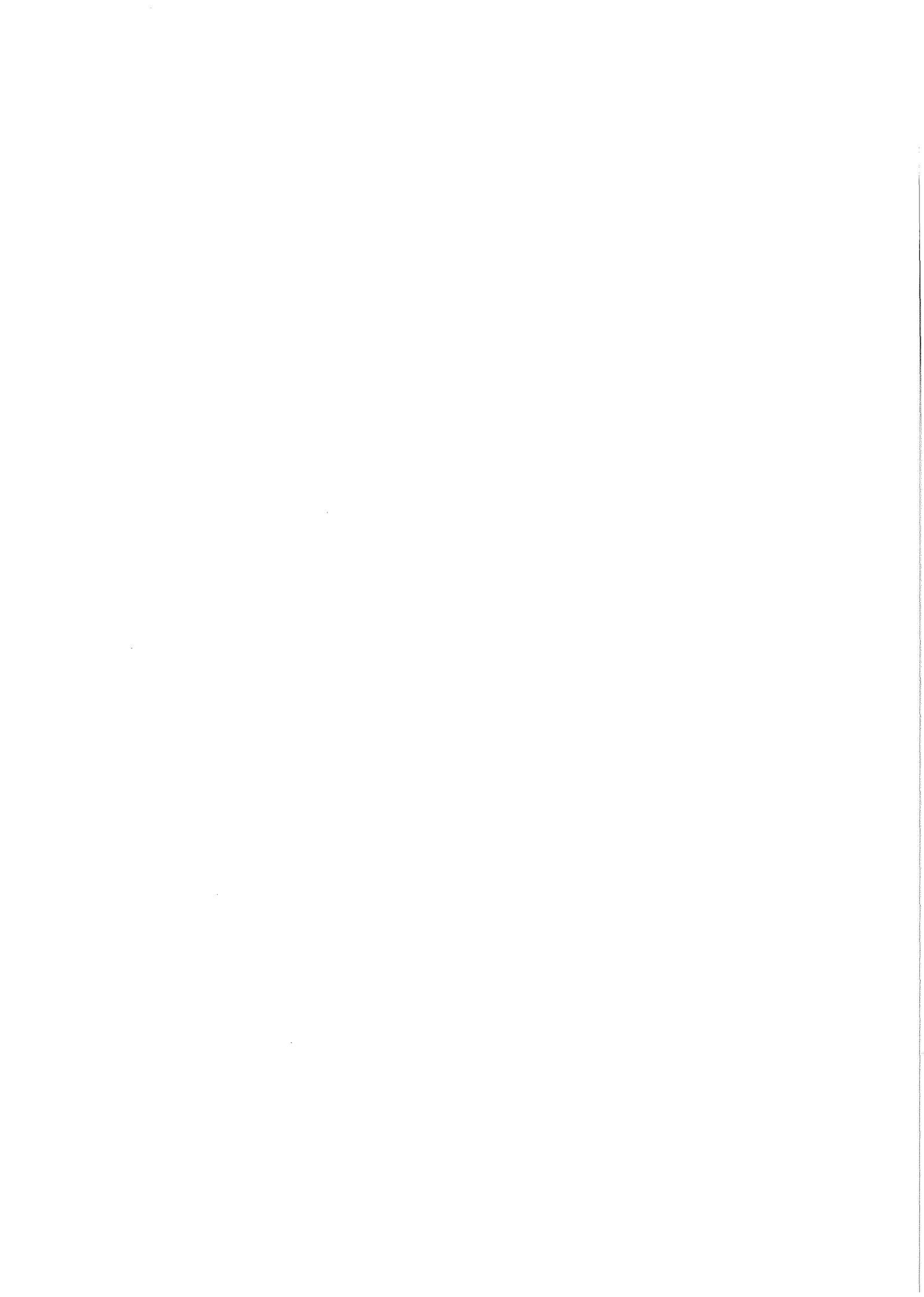


KfK 5130
Mai 1993

Jahresbericht 1992 der Hauptabteilung Sicherheit

Redaktion:
W. Koelzer
Hauptabteilung Sicherheit

Kernforschungszentrum Karlsruhe



KERNFORSCHUNGSZENTRUM KARLSRUHE
Hauptabteilung Sicherheit

KfK 5130

Jahresbericht 1992
der Hauptabteilung Sicherheit

Redaktion: W. Koelzer

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

Kernforschungszentrum Karlsruhe GmbH, Karlsruhe

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 1992 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 1992 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.	Die Organisation des Strahlenschutzes im KfK und die Aufgaben der Gruppe „Strahlenschutz“	15
2.1.2	Betriebsüberwachung	15
2.1.3	Von HS/AS zentral erfaßte zu „überwachende Personen“ i. S. der StrlSchV	16
2.1.4	Ergebnisse der Personendosisüberwachung	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	Regelmäßige Inkorporationsüberwachung im KfK	19
2.1.6.1	Eigenpersonal	19
2.1.6.2	Fremdfirmenpersonal	20
2.1.7	Neue Genehmigungen zur Beförderung radioaktiver Stoffe	21
2.2	Arbeitsschutz	21
2.2.1	Betriebsüberwachung	21
2.2.2	Unfallgeschehen	22
2.2.3	Arbeitsplatzüberwachung	24
2.2.4	Aus- und Fortbildung	24
2.2.5	Wiederkehrende Prüfungen	25
2.2.6	Umsetzung der Gefahrstoffverordnung	27
2.2.7	Arbeitsschutzausschuß	28
2.3	Kernmaterialüberwachung	29
2.3.1	Zentrale Buchhaltung zur Erfassung und Meldung von Kernmaterial	29
2.3.2	Aufsichtsbesuche durch Euratom und IAEO	30
2.3.3	Zentrale Buchhaltung zur Erfassung und Meldung „sonstiger radioaktiver Stoffe“	30
2.3.4	Kontrolle der genehmigten Umgangsmengen radioaktiver Stoffe	32
2.3.5	Überwachung der Einhaltung von Grenzwerten für „gemessenen Abfall“	32
2.4	Einsatzleitung und Einsatzplanung	33
2.4.1	Aufgaben	33
2.4.2	Statistik und Analyse der EvD-Einsätze	34
2.4.3	Meldepflichtige Ereignisse	36
2.4.4	Übungen der Einsatzdienste	36
2.5	Werkfeuerwehr	37

2.5.1	Ausbildung	37
2.5.2	Feuerwehrtechnische Aufgaben	38
2.5.3	Atemschutzzentrale	39
2.6	Abfallwirtschaft	39
2.6.1	Entsorgung von nachweispflichtigen Abfällen	39
2.7	Kontrollstelle WAK	41
2.7.1	Zielsetzung der KfK-Kontrollstelle	41
2.7.2	Aufgaben der Kontrollstelle	41
2.7.3	Planung, Vorbereitung und Durchführung der Kontrollen	42
2.8	Rechnernetzwerk	42
3	Sicherung	47
3.1	Objektsicherung	47
3.1.1	Objektsicherungsdienst	47
3.1.2	Alarmzentrale	47
3.1.3	Güterkontrolle	47
3.1.4	Diensthundestaffel	49
3.2	Technische Sicherungssysteme	49
3.3	Ermittlungsdienst	49
3.4	Verkehrsdienst	51
3.5	Schließwesen	52
3.6	Personelle und administrative Sicherungsfragen	52
3.6.1	Personensicherheitsüberprüfung	52
3.6.2	Ausweisbüro	52
3.6.3	Empfangsdienst	52
4	Strahlenschutzüberwachung	53
4.1	Arbeitsplatzüberwachung im Kernforschungszentrum Karlsruhe	55
4.1.1	Personendosimetrie mit Taschenionisationskammern	55
4.1.2	Oberflächenkontaminationen	57
4.1.3	Raumluftaktivitäten	59
4.2	Summendosen durch externe Exposition	60
4.3	Strahlenschutzmeßlabor	61
4.4	Transporte radioaktiver Stoffe	64
4.5	Programmpflege und -neuentwicklung	64
4.6	Praktische Erfahrungen beim Betrieb der Freimeßanlage	65
4.7	Dichtheitsprüfungen	68
4.8	Strahlenpaßstelle	68

5	Umweltschutz	71
5.1	Fortluftüberwachung	72
5.1.1	Ableitung radioaktiver Stoffe mit der Fortluft 1992	75
5.1.2	Ableitung nichtradioaktiver Stoffe mit der Fortluft 1992	82
5.1.2.1	Verbrennungsanlagen der Hauptabteilung Dekontaminationsbetriebe	82
5.1.2.2	Versuchsanlage TAMARA	83
5.1.3	Strahlenexposition in der Umgebung durch die mit der Fortluft abgeleiteten radioaktiven Stoffe 1992	84
5.1.3.1	Berechnungsgrundlagen	84
5.1.3.2	Meteorologische Daten	85
5.1.3.3	Ausbreitung und Ablagerung	85
5.1.3.4	Rechenprogramme	86
5.1.3.5	Einteilung der radioaktiven Emissionen in Nuklidgruppen und Einzelnuclide	86
5.1.4	Berechnung der Strahlenexposition in der Umgebung bei hypothetischen, störfallbedingten Radioaktivitätsfreisetzungen mit der Fortluft im Rahmen atomrechtlicher Genehmigungsverfahren	93
5.2	Abwasserüberwachung	94
5.2.1	Ableitung radioaktiver Stoffe mit dem Abwasser 1992	98
5.2.2	Ableitung nichtradioaktiver Stoffe mit dem Abwasser 1992	100
5.2.3	Strahlenexposition in der Umgebung durch die mit dem Abwasser abgeleiteten radioaktiven Stoffe 1992	102
5.3	Umgebungsüberwachung	104
5.3.1	Ergebnisse der Routineüberwachung 1992	106
5.3.2	Ergänzende Überwachungsmaßnahmen	110
5.3.3	Tritiumkonzentrationen in landwirtschaftlichen Produkten	112
5.4	Spektrometrie und chemische Analytik	113
5.4.1	Spektrometrische Untersuchungen	113
5.4.2	Ermittlung von Dichtekorrekturfaktoren für hochauflösende Gammaspektrometrie	114
5.4.3	Untersuchungen zur α -Spektrometrie mittels Flüssigszintillationsmeßtechnik	116
5.4.4	Radiochemische Arbeiten	118
5.4.5	Aktinidenableitungen mit der Fortluft der WAK 1992	120
5.4.6	Plutonium- und Strontiumableitungen mit dem Abwasser des KfK 1992	121
5.4.7	Chemisches Verfahren zur Bestimmung von C-14 und S-35 in Abwasserproben des KfK	123

6.	Dosimetrie	
6.1	Amtliche Personendosimetrie	125
6.1.1	Photolumineszenzdosimetrie	126
6.1.2	Thermolumineszenzdosimetrie	128
6.1.3	Sonstige Personen- und Ortsdosimeter	128
6.1.4	Bauartprüfungen und Vergleichsbestrahlungen	129
6.2	Photonendosimetrie	129
6.2.1	Bauartzulassung und Routineeinführung des Flachglasdosimetriesystems	129
6.2.2	Erster Einsatz des Flachglasdosimeters innerhalb der Routineüberwachung	131
6.2.3	Ansprechvermögen von LiF-Thermolumineszenzdosimetern für Strahlenfelder in der Röntgendiagnostik	134
6.3	Neutronendosimetrie	135
6.3.1	Neu-Bestimmung des Kalibrierfaktors von Albedoneutronendosimetern unter Berücksichtigung der Ergebnisse für Bestrahlungen am Plattenphantom	135
6.3.2	Neutronenvergleichsmessung in Streustrahlungsfeldern unter Zugrundelegung von Neutronenfluenzspektren	137
6.3.3	Verbesserung des Neutronenansprechvermögens und der unteren Nachweisgrenze von Makrofol-Kernspurätzdetektoren	139
6.3.4	Verringerung der Untergrundspuren von Makrofol-Kernspurätzdetektor durch Vortemperierung	140
6.3.5	Definition der unteren Nachweisgrenze von Kernspurätzdetektoren	142
6.3.6	Gesinterte Thermolumineszenzdetektoren mit dünnsschichtig aufgetragenem ⁶ LiF zur verbesserten Photonendiskriminierung beim Neutronennachweis	143
6.3.7	Untersuchung der α -Empfindlichkeit von LiF-Thermolumineszenzdetektoren	143
6.4	Strahlenexposition durch Radon-Zerfallsprodukte	144
6.4.1	Messungen in untertägigen Arbeitsbereichen	144
6.4.2	Messungen in übertägigen Einrichtungen	146
6.4.3	Qualitätssicherung und Optimierung von Radondetektoren	148
6.4.4	Verbesserung des α -Ansprechvermögens von Makrofol-Kernspurätzdetektoren	151
6.5	Inkorporationsmessung	154
6.5.1	Routine- und Sondermessungen	154
6.5.2	Cs-137-Referenzmessungen	157
6.5.3	Die direkte interne Dosimetrie - ein neuer Weg zur Bestimmung der effektiven Äquivalentdosis bei Inkorporation von gammastrahlenden Radionukliden	160
6.5.4	Vergleichende Nulleffekt-Messungen mit Phoswich- und NaI(Tl)-Detektoren bei KfK und JRC	166
6.5.5	Zur in-vivo Messung von Thorium	170

6.5.6	Aufbau und Kalibrierung eines Detektorsystems zur in vivo-Messung von Pb-210 im Schädel	174
6.6	Strahlenschutzmeßtechnik	177
6.6.1	Aufgaben	177
6.6.2	Wartung und Reparatur	178
6.6.3	Routinekalibrierung	179
6.6.4	Amtliche Eichabfertigungsstelle	179
7	Biophysik und Ökologie	181
7.1	Zelluläre Wirkungen langsam veränderlicher elektromagnetischer Felder	181
7.2	Regulation der Zellproliferation in multizellulären Sphäroiden: Veränderungen der interzellulären Kommunikation und der DNA-Synthese-Rate durch Retinsäure	185
7.3	Verhalten von Tritium im System Luft-Pflanze-Boden	186
7.3.1	Translokation von OBT in Pflanzen	186
7.4	Untersuchung des Boden-Pflanzentransfers biologisch wirksamer Schadstoffe	189
7.4.1	Elektrofilterstäube der Müllverbrennung	189
7.4.2	Iod-Experimente	190
7.4.3	Der Transfer Boden-Bodenwasser	190
7.4.4	Sanfte Bodendekontamination	190
8	Veröffentlichungen	193
8.1	Veröffentlichungen, die gedruckt vorliegen	193
8.2	Vorträge, die noch nicht gedruckt vorliegen	195



Verzeichnis der Abkürzungen

BFE	Bundesforschungsanstalt für Ernährung
BfS	Bundesamt für Strahlenschutz
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 Karlsruhe, Gesellschaft für wissenschaftlich-technische Information mbH
FR2	Forschungsreaktor 2
FTU	Fortbildungszentrum für Technik und Umwelt
GGVS	Gefahrgutverordnung Straße
HBAU	Hauptabteilung Bauwesen
HBK	Hauptabteilung Bibliotheks- und Kommunikationdienste
HBT	Hauptabteilung Betriebstechnik
HBT/FT	Hauptabteilung Betriebstechnik/Hauptwerkstatt
HBT/IH	Hauptabteilung Betriebstechnik/Instandhaltung
HBT/VB	Hauptabteilung Betriebstechnik/Versorgungsbetriebe
HDB	Hauptabteilung Dekontaminationsbetriebe
HIT	Hauptabteilung Ingenieurtechnik
HIT/QS	Hauptabteilung Ingenieurtechnik/Qualitätssicherung
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
IAEO	Internationale Atomenergie-Organisation
IGT	Institut für Genetik und für Toxikologie von Spaltstoffen

IHCh	Institut für Heiße Chemie
IK	Institut für Kernphysik
IMF	Institut für Material- und Festkörperforschung
INE	Institut für Nukleare Entsorgungstechnik
INFP	Institut für Nukleare Festkörperphysik
INR	Institut für Neutronenphysik und Reaktortechnik
IRCh	Institut für Radiochemie
IRS	Institut für Reaktorsicherheit
ITP	Institut für Technische Physik
KAZ	Kompaktzyklotron
KBG	Kernkraftwerk-Betriebsgesellschaft mbH, Leopoldshafen
KfK	Kernforschungszentrum Karlsruhe
KHG	Kerntechnische Hilfsdienst GmbH, Leopoldshafen
KIZ	Karlsruher Isochronzyklotron
KNK	Kompakte Natriumgekühlte Kernreaktoranlage
KTA	Kerntechnischer Ausschuß
LAF	Laboratorium für Aerosolphysik und Filtertechnik
LAW	Low Activity Waste
LfU	Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg, Karlsruhe
LIT	Laboratorium für Isotopentechnik
MAW	Medium Activity Waste
MED	Medizinische Abteilung
OBT	Organisch gebundenes Tritium
PBA	Projektbereich Anlagen
PTB	Physikalisch-Technische Bundesanstalt
RöV	Röntgenverordnung
RVO	Reichsversicherungsordnung
SSB	Strahlenschutzbeauftragter
StrlSchV	Strahlenschutzverordnung
TAMARA	Testanlage zur Müllverbrennung, Abgasreinigung, Rückstandsverwertung und Abwasserbehandlung
TEKO	Technikumshalle zur Komponentenerprobung
TL	Thermolumineszenz
TLD	Thermolumineszenzdosimeter
TRGS	Technische Regeln für Gefahrstoffe
TU	Europäisches Institut für Transurane
UM	Umweltministerium Baden-Württemberg
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 dieser Arbeiten sind: Boden-Pflanzen-Transfer biologisch besonders wirksamer Schadstoffe, Biophysik multizellulärer 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 31.12.1992 waren in der Hauptabteilung Sicherheit 24 Akademiker, 44 Ingenieure, 231,5 technische und administrative Mitarbeiter, 1 Gastwissenschaftler, 1 Doktorand 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.

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 Depositionsrate 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.

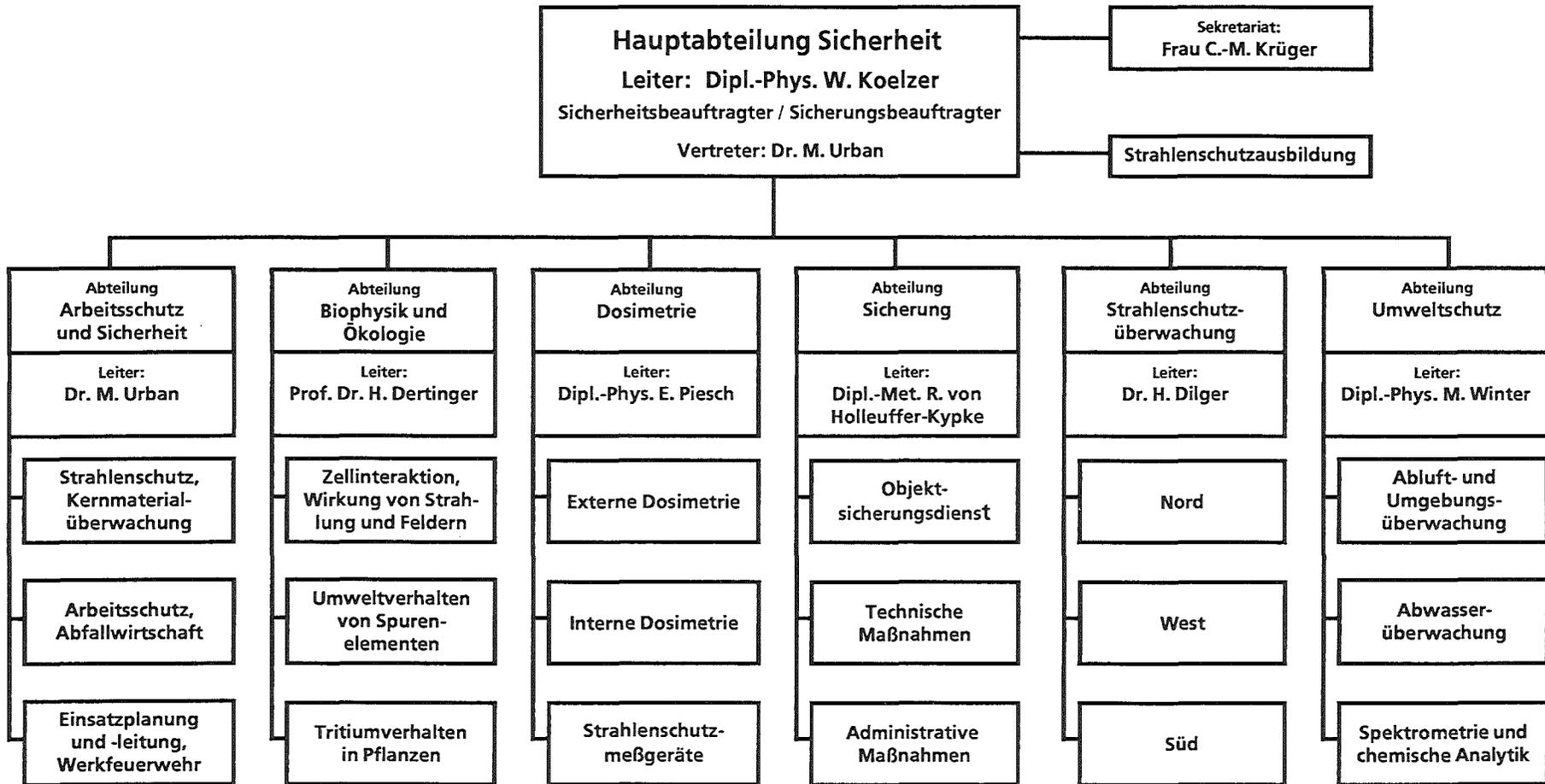
Die Mitarbeiter der Strahlenschutzüberwachung überwachen den Materialtransport aus den Kontrollbereichen in den betrieblichen Überwachungsbereich des Kernforschungszentrums und aus dem Gelände des Kernforschungszentrums hinaus. Sie ermitteln, ob die von den Verordnungen vorgegebenen Grenzwerte für die 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.



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 24 graduated staff members, 44 engineers and 231.5 other staff members, 1 foreign guest scientist, 1 candidate 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.

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.

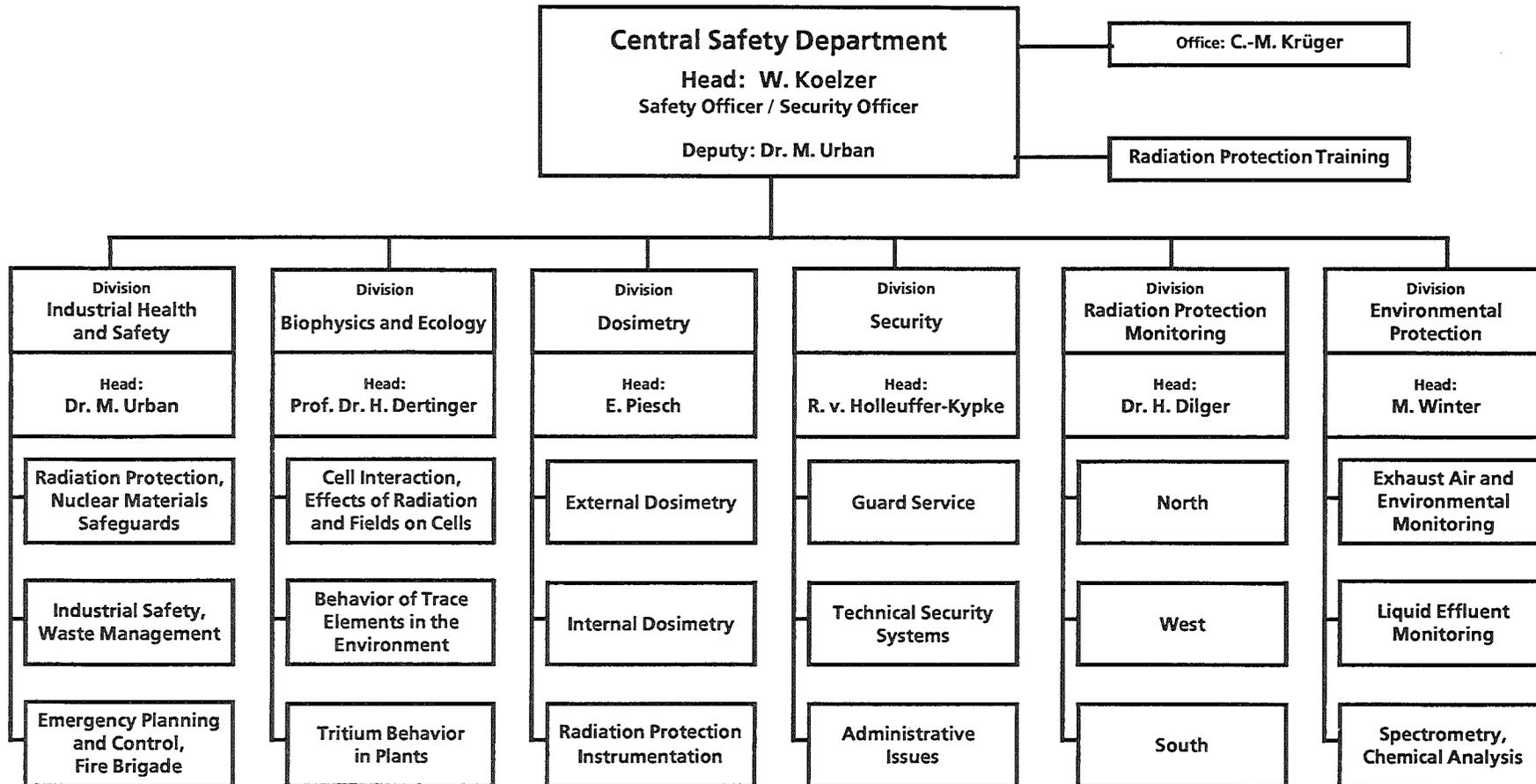
"Environmental Protection"

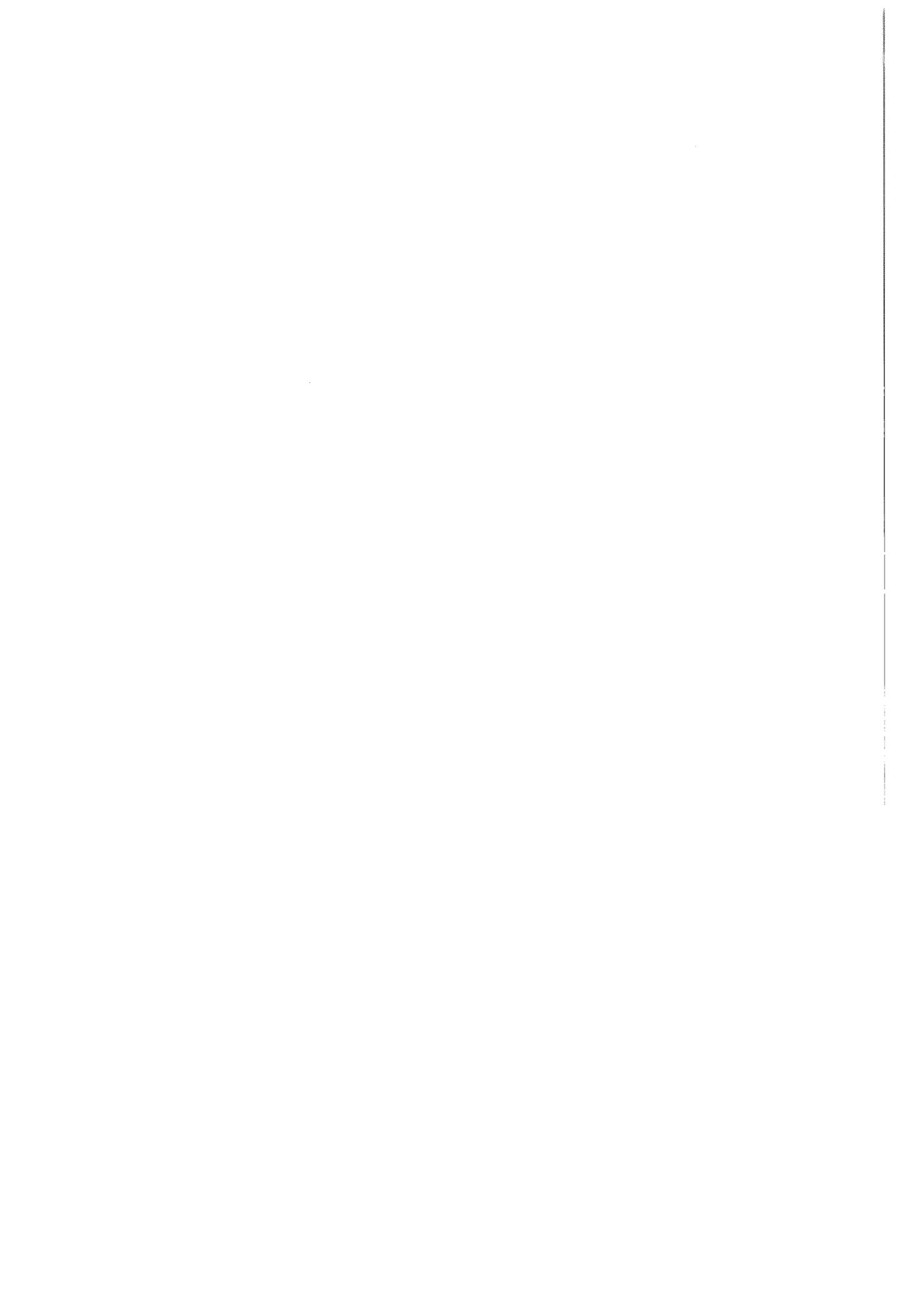
The functions of the Environmental Protection Division consist in monitoring the radioactive substances emitted together with gaseous and liquid effluents from nuclear facilities and institutes of the Karlsruhe Nuclear Research Center as well as monitoring its environmental impact. It is the objective 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, 1992





2 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 Notfallschutzes. 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 Arbeitsgruppe „Strahlenschutz“ führt die Bestellungen der Funktionsträger im Strahlenschutz 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 personenbezogenen Strahlenschutzdaten der beruflich exponierten Personen und verfolgt die Termine für Strahlenschutzbelehrungen und arbeitsmedizinische Untersuchungen. Sie schafft die Voraussetzungen für den Einsatz von Fremdfirmenpersonal bei KfK GmbH (Abgrenzungsverträge gem. § 20 StrlSchV) und für den Einsatz von KfK-Mitarbeitern in fremden Anlagen durch Ausstellen und Führen von Strahlenspässen.

