelldifferenzierung untersucht werden. Hierzu sollen Zellen und Sphäroide durch Kultur in wabenförmigen Mikrostrukturen aus gewebefreundlichem Material zu intensiven Substrat-Kontakten angeregt werden.

Eine solche Kulturtechnik in einer künstlichen Gewebematrix böte darüber hinaus weitere Möglichkeiten zur Annäherung an eine "organähnliche" Kultur. So kommt in einem Organ dem Stützgewebe in Verbindung mit dem zu- und ableitenden Gefäßsystem eine entscheidende Funktion bei der Ausbildung und Stabilisierung von Zellpolarität und metabolischen Gradienten zu. Eine künstliche Stützstruktur aus gewebefreundlichen Mikrowaben, in die Einzelzellen oder Zellaggregate eingebracht werden, stellt damit ein vielversprechendes Hilfsmittel zur Nachbildung der in vivo-Situation und zur Erzielung hoch differenzierter Kulturen dar.

Im Berichtszeitraum wurden zunächst verschiedene permanente Zelllinien in den von IMT¹ gefertigten Mikrowaben mit porösem Boden kultiviert. Es handelte sich um Zellen der Maus (L-Zellen und SV40-transformierte 3T3-Zellen), sowie um FL-Zellen, eine menschliche Amnion Zelllinie. Die Mikrowaben, die zuvor mit Gammastrahlung sterilisiert worden waren, wurden dazu in Petrischalen in Kulturmedium gehalten. Die Zellen wurden in unterschiedlichen Versuchen jeweils als Einzelzellsuspension oder in Form voraggregierter Sphäroide in die Waben pipettiert. Beide Methoden erlaubten ein leichtes Beschicken der Wabenstruktur. Das Zellwachstum wurde in regelmäßigen Zeitabständen qualitativ mikroskopisch untersucht und dokumentiert. Bei beiden Beschickungsarten zeigten die untersuchten Zellarten selbst nach einigen Wochen Kulturdauer eine Vitalitätsrate von 100% (Trypanblau-Ausflußtest). Das Kunststoffmaterial der Mikrowaben erwies sich als gewebefreundlich.

Nach Beschickung mit einer Einzelzellsuspension beobachtete man eine Anheftung der Zellen an den senkrechten Wänden der Waben. Durch Zellwachstum wurde anschließend der freie Wabenraum von mehrschichtigen Zellagen randdicht geschlossen. Nach Beschickung mit voraggregierten Sphäroiden ergab sich ein anderes Bild: die anfangs runden Sphäroide paßten sich der inneren rechteckigen Form der Waben an und hefteten ebenfalls an den senkrechten Wänden an. Mehrere Sphäroide "verschmolzen" auf diese Weise ebenfalls zu einer mehrlagigen Zellschicht. Die Kulturen blieben über mehrere Wochen vital und ließen sich durch die Standardmethode einer Trypsinbehandlung aus den Mikrowaben quantitativ herauslösen. Eine auf diese Weise von Zellen gereinigte Wabenstruktur eignete sich zur erneuten Kultivierung von Zellen, ohne daß eine weitere Sterilisierung notwendig war.

Zellen oder Zellaggregate lagern sich in Form mehrschichtiger Zellagen zusammen. Durch Anheftung der Randzellen an die Wabenwände entsteht aufgrund dieser Abdichtung außerhalb der Wabenstruktur ein oberer und unterer Halbraum. Diese Halbräume können kontinuierlich mit Nährstoffen durchspült werden. Über die Schaffung unterschiedlicher physiologischer Verhältnisse in diesen Halbräumen kann ein nutritiver und metabolischer Gradient über diese Gewebeschicht aufgebaut werden, wie er für bestimmte Organfunktionen erforderlich ist.

Die Art und Dynamik der Besiedlung der Wabenöffnungen durch Zellen soll zunächst mittels Zeitraffer-Videoaufnahmen mikroskopisch genauer untersucht werden. Dazu wird ein spezielles Gefäß zur Aufnahme der Mikrostruktur entwickelt, das die Zellkultivierung bei gleichzeitiger optischer Beobachtung erlaubt. Der obere und untere Halbraum kann mit Medien unterschiedlicher Zusammensetzung durchströmt werden. Die Versuche sollen im weiteren Verlauf auf primäre, nicht proliferierende Zellen ausgedehnt werden (Leber und evtl. Haut).

7.3 Krebsbegünstigende Wirkungen niederfrequenter Magnetfelder

J. Schimmelpfeng und H. Dertinger

Im Rahmen dieses Forschungsprogrammes sollen vor allem Tumor-promovierende Wirkungen von schwachen 50-Hz-Magnetfeldern untersucht werden. Hierzu dienen Experimente an Zellkulturen, bei denen insbesondere die Wirkungen dieser Felder auf den Zellzyklus und die Zellvermehrung, wie auch auf Second-Messenger-Prozesse (cAMP-Synthese) studiert werden sollen. Von den Untersuchungen werden zugleich Erkenntnisse über die zugrundeliegenden Wirkungsmechanismen erwartet.

Die Bemühungen waren zunächst darauf gerichtet, mit Hilfe eines Elektromagneten mit Eisenjoch (vgl. HS-Jahresbericht 1990, KfK 4830) reproduzierbare und statistisch gesicherte Wirkungen auf den Zellzyklus zu dokumentieren. Hierzu wurden Monolayer der Mauszelllinie SV40-3T3 für eine Stunde im Luftspalt des Magneten einer Flußdichte von 2 mT ausgesetzt und anschließend für weitere sechs Stunden ohne Feld inkubiert. Hiernach erfolgte die Messung der DNA-Verteilungen mit Hilfe der Flußzytometrie. Aus diesen wurde zunächst der mittlere DNA-Gehalt berechnet.

In vier Meßreihen mit unabhängigen Kulturansätzen zeigte sich ausnahmslos eine Abnahme der mittleren DNA-Menge gegenüber unbehandelten Kontrollen um ca 1 % des einfachen DNA-Gehaltes. Die Anwendung des t-Testes ergab die Signifikanz der Abnahme des mittleren DNA-Wertes durch die Behandlung mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von $< 0,01$. Die Berechnung der Zellanteile in den einzelnen Phasen des Zellzyklus aus den DNA-Verteilungen ergab, daß der Anteil der G1-Zellen relativ zu den anderen Phasen erhöht war. Dies läßt auf eine Verlängerung dieser Phase unter Magnetfeldeinwirkung schließen.

Bei ähnlichen Experimenten unter sonst gleichen Bedingungen in einer langen Luftspule (Solenoid; vgl. HS-Jahresbericht 1990) konnten keine signifikanten Ergebnisse erzielt werden: von Experiment zu Experiment ergaben sich sowohl Steigerungen, als auch Reduktionen des mittleren DNA-Gehaltes. Versuche, bei denen die Zellen in speziellen Behandlungsgefäßen einem reinen elektrischen Feld von etwa 70 mV/cm ausgesetzt wurden, führten zur Klärung dieses Effektes. Unter diesen Bedingungen ergab sich eine Steigerung des mittleren DNA-Gehaltes der exponierten Zellen, verbunden mit einer Abnahme des G1-Zellanteils, insgesamt also eine dem Magnetfeld entgegengesetzte Wirkung.

Eine Beeinflussung des Zellzyklus in beiden Richtungen, wie bei gleichzeitiger Wirkung von magnetischem und elektrischem Feld zu erwarten, wird flußzytometrisch zu keinem reproduzierbaren Effekt führen. Diese Situation ist in Solenoiden, ebenso bei Spulenpaaren in Helmholtz-Anordnung gegeben, in denen ein elektrisches Spulenfeld herrscht, das nur auf der Longitudinalachse verschwindet. Da zahlreiche Experimente zur Magnetfeldwirkung mit offenen Spulenordnungen durchgeführt werden, ist zu befürchten, daß die beobachteten Effekte in vielen Fällen durch das elektrische Feld bedingt sind und deshalb irrtümlich dem Magnetfeld zugeschrieben werden.