Die Arbeitsgruppe „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 Arbeitsgruppe „Kernmaterialüberwachung“ obliegt die zentrale Buchhaltung für KfK zur Erfassung und Überwachung von Kernmaterial und sonstigen radioaktiven Stoffen. Sie erstattet alle Bestandsänderungs- und Bilanzberichte für KfK. Sie bereitet die Inspektionen und Inventuren durch Euratom vor und begleitet die Inspektoren von Euratom und IAE0 bei deren Aufsichtsbesuchen im KfK.

Die Arbeitsgruppe „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.

Zur Wahrnehmung der KfK-Aufsichtspflichten bei den Stilllegungsarbeiten der Wiederaufarbeitungsanlage Karlsruhe Betriebsgesellschaft mbH wurde eine „Kontrollstelle“ neu eingerichtet. Sie hat kontrollierende Funktion auf den Gebieten Anlagensicherheit, Strahlenschutz und Entsorgung radioaktiver Abfälle.

Abteilungsleitung

Strahlenschutz	Arbeitsschutz	Kernmaterial- überwachung	Einsatzleitung, Einsatz- planung, Werkfeuerwehr	Inkorporationsverfahren
<p>1. Umsetzen und Kontrollieren strahlenschutzrechtlicher Bestimmungen (StrlSchV/RöV)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Bestellen der Strahlenschutzbeauftragten - Aktualisieren des internen Regelwerkes - KfK-Melderegelung - Beratung, Information - Strahlenschutzbegehungen - Behördenkontakte <p>2. Betreuung der Fremdfirmen</p> <ul style="list-style-type: none"> - Abgrenzungsverträge - Kontaktstelle seitens KfK - Dosismitteilungen und Korrespondenz - Datenbank <p>3. Personendosisregister</p> <ul style="list-style-type: none"> - Strahlenpässe, KfK-Personal <p>4. Terminüberwachung</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 - Softwarepflege - Anwendungsprogrammierung 	<p>1. Umsetzen und Kontrollieren arbeitsschutz- und unfallverhütungsrechtlicher Bestimmungen</p> <ul style="list-style-type: none"> - Bestellwesen - Aktualisieren des internen Regelwerkes - Beratungen, Informationen - Arbeitsplatzbegehungen einschl. Messungen - Behördenkontakte <p>2. Baulicher Brandschutz</p> <p>3. Umsetzen der Gefahrstoff-Verordnung</p> <ul style="list-style-type: none"> - Gefahrstoffdatenbank - Arbeitsplatzanalysen - Betriebsanweisungen <p>4. Wiederkehrende Prüfungen</p> <ul style="list-style-type: none"> - Prüflisten - Terminüberwachung - Dokumentation <p>5. Terminüberwachung</p> <ul style="list-style-type: none"> - medizinische Vorsorgeuntersuchungen 	<p>1. Umsetzen und Kontrollieren der kernmaterialspezifischen Bestimmungen</p> <ul style="list-style-type: none"> - Aktualisieren des internen Regelwerkes - Beratungen, Informationen <p>2. Kernmaterialbuchführung und Dokumentation</p> <p>3. Behördenkontakte</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 - Einsatz- und Anschlußpläne - Brandbekämpfungspläne - Katastropheneinsatzpläne <p>2. Betreuung der EvD-Ausrüstung</p> <p>3. Betreuung der Einsatztrupps</p> <p>4. Werkfeuerwehr</p> <ul style="list-style-type: none"> - Feuerwehrspezifische Aufgaben <ul style="list-style-type: none"> o Einsätze einschl. techn. Hilfe o Warten der Geräte o Schulungen, Weiterbildung o Übungen o Fitneßtraining - Zusatzaufgaben <ul style="list-style-type: none"> o Feuerlöscherprüfungen o Atemschutzzentrale o Fahrradwerkstatt <p style="text-align: center;"><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>
				Kontrollstelle WAK
				<p>1. Auditierung: Vorgaben Betriebshandbuch</p> <ul style="list-style-type: none"> - Strahlenschutzmaßnahmen - Emissionsüberwachung - Wiederkehrende Prüfungen <p>2. Buch/Bestandsprüfung Kernbrennstoffe, sonst. rad. Stoffe</p> <p>3. Auditierung: Abfallwirtschaft radioaktiver und nicht radioaktiver Stoffe</p>

2.1 Strahlenschutz

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

W. Tachlinski

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

Der Strahlenschutzverantwortliche hat zur Leitung und Beaufsichtigung der atomrechtlich relevanten Tätigkeiten Strahlenschutzbeauftragte zu bestellen. Bei der Bestellung ist sicherzustellen, daß alle sich aus den atomrechtlichen Bestimmungen und der jeweiligen Genehmigung ergebenden Aufgaben mit der erforderlichen Sachkunde abgedeckt sind. Hierbei sind die Aufgaben der Strahlenschutzbeauftragten voneinander abzugrenzen, um Doppelverantwortlichkeiten oder Lücken auszuschließen. Die vielen unterschiedlichen Bereiche des KfK und die ständig erforderlichen Aktualisierungen bedingen einen erheblichen organisatorischen Aufwand. Für KfK sind (nach StrlSchV und RöV) 209 Personen zu Strahlenschutzbeauftragten bestellt, die in 271 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 Strahlenschutzverantwortliche 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 Strahlenschutzbeauftragten berät, die Betriebsstätten begeht und an Aufsichtsbesuchen der Behörden teilnimmt. Sie hält den Strahlenschutzordner in Form einer Loseblattsammlung auf dem neuesten Stand. Dieser Ordner ist eine Arbeitsunterlage für die Strahlenschutzbeauftragten, in der alle wesentlichen Gesetze, Verordnungen, Richtlinien sowie das KfK-interne Regelwerk enthalten sind. Darüber hinaus verwaltet die Gruppe „Strahlenschutz“ das zentrale Dosisregister mit Überwachungsaufgaben (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

W. Tachlinski, I. Hillebrand

Neben der Beratung erfolgt die Betriebsüberwachung, zu der der Strahlenschutzverantwortliche 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 Strahlenschutzbeauftragte 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 1992 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

I. Hillebrand, W. Tachlinski

Nach der Strahlenschutzverordnung unterliegen Personen der Strahlenschutzüberwachung, wenn sie sich in Strahlenschutzbereichen aufhalten. Die Erfassung dieser Personen ist vorrangig die Aufgabe des jeweiligen zuständigen Strahlenschutzbeauftragte 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 routinemäßige Strahlenschutzüberwachung endet mit der Abmeldung durch den zuständigen Strahlenschutzbeauftragten. Die Daten sind 30 Jahre aufzubewahren. Hierzu ist ein umfangreiches „Personenregister“ erforderlich und zu warten. 1992 gab es für ca. 2 800 Personen Überwachungszeiträume, die von einem Tag bis zu einem Jahr variieren können. Personen, die mehrfach an und abgemeldet wurden, also mehrere voneinander getrennte Überwachungszeiträume hatten, sind dabei auch mehrfach gezählt. Von den 3 447 Intervallen entfallen ca. 1 462 auf Fremdfirmenangehörige. Diese große Zahl ergibt sich durch die hohe Fluktuation bei zum Teil sehr kleinen Intervallen.

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 Strahlenschutzbeauftragten und nicht bei HS/AS.

2.1.4 Ergebnisse der Personendosisüberwachung

W. Tachlinski, D. Bosch

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.

Dosisintervall in mSv	<u>Externe Dosis</u>		<u>Neutronendosis</u>
	Häufigkeitsverteilungen der Jahresdosiswerte in %		Häufigkeitsverteilungen der Jahresdosiswerte 1992 in %
	Kategorie A	Kategorie B	alle Überwachten
H = 0,0	60,8	75,9	95,6
H = 0,2	16,5	15,9	1,3
H = 0,4	4,9	4,1	1,6
0,5 < H ≤ 1,0	6,1	2,4	0,3
1,0 < H ≤ 2,0	7,6	1,2	0,6
2,0 < H ≤ 5,0	3,5	0,5	0,6
5,0 < H ≤ 10,0	0,7	0	0
H > 10,0	0	0	0
Anzahl erfaßter Monatsdosiswerte	6 110	12 936	3 354
Jahresmittelwert in mSv	0,38	0,11	0,04
höchste Jahresdosis in mSv	8,7	3,8	2,8

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

Im Jahresmittel waren 510 KfK-Mitarbeiter als beruflich strahlenexponierte Personen der Kategorie A und 1078 KfK-Mitarbeiter als beruflich strahlenexponierte Personen der Kategorie B eingestuft. Die mittlere Strahlenexposition der KfK-Mitarbeiter blieb 1992 unverändert auf dem niedrigen Stand des Vorjahres. 1992 betrug die durchschnittliche Strahlenexposition für beruflich strahlenexponierte Personen der Kategorie A - wie im Vorjahr - 0,4 mSv und die der beruflich strahlenexponierten Personen der Kategorie B - ebenfalls wie im Vorjahr - 0,1 mSv. Sie lag damit für beide Kategorien unter 1 % des Grenzwertes der Strahlenschutzverordnung. Auch die für Einzelpersonen festgestellten höchsten Jahreswerte der Personendosis blieben mit 17 % bei Kategorie A und mit 25 % bei Kategorie B deutlich unter den jeweiligen Jahresgrenzwerten.

Die Summendosis aller beruflich strahlenexponierten KfK-Mitarbeiter betrug im Jahre 1992 insgesamt 313 mSv. Ein Vergleich der für Personen der Kategorie A von der amtlichen Meßstelle ermittelten Dosiswerte mit den mittels Taschenionisationskammern ermittelten Strahlendosen zeigt für letzteres Meßverfahren im Mittel höhere Werte. Daher können die Werte der Tabelle 4/5 auf Seite 61 nicht unmittelbar mit den hier genannten Werten verglichen werden.

2.1.5 Personal in fremden Strahlenschutzbereichen der KfK, § 20 StrlSchV

I. Hillebrand, W. Tachlinski

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 im September 1991 der Standard-Abgrenzungsvertrag des KfK aktualisiert worden war, wurden zum 31.12.1991 alle bestehenden Abgrenzungsverträge gekündigt und der aktualisierte Vertrag den Fremdfirmen angeboten. Zum Jahresende 1992 bestanden mit ca. 200 Fremdfirmen neue Abgrenzungsverträge. Die § 20-Genehmigungen dieser Firmen liegen KfK vor. Halbjährlich oder auf Anforderung werden allen Strahlenschutzbeauftragten sowie einigen Zentralstellen im KfK (EKM, HBAU, Strahlenpaßstelle) Listen zur Verfügung gestellt, aus denen hervorgeht, mit welchen Firmen ein Abgrenzungsvertrag besteht, d. h. welche Firmen ihre beruflich strahlenexponierten Mitarbeiter in Strahlenschutzbereichen des KfK tätig werden lassen dürfen.

Für die im KfK tätigen Fremdfirmenmitarbeiter muß KfK gemäß Abgrenzungsvertrag 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. Werden Fremd-

firmenmitarbeiter in inkorporationsgefährdeten Bereichen tätig, so werden den betroffenen Firmen monatlich die Ergebnisse der Raumluftüberwachung (Aktivitätszufuhr und Dosis) ortsbezogen mitgeteilt. Die Fremdfirmen können anhand dieser Angaben das Erfordernis der regelmäßigen Inkorporationsüberwachung prüfen sowie die individuelle Dosis aus Inhalation unter Berücksichtigung der jeweiligen Aufenthaltsdauer berechnen. Sind Fremdfirmenmitarbeiter in Zwischenfälle verwickelt, die eine Inkorporationsüberwachungsmaßnahme erforderlich machen, wird den Firmen das Ergebnis von HS/AS mitgeteilt.

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 Regelmäßige Inkorporationsüberwachung im KfK

I. Hillebrand

Die regelmäßige Inkorporationsüberwachung ist bei Personen erforderlich, die regelmäßig mit offenen radioaktiven Stoffen umgehen und bei denen die maximale inkorporierbare Aktivität pro Jahr größer als 10 % der Grenzwerte der Jahresaktivitätszufuhr sein kann (Anlage IV, Tabelle IV 1-3, Spalten 5 und 6 StrlSchV). Zur Bestimmung der zugeführten Aktivität durch Inkorporation können verschiedene Meßmethoden angewandt werden, z. B. Messung der Raumluftaktivität am Arbeitsplatz oder direkte Messung der Aktivitäten im Körper (Body- oder Lung-Counter) oder Ausscheidungsanalysen.

2.1.6.1 Eigenpersonal

Die überwiegende Anzahl der zur regelmäßigen Inkorporationsüberwachung gemeldeten Mitarbeiter wird auf Transurane überwacht. Bis Ende 1991 wurde die Durchführung der regelmäßigen Inkorporationsüberwachung auf Grundlage der Richtlinie "Physikalische Strahlenschutzkontrolle bei innerer Exposition" von 1978 durchgeführt. Die Untersuchung auf Transurane erforderte einmal monatlich die Abgabe einer Urinprobe. Es wurden Personen mit gleichen Arbeitsbedingungen zu Inkorporationsüberwachungsgruppen zusammengefaßt, von denen monatlich mindestens eine Person als Referenzperson eine Urinprobe abgeben mußte. Der gemessene Wert wurde als repräsentativ für die ganze Gruppe betrachtet. Zusätzlich war gefordert, daß das Überwachungsintervall für jede einzelne Person nicht länger als ein Jahr betragen durfte.

Zum 01.01.1992 wurde die regelmäßige Inkorporationsüberwachung auf ein anderes Überwachungsverfahren umgestellt. Das neue Verfahren basiert auf der zur Zeit im Auftrag des Bundesministers für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit erarbeiteten und als Entwurf vorliegenden neuen Richtlinie für die "Physikalische Strahlenschutzkontrolle bei innerer Exposition". Das alte Verfahren war aufgrund erheblich veränderter Tätigkeiten in vielen Einrichtungen des KfK und der sich daraus ergebenden Schwierigkeiten bei der Einrichtung von Inkorporationsüberwachungsgruppen wegen zu geringen Personenzahlen mit gleichen Arbeitsbedingungen nicht mehr optimal anwendbar.

Die Inkorporationsüberwachung auf Transurane stützt sich bei dem neuen Überwachungsmodell maßgeblich auf die regelmäßige Überwachung der Aktivitätskonzentration der Luft am Arbeitsplatz. Außerdem sind pro Jahr zwei Stuhlanalysen zur Überprüfung der durch die Raumluftüberwachung ermittelten Zufuhrwerte durchzuführen. Zusätzlich zu den Forderungen im Richtlinienentwurf werden von KfK einmal jährlich Teilkörpermessungen im Lung-Counter durchgeführt. Das neue Überwachungsverfahren erlaubt eine individuelle Überwachung, ohne auf die Meßwerte einer Referenzperson für eine gesamte Gruppe zurückgreifen zu müssen.

Das Erfordernis einer regelmäßigen Inkorporationsüberwachung wurde für alle Organisationseinheiten des KfK überprüft. Die Inkorporationsüberwachung auf Transurane ist zur Zeit nur noch in Gebäuden der HDB erforderlich. Es werden ca. 90 Personen auf Transurane überwacht. Ergänzend zu der Überwachung auf Transurane ist in verschiedenen Instituten des KfK (HVT/HZ, HVT/TL, IRCh) eine Überwachung auf Tritium erforderlich. Dazu müssen monatlich einmal Urinproben abgegeben werden. Wird beim Umgang mit sonstigen Radionukliden eine regelmäßige Inkorporationsüberwachung erforderlich, so werden das jeweilige Überwachungsverfahren und die Überwachungshäufigkeit individuell festgelegt.

Bei der Durchführung der Inkorporationsüberwachung ist eine enge Zusammenarbeit zwischen den Meßstellen und HS/AS erforderlich. Nachdem HS/AS die betroffenen Personen bei den Meßstellen zur Inkorporationsüberwachung angemeldet hat, wird die Einbestellung zur Untersuchung von den Meßstellen eigenständig durchgeführt. Erfolgte Untersuchungstermine werden HS/AS zur Durchführung der Terminüberwachung mitgeteilt. Bei Überschreitung der vorgegebenen, individuellen Überwachungsintervalle werden die betroffenen Personen von HS/AS im Auftrag des Sicherheitsbeauftragten für den Umgang mit offenen radioaktiven Stoffen gesperrt.

2.1.6.2 Fremdfirmenpersonal

Mit der Umstellung des Überwachungsverfahrens für Transurane hat sich auch im Bereich der Überwachung von Fremdfirmenmitarbeitern Grundlegendes geändert. Bis Ende 1991 wurden alle bei KfK tätigen Fremdfirmenmitarbeiter bezüglich der regelmäßigen Inkorporationsüberwachung wie Eigenpersonal behandelt. Lag das Erfordernis zur regelmäßigen Inkorporationsüberwachung vor, wurden diese Fremdfirmenmitarbeiter auf Kosten des KfK überwacht. Nach der neuen Mustergenehmigung für Genehmigungen nach § 20 StrlSchV liegt die Aufgabe der regelmäßigen Inkorporationsüberwachung im Aufgabenbereich der Fremdfirmen. Alle Fremdfirmen wurden von HS/AS auf diesen Sachstand frühzeitig hingewiesen. Die neue Aufgabenverteilung wird auch im KfK-Standardvertrag zur Abgrenzung der Strahlenschutzaufgaben zwischen KfK und Fremdfirma deutlich (s. auch Kap. 2.1.5.1).

Um den Fremdfirmen die Möglichkeit zu geben, die regelmäßige Inkorporationsüberwachung weiterhin von KfK durchführen zu lassen, wurde zum Jahresende 1991 ein Vertrag über die Durchführung der regelmäßigen Inkorporationsüberwachung entworfen. Nach Abschluß des Vertrages wird die regelmäßige Inkorporationsüberwachung von KfK durchgeführt, allerdings auf Kosten der Fremdfirma. Zur Durchführung gehört sowohl die Überprüfung des Erfordernisses der Überwachung und die Festlegung der Inkorporationsüberwachungsart, als auch die Auswertung der entsprechenden Proben, die Terminüberwachung und die Mitteilung der Meßergebnisse an die Fremdfirmen.

2.1.7 Neue Genehmigungen zur Beförderung radioaktiver Stoffe

W. Tachlinski

Die Beförderungsgenehmigung des KfK von 1989 war nach Inkrafttreten der Neufassung der Gefahr-
gutverordnung Straße (GGVS) in vielen Querverweisen nicht mehr konsistent mit dem Verkehrsrecht.
Da die GGVS grundlegende Veränderungen erfahren hatte, konnte die geltende atomrechtliche Beför-
derungsgenehmigung des KfK nicht mehr durch Genehmigungsnachtrag angepaßt werden, sondern
wurde 1991 neu beantragt und im März 1992 neu erteilt.

HS/AS hat die Interessen der KfK-Organisationseinheiten abgeglichen und gebündelt in das Genehmi-
gungsverfahren eingebracht. Nach Erteilung der Genehmigung wurden dann von HS/AS die namentlich
zu bestellenden "verantwortlichen" Personen für die Beförderung radioaktiver Stoffe auflagegemäß be-
stellt. Die nach der Altgenehmigung bestellten "fachkundigen" Personen zur Beförderung radioaktiver
Stoffe wurden entlastet. Soweit die neue verantwortliche Person nicht mit der früheren fachkundigen
Person der jeweiligen Organisationseinheit identisch war, wurden die Fachkundenachweise zusammen-
gestellt und der Behörde gemeinsam mit den Schulungsnachweisen der berechtigten Fahrer vorgelegt.
Allen Betroffenen wurde auch auflagegemäß eine Kopie der Genehmigung und ein ausführliches Merk-
blatt für die Beförderung radioaktiver Stoffe gegen Unterschrift ausgehändigt. Gegenwärtig sind 33 ver-
antwortliche Personen und 6 berechnigte Fahrer bestellt. Im Rahmen des schriftlichen Bestellverfahrens
werden personelle Änderungen von HS/AS auflagegemäß der Aufsichtsbehörde angezeigt.

Um den Übergang zu den Bestimmungen der neuen GGVS und der damit abgestimmte neue Beförde-
rungsgenehmigung zu erleichtern, wurden Lehrgänge für diesen Personenkreis am Fortbildungszen-
trum für Technik und Umwelt initiiert. Die erste Veranstaltung fand 1992 statt, weitere sind für 1993
fest terminiert.

2.2 Arbeitsschutz

2.2.1 Betriebsüberwachung

M. Creutzmann

KfK ist als Arbeitgeber verpflichtet, die Betriebsstätten so einzurichten und die Arbeitsmittel so auszu-
wählen und instandzuhalten, daß die Arbeitnehmer keine Schäden erleiden können und vor Ge-
fährdungen - soweit wie vernünftigerweise machbar - geschützt sind. Die Konkretisierung dieser allge-
meinen 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.

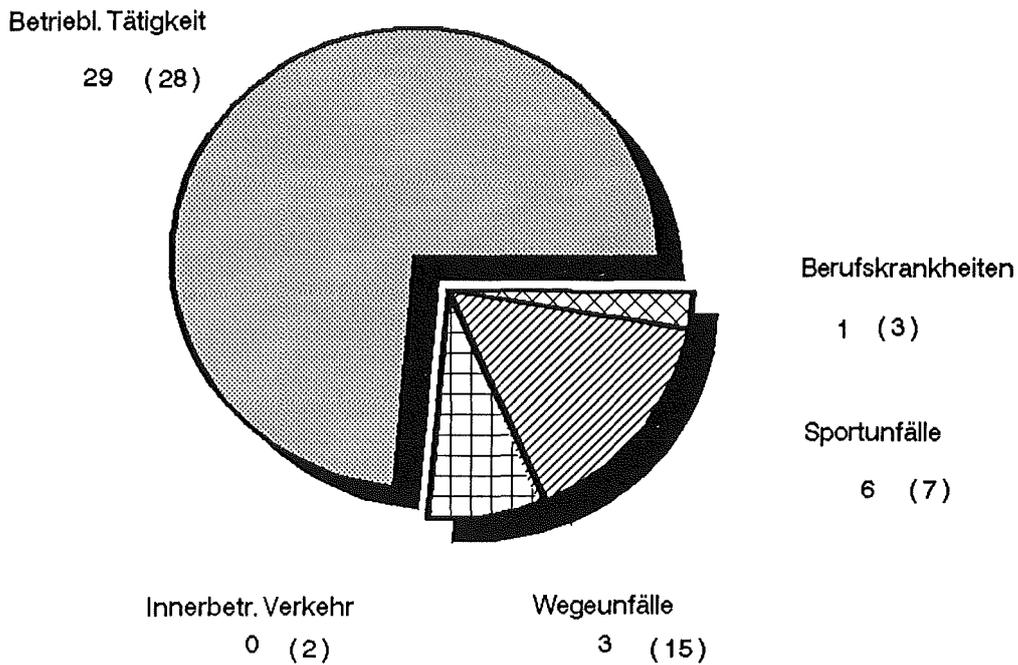
Bei diesen Begehungen arbeiten die Sicherheitsingenieure der Gruppe „Arbeitsschutz“ mit den Verantwortlichen der Organisationseinheiten, den Sicherheitsbeauftragten gem. § 719 der Reichsversicherungsordnung (RVO), dem Betriebsrat und ggf. den Aufsichtsbehörden eng zusammen.

Die Begehungen werden protokolliert und die Beseitigung festgestellter Mängel durch die Verantwortlichen wird überwacht. Bis zum 31.12.1992 erfolgten 86 Betriebsbegehungen und 24 Begehungen von Baustelleneinrichtungen. Dabei festgestellte 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 der Hauptabteilung Bauwesen.

2.2.2 Unfallgeschehen

P. Kaul

Nach § 1552 der Reichsversicherungsordnung besteht die Verpflichtung binnen drei Tagen jeden Arbeitsunfall mit Verletzungen, der bei einem Beschäftigten eine mehr als dreitägige Arbeitsunfähigkeit zur Folge hat, anzuzeigen. 1992 wurden dem zuständigen Versicherungsträger 38 anzeigepflichtige Arbeitsunfälle gemeldet. Abb. 2/1 zeigt die anzeigepflichtigen Arbeitsunfälle, unterteilt nach Unfallarten. Die Gesamtzahl der Arbeitsunfälle hat sich gegenüber dem Jahr 1991 verringert. Als Vergleich sind die anzeigepflichtigen Arbeitsunfälle von 1991 in der Abbildung in Klammer gesetzt. Absolute Unfallzahlen allein können aber noch keinen Hinweis auf die Höhe der Gefährdung und die Schwere der Unfälle geben. Eine Bewertung ermöglicht das Verhältnis zwischen der Zahl der Unfallereignisse und der Zahl der Beschäftigten oder der tatsächlich geleisteten Arbeitsstunden. 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 von Unfallverhütungsmaßnahmen in einem Betrieb. Sie gestattet, mehrere Tätigkeitsbereiche einer Organisationseinheit untereinander, Unternehmen derselben Branche oder anderer Wirtschaftszweige zu vergleichen. Diese allgemein gebräuchlichen Vergleichswerte werden nach den vom Internationalen Arbeitsamt empfohlenen Regeln ermittelt.



Die in Klammer gesetzten Werte beziehen sich auf 1991

Abb. 2/1: Anzeigepflichtige Arbeitsunfälle 1992

Diese statistischen Meßziffern sind für das Unfallgeschehen des KfK im Jahre 1992 in Tab. 2/2 wiedergegeben. Zum Vergleich enthält die Tabelle die Unfallmeßziffern der gewerblichen Wirtschaft für 1991 (Daten für 1992 sind noch nicht verfügbar), die vom Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften veröffentlicht wurden, in Klammern die jeweiligen Vergleichswerte des Vorjahres.

Statistischer Begriff	Definition	Statistische Meßziffer	
		KfK GmbH 1992	gewerbliche Wirtschaft 1991
Meldepflichtige Arbeitsunfälle (Tausend-Mann-Quote)	Zahl der anzeigepflichtigen Arbeitsunfälle (ohne Berücksichtigung der Wege- und Sportunfälle) bezogen auf 1 000 Vollarbeiter	7,3 (7,1)	53,1 (52,1)
Meldepflichtige Wegeunfälle (Tausend-Mann-Quote)	Zahl der anzeigepflichtigen Wegeunfälle bezogen auf 1 000 Vollarbeiter	2,3 (3,6)	5,6 (5,7)

Tab. 2/2: Statistische Daten zum Unfallgeschehen im KfK 1992, Werte des Vorjahres in Klammer

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, Dämpfe und Stäube.