Die bisherigen Ergebnisse erlauben noch keine Aussage über eine mögliche Tumor-promovierende Wirkung von 50-Hz-Magnetfeldern. Es wurde, um diesen Punkt weiter zu vertiefen, das Zellvermehrungsverhalten nach Behandlung durch Zählung der Zellnachkommenschaft studiert. Hierbei zeigte sich ein um bis zu 10 % gegenüber der Kontrolle reduziertes Zellwachstum. Wegen der starken Schwankungen der Ergebnisse bedarf ihre statistische Absicherung jedoch weiterer Experimente. Erste Messungen liegen auch für den zellulären cAMP-Gehalt vor, die bereits deutliche Änderungen nach Feldeinwirkung erkennen lassen. Erst nach Absicherung dieser Daten wird es möglich sein, die Ergebnisse in bezug auf ihre Beutung für das Krebsrisiko zu bewerten.

7.4 Regulation der Zellproliferation im dreidimensionalen Zellverband

G. Knedlitschek, J.-C. Stein, H. Dertinger

Die Untersuchungen an multizellulären Sphäroiden (SPH) zur Erforschung der Proliferationskontrolle unter den Bedingungen des dreidimensionalen Zellkontaktes wurden durch weitere Experimente mit den bereits beschriebenen Mauszelllinien SV40-3T3- und L-Zellen ergänzt. Dabei sollte der Einfluß sterischer Faktoren auf das radiale Proliferationsprofil geklärt werden. Dazu wurden die räumlichen Verhältnisse in beiden SPH-Typen experimentell und rechnerisch genauer analysiert. Darüber hinaus wurde die Wirkung von cAMP-erhöhenden Agenzien auf das Zellvermehrungsverhalten untersucht. Solche Behandlungen erhöhen nicht nur den zellulären cAMP-Gehalt und haben damit, wie aus vorangehenden Versuchen und aus der Literatur über das Verhalten von ML-Kulturen bekannt, Einfluß auf die Zellteilung, sondern intensivieren auch die interzelluläre Kommunikation.

Schon die lichtmikroskopische Untersuchung beider SPH-Arten zeigt äußere morphologische Unterschiede zwischen den beiden SPH-Typen: während die SV40-3T3-SPH sehr kompakt und mit einer glatten Oberfläche erscheinen, sind die L-SPH wesentlich weniger kompakt und lassen, zumindest im Randbereich, noch Zellkonturen annähernd kugelförmiger Zellen erkennen.

Als Maß für die Kompaktheit der SPH wurde die Zellpackungsdichte bestimmt. Diese läßt sich aufgrund von Volumen- und Zellzahlbestimmungen bei Kenntnis des mikroskopisch ermittelten wahren SPH-Zellvolumens leicht gewinnen. Hierbei erhält man zunächst die Zellzahl pro SPH-Einheitsvolumen und hieraus das effektive (scheinbare) Volumen der Zellen. Aufgrund einfacher geometrischer Berechnungen und unter der Annahme kugelförmiger Zellen läßt sich weiterhin die zweidimensionale Zelldichte der äußeren SPH-Zellschicht gewinnen. Es zeigte sich hierbei, daß beide SPH-Typen sowohl bezüglich des effektiven Zellvolumens als auch der Zelldichte der äußeren SPH-Schicht übereinstimmen. Interessanterweise entspricht die Zelldichte der äußeren SPH-Schicht derjenigen dichter Monolayer (ML).

Für die Zellpackungsdichte ergaben sich jedoch völlig unterschiedliche Werte. In den L-SPH lag die Packungsdichte bei 77 %, also nahe der sog. dichtesten Kugelpackung (74 %); d. h. 77 % des SPH-Volumen wird von den Zellen eingenommen. In SV40-3T3-SPH dagegen belegen die Zellen nur 22 % des SPH-Volumens. Bei den verbleibenden 78 % handelt es sich wahrscheinlich hauptsächlich um im SPH-Verband synthetisiertes extrazelluläres Matrixmaterial. Diese Annahme wird durch die Beobachtung gestützt, daß bei der Auflösung des SV40-3T3-SPH-Zellverbandes mit Hilfe von Trypsin eine große Menge faserartiger Rückstände entsteht. Die Kompaktheit, mechanische Stabilität und glatte Oberflächenstruktur der SV40-3T3-SPH ist demnach durch die Einbettung der Zellen in Extrazellulärmatrix ("Kittsubstanz") zu erklären. Trotz der geringen Packungsdichte, jedoch stabilisiert durch die Extrazellulärmatrix, bilden sich zwischen den SV40-3T3-Zellen im SPH Gap-Junctions aus. Dies erfordert jedoch, daß die räumliche Verteilung der Zellen und deren äußere Konturen in diesen SPH nicht völlig homogen sind. Diese Einheiten vermag die durchgeführte Analyse allerdings nicht aufzulösen.

Zusammen mit den in vorangehenden HS-Jahresberichten beschriebenen Untersuchungen ergab sich aus diesen Analysen, daß die DNA-Syntheserate unabhängig von der Packungsdichte der Zellen in den Sphäroiden gegen das Sphäroidzentrum hin rasch abnimmt. In unbehandelten SPH ergibt sich damit ein eindeutiges Proliferationsprofil, bei dem nur die Zellen in den äußeren SPH-Schichten tatsächlich proliferieren.

Die unterschiedlichen sterischen Bedingungen wirkten sich bei einer Behandlung der SPH mit cAMP-erhöhenden Agenzien aus. Dazu wurde die intrazelluläre cAMP-Konzentration entweder durch Zugabe des cAMP-Analogons Dibutyryl-cAMP (db-cAMP) direkt erhöht oder die cAMP-Synthese in der Zelle durch Forskolin stimuliert. Beide Behandlungen führten auch zu einer deutlichen Erhöhung der interzellulären Kommunikation, wie durch Farbstofftransfer-Untersuchungen nachgewiesen werden konnte. Eine cAMP-Erhöhung führt in ML-Kulturen zur Stimulation der Zellvermehrung. Es kam jedoch nur in SPH geringer Packungsdichte, also bei den SV40-3T3-SPH, zu einer Stimulierung der inneren proliferationsinhibierten Zellen. Dies wurde durch BrdU-Einbau in die DNA dieser Zellen nachgewiesen.

Wesentliche sterische Behinderungen einer Zellvermehrung sind aufgrund der geringen Packungsdichte der Zellen nicht zu erwarten. Die Radialunabhängigkeit der Phasenverteilung in SV40-3T3-SPH und deren mögliche Ursachen wurden bereits im HS-Jahresbericht 1990 ausführlich diskutiert. In der Existenz von S-Phase-Zellen im Inneren der SV40-3T3-SPH könnte eine "Proliferationsbereitschaft" zum Ausdruck kommen, die erklärt, daß die inneren Zellen auf eine Behandlung mit cAMP- bzw. Kommunikationsstimulatoren (Forskolin, db-cAMP) mit einer Aktivierung der Proliferation reagieren. Dieser Effekt wird bei den L-SPH nicht beobachtet.

Alle bisherigen Versuche haben gezeigt, daß wichtige zelluläre Eigenschaften wie die Zellproliferation von der Zellkommunikation abhängen, daß aber diese Abhängigkeit sich nur im dreidimensionalen Zellverband ausprägt. Die physiologische und regulatorische Wirkung der Gap Junctions scheint demzufolge an die Existenz eines dreidimensionalen Zellkontaktes und damit an Gegebenheiten, wie Packungsdichte und/oder Extrazellulärmatrix gebunden zu sein. Daher blieb sie bei bisherigen Untersuchungen an ML-Kulturen weitgehend verborgen. Weiteren Aufschluß über den Einfluß der interzellulären Kom-

munikation auf die komplexen Vorgänge in einem Zellverband sollen Untersuchungen mit Retinsäure bringen. Diese Substanz kann die Kommunikation sowohl hemmen als auch intensivieren (je nach der eingesetzten Menge) und auch Differenzierungsvorgänge in einer Reihe von Zellarten stimulieren.

7.5 Verhalten von Tritium im System Luft-Pflanze-Boden

S. Diabaté, S. Strack, S. Kahmann, J. Müller

HTO in der Atmosphäre wird rasch über die Blätter in pflanzliches Gewebewasser aufgenommen, und vor allem durch die Prozesse der Photosynthese in organische Verbindungen umgewandelt. Ein Teil der Assimilate, der nicht für die Respiration benötigt wird, wird in andere Pflanzenteile verlagert, z.B. in Zonen hoher Wachstumsintensitäten oder in Speicherorgane. Bei diesem Transport bleibt Tritium in nicht-austauschbaren Positionen der organischen Substanz (an Kohlenstoff gebunden) erhalten; austauschbar gebundenes Tritium geht verloren. Die Abkürzung OB^T (organically bound tritium) wird hier nur für nicht-austauschbar gebundenes Tritium verwendet.

Die Untersuchung der Translokation von OB^T in Speicherorgane von Pflanzen, die als Nahrungs- oder Futtermittel verwendet werden, ist ein Teilprojekt des F + E-Programms "Tritium im System Luft-Pflanze-Boden". Es soll untersucht werden, welcher Anteil des in den Blättern gebildeten OB^T zu den Früchten transportiert wird und wieviel davon zum Erntezeitpunkt noch vorhanden ist. Die Ergebnisse sollen in das Unfallfolgenmodell für Tritium "UFOTRI", das im KfK entwickelt wurde, einfließen.

Als Versuchspflanzen wurden zunächst Kartoffel- und Weizenpflanzen ausgewählt, die beide zu den Grundnahrungsmitteln des Menschen gehören. So wird z. B. auf etwa 60 % der Weltackerfläche Getreide angebaut, wobei Weizen den größten Teil beansprucht. In 1991 konnten jedoch nur wenige Versuche durchgeführt werden, so daß die Ergebnisse noch als vorläufig zu betrachten sind.

Für die Exposition mit HTO wurden verschiedene Zeitpunkte nach der Blüte gewählt, bei denen ein möglichst hoher Einbau in die Knollen bzw. Körner zu erwarten war. Sobald bei der Kartoffel das Knollenwachstum beginnt (kurz nach der Blüte), ist eine starke Priorität für die Einlagerung der Assimilate in die Knollen gegeben. Bei Weizen kommt es in der Phase nach der Blüte zu einer Mobilisierung der Assimilate in der Gesamtpflanze. Wenn das Endospermgewebe in der Kornanlage ausgebildet ist, steigt die Einlagerungsrate stark an (Phase der Kornfüllung).

Die in Töpfen angezogenen Pflanzen wurden in einer Glovebox bei ca. 24 °C, 90 % relativer Luftfeuchte und 7000 lux für sechs Stunden mit HTO in der Atmosphäre exponiert, wobei die Bodenoberfläche jeweils mit Folie abgedeckt war. Die Luftkonzentration betrug im Maximum etwa 1 bis 2,1 kBq/l. Bedingt durch den spezifischen Versuchsaufbau und die Abgabe von HTO aus den Pflanzen durch Transpiration, fiel nach Beendigung der HTO-Zufuhr die Konzentration in der Box relativ langsam ab; zunächst mit einer Halbwertszeit von 1 h, später langsamer. (Zum Vergleich: Bei den HT-Expositionsversuchen im Vorjahr fiel die Tritiumkonzentration in der Box bei ähnlichen Bedingungen mit einer Halbwertszeit von zehn Minuten). Am Beispiel von Weizenversuch 2 wird in Abb. 7/1 der typische Verlauf der HTO-Luftkonzentration während eines Expositionsexperiments dargestellt.

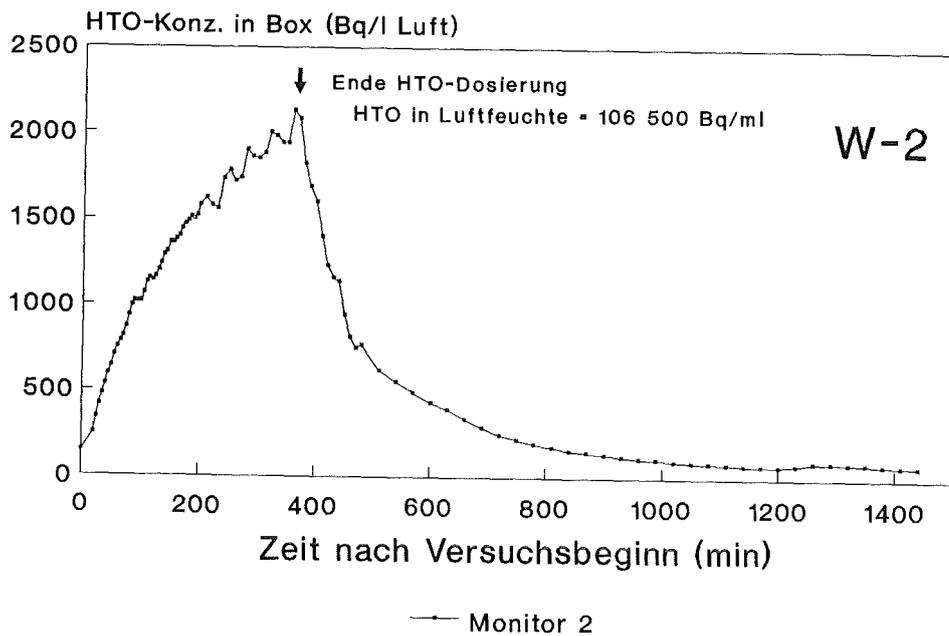


Abb. 7/1: Verlauf der HTO-Luftkonzentration bei Weizenversuch 2 in den ersten 24 Stunden.

Bei beiden Pflanzenarten lagen die TFWT-Konzentrationen (tissue free water tritium) in den Blättern etwa 10 % unter der HTO-Konzentration in der Luftfeuchte (ca. 90 % relative Feuchte) und fielen nach Ende der HTO-Zufuhr zunächst entsprechend der TFWT-Konzentration in der Box. Nach 2-3 Tagen fiel die HTO-Konzentration in den Blättern jedoch langsamer als in der Box, da offenbar OBT durch Respiration zu HTO abgebaut wurde.

Im Versuch wurden die Kartoffeln 27 Tage nach der Blüte eingesetzt, d. h. es waren bereits Knollen ausgebildet. Bei Expositionsende waren in den oberirdischen Pflanzenteilen etwa 0,1 % der vorhandenen HTO-Menge in nicht-austauschbares OBT umgewandelt. Bei der Berechnung wurde angenommen, daß bis zu diesem Zeitpunkt noch keine Translokation stattgefunden hat. Einen Tag nach der Exposition waren bereits 76 % des Anfangs-OBT in die Knollen gewandert. Nach 32 Tagen, zum Zeitpunkt der normalen Ernte, waren ca. 90 % des Anfangs-OBT der oberirdischen Pflanzenteile in den Knollen. Die spezifische Aktivität im OBT der Knollen sank in dieser Zeit von 50 auf 43 Bq/g Trockensubstanz durch nachfolgende Einlagerung von Assimilaten mit geringerer OBT-Konzentration.

In den Weizenpflanzen, die 7 (W-1) bzw. 17 Tage (W-2) nach der Blüte mit HTO exponiert wurden, waren bei Expositionsende 0,4 bis 0,5 % der vorhandenen HTO-Gesamtmenge in den oberirdischen Pflanzenteilen (Blätter, Stengel, Ähren) in OBT umgewandelt. Bezogen auf die OBT-Gesamtmenge zum Expositionszeitpunkt, wurden bei W-1 zur Ernte nach 48 Tagen nur noch etwa 9 % in den Körnern wiedergefunden. Da die spezifische OBT-Konzentration zur Erntezeit relativ gleichmäßig in den Pflanzenteilen verteilt war, ist anzunehmen, daß die Mobilisierung der Assimilate zur Einlagerung in die Körner zu einem späteren Zeitpunkt erfolgte als die Exposition mit HTO.

Im zweiten Weizenversuch wurden bei der Ernte, 33 Tage nach der Exposition, etwa 45 % der Anfangsmenge an OBT in den Körnern wiedergefunden. Da auch die spezifische OBT-Aktivität in den Körnern mit 300 Bq/g Trockensubstanz etwa zehnmal höher als in den anderen Pflanzenteilen war, lag der Zeitpunkt der Exposition mit HTO offensichtlich in der Kornfüllungsperiode.

Im Untermodell für die Berechnung von OBT in Knollen und Körnern, das in UFOTRI eingebaut werden soll, wird zur Zeit ein Translokationsindex eingesetzt, der sich aus dem Quotient der HTO-Konzentration im Gewebewasser der Blätter zum Zeitpunkt der Exposition und der OBT-Konzentration in den Früchten zum Zeitpunkt der Ernte berechnet. Die Ergebnisse aus den bisherigen Experimenten (siehe Tab. 1) zeigen ebenfalls, daß der Zeitpunkt der Exposition mit HTO in Relation zum Blühtermin von großer Bedeutung für die Einlagerungsrate von OBT ist.