Die Bewertung der Arbeitsplätze ist die Basis für eventuell erforderliche Vorsorgeuntersuchungen der Mitarbeiter, Optimierung des Arbeitsplatzes und der persönlichen Schutzausrüstung. Bis zum 31.12.1992 wurden 40 Arbeitsplatzüberwachungen durchgeführt. Nach der Unfallverhütungsvorschrift des Verbandes der gewerblichen Berufsgenossenschaft (VBG121) kann der Technische Aufsichtsbeamte im Einzelfall anordnen, daß der Unternehmer bei Verdacht vorliegender Lärmgefährdung von Mitarbeitern, den Beurteilungspegel der betroffenen Person fachkundig bestimmen zu lassen. Aus diesem Grund wurde von HS/AS im Berichtsjahr damit begonnen, für jeden zur arbeitsmedizinischen Vorsorgeuntersuchung bezüglich Lärmeinwirkung gemeldeten Mitarbeiter den persönlichen Beurteilungspegel zu bestimmen und die Ergebnisse dem untersuchenden Arbeitsmediziner mitzuteilen.

2.2.4 Aus- und Fortbildung

E. Windbühl

Im Berichtszeitraum wurde die Aus- und Weiterbildung in Arbeits- und Umweltschutzfragen im Fortbildungszentrum für Technik und Umwelt unterstützt. Themenschwerpunkten waren: Betriebliche Abfallwirtschaft, Beauftragte im Umweltschutz, Sicherheitsbeauftragte im allgemeinen sowie in chemisch/technischen Bereichen, vorbeugende bauliche Brandschutzmaßnahmen, Gefahrguttransporte, Aus- und Fortbildung für Kranführer und Gabelstaplerfahrer, Erstprüfung und Instandhaltung von elektrischen Anlagen, Sicherheit auf Baustellen, Gestaltung von Bildschirmarbeitsplätzen.

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 Wiederkehrende Prüfungen

P. Kaul

Zur Gewährleistung der technischen Betriebssicherheit sind bestimmte Anlagegegenstände nach vorgegebenen Zeitintervallen einer Prüfung zu unterziehen. Wiederkehrende Prüfungen sind außerdem durch Auflagen in Genehmigungen und Unfallverhütungsvorschriften festgelegt. Die Aufgabenverteilung und der Informationsfluß bei der Durchführung der wiederkehrenden Prüfungen sind in Abb. 2/2 dargestellt.

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. 2/3 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	1 412	587	825
Lufttechnische Anlagen	582	498	84
Medienversorgung und -Entsorgung	74	4	70
Kommunikationsanlagen	202	32	170
Brandschutzeinrichtungen	4 228	367	3 861
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	13 183	3 962	9 221
in %	100	30	70

Tab. 2/3: Verteilung der erfaßten Prüfobjekte auf Sachgebiete und Prüfgrundlagen (Stand: 31.12.1992)

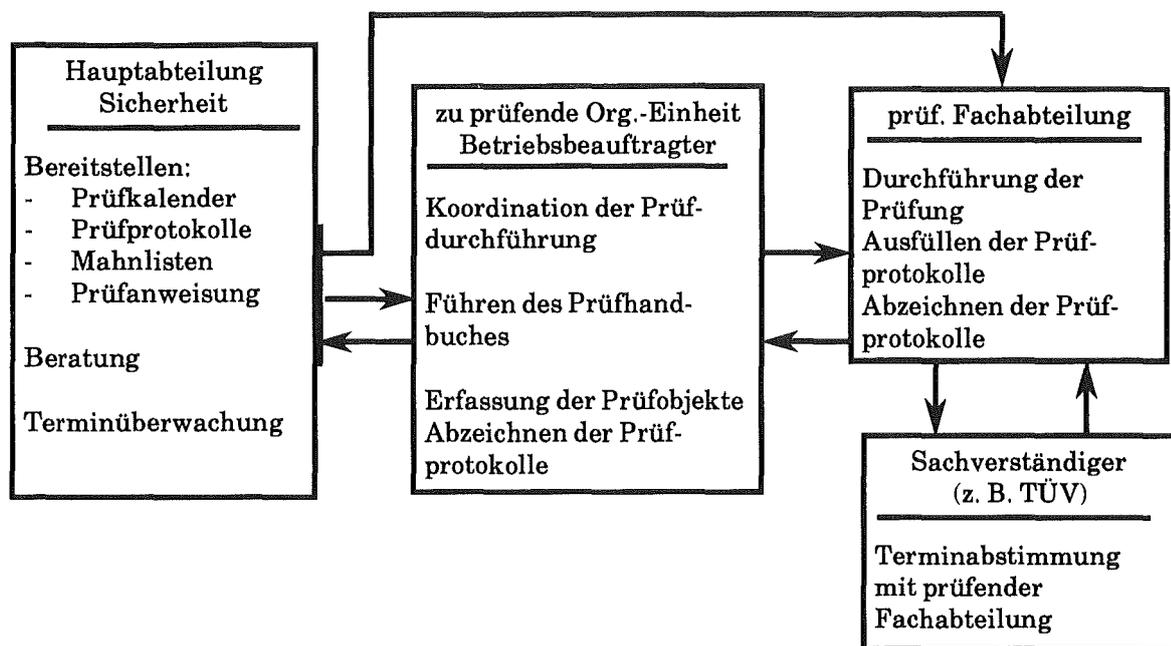


Abb. 2/2: Wiederkehrende Prüfungen, Aufgabenverteilung und Informationsfluß

Eine Reduzierung der Prüfobjekte konnte dadurch erzielt werden, daß nach eingehender Prüfung festgestellt wurde, daß keine Prüfgrundlage (Gewerbeordnung, Genehmigungsaufgaben oder anderer Rechtsverordnungen) bestand. Die Erfassung von Rohrleitungen nach der Druckbehälterverordnung ist abgeschlossen. Die Prüfungen der Anlagen, die prüfpflichtig sind, werden durchgeführt.

Die Tab. 2/4 (Stand: 31.12.1992) zeigt den Anteil der Prüfobjekte aufgeschlüsselt nach Prüfintervallen in Monaten.

Prüfintervall in Monaten	Anteil der Prüfobjekte in %	Anzahl der Prüfobjekte
1	4,7	619
3	12,3	1 614
6	4,5	596
12	50,2	6 619
24	6,5	861
36	1,1	145
48	7,6	1 002
60	7,7	1 021
> 60	5,4	706
Summe	100	13 183

Tab. 2/4: Prüfintervalle, Anteil der Prüfobjekte und Anzahl der Prüfobjekte

2.2.6 Umsetzung der Gefahrstoffverordnung

W. Winkelmann

Schwerpunkte bei der Umsetzung der Gefahrstoffverordnung bildeten in diesem Jahr die Erfassung der Gefahrstoffe am Arbeitsplatz und die Durchführung von Arbeitsbereichsanalysen. Daneben wurde die Basisdatenbank für Sicherheitsdatenblätter ergänzt und die Hilfsdatenbanken für Gefahrstoffgruppen und für Grenz- und Richtwertkonzentrationen von Gefahrstoffen von Grund auf erneuert bzw. aktualisiert.

Aus den im letzten Jahr an einigen ausgewählten Organisationseinheiten durchgeführten arbeitsplatzbezogenen Ermittlungen gewonnenen Erkenntnissen wurden sämtliche Organisationseinheiten Ende Februar mit einem verbesserten Erfassungsbogen zur Auflistung der an den verschiedenen Arbeitsplätzen vorhandenen Chemikalien aufgefordert. Die rücklaufenden Daten wurden in der Folgezeit in das vorhandene Gefahrstoff-Programm übertragen und eine Arbeitsbereichsanalyse durchgeführt.

Bei den zu Forschungszwecken eingesetzten Gefahrstoffen in Laborbereichen kann im Einklang mit der Technischen Regel für Gefahrstoffe, TRGS 451 „Umgang mit Gefahrstoffen im Hochschulbereich“, eine Unterschreitung der Auslöseschwelle unterstellt werden, wenn die Arbeiten mit laborüblichen Kleinmengen, von fachkundigem Personal und alle Arbeitsgänge mit sehr giftigen, giftigen, krebserzeugenden, fruchtschädigenden und erbgutverändernden Stoffen in funktionierenden Abzügen durchgeführt werden. Anstatt nach der Technischen Regel für Gefahrstoffe, TRGS 402 "Ermittlung und Beurteilung der Konzentration gefährlicher Stoffe in der Luft in Arbeitsbereichen", die Gefahrstoffkonzentration am Arbeitsplatz mit z. T. aufwendigen Meßverfahren bestimmen zu müssen, ist dann lediglich eine Überprüfung der Abzüge auf Wirksamkeit nach DIN 12924 Teil 1 erforderlich. Demgegenüber haben in den Infrastrukturbereichen des KfK Arbeitsplatzüberwachungen nach TRGS 402 zu erfolgen.

Bis zum Jahresende waren die Chemikalienbestände an 403 verschiedenen Standorten bzw. Arbeitsplätzen erfaßt. Das sind mehr als 70 % der Arbeitsplätze mit Chemikalienumgang im KfK.

Ziel eines Mitte des Jahres gebildeten Arbeitskreises "Stoffströme, Arbeitssicherheit und Abfallvermeidung" war es, geeignete organisatorische und technische Maßnahmen für das KfK zu erarbeiten, damit

- die Anzahl und Mengen von Gefahrstoffen herabgesetzt,
- die Arbeitssicherheit verbessert,
- gesundheits- und umweltgefährdende Emissionen reduziert,
- möglichst wenig gefährliche Abfälle erzeugt und
- Kosten eingespart werden.

Zur Erreichung dieser Vorgaben sollen folgende Maßnahmen durchgeführt werden:

- Hervorhebung der Anwenderverantwortlichkeit beim Gefahrstoffumgang durch geeignete organisatorische Maßnahmen vor der Bestellung.

- Transparenz in bezug auf
 - die verwendeten Stoffe,
 - die vorhandenen Stoffdaten,
 - die Lagerung und den Durchsatz vor Ort,
 - die Arbeitssicherheit durch Arbeitsbereichsanalysen, Betriebsanweisungen und Arbeitsplatzüberwachungen,
 - den Ersatz gefährlicher Stoffe durch weniger bedenkliche.
- Errichtung einer innerbetrieblichen Reststoff-/Abfallbörse.
- Ermittlung, Bilanzierung und Darstellung der Stoffströme vom Wareneingang über die Organisationseinheiten bis zur Reststoff- /Abfallbeseitigung.
- Integration der verschiedenen EDV-Systeme von Einkauf, Arbeitssicherheit und Abfallwirtschaft unter Gesichtspunkten wie Informationserhaltung, Datenaustausch, Kostenumlage, Ist-Standermittlung und Stoffstromtransparenz.

Hierzu ist geplant, Anfang 1993 einen Modellversuch in KfK-repräsentativen Organisationseinheiten durchzuführen.

2.2.7 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 1992 wurden zahlreiche Einzelfragen behandelt, die von seiten des Betriebsrates, Mitgliedern des Ausschusses oder Mitarbeitern eingebracht wurden.

Themenschwerpunkte waren: Mitbestimmung des Betriebsrates bei der Erstellung von Betriebsanweisungen, Beschaffung von Betriebsanweisungen, Beschaffung von umweltfreundlichen Büromaterialien, Beschaffung von Sicherheitsdatenblätter, Beleuchtung von Parkplätzen, Entwicklung im Strahlenschutz aufgrund neuer Euratom-Grundnormen, Koordination mehrerer Arbeitsgruppen auf einer Baustelle, Information aus dem Bereich der Einsatzdienste, Schutzkleiderordnung, Unfallgeschehen, Auswirkungen des EG-Binnenmarktes auf den Arbeitsschutz, Fahrradwege .

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,
- Bundesausfuhramt, 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. 1992 waren 1 482 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 1992 erfaßten Kernmaterialbewegungen zeigt Tab. 2/5.

Materialkategorie	KfK-intern	KfK-extern	Gesamt
Natururan	50	22	72
abgereichertes Uran	117	57	174
Thorium	10	2	13
angereichertes Uran	116	83	199
Plutonium	198	89	287
Gesamt	491	253	744

Tab. 2/5: Anzahl der Kernmaterialbewegungen 1992, 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 1992 haben die Direktion Sicherheitsüberwachung von Euratom, Luxemburg, und die Internationale Atomenergie-Organisation, Wien, im KfK neun Inventuren und zehn Routineinspektionen in den neun Materialbilanzonen 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 waren 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. Keine der Überprüfungen durch Euratom und IAE0 ergab 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 KfK in bestimmten Zeitintervallen den zuständigen Behörden Gewinnung, Erzeugung, Erwerb und sonstigen Verbleib von radioaktiven Stoffen anzeigen. Diese Meldepflichtung wird zentral für das KfK von der Gruppe „Kernmaterialüberwachung“ wahrgenommen. Hierzu sind entsprechende Meldungen der Strahlenschutzbeauftragten der einzelnen Organisationseinheiten an HS/AS erforderlich. 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 2 994 internen und externen Bestandsänderungen an sonstigen radioaktiven Stoffen durchgeführt. Um die in Tab. 2/6 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	Umweltministerium	Gewerbeaufsichtsamt	Gesamt
Monatsberichte - Erwerb, Erzeugung und Abgabe - Bestand an Schwerwasser - Auslastung von Genehmigungen	12	12	12	12
Halbjahresberichte - Erzeugung radioaktiver Stoffe - Zugang und Bestand an radioaktivem Abfall		2	2	4
Jahresberichte - Bestand an offenen radioaktiven Stoffen - Bestand an umschlossenen radioaktiven Stoffen - Bestand an Schwerwasser		1	1	2
		1	1	2
		1	1	2
Gesamt	12	19	19	50

Tab. 2/6: Umfang der Berichterstattung 1992

Bei den umschlossenen radioaktiven Stoffen ist gemäß § 75 StrlSchV jährlich mindestens eine Dichtheitsprüfung durchzuführen. Die Wiederholungsprüfungen können entfallen oder in größeren Zeitabständen durchgeführt werden, sofern dies nach den „Richtlinien über Prüffristen bei Dichtheitsprüfungen an umschlossenen radioaktiven Stoffen“ (GMBL 1979, S. 120) möglich ist. Wird hiervon Gebrauch gemacht, so ist der Freistellungsgrund in der Jahresmeldung zu vermerken. So kann z. B. in folgenden Fällen auf Wiederholungsprüfungen verzichtet werden:

- bei Strahlern mit einer Aktivität bis zum 100fachen der Freigrenze, wenn sie nicht in Ausübung der Heilkunde Patienten appliziert werden (GMBL 1979, S. 120, Ziff. 6.2.1),
- bei Strahlern, die nur gasförmige radioaktive Stoffe oder radioaktive Stoffe mit Halbwertszeiten bis zu 100 Tagen enthalten (GMBL 1979, S. 120, Ziff. 6.2.2),
- wenn eine Bescheinigung der PTB vorliegt, daß außer der Abnahmeprüfung keine weiteren Dichtheitsprüfungen erforderlich sind (GMBL 1979, S. 120, Ziff. 6.2.3).

Die zur Anfertigung der Jahresmeldung gespeicherten Daten, bilden auch die Grundlage für die Terminüberwachung zu Wiederholungsprüfungen an umschlossenen radioaktiven Stoffen. Sie wird für die KfK GmbH zentral durch HS/AS durchgeführt. Die Wiederholungsprüfungen selbst werden durch HS/Ü entsprechend der speziell dafür erteilten Genehmigung durchgeführt. Die Anzahl der erfaßten umschlossenen radioaktiven Stoffe, aufgeschlüsselt nach prüfpflichtigen und nicht prüfpflichtigen, zeigt Tab. 2/7.

Erfasste Strahler/Präparate	547
davon prüfpflichtig	143
davon nicht prüfpflichtig	
gemäß Ziffer 6.2.1	369
gemäß Ziffer 6.2.2	30
gemäß Ziffer 6.2-3	5

Tab. 2/7: Anzahl der anzeigepflichtigen, umschlossenen radioaktiven Stoffe der KfK (Stand: 31.12.1992)

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. 1992 wurden insgesamt 310 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.

2.3.5 Überwachung der Einhaltung von Grenzwerten für „gemessenen Abfall“

Neben den Bestandsänderungen des Kernmaterials wird von HS/AS auch für alle Materialbilanzzonen die gemessene oder aufgrund von Messungen abgeschätzte Menge an Kernmaterialabfall, der sog. „gemessene Abfall“, überwacht und dokumentiert. Dazu sind in den besonderen Kontrollbestimmungen der Euratom-Kommission für die einzelnen Materialbilanzzonen des KfK Monats- und Jahresgrenzwerte für den gemessenen Abfall in „effektiven Kilogramm“ festgelegt. Bis zu diesen Grenzwerten darf Kernmaterialabfall in nicht rückgewinnbarer Form an das Abfallager des KfK abgegeben werden. Falls gemessener Abfall in Mengen anfällt, die den genehmigten Umfang übersteigen, muß die Kommission darüber im voraus informiert werden.

Die einzelnen Materialbilanzzonen werden monatlich mittels eines Listenausdrucks über die jeweilige Inanspruchnahme ihres genehmigten Abgabekontingents informiert. Im Berichtsjahr fanden 246 mit Lieferscheinen dokumentierte Abgaben von gemessenem Abfall (Kernmaterialabfall) des KfK an das Abfallager statt. Abb.2/3 zeigt ein Beispiel eines Listenausdruckes für eine Materialbilanzzone.

ABGABE VON KERNMATERIAL				30.09.92
***** gemessener Abfall *****				
Ermittlung der effektiven Gramm				
MBZ: WABC				
maximaler Monatswert:		10	eff. Gramm	
maximaler Jahreswert:		120	eff. Gramm	
September 1992				
Datum	Element	Gewicht (in g)	spaltb. Ant. (in g)	eff. Gramm
14.09.92	D	5 204,000	0	0,260
14.09.92	D	4 480,000	0	0,224
24.09.92	D	40 439,000	0	0,002
24.09.92	H	10 268,000	9,750	9,258
====>		Monats-Summe:		9,744
====>		aufgelaufener Jahreswert:		69,103

Abb. 2/3: Listenausdruck für „gemessenen Abfall“

2.4 Einsatzleitung und Einsatzplanung

K. Umstadt

2.4.1 Aufgaben

Die Gruppe "Einsatzleitung, Einsatzplanung, Werkfeuerwehr" hat folgende Aufgaben:

- Umsetzen, Aktualisieren und Kontrollieren der einsatzspezifischen Unterlagen (KfK-Alarmplan, Alarmpläne der Fremdinstitutionen, allgemeine Sicherheitsregelung, KfK-Melderegelung),
- Betreuen und Ausbilden der KfK-Einsatztrupps,
- Aus- und Weiterbildung der Einsatzleiter vom Dienst,

- Aktualisieren der Katastropheneinsatzpläne und Pflege der einsatzspezifischen Software,
- Aktualisieren und Kontrollieren der Brandbekämpfungspläne und der Anschlußpläne,
- Anmelden und Überwachen von Lasereinrichtungen,
- Erledigung feuerwehrspezifischer Aufgaben (Einsätze einschließlich technischer Hilfe, Warten der Atemschutzgeräte, Schulung und Weiterbildung von Mitarbeitern in der Brandbekämpfung, Durchführung von Übungen usw.).
- Im Alarmfall durch den Einsatzleiter vom Dienst (EvD) die verschiedenen Einsatztrupps und sonstige zur Hilfeleistung erforderlichen Mitarbeiter des KfK zusammenzuführen und die betreffenden 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 1992 gingen in der Alarmzentrale über 4 000 Meldungen ein, die registriert und bearbeitet wurden. Hiervon erforderten 235 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,
- Einsätze während der normalen Arbeitszeit (08.00-16.30 Uhr),
- Einsätze außerhalb der Regelarbeitszeit.

Die Ursachen für die EvD-Einsätze waren im Schwerpunkt:

- Feueralarme 67 (davon 57 Fehlalarme),
- Technische Hilfeleistung 63,
- Wasserstörungen 43.

Jahr	1987	1988	1989	1990	1991	1992
Anzahl der Einsätze	310	307	250	219	177	235
Gesamteinsatzzeit in Stunden *	177	194	158	122	115	172
Mittlere Einsatzdauer in Stunden	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,7
Anzahl der Einsätze während der Regelarbeitszeit	118	135	113	93	103	100
Anzahl der Einsätze außerhalb der normalen Arbeitszeit	192	172	137	126	74	135
Alarmübungen	8	12	11	11	9	10

* Bei der Gesamteinsatzzeit wurde nur die Zeit berücksichtigt, in der sich der EvD tatsächlich außerhalb seiner Diensträume befand. Zeiten für die Nachbereitung der Einsätze (Schreiben von Protokollen, Absetzen von Meldungen usw.) wurden nicht gezählt.

Tab. 2/8: EvD-Einsätze 1987 bis 1992

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 durch Schweiß-, Löt- oder Trennarbeiten im Rahmen von Umbaumaßnahmen oder durch Abgase 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 Trennschleifern, Schweißgeräten usw.	19
Technische Störungen	28
Abgase von Pkw, Lkw, Gabelstaplern usw.	6
Sonstiges	4

Tab. 2/9: Ursachen der Feuerfehlalarme

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.

Einsatzschwerpunkt „Wasserstörung“

Als „Wasserstörung“ wurden alle Einsätze eingestuft, bei denen es zum Auslaufen von Wasser kam. Bei ca. 50 % der Einsätze waren die Ursachen für das Auslaufen des Wassers Undichtigkeiten im z. T. überalterten Rohrleitungssystem. Weiterhin führten undichte oder nicht ordnungsgemäß befestigte Schläuche an Versuchsständen zu Wasserstörungen. In einzelnen Fällen waren übervolle Behälter der Grund des Wasseraustritts.

2.4.3 Meldepflichtige Ereignisse

Nach § 36 der Strahlenschutzverordnung ist der Eintritt eines Unfalles, eines Störfalles oder eines sonstigen sicherheitstechnisch bedeutsamen Ereignisses unverzüglich der atomrechtlichen Aufsichtsbehörde anzuzeigen. Die Vorgehensweise zur Unterrichtung der atomrechtlichen Genehmigungs- und Aufsichtsbehörden über Vorkommnisse im Kernforschungszentrum Karlsruhe sind in der Melderegelung (Fassung vom 01.11.1992) festgelegt.

Im Jahre 1992 wurden den Aufsichtsbehörden elf sicherheitstechnisch bedeutsame Ereignisse gemeldet. Bei diesen Ereignissen handelte es sich überwiegend um Störungen bzw. Ausfälle von Lüftungsanlagen oder Fortluftmeßstellen. Die technischen Mängel konnten jeweils innerhalb von wenigen Minuten behoben werden. 19 Vorkommnisse, die von besonderem Interesse für das Umweltministerium Baden-Württemberg als atomrechtliche Aufsichtsbehörde sind, wurden an die zuständigen Stellen übermittelt.

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.

Diese Einsatztrupps setzen sich wie folgt zusammen:

Absperrrupp	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 sieben Alarmübungen mit, die von anderen Institutionen (Europäisches Institut für Transurane, Kernkraftwerk-Betriebsgesellschaft mbH, Kerntechnische Hilfsdienst GmbH und Wiederaufarbeitungsanlage Karlsruhe GmbH) 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 Einsatztruppe und das Betriebspersonal der betroffenen Institute in die Übungen mit einbezogen.

2.5 Werkfeuerwehr

K. Umstadt, A.-F. Joß

Zum vorbeugenden Brandschutz, zur aktiven Brandbekämpfung sowie zur Behebung sonstiger akuter Notsituationen unterhält das KfK eine Werkfeuerwehr. Die Personalstärke beträgt 24 Mitarbeiter. 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. Sollte die Mannschaftsstärke der Werkfeuerwehr nicht ausreichen, wird sie durch den Feuerwehrtrupp unterstützt. Er besteht vorwiegend aus Mitarbeitern, die in den Versorgungsbetrieben und Werkstätten der Hauptabteilung Betriebstechnik tätig sind.

2.5.1 Ausbildung

1992 wurde die Ausbildung der Feuerwehrleute weiter fortgesetzt. Tab. 2/10 gibt die Anzahl der im einzelnen absolvierten Kurse wieder. Einen Schwerpunkt bildete dabei die Aus- und Weiterbildung der Gefahrgutfahrer und der Umgang mit gefährlichen Stoffen. In Verbindung mit diesem Themenkomplex wurde auch die Aus- und Weiterbildung am Gerätewagen „Gefahrgut“ intensiviert. Für weitere 22 Fortbildungsmaßnahmen sind Mitarbeiter der Werkfeuerwehr angemeldet.

Seitens der Feuerwehr wurden insgesamt 44 Übungen gemeinsam mit dem Feuerwehrtrupp durchgeführt. Darüber hinaus führte die Feuerwehr 20 Atemschutzkurse (als Wiederholungslehrgänge) und 18 Brandschutzkurse durch.

Kursart	Anzahl der Absolventen	Kursart	Anzahl der Absolventen
Truppführer	1	Ausbilder für Sprechfunk	1
Zugführer	1	Ausbilder für Atemschutzgerägeträger	1
Atemschutzgerägeträger	1	Umweltschutz-Grundlehrgang	4
Maschinist für Löschfahrzeuge	2	Sachkundige nach Druckb. VO § 32	3
Maschinist für Drehleitern	2	Sachk. für die Instandhaltung tragbarer Feuerlöscher	2
Sprechfunker	1	Erste Hilfe	24
Gerätewart/Grundlehrgang	4	Gefahrgutfahrer (Wiederh.)	9

Tab. 2/10: 1992 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 1992 werden im einzelnen in Tab. 2/11 wiedergegeben. Neben den feuerwehrspezifischen Tätigkeiten wurden im Berichtsjahr 815 Stunden für Wartungs- und Instandsetzungsarbeiten an den ca. 960 Dienstfahrrädern des KfK aufgebracht.

Geleistete Lösch- und Hilfsdienste	
10	Löscheinsätze
57	Feuerfehlalarme
171	Wassereinsätze und Technische Hilfeleistung
9	Hilfeleistungen bei Verkehrsunfällen
Instandsetzungen, Wartungsarbeiten und wiederkehrende Prüfungen	
3 257	Handfeuerlöscher gewartet und geprüft
230	Wandhydranten gespült
15	Über- und Unterflurhydranten überprüft
Durchgeführte Übungen und Kurse	
10	Alarmübungen
44	Feuerwehrübungen mit dem KfK-Feuerwehrrupp
20	Atemschutzkurse zur Fortbildung im Umgang mit der Maske im leichten und schweren Atemschutz und in der Handhabung der Vollschanzüge
18	Theoretische und praktische Übungen mit Handfeuerlöschern für 216 Mitarbeiter

Tab. 2/11: Leistungsumfang der Werkfeuerwehr 1992

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-Betriebs-Gesellschaft 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. 2/12).

1 1 433	Atemschutzmasken gereinigt, desinfiziert, gewartet und geprüft
280	Preßluftatmer gewartet und geprüft
995	Druckluftflaschen (Volumen bis 50 l) gefüllt
350	Druckluftflaschen dem TÜV zur wiederkehrenden Prüfung vorgeführt und gefüllt

Tab. 2/12: Leistungsumfang der Atemschutzzentrale der Werkfeuerwehr 1992

2.6 Abfallwirtschaft

E. Windbühl, E. Linß (R. Buchen GmbH)

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 1992 mit 257 Entsorgungsaktionen 783 Tonnen der angefallenen nachweispflichtigen, inaktiven Sonderabfälle einer ordnungsgemäßen Beseitigung zugeführt werden. Die Einzelmengen dieser Abfallarten sind in Tab. 2/13 aufgelistet. Durch das erweiterte Abfallzwischenlager für inaktive Reststoffe, Geb. 604, war eine kurzfristige Entsorgung bei den einzelnen Organisationseinheiten gewährleistet.