Versuch	TFWT-Konzentration in Blättern am Expositionsende (Bq/ml)	OBT-Konzentration in Früchten zur Ernte (Bq/g Trockensubstanz)	Transfer-lokationsindex OBT-Konz./TFWT-Konz.
Kartoffel-1 (Exposition 27 Tage nach Blüte)	4,0·10 ⁴	43	0,0011
Weizen-1 (Exposition 7 Tage nach Blüte)	7,6·10 ⁴	68	0,0009
Weizen-2 Exposition 17 Tage nach Blüte)	6,6·10 ⁴	357	0,0054

Tab.7/1: Verhältnisse zwischen OBT-Konzentrationen in den Früchten zum Zeitpunkt der Ernte und TFWT-Konzentrationen (tissue free water tritium) in den Blättern zum Zeitpunkt der Exposition mit HTO bei Versuchen mit Kartoffeln und Weizen in Abhängigkeit vom Blühtermin (statistischer Fehler der Aktivitätsmessung ± 5 %)

Mit einer Gaswechselmeßanlage wurden Transpirations- und Nettophotosyntheserate der Blätter der Versuchspflanzen unter den Bedingungen in der Klimakammer gemessen. Ziel war, die aus diesen Daten (stündliche Mittelwerte) berechnete OBT-Gesamtmenge mit den gemessenen Werten zu vergleichen. Die Berechnungen sind noch nicht abgeschlossen.

7.6 Untersuchung des Boden-Pflanzen-Transfers biologisch besonders wirksamer Schadstoffe

H. Schüttelkopf, W. Schmidt, B. Hill, W. Bohn, G. Hefner, J. Hiller, E. Pel, Th. Sollich, W. Wünschel

Ziel dieses Forschungsprogrammes ist die Bestimmung des Transfers wichtiger Schadstoffe aus dem Boden in Futter- und Nahrungsmittel. Vorwiegend untersucht werden Cr, Mo, Ag, Se, Te, Ni, Co, Mn und Cu. Diese Elemente wurden bisher wenig untersucht und sind physiologisch bedeutsam. Die benutzten Pflanzen werden aus einer Gruppe von ca. 20 landwirtschaftlich wichtigen Pflanzen ausgewählt. Für die Untersuchungen werden je ein stark und ein wenig adsorbierender Boden benutzt.

7.6.1 Elektrofilterstäube und Schlacken

Die Langzeitexperimente mit acht Lysimetern mit gewaschenem und ungewaschenem Elektrofilterstäuben verschiedener Müllverbrennungsanlagen wurden mit Weizen fortgesetzt. Es wurden keine Pflanzenschäden festgestellt.

Der Austrag von Schwermetallen aus mit Elektrofilterstaub und mit Erde gefüllten Freilandlysimetern wurde seit 1987 verfolgt. Ein meßbarer Schwermetallaustrag wurde nicht beobachtet. Die Experimente wurden Ende 1991 abgeschlossen. Erde mit 10 % ungewaschenem Elektrofilterstaub einer Müllverbrennungsanlage wurde in einer 3 cm dicken Schicht zwischen Unter- und Oberboden eingebracht. Auf den beiden dazu benutzten Lysimetern wurde Dauergrünland und Weizen gezogen.

Auf zwei weiteren Lysimetern wurde in einer 5 cm dicken Schicht Schlacke in den Boden eingebracht. Auf den beiden dazu benutzten Lysimetern wurden Stachel- und Johannisbeeren gezogen. In Topfexperimenten wurde Schlacke in einer 5 cm dicken Schicht unter den Oberboden eingebracht und als Boden Lehm- und Sandboden benutzt. Es wurden Kartoffeln, Mais und Johannisbeeren in den Töpfen gezogen.

7.6.2 Molybdänexperimente

Die Konzentrationsabhängigkeit des Boden-Pflanzen-Transfers wurde mit Gras und Mais auf Sand- und Lehm Boden für Konzentrationen zwischen 0 und 100 µg/g in Topfexperimente untersucht. Zum besseren Verständnis des Einflusses von Molybdän auf den Stickstoffhaushalt im Boden wurden Topfexperimente mit verschiedenen Stickstoffgaben, Lehm- und Sandboden und mit den Pflanzen Mais und Gras durchgeführt. Zur Untersuchung des Einflusses des pH und des Bodens wurden Topfexperimente mit Lehm- und Sandboden, versetzt mit 10 µg/g Molybdän und mit Brandkalk durchgeführt.

In Zusammenarbeit mit dem IRCh wurden zwei Experimente durchgeführt, bei denen stabile Molybdänisotope als massenspektrometrisch zu bestimmende Tracer eingesetzt wurden. Beim ersten Experiment wurde der Anteil des Molybdäns bestimmt, der aus verschiedenen Wurzeltiefen in Abhängigkeit von der Wurzelmasse und der Zeit aufgenommen wird. Im zweiten Experiment wurde die Aufnahme von Molybdän über Kartoffelblätter und der Transport innerhalb der Pflanze zu anderen Pflanzenteilen, z. B. den Knollen, untersucht. Die zwei Langzeitexperimente mit Lysimetern und Molybdän wurden mit Weizen fortgesetzt. Raps wurde als Zwischenfrucht aufgezogen und eingearbeitet.

7.6.3 Antimonexperimente

Im sauren Bereich ist der Antimontransfer in pflanzliche Nahrungsmittel sehr niedrig. Es wurde überprüft, ob bei hohen pH-Werten, erreicht durch Brandkalkung, der Transfer von Antimon in Gras, Salat, Spinat und Mais erhöht wird. Antimon wurde als Sb_2O_3 in Mengen zwischen 0 und 20 µg/g zugesetzt. Es wurde Lehm- und Sandboden verwendet. Die Experimente waren Topfexperimente.

7.6.4. In-vitro-Experimente mit Pflanzen

Es wurden Topfexperimente auf Sandboden mit Tc-99, Cr-51 und Cd-109 angesetzt. Variiert wurde der Humusgehalt, der pH-Wert, der Tongehalt und der Gehalt an Fe₂O₃. Die Kulturpflanze war Kartoffel. Die Chrom- und Kadmiexperimente wurden ausgewertet. Die Aufzucht und die Radioaktivitätsaufnahme von in-vitro-Pflanzen der Kartoffel wurden erfolgreich durchgeführt. Aus Personalgründen wurden die Experimente vorläufig eingestellt.

7.6.5 Iod-Experimente

Die Messung des Transfers von stabilem Iod und Iod-129 in verschiedenen Kulturpflanzen wurde fortgesetzt. Die Experimente zur Iodaufnahme durch Knoblauch und zum Iodgehalt von Wein wurden weitgehend abgeschlossen. Die Keimexperimente auf iodhaltigem Boden wurden abgeschlossen. Die meisten Pflanzen werden durch Iodgehalte > 10 µg/g schwer geschädigt. Die Experimente zur Verfügbarkeit von Iod im Boden wurden fortgesetzt. Experimente zur Exhalation von Radioiod aus Boden und Pflanzen wurde begonnen.

7.6.6 Der Transfer Boden-Bodenwasser

Die Messung des austauschbaren Anteils von Cr und Cd in acht Böden wurde erfolgreich abgeschlossen (Tab. 7/2). Untersuchungen zur spezifischen Aktivität des aus mit Cr-51 und Cd-109 markiertem Boden ausgelaugten Cr und Cd wurden durchgeführt. Ziel ist, eine verfeinerte Aussage über den austauschbaren Anteil der Metalle im Boden machen zu können. Erste Messungen zur Austauschgeschwindigkeit zwischen chemisch-verfügbarem Pool von Cr, Cd und Co mit dem nicht-verfügbaren Anteil im Boden wurden abgeschlossen.

	[Cr] mobil	[Cr] gesamt
Moorboden	3,7 ± 0,7	54 ± 5
Auenboden	2,5 ± 0,1	96 ± 2
Muschelkalkverwitterung	0,99 ± 0,09	54 ± 0,9
Dautmergel	1,6 ± 0,07	112 ± 6
Schotterboden	1,7 ± 0,1	60 ± 10
Buntsandsteinverwitterung	0,54 ± 0,02	21 ± 1
Granitverwitterung	1,45 ± 0,05	40 ± 6

Tab. 7/2: Gehalte der Böden an chemisch austauschfähigen und daher mobilem Cr verglichen mit dem Gesamtgehalt, je in µg/g

8 Veröffentlichungen

8.1 Veröffentlichungen, die gedruckt vorliegen

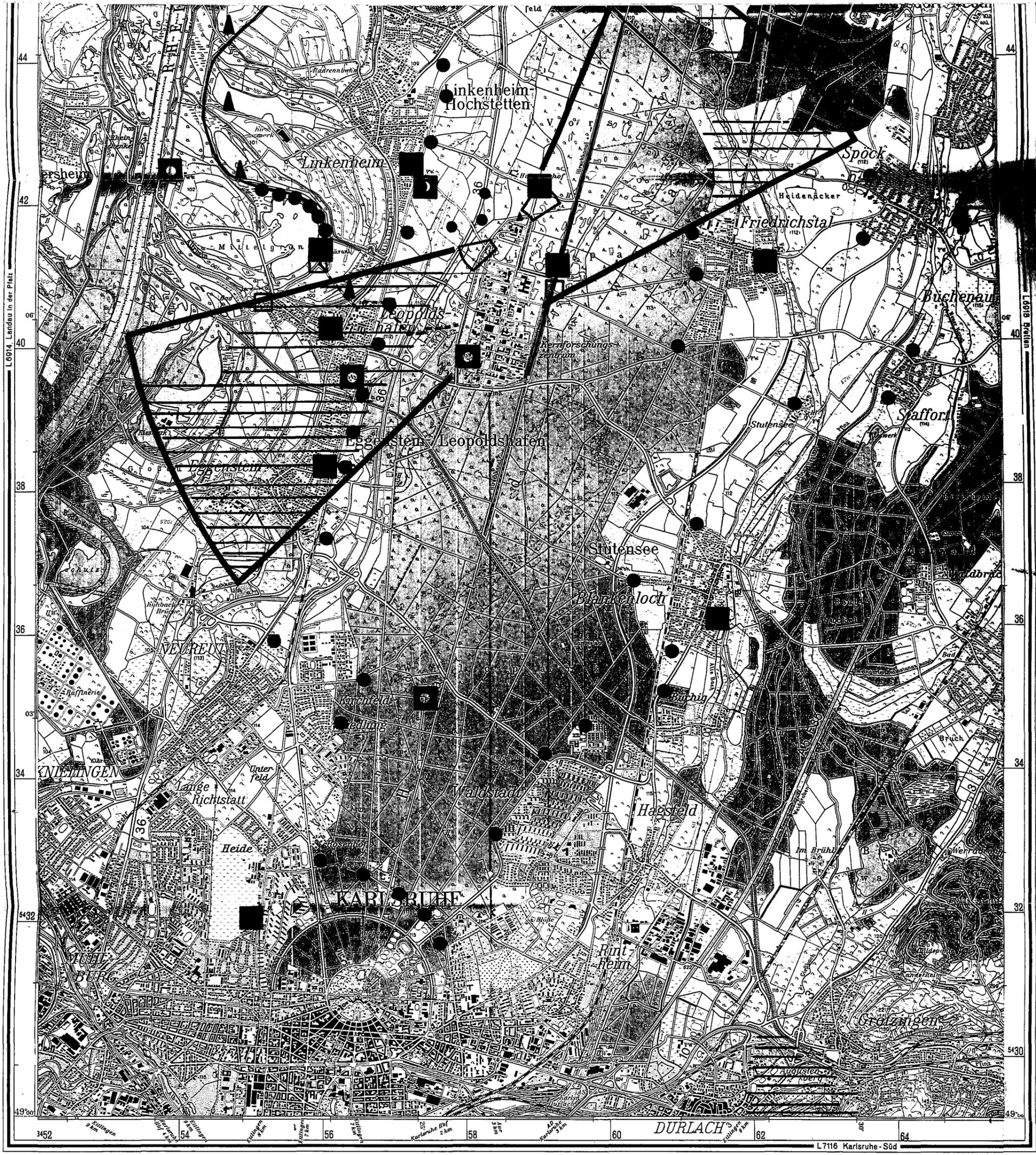
- [1] ALBERTS, W.G.; LUSZIK-BHADRA, M.; PIESCH, E.; VILGIS, M.; Fast neutron dosimetry with CR-39: study of various materials using electrochemical etching. 15th Internat. Conf. on Particle Tracks in Solids, Marburg, September 3-7, 1990. International Journal of Radiation Applications and Instrumentation, 19 (1991) p. 437-42
- [2] ALBERTS, W.G.; PIESCH, E.; Neutronendosimetrie für die Strahlenschutzüberwachung. Atomwirtschaft-Atomtechnik, 36 (1991) S. 325-28
- [3] ALBERTS, W.G.; PIESCH, E.; Der Arbeitskreis 'Dosismessung externer Strahlung' im Fachverband für Strahlenschutz. Jacobs, H. [Hrsg.] Strahlenschutz für Mensch und Umwelt - 25 Jahre Fachverband für Strahlenschutz : Proc. der Jubiläumstagung des Fachverbandes für Strahlenschutz, Aachen, 30. September - 3. Oktober 1991; Köln: Verl. TÜV Rheinland, 1991, S. 727-35, FS-91-55-T
- [4] BAIXERAS, C.; GARCIA, I.; FERNANDEZ, F.; DOMINGO, C.; VIDAL-QUADRAS, A.; PIESCH, E.; Indoor radon concentration measurements in some spanish houses and dwellings with plastic nuclear track detectors. 15th Internat. Conf. on Particle Tracks in Solids, Marburg, September 3-7, 1990. International Journal of Radiation Applications and Instrumentation, 19 (1991) p. 279-82
- [5] BAUER, B.W.; SIEBERT, R.L.; ALBERTS, W.G.; BURGKHARDT, B.; DIETZ, E.; GULDBAKKE, S.; KLUGE, H.; MEDIONI, R.; PIESCH, E.; PORTAL, G.; Experimental investigation into the influence of neutron energy, angle of incidence and phantom shape on the response of individual neutron dosimeters: experimental procedure and summary of results. PTB-Bericht N-5 (Dezember 1990)
- [6] BURGKHARDT, B.; PIESCH, E.; ROEBER, H.G.; UGI, S.; Modern photon energy compensation filters for solid state dosimeters. Kerntechnik, 55 (1990) p. 362-67
- [7] DOERFEL, H.; Bestimmung der Folgeäquivalentdosis nach einer Pu/Am-Wundkontamination. Jacobs, H. [Hrsg.] Strahlenschutz für Mensch und Umwelt - 25 Jahre Fachverband für Strahlenschutz : Proc. der Jubiläumstagung des Fachverbandes für Strahlenschutz, Aachen, 30. September - 3. Oktober 1991; Köln: Verl. TÜV Rheinland, 1991, S. 899-904, FS-91-55-T
- [8] DOERFEL, H.; MOHR, U.; REDDMANN, T.; ZIEGER, A.; Direktmessung von Am-241 mit Phoswich- and Germanium-Detektoren. Jacobs, H. [Hrsg.] Strahlenschutz für Mensch und Umwelt - 25 Jahre Fachverband für Strahlenschutz : Proc. der Jubiläumstagung des Fachverbandes für Strahlenschutz, Aachen, 30. September - 3. Oktober 1991; Köln: Verl. TÜV Rheinland, 1991, S. 876-80, FS-91-55-T
- [9] DOERSCHEL, B.; ALBERTS, W.G.; KLEIN, H.; PIESCH, E.; PIHET, P.; SCHRAUBE, H.; Stand der Meßtechnik in der Neutronendosimetrie. Jacobs, H. [Hrsg.] Strahlenschutz für Mensch und Umwelt - 25 Jahre Fachverband für Strahlenschutz : Proc. der Jubiläumstagung des Fachverbandes für Strahlenschutz, Aachen, 30. September - 3. Oktober 1991; Köln: Verl. TÜV Rheinland, 1991, S. 812-21, FS-91-55-T