Die Zuordnung und Verbringung bestimmter Reststoffe zu geeigneten Beseitigungsanlagen innerhalb Baden-Württembergs gestaltete sich jedoch weiterhin schwierig. Begründet wird dieser Sachverhalt einerseits durch die begrenzte Aufnahmekapazität der vorhandenen Anlagen, andererseits fehlen in Baden-Württemberg Verbrennungsanlagen bzw. alternative Behandlungsanlagen für Sonderabfälle. Dadurch entstand der Zwang, auf geeignete Anlagen in Bayern und Hessen auszuweichen, die solche Abfallstoffe annehmen und ordnungsgemäß beseitigen können. Entsprechend den Annahmebedingungen der Verbrennungsanlage und der Untertagedeponie bedarf es für bestimmte Abfallarten einer Vorbehandlung bzw. einer differenzierten Trennung einzelner Abfallreststoffe. Für die Umsetzung dieser Vorgaben werden deshalb innerhalb des Abfallzwischenlagers bauliche Veränderungen und eine Erweiterung der technischen Ausrüstung unumgänglich.

Abfallart	Abfallschlüssel-Nr.	Menge
Inhalt von Fettabscheidern	12501	58,7 t
Kesselschlacke	31307	32,2 t
Flugaschen und -stäube	31309	3,5 t
Mineralfaserabfälle	31416	28,7 t
Verbrauchte Ölbinder	31428	0,9 t
Asbestabfälle	31436	39,4 t
Eisenmetallbehältnisse m. schädli. Restin	35106	2,3 t
Trockenbatterien, Trockenzellen	35325	4,8 t
Aluminiumoxid	51305	5,5 t
Anorganische Säuren, Säuregemisch und Beizen	52102	39,1 t
Fixierbäder	52707	1,5 t
Sonstige Konzentrate und Halbkonzentrate	52725	62,9 t
Trafo-, Wärmeträger-, Hydr.öle, pcb-frei	54106	13,3 t
Bohr-, Schneid- und Schleiföle	54109	2,1 t
PCB-haltige Erzeugnisse, Betriebsmittel	54110	31,4 t
Sonstige PCB-haltige Abfälle	54111	1,9 t
Motoren-Getriebeöle	54112	19,3 t
Wachsabfälle	54207	5,1 t
Feste fett- und ölverschmierte Betriebsmittel	54209	8,1 t
Bohr- und Schleifölemulsionen	54402	7,8 t
Sonstige Öl-Wassergemische	54408	7,0 t
Öl- und Benzinabscheiderinhalte	54702	125,3 t
Schlamm aus Tankreinigung und Faßwäsche	54704	3,7 t
Lösemittelgemische, halogenhaltig	55220	5,1 t
Ethylenglykole	55303	3,7 t
Lösemittelgemische, halogenfrei	55370	4,5 t
Kunststoffbehältnisse m. schädli. Rest	57127	5,0 t
Sonstige ausgehärtete Kunststoffabfälle	57129	3,0 t
Laborchemikalienreste, organisch	59302	1,1 t
Laborchemikalienreste, anorganisch	59303	4,1 t
Mit Chemikalien verunreinigte Betriebsmittel	59304	0,3 t
Küchen- und Kantinenabfälle	91202	35,0 t
Baustellenabfälle	91206	92,1 t
Straßenkehrsicht	91501	17,4 t
Faulschlamm	94502	106,8 t
	Summe:	782,6 t

Tab. 2/13: Nachweispflichtige Abfallstoffe 1992

Die Zuständigkeit für die Abfallwirtschaft nicht radioaktiver Stoffe hat sich am 01.04.92 geändert. Der Bereich der operativen Abfallbehandlung ging in die Verantwortung der Hauptabteilung Dekontaminationsbetriebe über. Dem Betriebsbeauftragten für Abfall obliegen die Aufgaben der Beratung, Regelung und Überwachung der Abfallströme, Meldestelle für anstehende Entsorgungen, Verwaltung und Pflege der Entsorgungs- und Verwertungsnachweise, Erfassung abgabepflichtiger Abfallstoffe, sowie die Dokumentation der überwachungsbedürftigen und nachweispflichtigen Entsorgungsaktionen.

2.7 Kontrollstelle WAK

K.-D. Gosslar

2.7.1 Zielsetzung der KfK-Kontrollstelle

Um ihrer Verantwortung bei der Stilllegung der Wiederaufarbeitungsanlage Karlsruhe (WAK) gerecht zu werden, hat KfK als Eigentümer und Genehmigungsmitinhaber der WAK eine Kontrollstelle eingerichtet, die ihre überwachende Funktion in Wahrnehmung spezifischer Strahlenschutz- und Sicherheitsaufgaben für den Bereich WAK im Rahmen der Sicherheitsorganisation des KfK ausübt. Schwerpunktmäßige Prüfungen haben zum Ziel, Mängel aufzuzeigen und Maßnahmen vorzuschlagen, die zur Erhaltung und Verbesserung der Anlagensicherheit führen. Die neu eingerichtete KfK-Kontrollstelle WAK hat ihre Tätigkeit bei HS/AS zum 01.10.1992 aufgenommen. Nach anfänglicher Einarbeitungsphase in die verfahrenstechnischen und organisatorischen Abläufe der Anlage WAK, liegt der Schwerpunkt der Arbeiten zunächst in der Erstellung eines detaillierten Prüfprogrammes, das die zu kontrollierenden Bereiche der WAK während der verschiedenen Stilllegungsphasen optimal abdeckt und durch dessen Durchführung eine Einhaltung der Sicherheitsbestimmungen ausreichend gewährleistet wird.

2.7.2 Aufgaben der Kontrollstelle

Im einzelnen besteht die Aufgabe der Kontrollstelle in der Durchführung stichprobenartiger Kontrollen der WAK-Maßnahmen zur Einhaltung der Auflagen aus Genehmigungsbescheiden, Verordnungen und Gesetzen sowie zur Gewährleistung eines sicheren Anlagenbetriebs.

Dies betrifft z. B. folgende Maßnahmen:

- Überprüfung der Einhaltung der im Betriebshandbuch beschriebenen Vorgaben, insbesondere:
 - Beachtung von Sicherheitsaspekten und Auflagen;
 - Durchführung von Belehrungen von Eigen- und Fremdpersonal;
 - physikalische Strahlenschutzüberwachung und -kontrolle, sowie Durchführung ärztlicher Untersuchungen gemäß Strahlenschutzverordnung;
- Überprüfung der Emissionsüberwachung, hierzu gehört auch die Kontrolle durch Veranlassung von Nachmessungen;
- Überprüfung der Durchführung von Wiederkehrenden Prüfungen an sicherheitstechnisch wichtigen Systemen.
- Überprüfung der Buchführung und Bestandsprüfung von Kernbrennstoffen und sonstigen radioaktiven Stoffen;
- Überprüfung der Deklaration von radioaktiven Reststoffen und Abfällen sowie die Einhaltung der Annahmebedingungen der Hauptabteilung Dekontaminationsbetriebe unter Berücksichtigung einschlägiger Regelwerke.

2.7.3 Planung, Vorbereitung und Durchführung der Kontrollen

Die Kontrollen werden, soweit möglich, vierteljährlich vorausgeplant, wobei Prüfgegenstände und -umfänge festgelegt werden. Jedoch können aufgrund spezieller Ereignisabläufe besondere nicht in der Planung berücksichtigte und durchzuführende Kontrollmaßnahmen notwendig werden.

Spezielle, der Vorbereitung dienende Unterlagen, werden auf Anforderung von der WAK BGmbH der Kontrollstelle zur Verfügung gestellt.

Hierzu zählen insbesondere

- Protokolle betriebsinterner Aufzeichnungen und nach BHB festgelegten Routinebesprechungen;
- Auszüge aus der Buchhaltung von Kernbrennstoffen und sonstigen radioaktiven Stoffen;
- Strahlenschutzzeichnungen;
- Dosisregister, Aufzeichnungen der Ergebnisse von Inkorporationsmessungen und der strahlenschutzärztlichen Befunde;
- alle meldepflichtigen Ereignisse.

Zur Durchführung der Kontrollmaßnahmen können, falls erforderlich, über den Leiter der Hauptabteilung Sicherheit weitere Dienste der Hauptabteilung Sicherheit (z. B. Strahlenschutzüberwachung, Umweltschutz, Dosimetrie, Meldestelle für Erfassung von Kernbrennstoffen) sowie der Hauptabteilung Dekontaminationsbetriebe zur Unterstützung herangezogen werden.

2.8 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. Die Anwendungsprogramme werden auf Personalcomputern im Netzbetrieb benutzt. Die Verfügbarkeit des Netzwerkes betrug für die Benutzer während der Regelarbeitszeit (8.00 h - 16.30 h) über 95 %, wobei in den 5 % Ausfallzeit auch geplante Abschaltungen für die Systemverwaltung enthalten sind. Die arbeitszeitunabhängige Verfügbarkeit des Systems betrug 96 %. Die geringere Verfügbarkeit in diesem Jahr wurde im Januar und Februar durch Probleme mit der Netzwerksoftware und durch eine zerstörte Server-Festplatte verursacht. In den anderen zehn Monaten lag die Systemverfügbarkeit bei 99 %. Durch das umfangreiche Backup- und Datensicherungssystem konnten die zu Jahresbeginn aufgetretenen Probleme ohne Datenverlust überwunden werden.

Im HS/AS Netzwerk sind die in Abb. 2/4 beschriebenen Verbindungen realisiert. 1992 ergaben sich gegenüber der Beschreibung im Jahresbericht 1991 nur kleine Veränderungen. Die Anwendungssoftware wurde 1992 im wesentlichen in ihrer Funktionalität verbessert und ergänzt. Dominierend waren dabei

die erforderlichen Anpassungen wegen der Umgestaltung der Inkorporationsüberwachung (siehe Kap. 2.1.6). Einen Überblick über die wichtigsten Anwendungssachgebiete der EDV-Programme zeigt Abb. 2/5.

Das Programm "Beauftragtenverwaltung" wurde als einzige größere Anwendung vollkommen neu programmiert. Dadurch wurden die bisher getrennten Datenbestände der Strahlenschutzbeauftragungen und die der sonstigen Beauftragungen vereinigt, um Dateninkonsistenzen künftig zu vermeiden. Mit dem neuen Programm kann eine beliebige Zahl von Beauftragtenarten in einer Definitionsdatenbank festgelegt und verwaltet werden. Änderungen sind jederzeit per Funktion möglich und bedürfen keiner weiteren Programmänderung. Der Name "Beauftragtenverwaltung" ist beibehalten worden, obwohl die neue Programmform auch die Verwaltung beliebiger anderer Personengruppen zulässt, z. B. Inhaber bestimmter Regelwerke.

Zur Bearbeitung der Beauftragtendaten wurden mehrere Benutzergruppen mit unterschiedlichen Zugriffsrechten eingerichtet. Änderungsrechte besitzen die Mitarbeiter der einzelnen HS/AS Gruppen, jeweils für die von dieser Arbeitsgruppe angelegten Beauftragtenarten. Dadurch ist die Verantwortung für die Pflege des Datenbestandes eindeutig. Leserechte besitzen alle autorisierten HS/AS Mitarbeiter, denen dadurch die vielfältigen Funktionen der Datenausgabe zur Verfügung stehen. Es lassen sich Listen nach unterschiedlichen Auswahl- und Sortierkriterien am Bildschirm oder auf Laserdrucker erzeugen. Für Serienbrieferzeugung können die Auswahllisten direkt als aktuelle MS-Word Steuerdatei gespeichert werden und zur Versendung von Hauspost können Etiketten mit dem "KfK-Anschriften" eines zusammengestellten Adressatenkreises gedruckt werden. Einen Überblick über den derzeitigen Stand der Beauftragungen gibt Tab. 2/14.

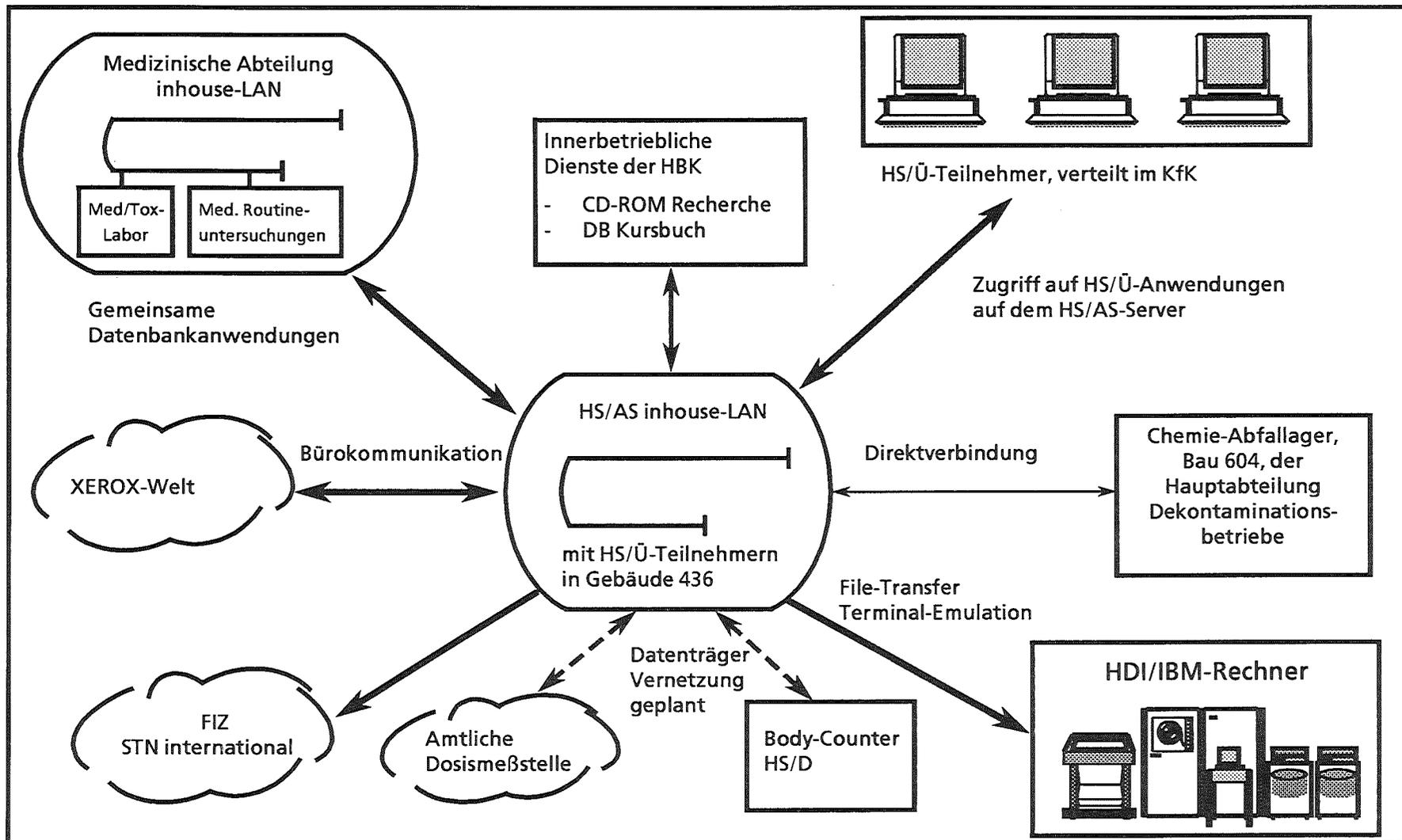


Abb. 2/4: Kommunikation der HS/AS im KfK-LAN

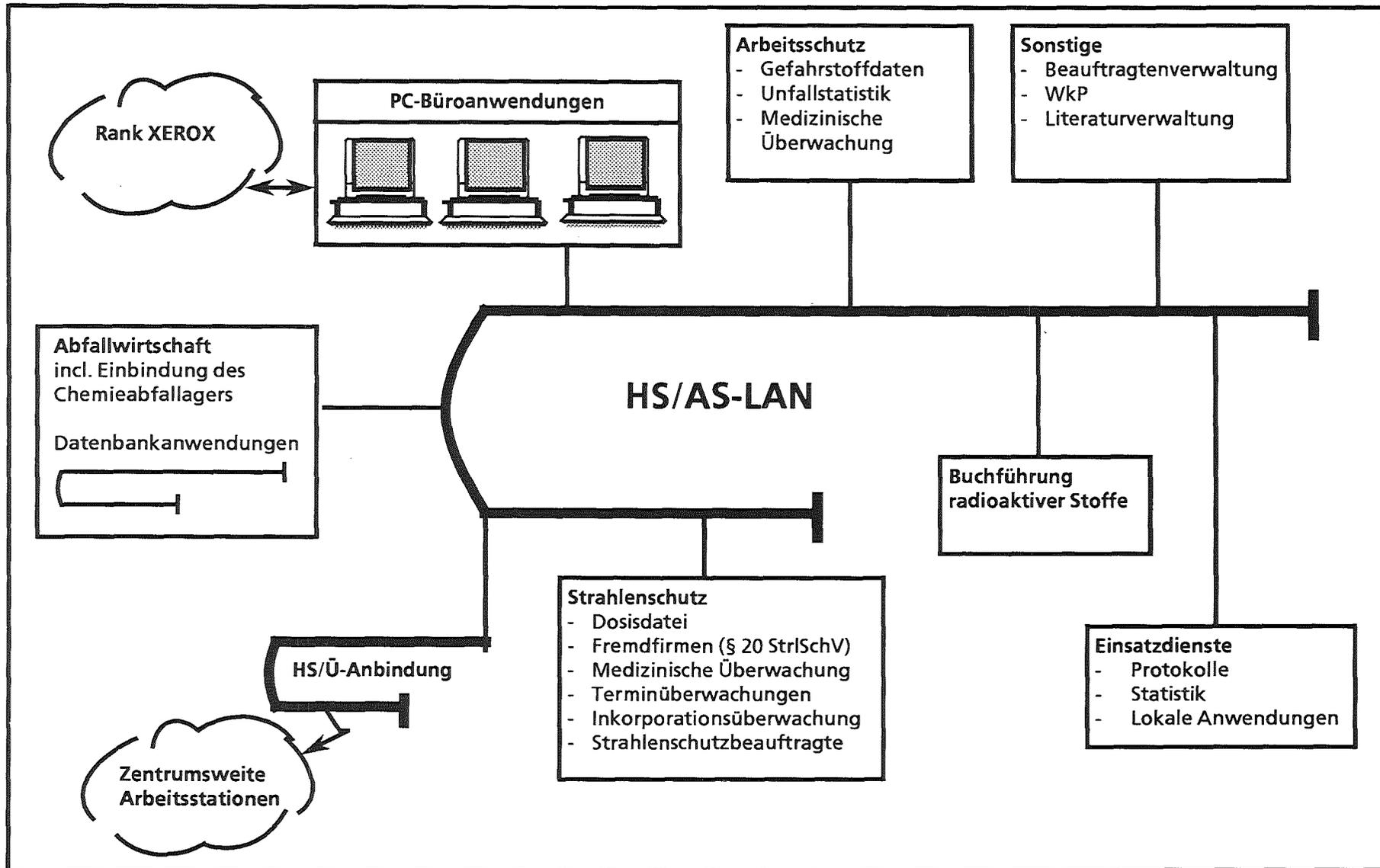


Abb. 2/5: HS/AS-EDVAnwendungen im Abteilungs-Rechnernetzwerk

Anzahl	Kürzel	Bezeichnung
1	A1	Sicherheitsbeauftragter
2	A2	Stellvertreter des Sicherheitsbeauftragten
1	A3	Sicherungsbeauftragter
2	A4	Stellvertreter des Sicherungsbeauftragten
12	A7	Mitglied im Arbeitsschutzausschuß
13	A8	Stellvertreter im Arbeitsschutzausschuß
8	A9	Einsatzleiter vom Dienst
1	A11	Leitende Fachkraft für Arbeitssicherheit
9	A12	Fachkraft für Arbeitssicherheit
1	A13	Betriebsbeauftragter für Abfall
1	A15	Betriebsbeauftragter für Abwasser
7	A16	Betriebsbeauftragter für Abwasser (Stellvertreter)
1	A17	Gewässerschutzbeauftragter
1	A18	Datenschutzbeauftragter
1	A19	Leitender Betriebsarzt
1	A20	Betriebsarzt
41	B1	Instituts-, Hauptabteilungsleiter mit Unternehmerpflichten
108	B2	Abteilungs-, Gruppenleiter, mit Unternehmerpflichten
111	B3	Betriebsbeauftragter der KfK GmbH
8	B4	Betriebsbeauftragter von Fremdinstitutionen
1	B5	Tierschutzbeauftragter
62	C1	Strahlenschutzbeauftragter nach StrlSchV
125	C2	Strahlenschutzbeauftragter nach StrlSchV (Stellvertreter)
33	C3	Strahlenschutzbeauftragter nach RöV
34	C4	Strahlenschutzbeauftragter nach RöV (Stellvertreter)
18	C5	Kontaktperson für die Kernmaterialüberwachung
58	C6	Kontaktperson für die Kernmaterialüberwachung (Stellvertreter)
12	C7	Beauftragter für interne Abwasserfreigaben
33	C8	Verantwortliche Person zur Beförderung von radioaktiven Stoffen
71	D1	Sicherheitsbeauftragter für den Arbeitsschutz (RVO)
42	D2	Kontaktperson zum Abfallbeauftragten (KfK GmbH)
5	D3	Kontaktperson zum Abfallbeauftragten in den Fremdinstitutionen
55	D4	Betriebsbeauftragter für Abwasser in den Organisationseinheiten
7	D5	Betriebsbeauftragter für Abwasser in den Fremdinstitutionen
14	D6	Laserschutzbeauftragter
1	D7	Beauftragter für die biologische Sicherheit
1	D8	Gefahrgutbeauftragter

Tab. 2/14; Zentral bei der Hauptabteilung Sicherheit erfaßte Beauftragungen,
Stand: 31.12.1992

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 kerntechnischen Anlagen im Kernforschungszentrum Karlsruhe wurde weiterhin die Anpassung der notwendigen Objektsicherungsmaßnahmen an die geringeren 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 kontrolliert den Zugang zum Kernforschungszentrum Karlsruhe und führt Streifen in Gebäuden, Lagerbereichen und im Freigelände sowie Kontrollen von Versuchsanlagen durch. Zusätzlich überprüft der Objektsicherungsdienst im Rahmen der Streifenfertigkeiten in regelmäßigen Abständen zur Überwachung angemeldete wissenschaftlich-technische Experimente. Es werden regelmäßig Sicherungsalarmübungen in den verschiedenen Sicherungsbereichen des KfK GmbH und daneben Alarmübungen in Zusammenarbeit mit den Objektsicherungsdiensten der Wiederaufarbeitungsanlage Karlsruhe, Kernkraftwerk-Betriebs-Gesellschaft und des Europäischen Instituts für Transurane abgehalten.

3.1.2 Alarmzentrale

Im Jahr 1992 sind in der Alarmzentrale die in Abbildung 3/1 aufgeführten Alarm- und Störmeldungen (unter Berücksichtigung der Fehlalarme) eingegangen und bearbeitet worden. Die in der 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 sichergestellt 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 der technischen Entwicklung 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.

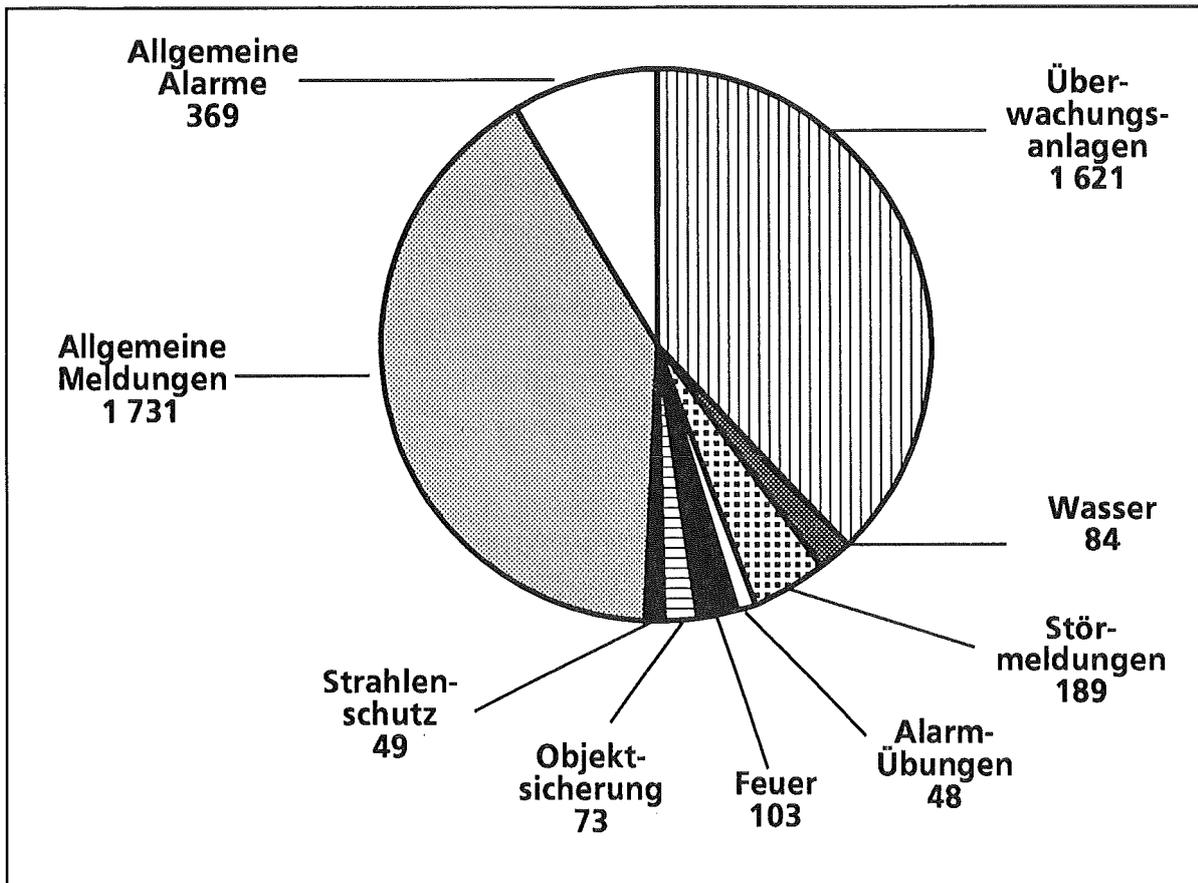


Abb. 3/1: Eingegangene Alarm- und Störmeldungen (einschließlich Fehlalarme) 1992

Einsatzleiter vom Dienst	235
Feuerwehr	210
Rufbereitschaften	559
Strahlenschutz	109
Versuchsleiter	68
HBT-Wartungsdienst	1 072
HDB-Klärwerkspersonal	38
Betriebsverantwortliche	106
Sankra-Deko	139

Tab. 3/1: Registrierte Einsätze 1992

3.1.4 Diensthundestaffel

Im Berichtszeitraum haben die Hundeführer das Programm der individuellen Schutzhunde-Lehrgänge innerhalb der Abteilung mit Erfolg abgeschlossen. Neun Hundeführer nahmen zusätzlich an Prüfungen der Ortsvereine aus der Umgebung teil.

3.2 Technische Sicherungssysteme

Verschiedene sicherungsrelevante Einrichtungen im Kernforschungszentrum Karlsruhe wurden in Zusammenarbeit mit anderen Organisationseinheiten mit technischen Sicherungssystemen weiterhin vervollständigt bzw. auf den aktuellen technischen Stand umgebaut. Für einige Anlagen wurden reduzierte Sicherungsmaßnahmen im Detail ausgearbeitet und in Sicherungskonzepten zusammengefaßt.

Zur Erhöhung der Verkehrssicherheit der Mitarbeiter, die mit dem Fahrrad zur Arbeitsstelle kommen, wurde in der Südostecke des KfK-Außenzaunes ein Zugang für Radfahrer und Fußgänger in Abstimmung mit den Genehmigungsbehörden eingerichtet. Die erstmalige Öffnung erfolgte am 09. März 1992. Das Fahrradtor wird von März bis Oktober arbeitstäglich zu Beginn und Ende der regulären Kernarbeitszeit geöffnet und dient somit gleichzeitig während der Hauptverkehrszeiten der Entzerrung des Pkw- und Fahrradverkehrs an den übrigen Zugängen zum KfK-Gelände.

Für die wiederkehrenden Prüfungen an Objektsicherungseinrichtungen wurde ein Rechnerprogramm entwickelt und in Betrieb genommen. Die Prüfanweisungen können hiermit rationell erstellt, ausgedruckt und verwaltet werden. Die Software kann auf einem einzelnen PC oder im Netzwerk betrieben werden. Da unter Umständen eine Prüfanweisung sich auf mehreren nicht gekoppelten Rechnern befindet, ist durch Schutzmaßnahmen sichergestellt, daß gleichzeitige Änderungen der gleichen Anweisung auf nicht gekoppelten Rechnern nicht möglich sind. Ein einziger Rechner ist "Besitzer" der Prüfanweisung; die anderen dürfen diese zwar lesen und drucken, aber nicht verändern. Das Programm ist menügesteuert mit seiner SAA-Oberfläche ohne Mausbedienung. Basis für die Software ist eine Datenbankumgebung basierend auf dBASE und der Programmiersprache CLIPPER 5.01. Für die Durchführung der Prüfungen können die Daten auf einen Laptop ausgelagert werden. Während der Prüfung vor Ort werden die Eingaben vorgenommen. Diese können zur Archivierung wieder ins System eingespielt werden. Bei der Prüfung müssen die Ergebnisfelder bearbeitet werden. Auf nicht ausgefüllte Felder wird vor dem Ausdruck hingewiesen. Das Drucken einer Prüfanweisung ist sowohl als (Blanko) Vordruck als auch mit Ergebnissen möglich.

3.3 Ermittlungsdienst

Die Zahl der bekanntgewordenen und dem Ermittlungsdienst gemeldeten Sachbeschädigungen liegen mit 72 Fällen gering unter der des Vorjahres. Lediglich in einem Fall konnte der Schadensverursacher nicht ermittelt werden. Der aus den Sachbeschädigungen entstandene Gesamtschaden beläuft sich auf ca. 195 000 DM.

Beschädigte Gegenstände	Jahr	bekannt- gewordene Fälle	aufgeklärte Fälle	geschätzter Schaden in TDM
Kabelschäden	1990	7	7	36
	1991	5	5	21
	1992	6	6	78
Lichtmasten	1990	4	4	6
	1991	5	5	10
	1992	2	2	5
Tore, Einzäunungen	1990	8	8	35
	1991	3	3	5
	1992	5	5	8
Gebäude-/Sachschäden	1990	13	13	74
	1991	10	10	67
	1992	6	6	12
Dienst-Kfz	1990	40	40	68
	1991	49	43	61
	1992	30	29	60
Verschiedenes (Fenster, Türen, Bedachungen, Transport -, Sturmschäden)	1990	37	34	130
	1991	5	5	8
	1992	23	23	32
Summe	1990	109	106	349
	1991	77	71	172
	1992	72	71	195

Tab. 3/3: Sachbeschädigungen: Einsatz des Ermittlungsdienstes

Die Anzahl der gemeldeten Diebstähle beläuft sich im Berichtszeitraum auf 30 Fälle, wobei sich der Verlust an Sachwerten auf ca. 59 000 DM beläuft. Es konnten lediglich drei 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 1992 wurden zwölf Verstöße gegen die im KfK geltenden Ordnungs- und Kontrollbestimmungen registriert und bearbeitet. Die Zahl liegt damit weit unter dem Vorjahresniveau. Es kam zu vier Sicherstellungen von Werkzeugen, Geräten und Materialien, 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 130 Betriebsunfälle und sonstige Unfälle innerhalb des Geländes untersucht.

3.4 Verkehrsdienst

Mit 76 Verkehrsunfällen lag die Zahl der vom Verkehrsdienst aufgenommenen und bearbeiteten Verkehrsunfälle wesentlich unter der des Vorjahres (Tab. 3/4). Bei 24 Unfällen entstand nur leichter Sachschaden, während bei 52 Unfällen der geschätzte Schaden über 1 000 DM lag. Darüber hinaus waren drei 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 Verkehrsunfälle			Sachschaden < 1 000 DM 1992	Sachschaden > 1 000 DM 1992	Personenschaden 1992
	1990	1991	1992			
Januar	10	11	4	1	3	-
Februar	7	14	7	1	6	-
März	5	6	7	4	3	1
April	9	9	6	3	3	-
Mai	6	6	3	1	2	-
Juni	11	8	13	3	10	-
Juli	5	4	7	2	5	-
August	5	6	2	1	1	-
September	14	8	7	3	4	-
Oktober	5	4	10	4	6	-
November	6	15	9	1	8	1
Dezember	10	5	1	-	1	1
Gesamt	93	96	76	24	52	3

Tab. 3/4: Verkehrsunfälle

3.5 Schließwesen

Die Gebäude des KfK sind hinsichtlich der Schließebenen in General-, Haupt-, Obergruppen-, Gruppen- und Einzelschließungen unterteilt. Aus allen Schließsystemen ergibt sich ein Bestand von ca. 25.780 Schließzylindern und etwa 88.500 Einzelschlüsseln. Nach der Neukonzeption von Schließanlagen, die sich wegen der Errichtung von Neubauten oder durch Änderungen in Arbeitsabläufen ergaben, mußten 124 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 Personelle und administrative Sicherheitsfragen

3.6.1 Personensicherheitsüberprüfung

Gemäß den 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 dem Zutrittsersuchen stattgegeben. Die Betroffenen wurden über den Sachverhalt informiert. Für 4 122 Personen wurden Anträge auf Zutritt zum KfK-Gelände außerhalb der normalen Arbeitszeit bearbeitet.

3.6.2 Ausweisbüro

Im Jahr 1992 wurden im Ausweisbüro 5 194 Ausweise ausgestellt und 5 087 Ausweise eingezogen. Instituts-, Abteilungs- und Namenswechsel sowie Änderungen von Personen- und Firmennamen machten in 617 Fällen eine Ausweisneuausstellung erforderlich. Insgesamt sind zur Zeit 11 513 Ausweise ausgegeben. Die Gesamtzahl setzt sich zusammen aus:

4 144	KfK-Mitarbeiter	mit	917	KfK-Rentnern
388	WAK-Mitarbeiter	mit	60	WAK-Rentnern
132	KBG-Mitarbeiter	mit	87	KBG-Rentnern
235	TU-Mitarbeiter	mit	53	TU-Rentnern
141	BFE-Mitarbeiter	mit	13	BFE-Rentnern
323	FIZ-Mitarbeiter	mit	16	FIZ-Rentnern
527	Universitätsangehörige			
107	Gäste			
4 370	Fremdfirmenangehörige			

3.6.3 Empfangsdienst

Die Anzahl der Besucher lag im Berichtszeitraum auf dem gleichen Niveau wie im Jahr zuvor. So wurden insgesamt 37 650 Besucher zur Anmeldung. Für kurzfristig im KfK eingesetzte Fremdfirmenangehörige wurden 2 930 befristete Passierscheine ausgestellt. Beim Empfangsdienst wurden im Berichtsjahr 40 Fundgegenstände abgegeben; sieben Gegenstände konnten den rechtmäßigen Besitzern wieder 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 GmbH 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 Lageplan nach S. 54 und Tab. 4/1).

1	2	3	4	5
Gruppe	Bereich Überwachte Institutionen	Anzahl der Mitarbeiter der Strahlenschutzüberwachung	Anzahl der über- wachten Personen	Fläche des über- wachten Bereichs in m ²
Nord	1. " <u>IHCh</u> ": IHCh, INE	7,5 (7,5)	299 (317)	16 300 (16 300)
	2. " <u>HVT-HZ</u> ": HVT-HZ, HDB I-Wäscherei	7,5 (7,5)	144 (152)	9 400 (9 600)
	3. " <u>FR2</u> ": PBA-FR2, HVT-EA, HIT, IRS, IMF, HBT, HS, Strahlenpaßstelle	2+7# (3+7#) 1* (1*) 1 (0)	303 (340)	10 400 (10 400)
West	4. " <u>HDB I</u> ": HDB (Bau 510-516,543,545, 553, 555), INE, HZY	6,5+4 ⁺ (6,5+4 ⁺) 1* (1*)	290 (392)	8 500 (8 500)
	5. " <u>HDB II</u> ": HDB (Bau 519, 526, 531-536, 548, 563, 570)	9,5 (9,5)	279 (212)	31 700 (34 500)
Süd	6. " <u>IRCh</u> ": IRCh, LAF I, HBAU, IGT, FTU, HS, MED, HPS	5 (5) 1* (1*)	209 (271)	1 300 (4 000)
	7. " <u>Inst./Meßl.</u> ": INFP, INR, LIT, LAF II, IK, ITP, HS, HBT	7 (7)	597 (647)	3 900 (4 700)
Abteilungsleitung / Sekretariat		1,5 (1,5)	-	-

#Wechselschichtdienst, +Schichtdienst, *Gruppenleiter

Tab. 4/1: Personalstand (Soll), überwachte Personen und Bereichsgröße, jeweils Stand Dezember 1992, Vorjahreszahlen in Klammern

Eine wichtige Aufgabe ist die Durchführung der Personendosimetrie. Jede beruflich strahlenexponierte Person erhält neben einem Film-, Albedo- oder Flachglasdosimeter eine Taschenionisationskammer. Die Anzahl der Personen, die mit selbstablesbaren Taschenionisationskammern ausgerüstet wurden (Stichmonat Dezember 1992), einschließlich Fremdfirmenangehörigen, ist in Spalte 4 von Tab. 4/1 aufgeführt. Diese Anzahl hat sich gegenüber dem Vorjahr um ca. 200 erniedrigt. Dies ist vor allem auf eine Reduktion im Bereich der physikalischen Institute und dem Institut für Radiochemie zurückzuführen. 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, im Bedarfsfall Thermolumineszenzdosimeter zur Teilkörperdosimetrie 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 Überwachungs- und Sperrbereich 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 Institut für Radiochemie, Bau 341. Die Reduktion in der Hauptabteilung Dekontaminationsbetriebe ist auf die zeitweise Verringerung des Kontrollbereichs im Lager, Bau 535, zurückzuführen.

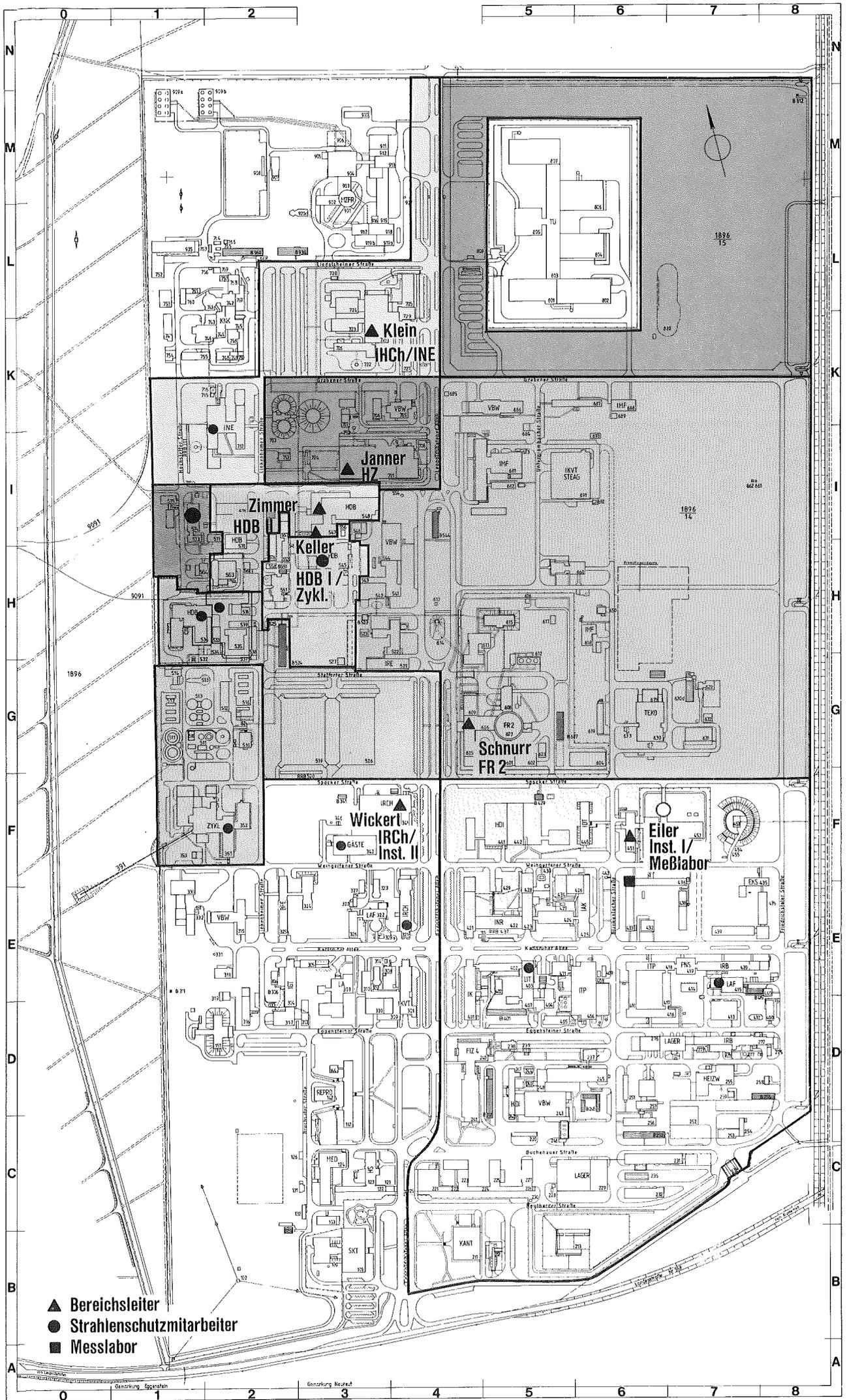
Die Kontaminationskontrolle von Personen am Ausgang von Bereichen, in denen genehmigungspflichtig mit radioaktiven Stoffen umgegangen wird, geschieht in der Regel in Eigenüberwachung unter Zuhilfenahme von Hand-Fuß-Kleidermonitoren mit automatisiertem Meßablauf. Die Alarmwerte sind auf $0,05 \text{ Bq/cm}^2$ für α -Aktivität und auf $0,5 \text{ Bq/cm}^2$ für β -Aktivität eingestellt.

Die Mitarbeiter der Abteilung Strahlenschutzüberwachung 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. 2400 (Vorjahr 2100) 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 inaktive Abfälle.

Die Abteilung betreibt ein zentrales Meßlabor, in dem die Aktivität 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, Proben aus den Abwassersammelstationen ausmißt und gegebenenfalls zum Transport in die Hauptabteilung Dekontaminationsbetriebe freigibt und die zeitweise Strahlenschutzüberwachung von Anlagen in der Hauptabteilung Dekontaminationsbetriebe während der Nachtschicht durchführt. Zur fachlichen Beratung und zur Verstärkung des Wechselschichtdienstes stehen außerhalb der Regelarbeitszeit zwei Rufbereitschaften zur Verfügung. Während der Regelarbeitszeit bilden Angehörige der Rufbereitschaft sowie jeweils zwei Personen von zwei Einsatzfahrzeugen den Strahlenmeßtrupp.

Die wiederkehrenden Prüfungen an Strahlenschutzmeßgeräten werden von den Mitarbeitern der Abteilung nach festgelegten Prüfplänen vorgenommen. Von autorisierten Mitarbeitern werden die Dichtigkeitsprüfungen an umschlossenen Strahlern im Rahmen einer Umgangsgenehmigung in den einzelnen Institutionen durchgeführt (s. Kap. 4.7). Der Abteilungsleiter und sein Stellvertreter sind als Strahlenschutzbeauftragter für diese Genehmigung bestellt. Die Gruppenleiter der Abteilung haben als Strahlenschutzbeauftragte für den Fahrdienst die ordnungsgemäße Durchführung von Transporten radioak-



- ▲ Bereichsleiter
- Strahlenschutzmitarbeiter
- Messlabor

Genörrung Egensten Genörrung Nierent

tiver Stoffe im Rahmen der Transportgenehmigungen des Kernforschungszentrums Karlsruhe GmbH zu überwachen (s. Kap. 4.4), außerdem sind sie als 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 Kernforschungszentrums Karlsruhe besucht. Insgesamt wurden von Mitarbeitern der Abteilung 23 Kurse über Strahlenschutz, Chemie und Datenverarbeitung wahrgenommen.

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 beim Institut für Heiße Chemie und bei der Hauptabteilung Dekontaminationsbetriebe überwacht und die Materialflüsse kontrolliert. Aus der Strahlenschutzüberwachung konnten nach Durchführung umfangreicher Kontrollmessungen entlassen werden: Das Erdgeschoß von Bau 341 des Instituts für Radiochemie, die restlichen Räume des Laboratoriums für Isotopentechnik im Bau 403, einige Räume im Kellergeschoß der Hauptabteilung Versuchstechnik/Heiße Zellen und zwei Räume im Kellergeschoß des Instituts für Kernphysik, Bau 401.

4.1 Arbeitsplatzüberwachung im Kernforschungszentrum Karlsruhe

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 KfK-Einrichtungen 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 1992 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 1992 betrug 6, bei einer Gesamtzahl von 2 121 überwachten Personen. Bei einem Vergleich mit den Daten der Personendosisüberwachung in Kap. 2.1.4 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 einschließt.

	1	2	3	4	5	6
Gruppe	Beschleuniger (HZY, INR, INFP)	Institutionen mit höherem Aktivitätsinventar (IHCh, IRCh, HVT-HZ, PBA-FR2, HVT-EA, HBT-IH/M, INE)	Institutionen mit niedrigerem Aktivitätsinventar (HIT, LAF II)	Dekontamination und Abfallbehandlung (HDB)	sonstige Institutionen	KfK
Personendosis in mSv	Anzahl der Personen					
$H \leq 5$	190 (195)	504 (505)	90 (178)	496 (510)	835 (929)	2115 (2 317)
$5 < H \leq 15$	4 (6)	1 (0)	0 (0)	1 (8)	0 (0)	6 (14)
$15 < H$	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 (0)	36 (34)	0 (0)	75 (53)	0 (0)	111 (88)
$10^1 < K_\alpha \leq 10^2$	0 (0)	9 (33)	0 (0)	12 (19)	1 (0)	22 (52)
$10^2 < K_\alpha \leq 10^3$	0 (0)	4 (6)	0 (0)	6 (1)	0 (0)	10 (7)
$10^3 < K_\alpha$	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
$10^0 < K_\beta \leq 10^1$	4 (11)	50 (47)	0 (0)	33 (30)	1 (1)	88 (88)
$10^1 < K_\beta \leq 10^2$	3 (6)	22 (24)	0 (1)	7 (3)	0 (0)	32 (34)
$10^2 < K_\beta \leq 10^3$	0 (0)	8 (6)	0 (0)	1 (0)	0 (0)	9 (6)
$10^3 < K_\beta$	0 (0)	1 (2)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	1 (2)
$10^0 < K_{H-3} \leq 10^1$	0 (0)	0 (2)	0 (1)	0 (0)	0 (0)	0 (3)
$10^1 < K_{H-3} \leq 10^2$	0 (0)	0 (1)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (1)
$10^2 < K_{H-3}$	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)

Tab. 4/2: Strahlenschutzmeßergebnisse 1992 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, PBA-FR2, HVT-EA, HBT-IH, INE)	Institutionen mit niedrigerem Aktivitätsinventar (HIT, LAF II)	Dekontamination und Abfallbehandlung (HDB)	sonstige Institutionen	KfK
Raumluftaktivitätskonzentrationen in Vielfachen von abgeleiteten Grenzwerten	Anzahl der Fälle					
$0,025 < R_{\alpha} \leq 1$	0 (0)	302 (253)	9 (47)	3829 (3690)	4 (0)	4144 (3990)
$1 < R_{\alpha} \leq 20$	0 (0)	14 (5)	0 (2)	359 (255)	0 (0)	373 (262)
$20 < R_{\alpha}$	0 (0)	4 (0)	0 (0)	53 (71)	0 (0)	57 (71)
$0,015 < R_{\beta} \leq 1$	75 (0)	3 (8)	8 (3)	153 (114)	1 (0)	240 (125)
$1 < R_{\beta} \leq 20$	2 (0)	0 (0)	1 (0)	6 (16)	0 (0)	9 (16)
$20 < R_{\beta}$	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
$0,025 < R_{H-3}$	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)

Tab. 4/2 Fortsetzung: Strahlenschutzmeßergebnisse 1992 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 der Strahlenschutzverordnung. 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 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	$\alpha \leq 0,5$ $\beta \leq 5$ 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	$\alpha \leq 5$ $\beta \leq 50$ 1) $n_i \leq 500$ 2)	gemäß Genehmigungsumfang
Zone V - rot - (Kontaminationsbereich im Kontrollbereich/ Sperrbereich)	Kombinationsschutzkleidung gelb Arbeitsschuhe gelb und Überschuhe oder Sonderschutzkleidung	$\alpha > 5$ $\beta > 50$ 1) $n_i > 500$ 2)	gemäß Genehmigungsumfang

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

2) n_i = niederenergetische β -Strahler und Elektroneneinfangstrahler gemäß Anlage IX der StrlSchV

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

4.1.3 Raumluftaktivitäten

Die Kontrollbereiche der Institutionen mit höherem Aktivitätsinventar und der Hauptabteilung Dekontaminationsbetriebe werden mit einem Netz von stationären Aktivitätssammlern überwacht, die mit einem Luftdurchsatz von 20 bis 50 m³/h arbeiten. Die Filter werden überwiegend arbeitstäglich gewechselt. Daneben werden an Arbeitsplätzen, an denen eventuell mit Freisetzungen 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 Strahlenschutzverordnung für beruflich strahlenexponierte Personen der Kategorie A und dem Jahresinhalationsvolumen von 2 400 m³ werden Interventionswerte abgeleitet. So werden in den Anlagen des KfK im allgemeinen für α -Aktivitätsgemische 0,04 Bq/m³ (Leitnuklid Pu-239, löslich), für β -Aktivitätsgemische 40 Bq/m³ (Leitnuklid Sr-90, löslich/unlöslich) festgelegt.

In Institutionen, in denen mit speziellen Nukliden umgegangen wird (z. B. Radioiod), werden die Interventionswerte haus- und nuklidspezifisch festgelegt. Für I-123 ergibt sich 0,4 kBq/m³ und für H-3 1 MBq/m³ als HTO. 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. Oberhalb des 20fachen der abgeleiteten Interventionswerte muß im Falle von aerosolförmigen Raumluftaktivitäten mit Atemschutzisoliergeräten, oberhalb des 200fachen dieser Werte mit fremdbelüfteten, gasdichten Schutzanzügen gearbeitet werden. Als untere Meßschwelle für Glasfaserfilter wurde bei der α -Aktivität 1 mBq/m³ und bei der β -Aktivität 0,65 Bq/m³ gewählt. Damit ist bei einem nach der Strahlenschutzverordnung angenommenen Jahresinhalationsvolumen von 2400 m³, das aber in der Praxis wegen kürzerer Aufenthaltszeiten weit unterschritten wird, eine Alpha-Aktivität von 2,4 % und eine Beta-Aktivität von 1,6 % des Grenzwerts der Jahresaktivitätszufuhr für Personen der Kategorie A - 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 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 die täglichen Aktivitätszufuhren berechnet, zu Monatswerten addiert und zu individuellen effektiven Dosen umgerechnet. Dabei wird sowohl zur Berechnung der Aktivitätskonzentrationen als auch zur Berechnung der Aktivitätszufuhren von einem 8stündigen Arbeitstag ausgegangen. Die Aktivität des β -Strahlers Pu-241 wird aufgrund von langjährigen Messungen des Nuklidvektors als das 20fache der gesamten α -Aktivität angenommen.

In Tab. 4/4 sind für die auf diese Weise für die verschiedenen Arbeitsgruppen bestimmten effektiven Dosen aufgeführt. Die in den einzelnen Anlagen der Hauptabteilung Dekontaminationsbetriebe sich ergebende Effektivdosis liegt aufgrund von Inkorporationen zwischen 1,4 und 2,0 mSv. Diese Dosiswerte stellen eine obere Abschätzung dar, da sie unter sehr konservativen Annahmen (Berücksichtigung der maximalen Aktivitätskonzentration eines Arbeitstages für die Dauer des gesamten Arbeitstages) ermit-

teilt wurden. Insgesamt liegt aber die mittlere effektive Dosis durch äußere und innere Exposition unterhalb des Grenzwertes für nicht beruflich strahlenexponierte Personen.

Arbeitsgruppe	Effektivdosis in mSv
HDB Lager	0,2 (-)
HDB Verbrennung	2,0 (2,8)
HDB Deko fest (ohne Presse)	1,4 (2,0)
HDB Deko flüssig	2,0 (2,0)
HDB Zementierung Bau 545	0,0 (0,2)
IHCh Chem. Prozeßentwicklung	0,4 (0,2)
IHCh Infrastruktur	0,4 (0,2)
IHCh Head End	0,0 (0,0)
IHCh Prozeßanalytik	0,0 (0,0)
IHCh Laborautomatisierung	0,0 (0,0)
IHCh Organische Analytik	0,0 (0,0)
IHCh Grundlagen	0,0 (0,0)
INE Bau 712	0,0 (0,0)
IRCh Bau 321/321a	0,0 (0,0)
IRCh Bau 341	0,0 (0,0)

Tab. 4/4: Aus Messungen der Raumluftaktivität berechnete individuelle Effektivdosen für Angehörige der Arbeitsgruppe im Jahr 1992, Vorjahreswerte in Klammern

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 686 mSv (Vorjahr 820 mSv). Diese Reduktion ist vor allem auf eine Abnahme der Summendosis bei der Hauptabteilung Dekontaminationsbetriebe zurückzuführen. Die Auswertungen zeigen, daß von allen überwachten Personen nur 966 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 der Hauptabteilung Zyklotron mit 1,5 mSv.

Institution	Summendosen in mSv	Anzahl der Personen mit einer Dosis >0,1 mSv	mittlere Individualdosis in mSv der Personen mit einer Dosis >0,1 mSv
HDB	332 (420)	363 (485)	0,9 (0,9)
HZY	142 (155)	95 (96)	1,5 (1,6)
HVT-HZ	43 (36)	58 (61)	0,7 (0,6)
HS-Ü	39 (39)	53 (52)	0,7 (0,8)
HBT	28 (43)	88 (109)	0,3 (0,4)
IHCh	28 (39)	53 (50)	0,5 (0,7)
HS-S	13 (13)	51 (46)	0,3 (0,3)
INE	11 (12)	42 (45)	0,3 (0,3)
HIT	10 (10)	33 (30)	0,3 (0,3)
alle übrigen	40 (53)	130 (120)	0,3 (0,4)
KfK Gesamt	686 (820)	966 (1094)	0,7 (0,7)

Tab. 4/5: Mit Taschenionisationskammern gemessene Summen- und mittlere Individualdosen in den Institutionen des KfK einschließlich der Dosen von Fremdfirmenangehörigen im Jahr 1992, Vorjahreswerte in Klammer

4.3 Strahlenschutzmeßlabor

D. Beier, K. Burkhard, G. Nagel

Im Berichtszeitraum wurden im Strahlenschutzmeßlabor 35 230 Raumluftfilter mittels Alpha-Beta-Pseudokoinzidenzanlagen auf künstliche α - und β -Aktivität ausgemessen. Die gefundenen Luftstaubaktivitäten sind in Tab. 4/6 nach Raumluftkonzentrationen aufgliedert. 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	57	0,16
	0,8 ≥ A > 0,04	373	1,06
	0,04 ≥ A ≥ 0,001	4 144	11,76
	A < 0,001	30 656	87,02
β-Aktivität	A > 800	0	0,00
	800 ≥ A > 40	6	0,02
	40 ≥ A ≥ 0,65	159	0,45
	A < 0,65	35 065	99,53

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

Mittels α-Spektroskopie wurden acht Proben untersucht. Davon entfielen sechs Proben auf Wischtests und zwei Proben auf Glasfaserfilter. Die identifizierten Nuklide sind in Tab. 4/7 aufgeführt. Mittels γ-Spektroskopie wurden im Strahlenschutzmeßlabor 1050 Proben quantitativ und qualitativ untersucht. Davon entfielen auf Kohlefilter 589, auf Glasfaserfilter drei, auf Wischtests 13, auf kontaminierte bzw. aktivierte Gegenstände 293 und auf Dichtheitsprüfungen 139 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. Aus der Tab. 4/7 und 4/8 kann nicht auf die Häufigkeitsverteilung der Nuklide im KfK geschlossen werden.