- [10] HETTINGER, M.; DIABATE, S.; STRACK, S.; Tageszeitliche Schwankungen der Tritiumaufnahme in Pflanzen. KfK-4801 (Februar 91)
- [11] HOFMANN, B.; FAATZ, H.; FROWEIN, J.; SCHLEICHER, H.; ALLERS, S.; WICKE, A.; Intelligente Sonde FHZ 601 A für die Ortsdosimetrie. Jacobs, H. [Hrsg.] Strahlenschutz für Mensch und Umwelt - 25 Jahre Fachverband für Strahlenschutz : Proc. der Jubiläumstagung des Fachverbandes für Strahlenschutz, Aachen, 30. September - 3. Oktober 1991; Köln: Verl. TÜV Rheinland, 1991, S. 746-51, FS-91-55-T
- [12] HOHLFELD, K.; AMBROSI, P.; LAUTERBACH, U.; BURGKHARDT, B.; PIESCH, E.; DAVID, J.; Stand der Technik in der Photonendosimetrie. Jacobs, H. [Hrsg.] Strahlenschutz für Mensch und Umwelt - 25 Jahre Fachverband für Strahlenschutz : Proc. der Jubiläumstagung des Fachverbandes für Strahlenschutz, Aachen, 30. September - 3. Oktober 1991; Köln: Verl. TÜV Rheinland, 1991, S. 763-45, FS-91-55-T
- [13] HUEBSCHMANN, W.; WICKE, A.; HONCU, S.; PAPADOPOULOS, D.; Berechnung der Strahlenexposition bei der Ableitung radioaktiver Stoffe mit der Fortluft nach der "Allgemeinen Berechnungsgrundlage" und nach der "Allgemeinen Verwaltungsvorschrift zu Paragraph 45 StrlSchV" - ein Vergleich. KfK-4797 (September 1991)
- [14] KOELZER, W.; URBAN, M.; [HRSG.] Jahresbericht 1990 der Hauptabteilung Sicherheit. KfK-4830 (April 1991)
- [15] PIESCH, E.; Entwicklungen in der Beta- und Neutronendosimetrie. Strahlen - Felder - Ströme: 10. Internat. Kolloquium der IVSS Sektion "Elektrizität", Wien, 21.-23. November 1990, Schlußbericht S. 51-56, ISSA Prevention Series No. 1004 (1991)
- [16] PIESCH, E.; Neutronendosimetrie in der Personenüberwachung. Hacke, J. [Hrsg.] Strahlenschutz: Wiss.Grundlagen, rechtl. Regelungen, prakt. Anwendungen; Kompendium d. Sommerschule Strahlenschutz. - 2. Aufl.; Berlin: Hoffman, 1991, S. 1-24, Sommerschule Strahlenschutz, Fortbildungszentrum Gesundheits- und Umweltschutz, Berlin, 13.-15. Juni 1991
- [17] PIESCH, E.; Externe Dosimetrie zur physikalischen Strahlenschutzkontrolle in der Bundesrepublik Deutschland. Narrog, J. [Hrsg.] Gemeinsam für den Strahlenschutz : Seminar, Berlin, 19.-20. Oktober 1990; Würenlingen: Fachverband für Strahlenschutz, 1990, FS-90-53-T, Seiten 166-73
- [18] PIESCH, E.; AL NAJJAR, S.A.R.; JOZEFOWICZ, K.; The two-step electrochemical etching technique applied for polycarbonate track etched detectors. 15th Internat. Conf. on Particle Tracks in Solids, Marburg, September 3-7, 1990. International Journal of Radiation Applications and Instrumentation, 19 (1991) p. 205-10
- [19] PIESCH, E.; BOEHM, J.; BURGKHARDT, B.; HEINZELMANN, M.; FELLINGER, J.; RITZENHOFF, K.H.; Fortschritte auf dem Gebiet der Dosimetrie für Strahlung geringer Eindringtiefe. Jacobs, H. [Hrsg.] Strahlenschutz für Mensch und Umwelt - 25 Jahre Fachverband für Strahlenschutz : Proc. der Jubiläumstagung des Fachverbandes für Strahlenschutz, Aachen, 30. September - 3. Oktober 1991; Köln: Verl. TÜV Rheinland, 1991, S. 774-83, FS-91-55-T

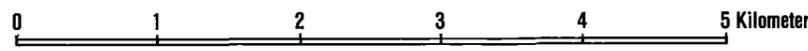
- [20] PIESCH, E.; BURGKHARDT, B.; SAUER, D.; Electrochemical etching of Cr-39 and Makrofol DE track detectors: investigation of parameters affecting the overall uncertainty of measurement. 15th Internat. Conf. on Particle Tracks in Solids, Marburg, September 3-7, 1990. International Journal of Radiation Applications and Instrumentation, 19 (1991) p. 211-14
- [21] RANOGAJEC-KOMOR, M.; VEKIC, B.; KORENIKA, D.; PIESCH, E.; BURGKHARDT, B.; SZABO, P.P.; Intercomparison of solid state dosimeters within routine environmental monitoring programs. Part I: the method of intercomparison. Low Level Radiation: Achievements, Concerns and Future Aspects : 3rd Italian-Yugoslav Symp., Plitvice, YU, June 11-13, 1990, Tagungsband S. 127-31
- [22] RANOGAJEC-KOMOR, M.; VEKIC, B.; KORENIKA, D.; PIESCH, E.; BURGKHARDT, B.; SZABO, P.P.; Intercomparison of solid state dosimeters within routine environmental monitoring programs. Part II: the method of intercomparison. Low Level Radiation: Achievements, Concerns and Future Aspects : 3rd Italian-Yugoslav Symp., Plitvice, YU, June 11-13, 1990, Tagungsband S. 132-37
- [23] SCHIMMELPFENG, J.; SEIDEL, A.; Cytotoxic effects of quartz and chrysotile asbestos: in vitro interspecies comparison with alveolar macrophages. Journal of Toxicology and Environmental Health, 33 (1991) p. 131-40
- [24] SCHMIDT, W.; Bodenkontamination mit Elektro-Filterstaub aus einer Müllverbrennungsanlage. Toxische Wirkung oder Spurenelementdüngung? Düsseldorf : VDI-Verlag, 1991. Seiten 849-700 (VDI-Berichte ; 837)
- [25] SCHMITZ, J.; FRITSCH, R.; Strahlenbelastung durch Radon an Arbeitsplätzen ausserhalb des Brennstoffkreislaufs. Jacobs, H. [Hrsg.] Strahlenschutz für Mensch und Umwelt - 25 Jahre Fachverband für Strahlenschutz : Proc. der Jubiläumstagung des Fachverbandes für Strahlenschutz, Aachen, 30. September - 3.Oktober 1991; Köln: Verl. TÜV Rheinland, 1991, S. 662-69, FS-91-55-T
- [26] SCHMITZ, J.; URBAN, M.; KIEFER, H.; Langfristige Radonausbreitung aus Großquellen und deren meßtechnische Erfassung. Voelkle, H. [Hrsg.] Messung von Radon und Radon-Folgeprodukten: Kolloquium, Berlin, 6.-7.Mai 1991; Köln: Verl. TÜV Rheinland, 1991, Seiten 202-03, FS-91-56-T. Jacobs, H. [Hrsg.] Strahlenschutz für Mensch und Umwelt - 25 Jahre Fachverband für Strahlenschutz : Proc. der Jubiläumstagung des Fachverbandes für Strahlenschutz, Aachen, 30. September - 3.Oktober 1991; Köln: Verl. TÜV Rheinland, 1991, S. 330-37, FS-91-55-T
- [27] SCHÜTTELKOPF, H.; SCHMIDT, W.; Boden-Pflanzen-Transfer von toxischen Spurenelementen. Umweltforschung - Umwelttechnik; Karlsruhe: KfK, 1991, S. 60-66
- [28] SCHUPFNER, R.; SCHÜTTELKOPF, H.; MÜLLER, A.; Bodenkonzentrationen und Boden-Pflanzen-Transferfaktoren natürlicher Radionuklide aus der Thoriumzerfallsreihe in einem Gebiet mit hohem Thoriumgehalt des Bodens. Jacobs, H. [Hrsg.] Strahlenschutz für Mensch und Umwelt - 25 Jahre Fachverband für Strahlenschutz : Proc. der Jubiläumstagung des Fachverbandes für Strahlenschutz, Aachen, 30. September - 3.Oktober 1991; Köln: Verl. TÜV Rheinland, 1991, S. 229-34, FS-91-55-T
- [29] URBAN, M.; Ausbildung auf dem Gebiet des Strahlenschutzes in der Bundesrepublik Deutschland. Narrog, J. [Hrsg.] Gemeinsam für den Strahlenschutz : Seminar, Berlin, 19.-20. Oktober 1990; Würenlingen: Fachverband für Strahlenschutz, 1990, FS-90-53-T, S. 292-97