Vom Strahlenschutzmeßlabor werden außer den bereits aufgeführten Messungen auch die Neu- und Ersatzbeschaffung für HS-Ü durchgeführt. Das waren im Berichtszeitraum 119 Beschaffungsanforderungen. Darunter fielen zwölf Rechner mit Drucker, zehn fahrbare Luftstaubsammler, acht Meßkanäle, sieben Kontaminationsmeßgeräte, vier Dosisleistungsmeßgeräte, ein Aerosolmonitor, ein Hand-Fuß-Kleider-Monitor und Präparate für wiederkehrende Prüfungen der Meßgeräte. Besondere Aufmerksamkeit erfordert die Verfolgung von Reparaturaufträgen.

Nuklid	Beschleuniger	Einrichtungen mit höherem Aktivitätsinventar	Einrichtungen mit niedrigerem Aktivitätsinventar	HDB	Sonstige Institutionen	Fremde Institutionen	Summe
Am-241 + Pu-238	-	1	1	3	-	-	5
Pu-239 + Pu-240	-	1	1	3	-	-	5
U _{abg}	-	1	-	-	-	-	1
U _{ang}	-	1	-	-	-	-	1
Ra-226 + Folgeprod.	-	-	-	-	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	211	-	-	-	-	-	211
Cs-137+Ba-137m	-	60	4	40	-	19	123
Co-60	-	38	-	48	2	6	94
I-131	-	-	58	-	-	-	58
Am-241	-	3	1	20	-	-	24
Cs-134	-	1	2	15	-	3	21
I-125	-	15	-	-	-	-	15
Sb-125+Te-125m	-	6	-	6	-	3	15
Ag-108m	-	7	-	1	-	-	8
I-129	-	-	-	7	-	-	7
Mn-54	-	1	-	4	-	-	5
U _{ang}	-	1	-	3	-	-	4
Zn-65	-	1	-	1	1	-	3
Cd-109	-	1	2	-	-	-	3
Be-7	-	-	2	-	-	-	2
Eu-152	-	-	1	1	-	-	2
Eu-154	-	1	-	1	-	-	2
Eu-155	-	2	-	-	-	-	2
Co-57	-	-	-	1	-	-	1
Co-58	-	1	-	-	-	-	1
Ag-110m	-	1	-	-	-	-	1
Cd-115m	-	1	-	-	-	-	1
Sb-124	-	1	-	-	-	-	1
Ir-192	-	1	-	-	-	-	1
Ra-226+ Folgepr.	-	1	-	-	-	-	1
Th-Folgepr.	-	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. Bei der Durchführung dieser Aufgaben wurden im Rahmen der vorgeschriebenen Buchführung über die durchgeführten Transporte 39 Beförderungspapiere nach Rn 2002 der Gefahrgut-Verordnung Straße und drei Begleitpapiere nach der internen Transportordnung durchgesehen. Die Zahl der Beförderungen nach der Gefahrgut-Verordnung Straße ging deutlich zurück. Wegen unvollständiger oder unklarer Angaben in den Begleitpapieren waren in einigen Fällen Rückfragen erforderlich.

Für das Fahrpersonal wurden drei Strahlenschutzbelehrungen durchgeführt. Die 39 auf öffentlichen Straßen durchgeführten Transporte radioaktiver Stoffe sind in Tab. 4/9 nach Aktivitätsinventar aufgliedert. Es handelte sich überwiegend um Transporte, die zum Zwecke der Prüfung von Iodfilteranlagen in Kernkraftwerken erfolgten (Beförderung von I-131 als Methyliodid in Form von Prüfgas, beladenen Meßadsorbern und kontaminierten Geräten). In 31 Fällen wurden für innerbetriebliche Transporte im Sinne der internen Transportordnung die Transportmodalitäten festgelegt.

Die aktualisierte Fassung des KfK-Berichts "Hinweise für die Festlegung der Transportmodalitäten für den Transport radioaktiver Stoffe auf öffentlichen Straßen" wurde zur Druckreife gebracht, er erscheint unter geändertem Titel Anfang 1993. Mit der Aktualisierung der zugehörigen Broschüren mit den Detailhinweisen wurde begonnen.

Transporte mit Aktivitätsinventar A in GBq			
A < 0,4 und Leerbehälter	$0,4 \leq A < 40$	$40 \leq A < 4000$	$A \geq 4000$
33 (82)	6 (4)	0 (0)	0 (0)

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

4.5 Programmpflege und -neuentwicklung

D. Beier, G. Nagel

Im Berichtszeitraum wurden die Programme für die Dateiverwaltung der Personendosis (Taschenionisationskammer), Strahlenmeßgeräte, Raumluftaktivität (Aerosole), Oberflächenkontamination, Präparate und Strahlenpaß aktualisiert.

Zu erwähnen ist im einzelnen:

- Personendosisdatei (Taschenionisationskammer)
Die Bearbeitungsprogramme wurden für den Netzwerkbetrieb umgeschrieben. Die von allen Bereichen benutzte Stammdatei wurde verschlüsselt auf dem Netzwerkservers installiert und wird von den Bereichen und der Strahlenpaßmeßstelle automatisch aktualisiert.
- Aerosol-Raumluftaktivitätsdatei
Hier wurden die Programme für die Inhalationsdosisberechnung wegen mehrfacher Gruppenänderungen angepaßt.

Neu erstellt wurde ein Programm für die "Dosisabschätzung durch Inhalation aufgrund der Ergebnisse der routinemäßigen Raumluftüberwachung" einschließlich des dazugehörigen Protokolls für die Fremdfirmenmitarbeiter bei der Hauptabteilung Dekontaminationsbetriebe.

4.6 Praktische Erfahrungen beim Betrieb der Freimeßanlage

A. Reichert

Mittels der bei der Hauptabteilung Dekontaminationsbetriebe installierten und von der Abteilung Strahlenschutzüberwachung betriebenen Freimeßanlage (Typ Herfurth H13630) sollen nach dem Prinzip der Gesamt-Gamma-Messung radioaktive Reststoffe darauf geprüft werden, ob sie einer uneingeschränkten bzw. eingeschränkten Wiederverwertung zugeführt werden können. Gemäß Genehmigung dürfen radioaktive Reststoffe dann einer uneingeschränkten Wiederverwertung zugeführt werden, wenn

- durch repräsentative Aktivitätsmessungen sichergestellt ist, daß die spezifische Aktivität das $5 \cdot 10^{-5}$ fache der Freigrenze nach StrlSchV Anlage IV Tab. IV Sp. 4 je Gramm nicht überschreitet,
- durch repräsentative Kontaminationsmessung sichergestellt ist, daß bei festen Reststoffen die an der Oberfläche haftende Kontamination gemittelt über 100 cm^2 die folgenden Werte nicht überschreitet:
 - 0,05 Bq/cm² für α -Strahler mit einer Freigrenze von $5 \cdot 10^3$ Bq,
 - 5 Bq/cm² für β - und ϵ -Strahler mit einer Freigrenze von $5 \cdot 10^6$ Bq sowie für C-14, P-33, S-35, Ca-45, Fe-55, Ni-63, V-48, Mn-54, Co-58, Zn-65, Cr-51 sowie Pm-147,
 - 0,5 Bq/cm² für sonstige Radionuklide,
- die Dosisleistung an der Oberfläche der Reststoffe $0,5 \mu\text{Sv/h}$ nicht überschreitet.

Eine Freigabe zur eingeschränkten Wiederverwertung kann dann erfolgen, wenn die spezifische Aktivität das 10fache des obigen Grenzwertes nicht überschreitet. Die praktische Durchführung der Messungen sowie die dabei gewonnenen Erfahrungen sollen nun am Beispiel einer Reststoff-Charge von Messingrohren beschrieben werden. Bei dieser Charge handelt es sich um Messingrohre mit einem Durchmesser von 28 mm (innen) sowie einer Wandstärke von 1 mm. Die Messingrohre waren im Kondensator des Kernkraftwerks Isar 1 (Siedewasserreaktor) eingebaut. Aufgrund der bekannten Verfahrenstechnik war eine betriebsbedingte Kontamination nur an der Außenseite des Materials möglich, da das Innere der Rohre von dem inaktiven Kühlwasser durchströmt wurde. Vor Durchführung der Entscheidungsmessung waren die folgenden Voruntersuchungen notwendig:

- Messung der Oberflächenaktivität durch Direktmessung und Wischtest vor Dekontamination,
- Bestimmungen der massenspezifischen Aktivität durch γ -Spektroskopie vor Dekontamination,
- Messung der Oberflächenaktivität durch Direktmessung und Wischtest nach Dekontamination,
- Bestimmung der massenspezifischen Aktivität durch γ -Spektroskopie nach Dekontamination,
- Bestimmung des Masse/Oberflächen-Verhältnisses.

Die Meßergebnisse sind in Tab. 4/10 dargestellt.

Art der Messung	Aktivität	Strahlenart/ Nuklid	Bemerkungen
Direktmessung der Oberflächenaktivität vor Dekontamination	< 0,05 Bq/cm ² 2,2 Bq/cm ²	α -Strahler β -Strahler	max. Wert
Wischtestmessung der Oberflächenaktivität vor Dekontamination	< 0,05 Bq/cm ² 1,3 Bq/cm ²	α -Strahler β -Strahler	max. Wert
γ -Spektroskopie vor Dekontamination	0,685 Bq/g 0,025 Bq/g 0,012 Bq/g	Co-60 Mn-54 Cs-137	
Direktmessung der Oberflächenaktivität nach Dekontamination	< 0,05 Bq/cm ² < 0,5 Bq/cm ²	α -Strahler β -Strahler	alle Werte unterhalb der Nachweisgrenze
Wischtestmessung der Oberflächenaktivität nach Dekontamination	< 0,05 Bq/cm ² < 0,5 Bq/cm ²	α -Strahler β -Strahler	
γ -Spektroskopie nach Dekontamination	0,22 Bq/g	Co-60	1. Probe
	0,036 Bq/g 0,003 Bq/g 0,008 Bq/g	Eu-152 Co-60 Cs-137	2. Probe (K2)
	unterhalb der Nachweisgrenze	-	3. Probe (K6)
	0,003 Bq/g	Co-60	4. Probe (K9)

Tab. 4/10: Meßergebnisse der Voruntersuchungen

Aufgrund der Herkunft des Materials sowie der Voruntersuchungen war eine α -Kontamination auszuschließen, als Schlüsselnuklid für die Entscheidungsmessung wurde Co-60 festgelegt.

Die Kalibrierung erfolgte mit der gleichen Meßgeometrie wie sie bei der Entscheidungsmessung verwendet wird. Die Messingrohre wurden hierzu in ca. 80 cm lange Teilstücke zersägt und senkrecht in einem Rungengestell aufgestellt. Zur Kalibrierung wurde ein Co-60 Punktstrahler an der ungünstigsten Stelle im Meßgut positioniert, d. h. in Meßgutmitte. Der integrale Wirkungsgrad für diese Meßgeometrie lag bei 0,1 s⁻¹ Bq⁻¹. Unter Beachtung der DIN 25482 Teil 1 ergab sich eine Nachweisgrenze von 260

Bq pro Rungengestell (mit Fehler 1. und 2. Art 5 %; $t_0 = 200$ s, $t_b = 120$ s und $R_0 = 4600$ s⁻¹). Die Charge bestand aus 12 Rungengestellen, die Meßwerte aus den Gesamt- γ -Messungen sind in Tab. 4/11 dargestellt. Die aufgrund des zuvor bestimmten Masse/Oberflächen-Verhältnisses von 8,5 kg/m² berechnete Oberflächenaktivität war $\leq 3,5 \cdot 10^{-2}$ Bq cm⁻².

Rungengestell-Nr.	Aktivität in Bq	mittlere spezifische Aktivität in Bq/g
1	1,8 E3	3,1 E-3
2	3,8 E3	6,7 E-3
3	2,8 E3	4,9 E-3
4	5,5 E3	9,7 E-3
5	5,3 E3	1,0 E-2
6	5,0 E3	9,2 E-3
7	1,7 E4	3,3 E-2
8	2,1 E4	4,1 E-2
9	1,9 E4	3,6 E-2
10	2,0 E4	3,9 E-2
11	2,0 E4	4,0 E-2
12	1,4 E4	2,6 E-2

Tab. 4/11: Meßergebnisse der Entscheidungsmessung

Der massenspezifische Grenzwert entsprechend dem $5 \cdot 10^{-5}$ -fachen der Freigrenze je Gramm, bezogen auf Co-60, liegt bei 2,5 Bq g⁻¹. Da bei keinem der Rungengestelle dieser Wert erreicht wurde, konnte diese Charge der uneingeschränkten Wiederverwertung zugeführt werden. Auf weiterführende nuklidspezifische Messungen konnte verzichtet werden, da die durch Gesamt- γ -Messung ermittelte Aktivität aus dem genehmigungsbedürftigen Umgang $< 0,05$ Bq g⁻¹ war (entspr. dem $1 \cdot 10^{-6}$ -fachen der Freigrenze bezogen auf Co-60).

Die Erfahrungen aus der Verarbeitung dieser Reststoffcharge haben gezeigt, daß der Zeitaufwand für die Durchführung der Entscheidungsmessung relativ gering ist, gegenüber dem Zeitaufwand für

- Erkundung der Vorgeschichte des Reststoffes,
- Voruntersuchung,
- Bestimmung von Schlüsselnuclid, Nuclidvektor und Hochrechnungsfaktor,
- Beschaffung der Nullprobe,
- Kalibrierung,
- Bewertung der Meßergebnisse.

4.7 Dichtheitsprüfungen

K. Burkhard

Im Berichtsjahr 1992 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 Umweltministeriums Baden-Württemberg, daß die Hauptabteilung Sicherheit eine anerkannte Prüfstelle gemäß § 75 Strahlenschutzverordnung ist. Als Prüfgrundlage dient DIN 25 426 T4. Danach müssen alle umschlossenen Strahler oberhalb des 100fachen der Freigrenze jährlich einer Dichtheitsprüfung unterzogen werden. Für Strahler, die geschützt in Apparaturen eingebaut, nur gelagert oder besonders stabil gebaut sind, können Verlängerungen der Prüf Fristen bei der Aufsichtsbehörde beantragt werden. Hierzu ist ein entsprechendes Gutachten der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt 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 oder γ -spektroskopisch. 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. 4/12 nach Nuklid und Institution sortiert aufgeführt. Im Berichtsjahr wurde ein undichter Strahler (Fe-55) gefunden.

4.8 Strahlenpaßstelle

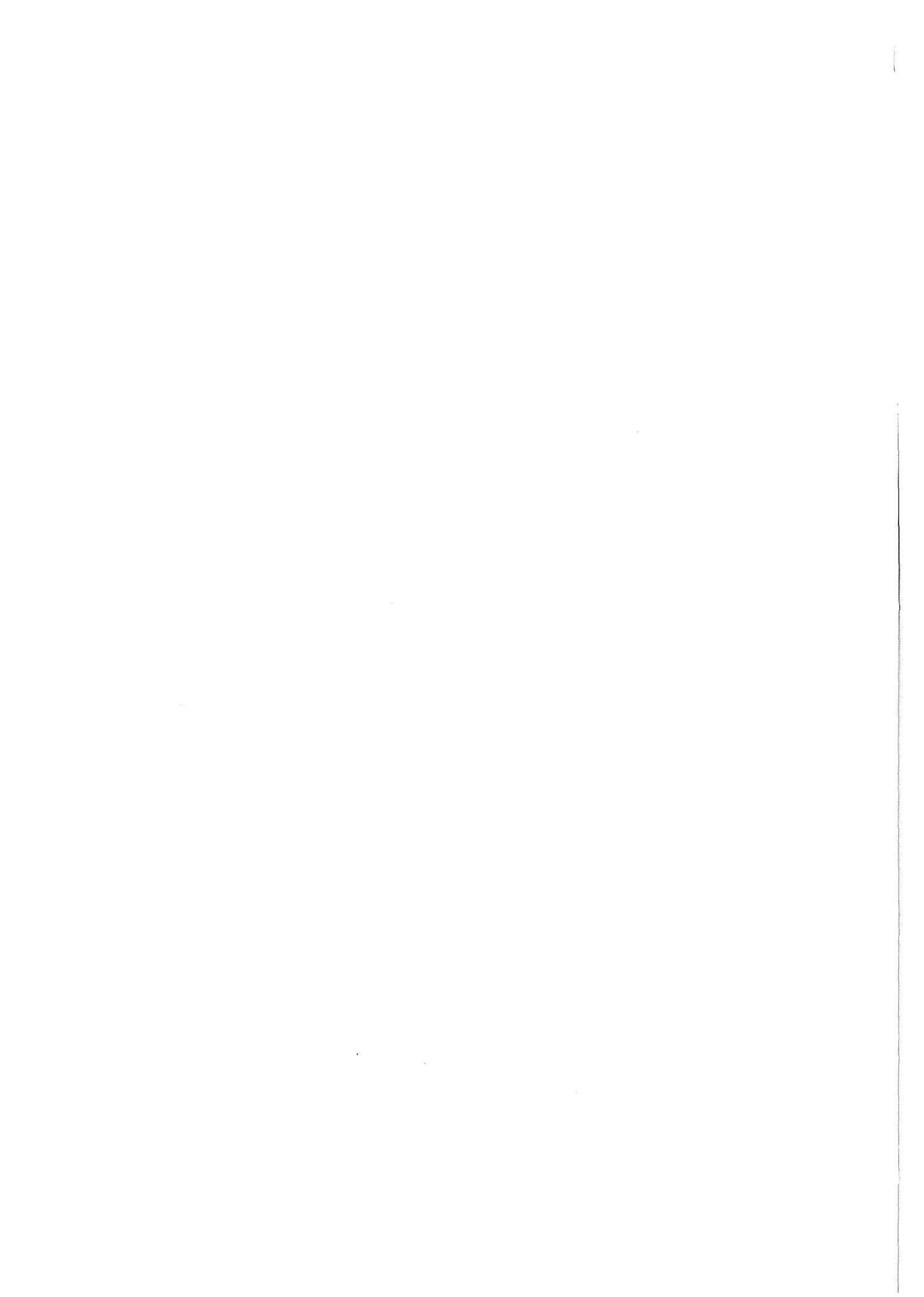
F. Stelzig

Seit Oktober 1991 wird eine zentrale Abfertigungsstelle für Strahlenpässe betrieben. Hier melden sich alle Fremdfirmenangehörigen vor Arbeitsaufnahme an. Der Mitarbeiter in der Strahlenpaßstelle kontrolliert die Eintragungen im Strahlenpaß. Wenn die Zutrittsvoraussetzungen vorliegen, wird eine interne Laufkarte ausgegeben und der Strahlenpaß einbehalten. Strahlenexponierte Personen der Kategorie A werden von hier aus zur Eingangsuntersuchung im Ganzkörperzähler geschickt. Die Strahlenpässe werden zentral verwaltet und vierteljährlich gegebenenfalls zur Aktualisierung an die Fremdfirmen geschickt. Beim Abmelden wird die externe Dosis des laufenden Monats und gegebenenfalls Meßwerte der Inkorporationsüberwachung eingetragen. Nach durchgeführter Ausgangsmessung im Ganzkörperzähler wird dem Fremdfirmenangehörigen sein Strahlenpaß ausgehändigt.

Im Jahr 1992 haben 140 von 211 Fremdfirmen mit gültigem Abgrenzungsvertrag Mitarbeiter in Kontrollbereichen des KfK angemeldet. Insgesamt wurden 932 Anmeldungen durchgeführt. Im Verlauf des vergangenen Jahres wurden 364 Abmeldungen durchgeführt. In Strahlenpässen wurden 3300 Eintragungen vorgenommen.

	Am-241	Cs-137	Sr-90	Cf-252	Co-60	Ra-226	Np-237	Fe-55	Co-57	Cd-109	Pu-238	Sm-151	Kernbr./ Spaltpr.	Ba-133	Pm-147	Po-210	Pb-210	Ges.
HS-D	5	14	11	2	2										1			35
FTU	2	4	3	9	1	1				2							1	23
LIT	12	2			1						3							18
IHCh	6	3	1				1					1						12
INR	4			3			3						2					12
IK I	5		1					3	1									10
IK III	6								2									8
IGT			2		2	1												5
IRS	1		3			1												5
INE		1			1									1				3
HZY			1			1												2
HS-Ü		1																1
HIT-QS										1								1
HVT-HZ		1																1
INFP												1						1
LAF I	1																	1
LAF II																1		1
KfK	42	26	22	14	7	4	4	3	3	3	3	2	2	1	1	1	1	139

Tab. 4/12: Anzahl der im Jahr 1992 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 Umweltministerium 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 von KfK GmbH anfallenden Proben bei HS/US gemessen. Struktur, Umfang und Ergebnisse der routinemäßigen Abluftüberwachung sowie die Ergebnisse der Dosisberechnungen für die Umgebung des Kernforschungszentrums Karlsruhe auf der Grundlage der bilanzierten radioaktiven Ableitungen werden in Kap. 5.1 dargestellt.

Die Überwachung des Radioaktivitätsgehaltes aller im Kernforschungszentrum Karlsruhe 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 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 Umweltministerium 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 Umweltministerium Baden-Württemberg 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 Kernforschungszentrums Karlsruhe die in § 45 der 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 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 38 Emittenten (vgl. Lageplan Abb. 5/1) gehören 34 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 wurden die Fortluftmeßstellen HZY/KIZ Geb. 341 und HDB Geb. 545 mit isokinetischer Probenahme und neuen Meß- und Sammeleinrichtungen ausgestattet.

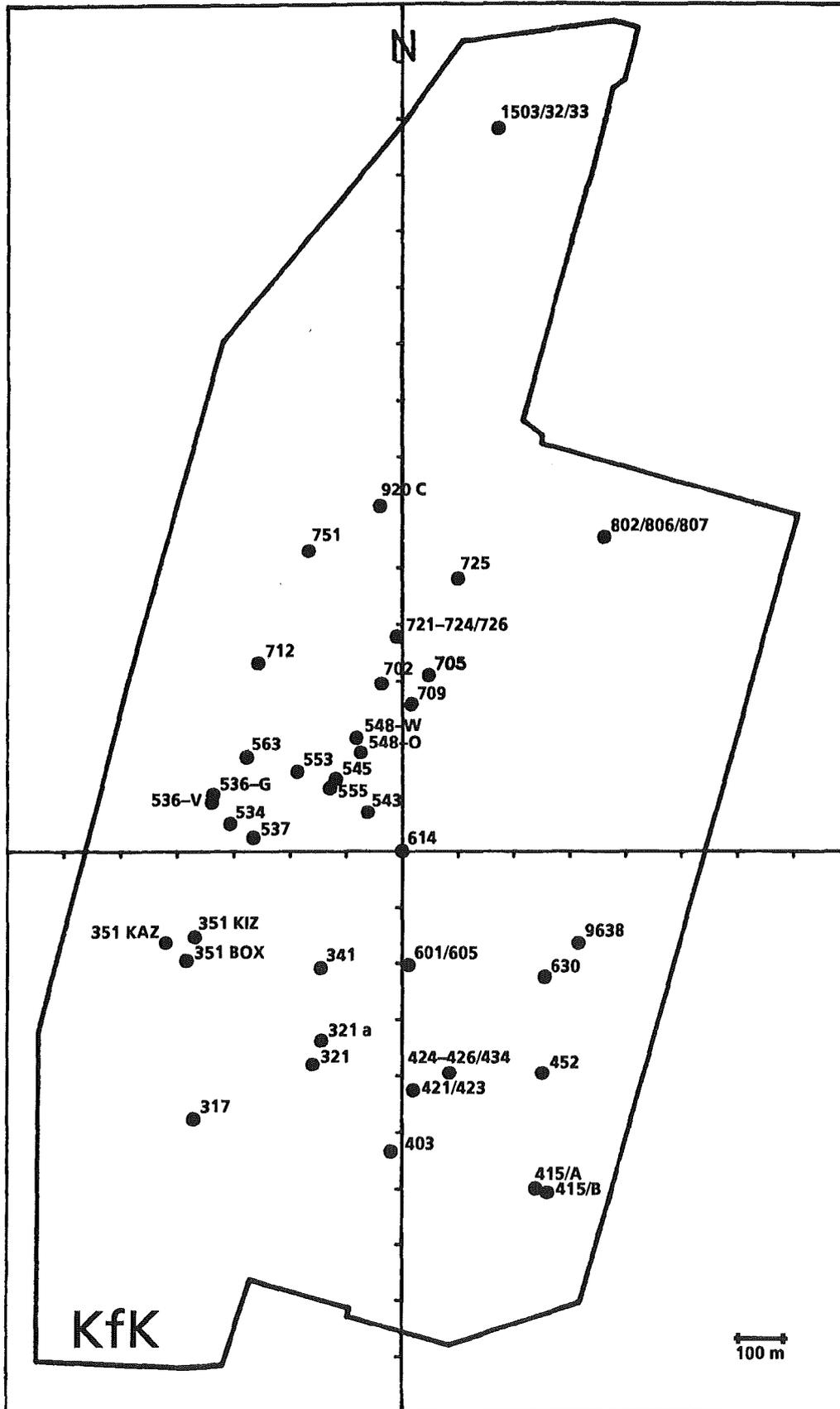


Abb. 5/1: Lageplan der Emittenten des KfK mit Angabe der Gebäudenummern

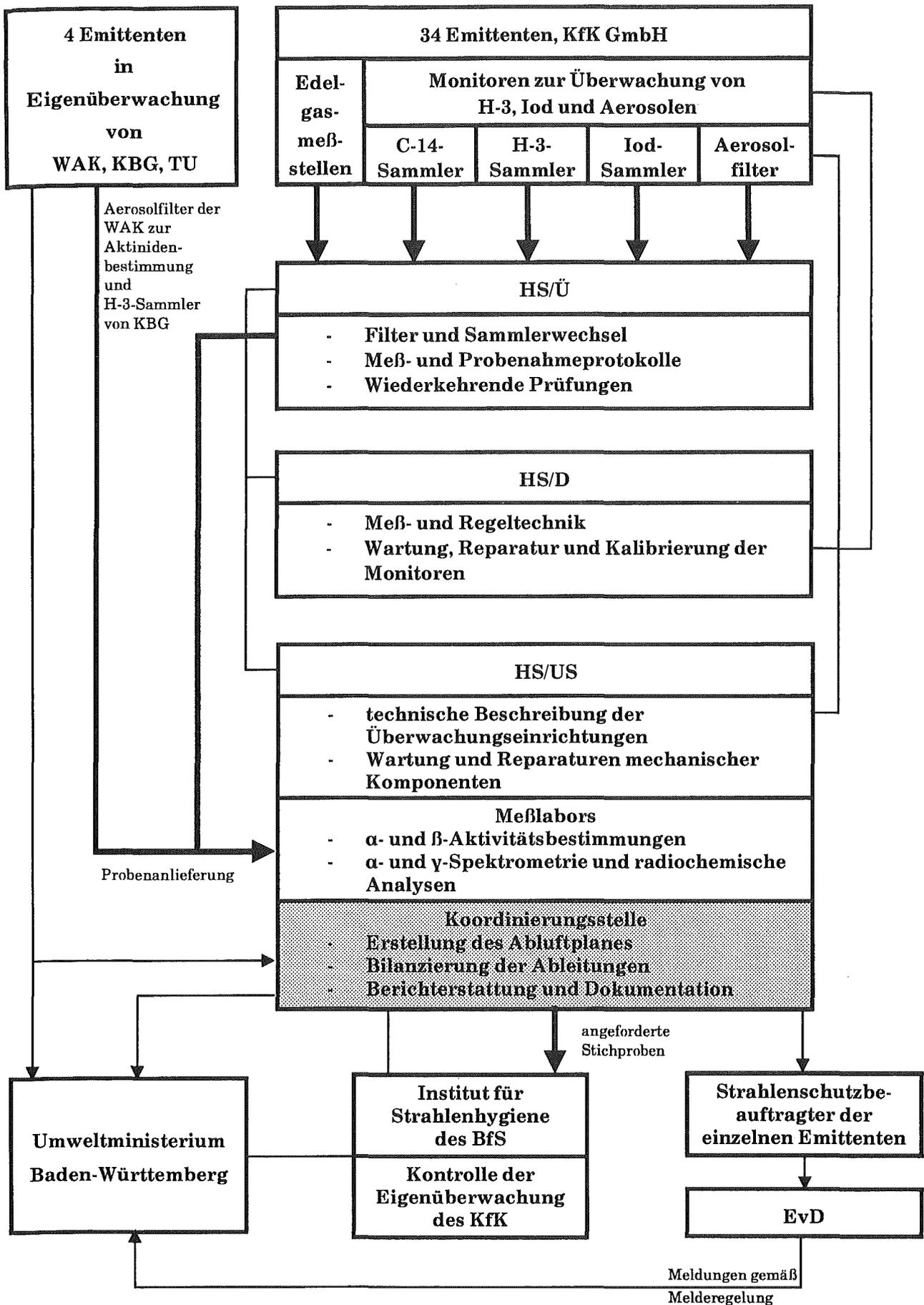


Abb. 5/2: Schematische Darstellung der Fortluftüberwachung im KfK

— Proben und Meßprotokolle — Kommunikationswege und Berichterstattung

Die Fortluftüberwachung der Anlagen im Kernforschungszentrum Karlsruhe, die nicht von 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 angewandt.

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

5.1.1 Ableitung radioaktiver Stoffe mit der Fortluft 1992

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. 1992 waren insgesamt rund 3 600 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 gemäß KTA-Regel 1503.1 nur Meßwerte herangezogen, die oberhalb der erreichten 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 worden 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:

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

Dabei bedeuten:

A_I	I-131-Äquivalent
$A_{I(zul.)}$	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 Schilddrüsenedosis zu jener Schilddrüsenedosis, die eine gleichgroße Aktivitätsableitung des Isotops I-131 hervorrufen würde. Die für den Abluftplan 1992 gültigen Wichtungsfaktoren sind in der nachfolgenden Tab. 5/1 angegeben:

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:

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

In Tab. 5/2 werden für die einzelnen Emittenten des KfK, geordnet nach aufsteigenden Gebäudenummern und den jeweils zu berücksichtigenden Nukliden und Nuklidgruppen, die 1992 gemäß Abluftplan maximal zulässigen Ableitungen (Wochen- und Jahreswerte) mit den im Berichtsjahr und im Vorjahr bilanzierten Ableitungen verglichen. In einem Fall wurde in der 12. Kalenderwoche 1992 der zulässige Wochenwert für Aerosole mit langlebiger Alphaaktivität um rund den Faktor 3 überschritten. In keinem Fall wurden die Werte für die jährlich zulässigen Ableitungen überschritten.

Emittent Geb.-Nr. Emissions- höhe	Nuklid/ Nuklid- gruppe	Zulässige Ableitungen gem. Abluftplan 1992		Bilanzierte Ableitungen 1992	Bilanzierte Ableitungen 1991	Effektivdosis am Immissions- maximum des Emittenten 1992 µSv
		Bq/Woche	Bq/a	Bq	Bq	
IGT Geb. 317 14 m	AAL		1,0 E05	3,2 E02	5,9 E02	< 0,01
	ABL		1,0 E06	4,6 E04	2,3 E04	
	I		1,0 E07	8,3 E05	1,5 E06	
	davon I-125			6,1 E05	1,1 E06	
IRCh Geb. 321 16 m	AAL		1,0 E05	1,3 E03	6,9 E02	< 0,01
	ABL		2,0 E07	2,5 E04	1,4 E04	
	H-3		4,0 E12	4,8 E10	1,9 E10	
IRCh Geb. 321a 15 m	AAL	1,0 E04	2,0 E05	1,3 E03	1,9 E02	< 0,01
	ABK	5,0 E07	1,0 E09	-	-	
	ABL	1,0 E07	2,0 E08	3,2 E04	3,0 E04	
	E	2,0 E12	4,0 E13	6,0 E10	4,2 E11	
	H-3	2,0 E11	4,0 E12	9,9 E08	9,8 E08	
	I	2,0 E06	4,0 E07	-	3,8 E05	
IRCh Geb. 341 15 m	AAL		1,0 E05	1,5 E03	9,9 E02	< 0,01
	ABL		1,0 E07	2,7 E05	2,4 E04	
	H-3		8,0 E12	-	7,5 E09	
HZY (KIZ) Geb. 351 36 m	ABK		5,0 E09	-	-	0,11
	ABL		5,0 E07	8,9 E04	-	
	E + GK		1,0 E13	1,5 E12	1,3 E12	
	I		1,0 E07	-	-	
HZY (KAZ) Geb. 351 15 m	ABK	5,0 E08	1,0 E10	5,7 E05	2,0 E05	0,28
	ABL	5,0 E06	1,0 E08	1,0 E05	1,9 E05	
	E	5,0 E12	1,0 E14	2,8 E12	2,4 E12	
	I	5,0 E05	1,0 E07	5,5 E05	4,0 E04	
	davon I-121			5,4 E08	-	
	I-123			2,4 E08	3,0 E07	
I-125			2,1 E05	7,5 E03		
HZY (Boxen- abluft) Geb. 351 11 m	ABK		1,0 E10	-	2,2 E05	< 0,01
	ABL		1,0 E08	1,8 E03	7,7 E02	
	I		2,0 E06	5,4 E-02	0,1 E00	
	davon I-123			5,5 E01	1,0 E02	
LIT Geb. 403 10 m	ABK		1,0 E09	-	-	< 0,01
	ABL		1,0 E08	2,2 E03	1,2 E02	

Tab. 5/2: Ableitungen radioaktiver Stoffe der einzelnen Emittenten des KfK in die Atmosphäre in den Jahren 1992 und 1991

Emittent Geb.-Nr. Emissions- höhe	Nuklid/ Nuklid- gruppe	Zulässige Ableitungen gem. Abluftplan 1992		Bilanzierte Ableitungen 1992	Bilanzierte Ableitungen 1991	Effektivdosis am Immissions- maximum des Emittenten 1992 µSv
		Bq/Woche	Bq/a	Bq	Bq	
LAF II Geb. 415 A 8 m	I (I-131)	2,5 E05	5,0 E06	4,7 E03	-	< 0,01
LAF II Geb. 415 B 10 m	I (I-131)	2,5 E05	5,0 E06	4,8 E04	2,2 E05	< 0,01
INR Geb. 421/423 5 m	E H-3		2,0 E10 2,0 E12	5,0 E09 7,7 E10	1,0 E07 4,8 E11	< 0,01
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	A _{AL} A _{BL} H-3 I davon I-129		4,0 E04 4,0 E07 8,0 E10 1,0 E06	1,3 E02 5,6 E04 3,6 E09 6,7 E05 3,3 E04	5,2 E02 8,2 E04 2,2 E09 6,2 E05 3,1 E04	< 0,01
HDB Geb. 536 (Verbren- nungsanlage) 70 m	A _{AL} A _{BL} 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	7,9 E06 2,0 E08 1,6 E12 3,9 E10 9,8 E07 8,6 E06 4,3 E06 3,1 E04	2,4 E05 1,3 E08 3,6 E12 3,9 E10 5,0 E07 1,7 E06 2,4 E06 2,0 E04	0,68
HDB Geb. 536 (Gebäude- abluft) 16,5 m	A _{AL} A _{BL} H-3 I davon I-129		1,0 E05 2,0 E07 1,0 E10 1,0 E06	9,1 E02 2,7 E04 - 1,8 E05 9,1 E03	- - 5,4 E08 - -	< 0,01
HDB LfU-Lager Geb. 537 16,5 m	H-3		1,0 E11	1,7 E09	7,0 E08	< 0,01
HDB Geb. 543 8 m	A _{AL} A _{BL} H-3 I (I-131)		4,0 E05 4,0 E07 1,0 E10 2,0 E05	5,9 E03 2,0 E05 1,9 E07 6,4 E01	2,0 E03 4,8 E04 3,2 E05 1,3 E04	< 0,01

Tab. 5/2: Fortsetzung

Emittent Geb.-Nr. Emissions- höhe	Nuklid/ Nuklid- gruppe	Zulässige Ableitungen gem. Abluftplan 1992		Bilanzierte Ableitungen 1992	Bilanzierte Ableitungen 1991	Effektivdosis am Immissions- maximum des Emittenten 1992 µSv
		Bq/Woche	Bq/a	Bq	Bq	
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	3,3 E03 3,3 E05 6,0 E09 - 1,2 E07 5,9 E05	2,4 E03 4,1 E05 2,2 E10 - 1,7 E07 8,5 E05	0,06
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	1,2 E05 1,6 E05 - 9,0 E04 4,5 E03	2,0 E03 2,6 E04 2,6 E09 2,7 E05 1,4 E04	< 0,01
HDB Geb. 548 West 15 m	AAL ABL H-3 I davon 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	1,6 E05 2,3 E05 1,0 E11 8,6 E06 4,3 E05	2,4 E03 1,5 E05 1,4 E12 8,8 E06 4,4 E05	0,09
HDB LAW-Lager Geb. 553 8,5 m	AAL ABL H-3 I		1,0 E05 1,0 E07 1,0 E11 1,0 E06	3,0 E03 1,5 E05 1,8 E10 -	3,4 E03 2,6 E04 9,9 E09 1,4 E04	< 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	6,8 E02 2,9 E04 7,1 E08 4,9 E06 2,5 E05	9,1 E01 1,5 E03 9,7 E08 8,6 E06 4,3 E05	0,02
HDB Geb. 563 14 m	AAL ABL H-3		1,0 E06 1,0 E07 8,0 E11	- 9,1 E04 1,4 E08	3,5 E02 1,5 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	4,0 E06 5,1 E02 4,2 E04 2,0 E04	1,0 E06 1,3 E02 1,4 E04 1,0 E06	< 0,01

Tab. 5/2: Fortsetzung

Emittent Geb.-Nr. Emissions- höhe	Nuklid/ Nuklid- gruppe	Zulässige Ableitungen gem. Abluftplan 1992		Bilanzierte Ableitungen 1992	Bilanzierte Ableitungen 1991	Effektivdosis am Immissions- maximum des Emittenten 1992 µSv
		Bq/Woche	Bq/a	Bq	Bq	
PBA/FR2 Geb. 614 99 m	AAL		1,0 E06	4,1 E02	7,4 E02	< 0,01
	ABL		1,0 E08	4,4 E04	3,1 E04	
	H-3		1,0 E11	1,0 E10	1,5 E10	
	I		2,0 E06	-	-	
TEKO Geb. 630 22,5 m	AAL		5,0 E05	-	-	-
HVT/HZ Geb. 702 60 m	AAL	1,0 E06	2,0 E07	2,2 E03	3,1 E02	0,02
	ABL	4,0 E08	8,0 E09	1,4 E06	1,4 E06	
	E	2,0 E12	4,0 E13	3,0 E12	3,3 E12	
	H-3	2,5 E11	5,0 E12	3,5 E11	5,9 E10	
	I davon I-129	7,5 E06	1,5 E08	1,6 E06 7,7 E04	4,2 E06 2,1 E05	
HDB- Wäscherei Geb. 705 5,5 m	AAL		1,0 E06	2,3 E03	9,8 E02	< 0,01
	ABL		1,0 E08	4,5 E04	2,3 E04	
HVT/HZ Geb. 709 60 m	AAL	1,5 E05	3,0 E06	1,9 E03	7,7 E02	0,03
	ABL	2,0 E07	4,0 E08	1,5 E05	7,4 E03	
	H-3	2,5 E11	5,0 E12	7,2 E11	1,4 E11	
INE Geb. 712 60 m	AAL	5,0 E04	1,0 E06	1,1 E03	5,2 E02	< 0,01
	ABL	5,0 E06	1,0 E08	8,9 E04	1,3 E03	
	H-3	5,0 E07	1,0 E09	-	-	
	I	1,2 E06	2,5 E07	-	-	
IHCh Geb. 721- 724/726 60 m	AAL		3,0 E06	4,9 E03	1,0 E03	< 0,01
	ABL		3,0 E08	1,4 E05	1,2 E04	
	E		8,0 E12	-	-	
	H-3		2,0 E11	-	1,5 E08	
	C-14		4,0 E09	-	-	
	I davon I-129		5,0 E07	3,6 E06 1,8 E05	5,9 E06 2,9 E05	
IHCh Geb. 725 10 m	AAL		1,0 E05	8,5 E02	8,0 E01	< 0,01
	ABL		1,0 E07	6,9 E04	1,6 E04	
	I		1,0 E06	-	-	
	E		1,0 E11	-	-	
	H-3		4,0 E09	-	-	
	C-14		4,0 E08	-	-	

Tab. 5/2: Fortsetzung

Emittent Geb.-Nr. Emissions- höhe	Nuklid/ Nuklid- gruppe	Zulässige Ableitungen		Bilanzierte Ableitungen 1992	Bilanzierte Ableitungen 1991	Effektivdosis am Immissions- maximum des Emittenten 1992 µSv
		Bq/Woche	Bq/a	Bq	Bq	
KBG/KNK Geb. 751 99 m	A _{AL}	2,8 E05	1,1 E07	-	-	< 0,01
	A _{BL}	1,4 E08	5,6 E09	7,8 E04	1,2 E05	
	E	9,3 E12	1,5 E14	1,5 E11	2,5 E12	
	H-3	2,0 E11	4,0 E12	1,1 E11	8,4 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	1,5 E03	2,9 E03	
	A _{BL}	2,0 E07	4,0 E08	2,3 E05	2,1 E05	
	E	2,0 E12	4,0 E13	-	-	
	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	-	-	0,22
	A _{BL}	5,0 E07	1,0 E09	1,3 E04	-	
	Sr-90*		1,0 E08	1,3 E04	-	
	H-3	5,0 E12	1,0 E14	5,8 E12	6,3 E12	
WAK Geb. 1503/ 1532/1533 60 m		Bq/Tag				0,15
	A _{AL}	1,85 E06	1,85 E08	2,8 E05	9,7 E05	
	A _{BL}	3,7 E08	3,7 E10	1,9 E07	9,3 E07	
	Pu-241*		7,4 E09	5,8 E06	2,0 E07	
	Sr-90*		1,85 E09	4,0 E06	3,6 E07	
	E	1,0 E10	1,0 E12	-	4,4 E08	
	H-3	1,85 E11	1,85 E13	1,8 E11	2,5 E11	
	I-129	2,4 E06	2,4 E08	8,7 E06	3,3 E07	
	I-131	1,48 E07	1,48 E09	4,5 E06	3,7 E06	
I			1,8 E08**	6,6 E08**		
HS/B Geb. 9638 10 m	H-3		4,0 E11	5,3 E07	7,5 E06	< 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).

5.1.2 Ableitung nichtradioaktiver Stoffe mit der Fortluft 1992

H. Wilker

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

- Die Verbrennungsanlagen für feste und flüssige radioaktive Abfälle. Die Anlagen werden von der Hauptabteilung Dekontaminationsbetriebe betrieben.
- Die Testanlage zur Müllverbrennung, Abgasreinigung, Rückstandsverwertung und Abwasserbehandlung (TAMARA). Die Verbrennungsanlage hat eine maximale Leistung von 300 kg/h. Die TAMARA wird vom Laboratorium für Isotopentechnik betrieben.
- 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 der Hauptabteilung Betriebstechnik betrieben.

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

5.1.2.1 Verbrennungsanlagen der Hauptabteilung Dekontaminationsbetriebe

Für die Verbrennungssysteme der Hauptabteilung Dekontaminationsbetriebe, zwei Feststoff- und ein Lösemittelverbrennungssystem, besteht die behördliche Auflage zur kontinuierlichen Messung folgender mit dem Abgas emittierter Schadstoffe: Staub, Gesamtkohlenstoff, HCl, SO₂ und CO. Bisher sind die ermittelten Schadstoffkonzentrationen bei allen 3 Systemen auf einen Sauerstoffanteil von 11 Vol% und auf trockenes Rauchgas bezogen worden. Das Regierungspräsidium Karlsruhe hat Mitte 1992 dem Antrag, die beiden Feststoffverbrennungssysteme als Anlagen zur Verbrennung von hausmüllähnlichem Gewerbeabfall einzustufen, stattgegeben und damit für beide Anlagen einen Sauerstoffbezugswert von 17 Vol% festgelegt.

In diesem Zusammenhang wurden die Abgasleitungen der einzelnen Verbrennungssysteme getrennt und eine zweite Emissionsüberwachungseinrichtung installiert. Seit dem 01.08.1992 werden die beiden Feststoffverbrennungsanlagen mit dieser neuen Meßeinrichtung überwacht. Die Abgase des Lösemittelverbrennungssystems werden mit der bisher vorhandenen Meßeinrichtung gemessen. Das Staubmeßgerät, dessen Meßprinzip auf einer Transmissionsmessung beruhte, wurde durch ein Streulichtmeßgerät ersetzt.

Die eingesetzten Meßgeräte sind als eignungsgeprüft nach den Richtlinien des Bundesministers für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit zugelassen. Der Einsatz des neuen Staubmeßgerätes hat sich bewährt. Alle Meßgeräte und die Meßanordnung wurden vom TÜV Südwest als amtlicher Meßstelle funktionsgeprüft und kalibriert. 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 Jahr 1992.

Schadstoff	Konzentrationsgrenzwert in mg/Nm ³	Emissionsfracht in Mg		
		alle Systeme 01.01.92-31.07.92	Feststoffsysteme 01.08.92-31.12.92	Lösemittelsysteme 01.08.92-31.12.92
HCl	50	0,029	0,03	0,0055
SO ₂	100	0,15	0,027	0,027
CO	100	0,68	0,49	0,04
Staub	5	0,0013	0,0008	0,00023
Gesamt-C	20	0,048	0,019	0,02
NO	-	-	0,48	-

Tab. 5/3: Emissionsdaten 1992 für die Verbrennungsanlage der HDB

5.1.2.2 Versuchsanlage TAMARA

Für TAMARA besteht die 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 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 maximal zulässigen Emissionswerte wurden eingehalten.

Emissionsintervalle 1992	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
30.03.-30.04.	12,4	< 0,2	< 2	5	22	0,61	< 0,2	< 2	< 3	10	0,28
04.05.-08.05.	14,0	< 0,2	< 2	4	< 10	-	< 0,2	< 2	< 3	< 10	-
11.05.-15.05.	14,3	< 0,2	< 2	8	< 10	0,44	< 0,2	< 2	5	< 10	0,26
07.09.-08.09.	11,0	-	-	-	< 10	0,49	-	-	-	< 10	0,20
14.09.-17.09.	11,9	< 0,2	< 2	7	< 10	0,33	< 0,2	< 2	3	< 10	0,15
21.09.-26.09.	12,4	< 0,2	< 2	6	< 10	0,44	< 0,2	< 2	3	< 10	0,20
12.10.-16.10.	12,8	< 0,2	< 2	9	< 10	0,35	< 0,2	< 2	4	< 10	0,17
19.10.-23.10.	11,5	< 0,2	< 2	16	< 10	0,71	< 0,2	< 2	7	< 10	0,30
23.11.-26.11.	11,1	0,3	< 2	5	< 10	0,68	< 0,2	< 2	< 3	< 10	0,27
30.11.-04.12.	11,3	< 0,2	< 2	4	< 10	0,55	< 0,2	< 2	< 3	< 10	0,23
Genehmigungswerte:							2	50	200	100	50

Tab. 5/4: Schadstoffkonzentrationen im Abgas der TAMARA 1992

5.1.2.3 Fernheizwerk und Blockheizkraftwerk

Das Fernheizwerk des KfK wurde 1992 vorwiegend mit Erdgas betrieben. Aufgrund einer Abschaltung des Gasnetzes mußten 478 Stunden mit Heizöl EL gefahren werden. Das Blockheizkraftwerk war 1 795 Stunden in Betrieb, davon 50 h mit Heizöl EL.

Die 1992 parametrisierte Staubmeßeinrichtung ergab eine Jahresfracht, die einer theoretischen Berechnung nicht standhält. In Tab. 5/5 wurde deshalb für Staub der errechnete Wert angegeben. Die kontinuierliche Überwachung und Dokumentation der CO- und NO_x-Emissionen des Fernheizwerks entsprechen den behördlichen Auflagen.

Alle Emissionswerte des Blockheizkraftwerks sowie die SO₂-Emissionen des Fernheizwerks wurden rechnerisch ermittelt. Ende 1992 wurden die Schadstoffe CO und NO_x des Blockheizkraftwerks auf das elektronische Meß- und Auswertesystem TALAS aufgeschaltet. Die Jahresemission können der Tab. 5/5 entnommen werden.

Schadstoff	Blockheizkraftwerk Jahresemission in Mg	Fernheizwerk Jahresemission in Mg
NO _x	4,7	11,1
SO ₂	0,73	5,6
CO	2,6	0,95
Staub	0,15	1,2

Tab. 5/5: Emissionsdaten 1992

5.1.3 Strahlenexposition in der Umgebung durch die mit der Fortluft abgeleiteten radioaktiven Stoffe 1992

A. Wicke, D. Papadopoulos

5.1.3.1 Berechnungsgrundlagen

Die Dosisberechnung erfolgte auf der Grundlage der monatlich bilanzierten Ableitungswerte der im Jahr 1992 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) berechnet. Mit Körperdosen sind im folgenden stets die über 50 Jahre integrierten Folgeäquivalentdosen gemeint.

Insbesondere wurde geprüft, ob die errechnete maximal mögliche Individualdosis für die jeweils ungünstigste Einwirkungsstelle in der Umgebung des Standortes unter Berücksichtigung sämtlicher relevanter Expositionspfade im Einklang mit den in § 45 der Strahlenschutzverordnung festgelegten Grenzwerten der Körperdosen steht. Die Berechnung nach der Allgemeinen Verwaltungsvorschrift 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 dem Bundesanzeiger 185a vom September 1989 entnommen. Um die Auswahl relevanter Klassen für die Lungenretention und Löslichkeit bei Ingestion radioaktiver Aerosole zu ermöglichen, wurden für die verschiedenen Emittenten die bei den Aerosolableitungen jeweils dominierenden oder typischen chemischen Formen zugrundegelegt oder, falls unbekannt, jeweils konservative Annahmen gemacht. Bei der Berechnung der Dosiswerte wurden die Tochternuklide grundsätzlich mitberücksichtigt.

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

5.1.3.2 Meteorologische Daten

Die für die Ausbreitungsrechnung benötigten meteorologischen Daten werden am 200 m hohen Meßturm auf dem Betriebsgelände des KfK gemessen. Windrichtung, Windgeschwindigkeit und Ausbreitungskategorie werden halbstündlich gemittelt. Ihre Häufigkeitsverteilungen werden in der Ausbreitungsstatistik zusammengefaßt. Die Windrose wird in zwölf 30°-Sektoren eingeteilt. Den Ausbreitungsrechnungen werden die Windgeschwindigkeit und -richtung in 60 m Höhe zugrundegelegt. Für andere Emissionshöhen als die Bezugshöhe von 60 m wird die Windgeschwindigkeit aus dem Windgeschwindigkeitsprofil berechnet. Dazu werden die Exponenten des vertikalen Windgeschwindigkeitsprofils aus der Allgemeinen Verwaltungsvorschrift übernommen.

Die doppelte Gebäudehöhe der KfK-Institute beträgt im Mittel ca. 30 m. Unterhalb einer Emissionshöhe von 30 m wird deshalb der Gebäudeeinfluß berücksichtigt indem bei halbiertes Emissionshöhe gemäß Abschn. 4.6.2 der Allgemeinen Verwaltungsvorschrift eine Korrektur der Ausbreitungsparameter erfolgt. Oberhalb von 30 m werden die Kaminhöhen als effektive Emissionshöhen betrachtet. Die horizontalen und vertikalen Ausbreitungsparameter σ_y und σ_z werden entsprechend Anhang 7 der Allgemeinen Verwaltungsvorschrift aus den dort angegebenen Ausbreitungskoeffizienten ermittelt.

5.1.3.3 Ausbreitung und Ablagerung

Bei der Ausbreitungsberechnung wird - abweichend von der Allgemeinen Verwaltungsvorschrift - 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 Allgemeinen Verwaltungsvorschrift angegebenen Depositionsgeschwindigkeiten für elementares Iod, organisch gebundenes Iod und Aerosole berücksichtigt. Bei der Berechnung der Ablagerung durch Niederschlag kommt das vereinfachte Verfahren gemäß Abschn. 4.2.2.2 der Allgemeinen Verwaltungsvorschrift zur Anwendung. Abreicherungs-effekte in der Abluftfahne bleiben unberücksichtigt. Die Berechnung des Ausbreitungs- und Washoutfaktors erfolgt auf der Grundlage der monatlichen Ableitungswerte und der monatlichen meteorologischen Statistik. Bei der Ingestion wird die auf der Pflanze abgelagerte Aktivität nur im Sommerhalbjahr berücksichtigt.

5.1.3.4 Rechenprogramme

Die Dosisbeiträge durch β -Submersion, Inhalation, Ingestion und Gammabodenstrahlung sind im allgemeinen proportional zur Aktivitätskonzentration in der bodennahen Luft am betrachteten Aufpunkt. 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 wird das FORTRAN-Programm WOLGA angewandt. Es gibt die Gammadosis für einen beliebigen Aufpunkt in der Umgebung eines oder mehrerer Emittenten als Summe der Dosisbeiträge der Aktivität im Raum an. Diese Berechnung wird unter genauerer Berücksichtigung der Gamma-Energien der dosisrelevanten Radionuklide durchgeführt.

5.1.3.5 Einteilung der radioaktiven Emissionen in Nuklidgruppen und Einzelnuclide

Zur Dosisberechnung ist es erforderlich, für die in Kap. 5.1 angegebenen Nuklidgruppen Leitnuclide oder charakteristische Nuklidgemische festzulegen. Die erforderlichen anlagenspezifischen Festlegungen wurden 1992 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 Leitnuclid 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 Leitnuclid gelten kann. Ausnahmen bilden folgende Institute, bei denen aufgrund des Umgangs mit radioaktiven Stoffen andere Leitnuclide in Frage kommen:

HIT, PBA/FR2:	U-nat
IGT, IRCh, Geb. 341:	Pu-238
IRCh, Geb. 321:	Am-241
TEKO:	U-nat

Für HDB und 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 Reststoffen 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
HZY (KIZ):	Cl-38
HZY; 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
HZY (KIZ):	Be-7
HZY; 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-Destillation) – bei der Ableitung die durch Messungen belegte mittlere Zusammensetzung des MAW-Destillats als charakteristisch angenommen (als Nitrat). Bei der Verbrennungsanlage wurden für die Festlegung des Nuklidgemisches die Deklarations-scheine 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 beim INR, INFP und KNK wurden die Emissionen radioaktiver Edelgase als Ar-41 berücksichtigt. Bei HZY(KAZ) und HZY(KIZ) 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 oxidiertes Form angenommen.

- C-14

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

5.1.3.6 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 Expositionspfaden – 1992 folgende maximale Beiträge zur effektiven Dosis:

Expositionspfad	Kleinkinder	Erwachsene
Inhalation	0,10 µSv	0,12 µSv
Ingestion	1,0 µSv	0,66 µSv
Gammasubmersion	0,13 µSv	0,11 µSv
Gammabodenstrahlung	0,06 µSv	0,04 µSv
Summe über alle Expositionspfade, rund	1,3 µSv	0,9 µSv

Die maximal zu erwartende Schilddrüsendosis eines Kleinkindes berechnet sich zu rund 4,8 µSv, die eines Erwachsenen zu rund 5,1 µSv.