- [30] URBAN, M.; Karlsruher passive Radondosimeter - ein in mehr als 10jähriger Praxis erprobtes und bewährtes Dosimetriesystem. Voelkle, H. [Hrsg.] Messung von Radon und Radon-Folgeprodukten: Kolloquium, Berlin, 6.-7. Mai 1991; Köln: Verlag TÜV Rheinland, 1991, S. 53-56, FS-91-56-T
- [31] URBAN, M.; BECKER, R.; Schutz der Umwelt auf dem Gelände des Kernforschungszentrums. Umweltforschung - Umwelttechnik; Karlsruhe : KfK, 1991, S. 91-95
- [32] WINTER, M.; Die Immissionsüberwachung kerntechnischer Anlagen. Narrog, J. [Hrsg.] Gemeinsam für den Strahlenschutz : Seminar, Berlin, 19.-20. Oktober 1990; Würenlingen: Fachverband für Strahlenschutz, 1990, FS-90-53-T, S. 78-94
- [33] WINTER, M.; Der Arbeitskreis Umweltüberwachung im Fachverband für Strahlenschutz e. V. Jacobs, H. [Hrsg.] Strahlenschutz für Mensch und Umwelt - 25 Jahre Fachverband für Strahlenschutz: Proc. der Jubiläumstagung des Fachverbandes für Strahlenschutz, Aachen, 30. September - 3. Oktober 1991; Köln: Verl. TÜV Rheinland, 1991, S. 149-55, FS-91-55-T
- 8.2 Vorträge, die noch nicht gedruckt vorliegen
- [34] AVENHAUS, R.; SPANNAGEL, G.; Analysis of accountancy data of the tritium laboratory Karlsruhe. 4th Topical Meeting on Tritium Technology in Fission, Fusion and Isotopic Applications, Albuquerque, N.M., September 29 - October 4, 1991
- [35] BURGESS, P.H.; MARSHALL, T.O.; PIESCH, E.; The design of ionisation chambers for the measurement of weakly penetrating radiations. Radiological Protection Aspects of Skin Irradiation, Workshop of the European Radiation Dosimetry Group, Dublin, IRL, May 13-15, 1991
- [36] BURGHARDT, B.; PIESCH, E.; AL-JARALLAH, M.I.; Neutron dose equivalent rate meter on the basis of the single sphere albedo technique. 7th Symp. on Neutron Dosimetry, Berlin, October 14-18, 1991
- [37] KNEDLITSCHKE, G.; ANDERER, U.; DERTINGER, H.; Radial profiles of cAMP and proliferation in spheroids of cells with different capability for gap-junctional communication. Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Zellbiologie, Göttingen, 3.-8. März 1991
- [38] KNEDLITSCHKE, G.; ANDERER, U.; WEIBEZAHN, K.F.; DERTINGER, H.; Control of cell proliferation in spheroids: the role of cAMP and intercellular communication. 4th Internat. Workshop on Spheroid Research, Orillia, CDN, July 2-5, 1991
- [39] PIESCH, E.; Progress in the field of phosphate glass dosimetry. 23rd Symp. on Radiation Protection Physics, Gaussig, April 8-12, 1991
- [40] PIESCH, E.; BURGHARDT, B.; GOLDBACH, S.; VILGIS, M.; The effect of secondary electrons on the photon energy response of TL and TSEE detectors used for beta and photon dosimetry. Radiological Protection Aspects of Skin Irradiation, Workshop of the European Radiation Dosimetry Group, Dublin, IRL, May 13-15, 1991

- [41] PIESCH, E.; BURGHARDT, B.; VILGIS, M.; Properties of track etched and albedo neutron dosimeters on the basis of intercomparison results. 7th Symp. on Neutron Dosimetry, Berlin, October 14-18, 1991
- [42] PIMPL, M.; Increasing the sensitivity of Pu-241-determination for emission- and immission-control of nuclear installations by aid of liquid scintillation counting. Internat. Topical Conf. on Methods and Applications of Radioanalytical Chemistry II (MARC II), Kona, Hawaii, April 21-27, 1991
- [43] PIMPL, M.; YOO, B.; YORDANOVA, I.; Optimization of a radioanalytical procedure for the determination of uranium isotopes in environmental samples. Internat. Topical Conf. on Methods and Applications of Radioanalytical Chemistry II (MARC II), Kona, Hawaii, April 21-27, 1991
- [44] SCHMITZ, J.; FRITSCH, R.; Radon impact at underground workplaces in Germany (W). 5th Internat. Symp. on the Natural Radiation Environment, Salzburg, A, September 22-28, 1991
- [45] SCHMITZ, J.; FRITSCH, R.; Radiation exposure of staff in German (W) balneotherapy. Internat. Workshop on Radium, Uranium, Thorium, and Related Nuclides in Industry and Medicine: History and Current Uses, Badgastein, A, October 1-3, 1991
- [46] SPANNAGEL, G.; GIERSZEWSKI, P.; Dynamic tritium inventory of an ITER fuel cycle with lithium salt solution blanket. 2nd Internat. Symp. on Fusion Nuclear Technology, Karlsruhe, June 2-7, 1991
- [47] STEIN, J.C.; WEIBEZAHN, K.F.; DERTINGER, H.; The action of retinoic acid upon gap-junctional communications, cAMP and cell proliferation in cultured FL-spheroids. Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Zellbiologie, Göttingen, 3.-8. März 1991
- [48] URBAN, M.; SCHMITZ, J.; Radon and radon-daughters metrology: basic aspects. 5th Internat. Symp. on the Natural Radiation Environment, Salzburg, A, September 22-28, 1991
- [49] URBAN, M.; SCHMITZ, J.; KIEFER, H.; The evaluation of long term radon expansion from large sources using passive integrating radon monitors. 5th Internat. Symp. on the Natural Radiation Environment, Salzburg, A, September 22-28, 1991
- [50] WALSER, B.; WILDEBOER, B.; WEIBEZAHN, K.F.; DERTINGER, H.; Metabolic properties of adult rat hepatocytes cultured as multicellular spheroids. Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Zellbiologie, Göttingen, 3.-8. März 1991
- [51] WICKE, A.; Eintrittspfade von Radon in Häusern. Fortbildungsseminar für Bausachverständige "Radonmessung und Radonschutz bei der Bausanierung", Johanngeorgenstadt, 28.-29. Oktober 1991
- [52] WICKE, A.; Wirksamkeit baulicher Maßnahmen zur Reduzierung der Radonkonzentration in Häusern. Fortbildungsseminar für Bausachverständige "Radonmessung und Radonschutz bei der Bausanierung", Johanngeorgenstadt, 28.-29. Oktober 1991



Legende



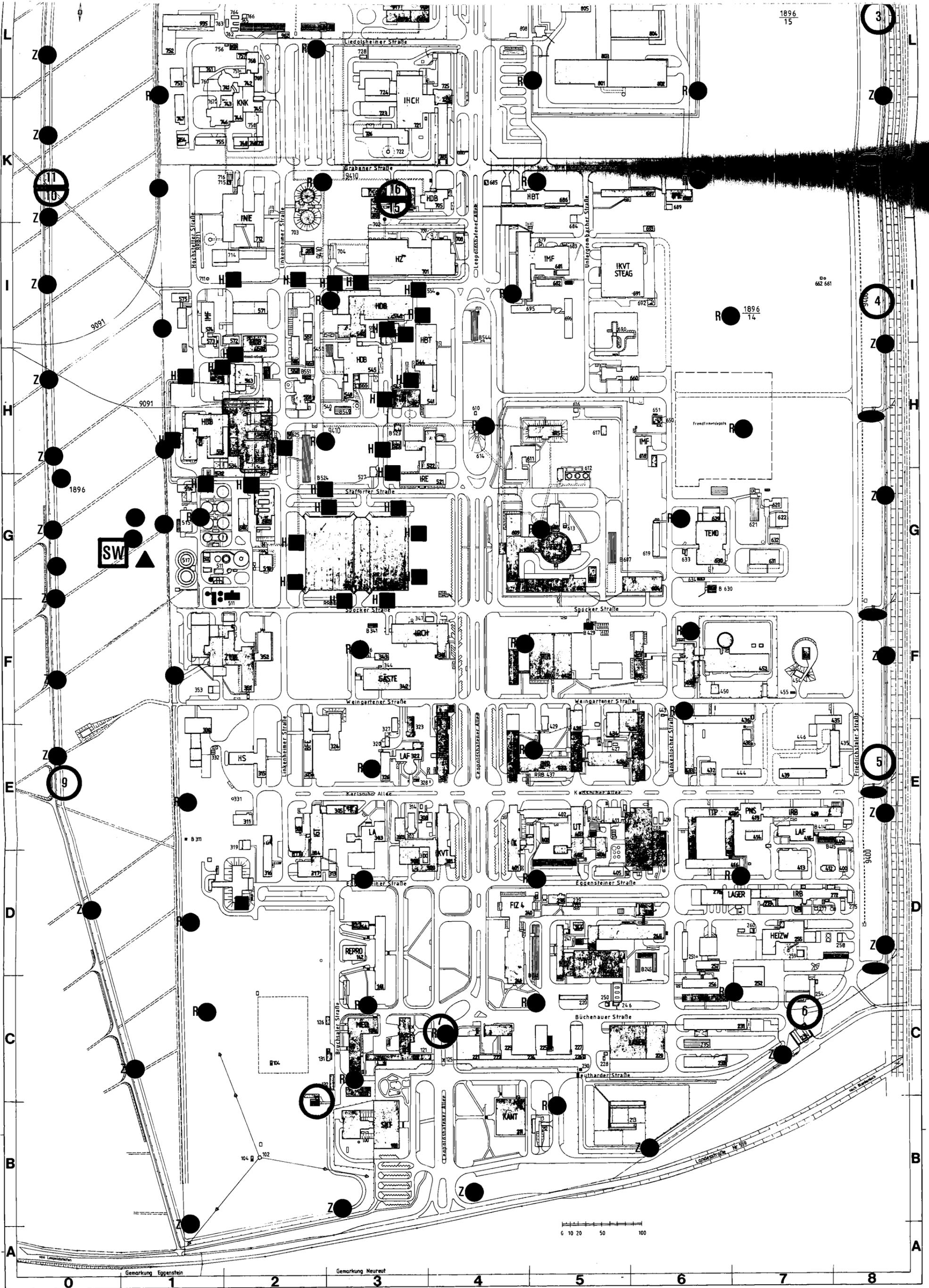
Ausschnitt aus der topographischen Karte L 69 16, Karlsruhe-Nord; mit Genehmigung des Landesvermessungsamtes Baden-Württemberg

Bearbeitungsstand Dezember 1991

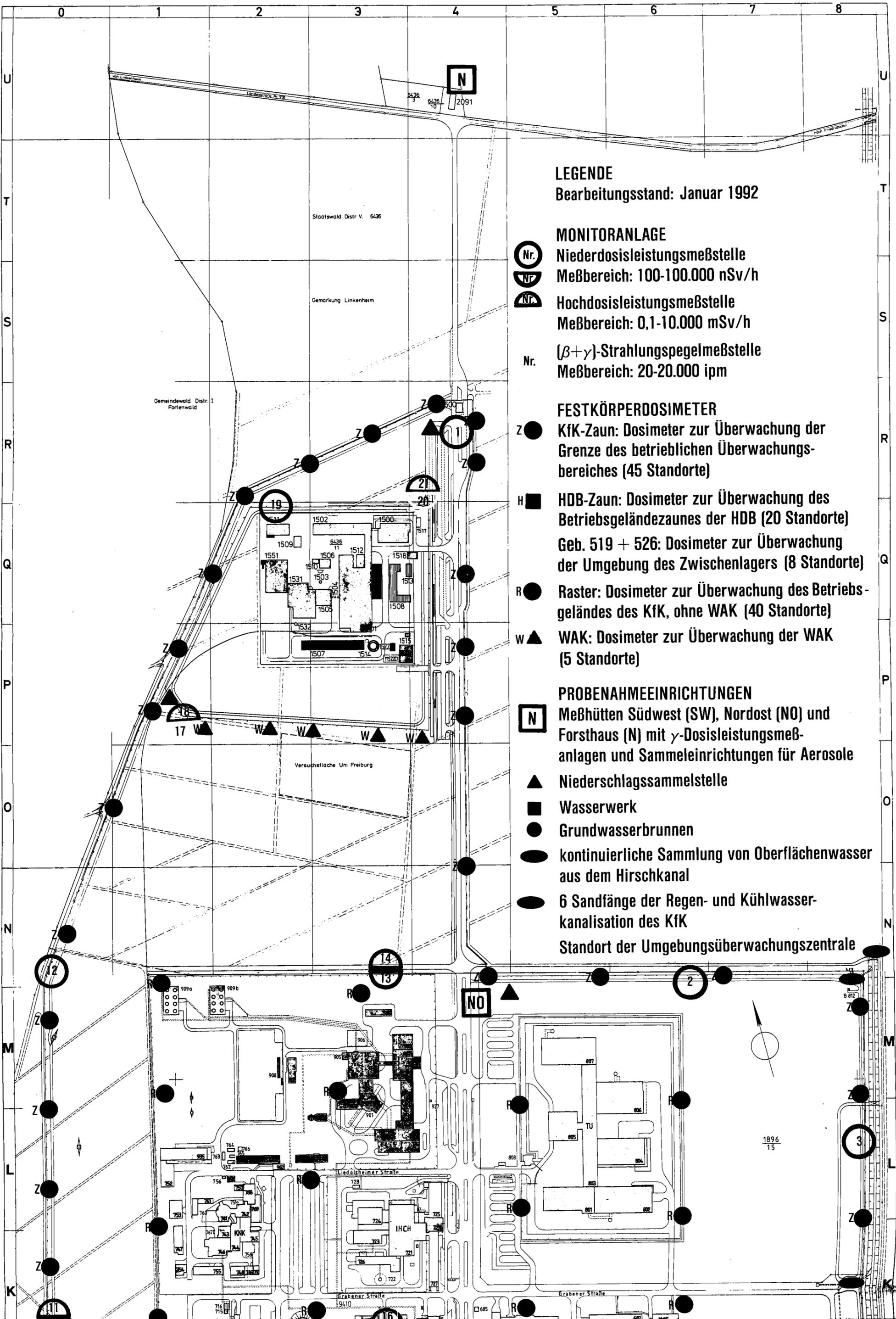
- | | | | | | | | | | |
|--|---------------------|--|--|--|-------------------|--|---|--|------------------------------|
| | Außenstation | | Trinkwasser (Wasserwerke) | | Oberflächenwasser | | Vorflutkanal der Abwässer des KfK zum Altrhein | | Boden |
| | Festkörperdosimeter | | Grundwasser (Brunnen) | | Schlamm | | Verlauf der als Vorfluter dienenden Oberflächengewässer | | Landwirtschaftliche Produkte |
| | Aerosole | | Grundwasser (Eigenwasserversorgung) | | Fisch | | | | Hauptausbreitungssektoren |
| | | | kontinuierliche Probenahme von Oberflächenwasser | | | | | | |

Lageplan Nr. 1 der Meß- und Probennahmestellen zur Umgebungsüberwachung des Kernforschungszentrums Karlsruhe





Lageplan Nr. 2: Meßstellen und Probenahmeeinrichtungen innerhalb des betrieblichen Überwachungsbereiches des Kernforschungszentrums Karlsruhe



LEGENDE

Bearbeitungsstand: Januar 1992

MONITORANLAGE

-  Niederdosisleistungsmeßstelle
Meßbereich: 100-100.000 nSv/h
-  Hochdosisleistungsmeßstelle
Meßbereich: 0,1-10.000 mSv/h
-  $[\beta+\gamma]$ -Strahlungspegelmeßstelle
Meßbereich: 20-20.000 ipm

FESTKÖRPERDOSIMETER

-  KfK-Zaun: Dosimeter zur Überwachung der Grenze des betrieblichen Überwachungsbereiches (45 Standorte)
-  HDB-Zaun: Dosimeter zur Überwachung des Betriebsgeländezaunes der HDB (20 Standorte)
-  Geb. 519 + 526: Dosimeter zur Überwachung der Umgebung des Zwischenlagers (8 Standorte)
-  Raster: Dosimeter zur Überwachung des Betriebsgeländes des KfK, ohne WAK (40 Standorte)
-  WAK: Dosimeter zur Überwachung der WAK (5 Standorte)

PROBENAHMEEINRICHTUNGEN

-  Meßhütten Südwest (SW), Nordost (NO) und Forsthaus (N) mit γ -Dosisleistungsmeßanlagen und Sammeleinrichtungen für Aerosole
-  Niederschlagssammelstelle
-  Wasserwerk
-  Grundwasserbrunnen
-  kontinuierliche Sammlung von Oberflächenwasser aus dem Hirschkanal
-  6 Sandfänge der Regen- und Kühlwasserkanalisation des KfK
-  Standort der Umgebungsüberwachungszentrale

1896
15