Die Einzelergebnisse für die betrachteten Expositionspfade – aufgeschlüsselt nach den in Tab. X2 der Strahlenschutzverordnung aufgeführten Organen und Geweben – sind für die umliegenden Ortschaften in Tab. 5/6 zusammengestellt. Die regionale Verteilung der Effektivdosen in der Umgebung des Kernforschungszentrums für Erwachsene als Summe der Dosisbeiträge aller Expositionspfade ist in Abb. 5/3 graphisch in Form von Isodosislينien dargestellt. Insgesamt zeigen die Berechnungsergebnisse, daß die Dosisgrenzwerte des § 45 der Strahlenschutzverordnung im Jahr 1992 deutlich unterschritten wurden. Für 1992 ergibt sich eine mittlere Effektivdosis der Bevölkerung (Erwachsene) im Umkreis von 3 km bzw. 20 km um das Kernforschungszentrum Karlsruhe von 0,07 µSv bzw. 0,02 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 diese 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 1992						
	Keimdrüsen	Brust	rotes Knochenmark	Lunge	Schilddrüse	Knochenoberfläche	Beitrag zur effektiven Dosis
Graben	-	-	0,01	0,01	-	0,08	0,01
Neudorf	-	-	0,01	0,01	-	0,06	0,01
Friedrichstal	-	-	0,01	0,01	-	0,10	0,01
Spöck	-	-	0,01	0,01	-	0,05	-
Neuthard	-	-	0,01	0,01	-	0,05	-
Karlsdorf	-	-	-	0,01	-	0,03	-
Staffort	-	-	-	0,01	-	0,04	-
Blankenloch	-	-	-	0,01	-	0,04	-
Hagsfeld	-	-	-	-	-	0,03	-
Karlsruhe (Marktplatz)	-	-	-	-	-	0,02	-
Neureut	-	-	-	0,01	-	0,05	-
Eggenstein	-	-	0,01	0,01	-	0,11	0,01
Leopoldshafen	0,01	-	0,02	0,03	-	0,22	0,02
Linkenheim	-	-	0,01	0,02	-	0,15	0,01
Hochstetten	-	-	0,01	0,02	-	0,11	0,01
Liedolsheim	-	-	0,01	0,01	-	0,07	0,01
Rußheim	-	-	-	0,01	-	0,05	-
Leimersheim	-	-	0,01	0,01	-	0,07	0,01
ungünstigste Einwirkungsstelle für KfK insgesamt	0,04	0,02	0,14	0,20	0,02	1,64	0,12
x/y-Koordinaten in m, bezogen auf FR2-Kamin	200/750	-565/0	200/750	200/750	-565/0	200/750	200/750
ungünstigste Einwirkungsstelle für WAK allein	0,01	-	0,02	-	0,01	0,24	0,02
x/y-Koordinaten in m, bezogen auf FR2-Kamin	420/1 480	420/1 480	420/1 480	420/1 480	420/1 480	420/1 480	420/1 480

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.)

Expositionsprofil Ingestion							
Ort	Maximale Körper-Folgedosen in μSv für Erwachsene durch Emissionen in 1992						
	Keimdrüsen	Brust	rotes Knochenmark	Lunge	Schilddrüse	Knochenoberfläche	Beitrag zur effektiven Dosis
Graben	0,02	0,02	0,02	0,02	0,22	0,03	0,03
Neudorf	0,01	0,01	0,01	0,01	0,16	0,02	0,02
Friedrichstal	0,03	0,03	0,04	0,03	0,30	0,06	0,04
Spöck	0,02	0,02	0,02	0,02	0,16	0,03	0,02
Neuthard	0,02	0,02	0,02	0,02	0,18	0,04	0,03
Karlsdorf	0,02	0,01	0,02	0,02	0,13	0,03	0,02
Staffort	0,02	0,01	0,01	0,01	0,11	0,02	0,02
Blankenloch	0,01	0,01	0,01	0,01	0,09	0,01	0,01
Hagsfeld	0,01	0,01	0,01	0,01	0,06	0,01	0,01
Karlsruhe (Marktplatz)	0,01	0,01	0,01	0,01	0,06	0,01	0,01
Neureut	0,02	0,02	0,02	0,02	0,16	0,03	0,02
Eggenstein	0,04	0,04	0,04	0,04	0,40	0,07	0,05
Leopoldshafen	0,04	0,04	0,05	0,04	0,56	0,08	0,06
Linkenheim	0,02	0,02	0,02	0,02	0,35	0,04	0,03
Hochstetten	0,02	0,02	0,02	0,02	0,23	0,03	0,02
Liedolsheim	0,01	0,01	0,01	0,01	0,12	0,02	0,01
Rußheim	0,01	0,01	0,01	0,01	0,08	0,01	0,01
Leimersheim	0,01	0,01	0,01	0,01	0,14	0,02	0,02
ungünstigste Einwirkungsstelle für KfK insgesamt	0,51	0,50	0,54	0,50	4,89	0,88	0,66
x/y-Koordinaten in m, bezogen auf FR2-Kamin	-565/0	-565/0	-565/0	-565/0	-565/0	-565/0	-565/0
ungünstigste Einwirkungsstelle für WAK allein	0,01	0,01	0,03	0,01	3,62	0,12	0,12
x/y-Koordinaten in m, bezogen auf FR2-Kamin	420/1 480	420/1 480	420/1 480	420/1 480	420/1 480	420/1 480	420/1 480

Tab. 5/6: Fortsetzung

Expositionspfade Gammabodenstrahlung, Gammasubmersion und Betasubmersion				alle Expositionspfade
Ort	Max. Körper-Folgedosen in µSv für Erwachsene durch Emissionen in 1992			Emissionen in 1992
	Beitrag der Gammaboden- strahlung zur effektiven Dosis	Beitrag der Gammasubmersion zur effektiven Dosis	Hautdosis durch Betasubmersion*	effektive Folgedosis µSv
Graben	-	-	0,01	0,04
Neudorf	-	-	0,01	0,03
Friedrichstal	-	-	0,02	0,06
Spöck	-	-	0,01	0,03
Neuthard	-	-	0,01	0,03
Karlsdorf	-	-	0,01	0,02
Staffort	-	-	0,01	0,02
Blankenloch	-	-	0,01	0,02
Hagsfeld	-	-	-	0,01
Karlsruhe (Marktplatz)	-	-	-	0,01
Neureut	-	-	0,01	0,03
Eggenstein	-	0,01	0,03	0,07
Leopoldshafen	-	0,01	0,04	0,09
Linkenheim	-	-	0,03	0,05
Hochstetten	-	-	0,02	0,04
Liedolsheim	-	-	0,01	0,02
Rußheim	-	-	0,01	0,01
Leimersheim	-	-	0,01	0,02
ungünstigste Einwirkungsstelle für KfK insgesamt	0,04	0,11	1,36	0,93**
x/y-Koordinaten in m, bezogen auf FR2-Kamin	200/750	200/750	-565/0	-
ungünstigste Einwirkungsstelle für WAK allein	0,01	-	-	0,15**
x/y-Koordinaten in m, bezogen auf FR2-Kamin	420/1 480	0/1 290	420/1 480	-

* gemäß Anlage X StrlSchV kein Beitrag zur effektiven Dosis.

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

5.1.4 Berechnung der Strahlenexposition in der Umgebung bei hypothetischen, störfallbedingten Radioaktivitätsfreisetzungen mit der Fortluft im Rahmen atomrechtlicher Genehmigungsverfahren

A. Wicke, D. Papadopoulos

Atomgesetz und Strahlenschutzverordnung fordern für den Betrieb von Anlagen und den Umgang mit radioaktiven Stoffen die nach dem Stand von Wissenschaft und Technik erforderliche Vorsorge gegen Schäden und verpflichten den Genehmigungsinhaber, jede Strahlenexposition oder Kontamination unter Berücksichtigung aller Umstände des Einzelfalls auch unterhalb der in der Strahlenschutzverordnung festgesetzten Grenzwerte so gering wie möglich zu halten.

Konkretisiert wird dieser allgemeine Strahlenschutzgrundsatz in Bezug auf Dosisgrenzwerte in der Umgebung bei Störfällen in § 28 Abs. 3 StrlSchV allerdings nur für Kernkraftwerke. Für diese Anlagen wurden zur Dosisberechnung bei Freisetzung radioaktiver Stoffe detaillierte Störfallberechnungsgrundlagen veröffentlicht.

Da entsprechende Richtlinien für andere Anlagen nach § 7 AtG und für den sonstigen Umgang mit radioaktiven Stoffen nicht bestehen, wurden diese Berechnungsgrundlagen dennoch auch für diesen Bereich im Rahmen atomrechtlicher Genehmigungsverfahren für die Berechnung der Strahlenexposition in der Umgebung bei hypothetischen, störfallbedingten Radioaktivitätsfreisetzungen mit der Fortluft angewandt.

Demnach ist die Strahlenexposition durch äußere Strahlung, Inhalation und Ingestion zu ermitteln. Bei der Berechnung des Ingestionspfades wird angenommen, daß der Verzehr kontaminierter Nahrungsmittel, die aus einem Gebiet innerhalb eines Umkreises von 2 000 m um den Emissionspunkt stammen, durch behördliche administrative Maßnahmen nach einem Zeitraum von 24 Stunden nach der Freisetzung unterbunden wird. Ferner sind die tatsächlichen Verhältnisse in der Umgebung des Standortes zu berücksichtigen.

Bei den Dosisberechnungen wurden die Dosisfaktoren entsprechend Bundesanzeiger 64a, 1990 benutzt. Im Berichtsjahr wurden Berechnungen auf Anforderung der jeweiligen Betreiber für folgende Fälle durchgeführt:

- KGB/KNK, Geb. 751: Aktivitätsfreisetzung durch Natrium-Brand,
- INE, Geb. 712: Aktivitätsfreisetzung aus einem Schmelzofen für hochaktiven Flüssigabfall,
- IRCh, Geb. 341: Freisetzung von Restaktivitäten bei Dekontaminationsarbeiten,
- IHCh, Geb. 721: Freisetzung von Restaktivitäten bei Brand,
- HVT/TL, Geb. 452: Auslegungstörfälle „Freisetzung aus einem Handschuhkasten“, Anlagenbrand und Erdbeben,
- Uni Tübingen: Ermittlung der Gammasubmersionsdosis durch die Freisetzung von O-15, N-13, C-11 und F-18.

5.1 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 von den zuständigen Behörden des Landes Baden-Württemberg erteilt wurden.

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 Einleitungsstellen 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 Einleitung der Abwässer in die Chemiekläranlage oder Einspeisung in die Dekontaminationsanlage entschieden.

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 1992 im Chemieabwasser II der verschiedenen Institute und Betriebsstätten auf dem Betriebsgelände des KfK nachgewiesenen Aktivität wiedergegeben.

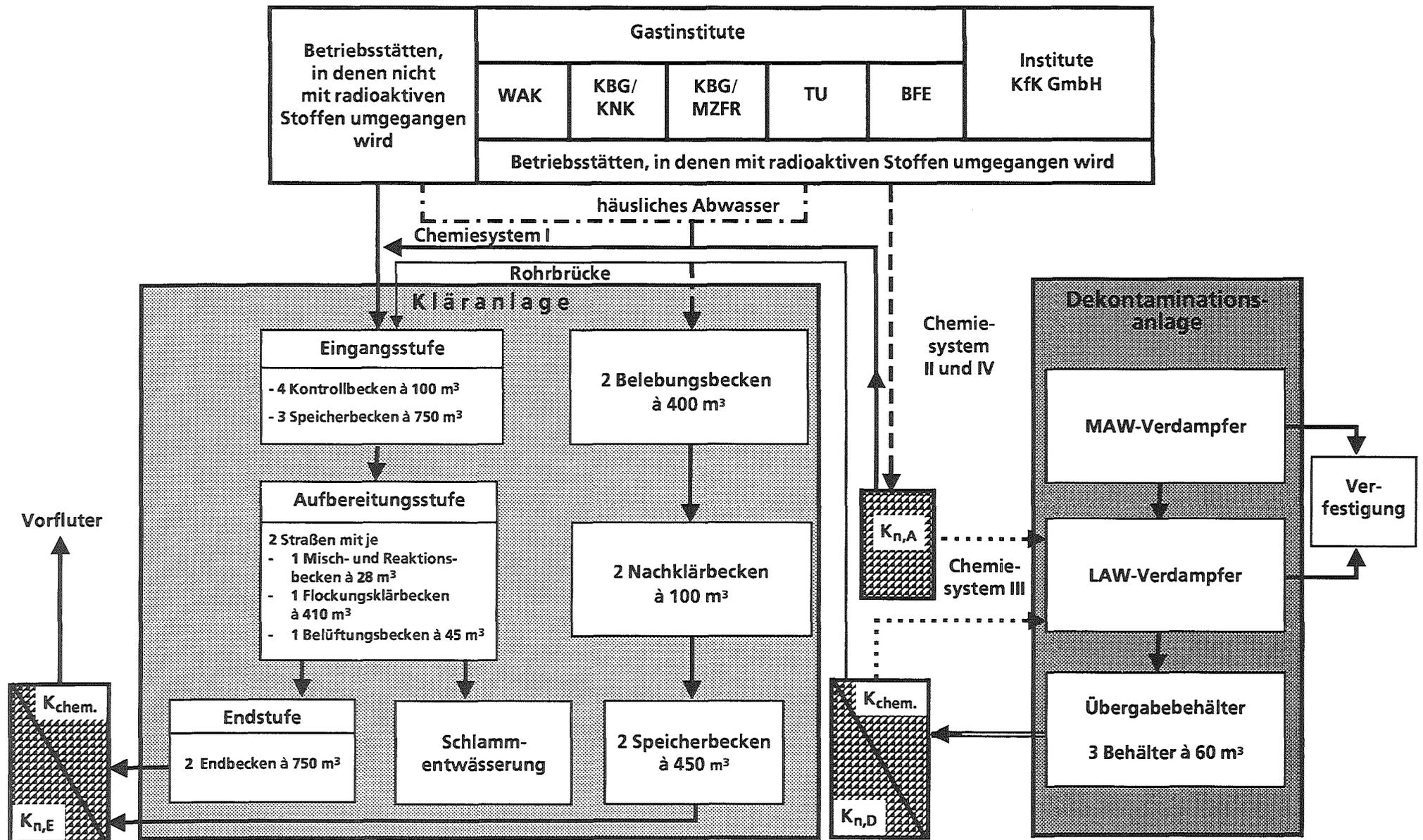


Abb. 5/4: Vereinfachtes Fließschema der Abwässer im KfK ($K_{n,x}$: Kontrollmessung radioaktiver Stoffe; K_{chem} : Kontrollmessung nichtradioaktiver Stoffe).

Institut/ Betriebs- stätte	Nachgewiesene α -Aktivität		Nachgewiesene β -Aktivität (ohne H-3)		Abwassermenge	
	Bq	%	Bq	%	m ³	%
HDB II *	1,3 E+10	93,0	1,8 E+10	35,5	539	1,1
KNK**	2,0 E+07	0,1	2,7 E+10	53,3	116	0,2
HVT/HZ	4,5 E+08	3,2	4,6 E+09	9,2	221	0,4
restliche Institute	5,0 E+08	3,7	9,9 E+08	2,0	48 993	98,3
Summe	1,4 E+10	100,0	5,0 E+10	100,0	49 869	100,0

* Behandlung fester radioaktiver Reststoffe

** Die KNK wurde am 24.08.91 abgeschaltet.

Tab. 5/7: Herkunft und Anteil der 1992 im Chemieabwasser II auf dem Betriebsgelände des KfK angefallenen Aktivität

Die Abwässer aus der Dekontaminationsanlage werden in Übergabebehältern gesammelt. Vor einer Ableitung werden sie ebenfalls einer Kontrollmessung unterzogen und bei Überschreitung der Werte der Genehmigung erneut dekontaminiert, andernfalls in die Kläranlage für Chemieabwasser eingeleitet.

Das in die Chemiekläranlage eingeleitete Chemieabwasser wird in einem mehrstufigen Prozeß gereinigt (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 nichtradioaktiven 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, der Dekontaminationsanlage 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 bilanzierte Aktivität darf die ebenfalls in der atomrechtlichen Genehmigung festgelegten Jahreshöchstwerte für Aktivitätsabgaben (s. Kap. 5.2.1) mit dem Abwasser nicht überschreiten.

Die atomrechtliche Genehmigung des KfK für das Abwasser wurde im vergangenen Jahr neu gefaßt und vom Umweltministerium Baden-Württemberg im Juni 1992 erteilt. Während in der vorher geltenden Fassung die Genehmigungswerte als Vielfache der Grenzwerte der Jahresaktivitätszufuhr über Wasser und Nahrung gemäß Strahlenschutzverordnung festgelegt waren, wurden sie in der neuen Genehmigung unter Anwendung der Allgemeinen Verwaltungsvorschrift zu § 45 StrlSchV nach den im folgenden beschriebenen Verfahren aus den Dosisgrenzwerten des § 45 StrlSchV abgeleitet.

Für die am Standort des KfK zu berücksichtigenden Expositionspfade und für die beiden Bevölkerungsgruppen „Erwachsene“ und „Kleinkinder“ wurden für jedes Radionuklid jene Aktivitätsmengen berechnet, die bei Ableitung mit dem Abwasser nach den Modellen der Allgemeinen Verwaltungsvorschrift eine Strahlenexposition bewirken, die gerade den Grenzwerten des § 45 der Strahlenschutzver-

ordnung für die effektive Äquivalentdosis und für die jeweiligen Teilkörper- bzw. Organdosen entsprechen (integrierte Folgeäquivalentdosis H_{50}). Jeweils der kleinste sich dabei für jedes Radionuklid n ergebende Aktivitätswert wurde als Jahreshöchstwert J_n für die Ableitung festgelegt.

Da mit dem Abwasser des KfK ein Gemisch an Radionukliden abgegeben wird, ist zur Einhaltung der Dosisgrenzwerte die Aktivitätsableitung zusätzlich durch die Anwendung der Summenformel auf die Quotienten aus den bilanzierten Aktivitätsableitungen A_n und den Jahreshöchstwerten J_n zu begrenzen. Nach der Genehmigung darf die Summe den Wert von $2/3$ nicht überschreiten.

$$\sum \frac{A_n}{J_n} < 2/3.$$

Die maximal zulässigen Konzentrationen für die Aktivitätsabgaben mit einzelnen Endbeckenfüllungen $K_{n,E}$ wurden auf das 5fache der zulässigen Aktivitätskonzentrationen begrenzt, die sich als Quotient aus den Jahreshöchstwerten J_n und dem im Referenzjahr (1991) abgegebenen Abwasservolumen V ergibt.

$$K_{n,E} = 5 J_n / V.$$

Durch den Faktor 5 wird den vorgegebenen zeitlichen Betriebsabläufen in den Abwassersystemen und meßtechnischen Möglichkeiten bei den Kontrollmessungen Rechnung getragen.

Die maximal zulässigen Konzentrationen für Abwasserableitungen aus den Behältern der Abwassersammelstationen $K_{n,A}$ und Übergabebehältern der Dekontaminationsanlage $K_{n,D}$ in das Klärwerk wurden als Vielfache der maximal zulässigen Konzentrationen einzelner Endbeckenfüllungen festgelegt:

$$K_{n,A} = 6 K_{n,E}$$

$$K_{n,D} = 20 K_{n,E}$$

Die Faktoren ergeben sich aus den über das Jahr gemittelten Mischungsverhältnissen von aktivitätsfreiem und kontaminiertem Chemieabwasser.

Zusätzlich werden die Konzentrationen für die Aktivitätsableitungen aus den Endbecken und aus den Behältern der Abwassersammelstationen und der Dekontaminationsanlage durch die Anwendung der Summenformel auf die Quotienten aus den gemessenen Konzentrationen begrenzt. Die Summe darf den Wert von 1 nicht überschreiten.

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 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 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 S-35	Spektroskopie			
Abwasserüberwachung	4 103	3 622	3 622	1 880	7	70	1 763	10 964
- Abwassersammelstationen	361	361	361	361	-	-	529	1 612
- Endbecken	65	65	65	154	-	-	-	284
- Endbecken (Mischproben)								
Klärschlammüberwachung (Chemie- und Schmutzwasserschlamm)	40	40	40	-	-	-	-	80
Betriebliche Überwachung der Abwassereinzugssysteme	216	211	211	132	-	-	100	654
Beseitigung radioaktiver Abfälle	162	108	108	26	-	-	154	396
Betriebliche Überwachung der HVT/EA und HDB	117	52	52	117	-	-	52	273
Überwachung der Fortluft (s. Kap. 5.1.1)	938	-	-	938	-	-	-	938
Entwicklungsarbeiten	332	50	50	1 000	150	10	50	1 310
Umgebungsüberwachung	468	-	-	639	-	-	-	639
Externe Aufträge	12	-	-	12	-	-	-	12
Qualitätskontrolle (Kalibrierungen, Ringversuche usw.)	824	1 840	1 840	3 664	40	45	780	8 209
Summe 1992	7 638	6 349	6 349	8 923	197	125	3 428	25 371
Summe 1991	8 146	6 637	6 637	7 157	150	118	3 601	24 300

Tab. 5/8: Art und Anzahl der Proben sowie der 1992 im Abwasserlabor durchgeführten Einzelmessungen

5.2.1 Ableitung radioaktiver Stoffe mit dem Abwasser 1992

Chr. Wilhelm, Ch. Stickel, H. R. Goebel, H. Genzer

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 1992 wiedergegeben. Zum Vergleich sind die Vorjahreswerte und die Genehmigungswerte für Einzelnuclide angegeben. Zur Einhaltung der atomrechtlichen Genehmigung des KfK ist für die nachgewiesenen Radionuklide zu gewährleisten, daß die Summe der Verhältniszahlen aus der gemessenen Aktivitätsabgabe und den Genehmigungswerten der einzelnen Radionuklide kleiner als 2/3 ist.

Art der Aktivität, Radionuklid	Genehmigungswerte* für die Aktivitätsabgaben in Bq/a	Bilanzierte Ableitungen in Bq/a	
		1992	1991
H-3	1,5 E + 14	8,6E+11	1,6 E + 13
Co-57	2,8 E + 12	3,6E+05	0**
Co-60	1,1 E + 11	8,4E+05	0**
Sr-90	6,9 E + 09	1,1E+06	3,0 E + 06
Cs-134	8,6 E + 09	2,2E+05	0**
Cs-137	1,3 E + 10	1,4E+07	3,2 E + 06
Pu-238	1,1 E + 09	6,7E+05	7,7 E + 05
Pu-239 + 240	9,6 E + 08	1,8E+05	6,9 E + 05
Pu-241	5,0 E + 10	1,6E+07	0**
aus dem KfK abgeleitete Abwassermenge in m ³	-	196 000	207 000

* Als Genehmigungswerte sind die Werte aus der im Juni 1992 neu erteilten Genehmigung angegeben.

** Werte unterhalb der Nachweisgrenze werden bei der Bilanzierung nicht berücksichtigt.

Tab. 5/9: 1992 aus dem KfK in den Vorfluter abgeleitete Abwassermenge und -aktivität sowie Genehmigungswerte gemäß atomrechtlicher Genehmigung

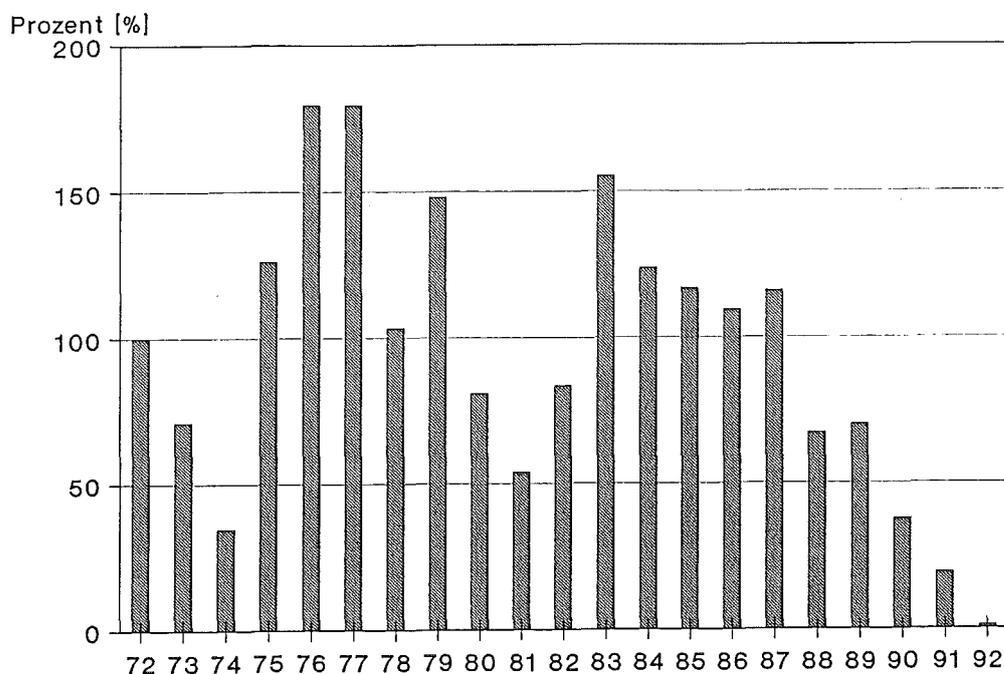


Abb. 5/5: Entwicklung der mit dem Abwasser aus dem KfK jährlich abgeleiteten Tritiumaktivität seit 1972 (1972 = 100 %)

Einen Überblick über die Entwicklung der mit dem Abwasser des KfK in den letzten 21 Jahren in den Vorfluter abgeleiteten Tritiumaktivität gibt Abb. 5/5. Der Rückgang der Tritiumableitung im Jahre 1992 ist auf den Rückgang der Tritiumabgaben sowohl aus dem stillgelegten Mehrzweckforschungsreaktor (MZFR) als auch aus der Wiederaufarbeitungsanlage, die am 31. Dezember 1990 die Aufarbeitung von Brennelementen einstellte, zurückzuführen.

5.2.2 Ableitung nichtradioaktiver Stoffe mit dem Abwasser 1992

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 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 sowie die errechneten Jahreskonzentrationsmittelwerte für Jahr 1992 wiedergegeben. Die Daten wurden von der Hauptabteilung Dekontaminationsbetriebe zur Verfügung gestellt. Die Genehmigungswerte wurden in keinem Fall überschritten. Dies bestätigen auch die amtlichen Überwachungsmessungen.

Die abgeleiteten Abwasservolumina haben, dem langjährigen Trend folgend, auch 1992 weiter abgenommen (Chemieabwasser 7 %, häusliches Abwasser 5 %). Durch verbesserte Einlaufsüberwachung bei der Chemiekläranlage und einen optimierten Anlagenbetrieb konnten die Ableitungen von CSB um 23 %, von Phosphat um 35 % und von Nitrat um 45 % gesenkt werden.

Der in den letzten Jahren erreichte stabile und störungsfreie Betrieb der biologischen Kläranlage konnte auch 1992 aufrecht erhalten werden und führte beispielsweise zu einer weiteren Reduzierung der ohnehin niedrigen Ammoniumableitung um 50 %.

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

*Die Summe der abgegebenen Abwassermengen unterscheidet sich von dem in Tab. 5/9 angegebenen Wert. Dies ist darauf zurückzuführen, daß bei der Bilanzierung der Aktivitätsableitungen anhand von Monatsmischproben die Einteilung der Monate gemäß KTA-1504 durchgeführt wird.

Tab. 5/10: Bilanzierte Mengen und Jahreskonzentrationsmittelwerte der 1992 mit dem Chemieabwasser (117 000 m³) und dem häuslichen Abwasser (77 000 m³) in den Vorfluter abgeleiteten nichtradioaktiven Stoffe*

5.2.3 Strahlenexposition in der Umgebung durch die mit dem Abwasser abgeleiteten radioaktiven Stoffe 1992

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 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 der Strahlenschutzverordnung deutlich unterschreiten.

5.2.3.1 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 entsprechend den Modellen der Allgemeinen Verwaltungsvorschrift. Es wurden die Effektivdosen und die Dosen des relativ am stärksten exponierten Organs jeweils für Erwachsene und Kleinkinder berechnet. Bei der Berechnung wurden alle für den Standort des KfK relevanten Expositionspfade berücksichtigt. Als mittlerer Wert für den Durchfluß im Rheinniederungskanal wurde der der Genehmigung zugrundeliegende Wert von 0,7 m³/s verwendet. 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 1992		Maximale Körper-Folgedosen in µSv			
		Erwachsene		Kleinkinder	
Nuklid	Aktivität in Bq	effektive Dosis	Dosis für das re- lativ am stärk- sten exponierte Organ	effektive Dosis	Dosis für das am stärksten exponierte Organ
H-3	8,6 E + 11	1,7 E + 00	-	1,7 E + 00	-
Co-57	3,6 E + 05	2,4 E - 05	9,6 E - 05 (UD)	2,0 E - 05	3,8 E - 05 (RK)
Co-60	8,4 E + 05	1,4 E - 03	-	1,7 E - 03	2,2 E - 03 (RK)
Sr-90	1,1 E + 06	9,9 E - 03	4,8 E - 02 (RK)	5,8 E - 03	2,5 E - 02 (RK)
Cs-134	2,2 E + 05	7,0 E - 03	7,7 E - 03 (UT)	1,3 E - 04	1,5 E - 04 (HO)
Cs-137	1,4 E + 07	3,2 E - 01	-	8,3 E - 03	8,6 E - 03 (HO)
Pu-238	6,7 E + 05	3,2 E - 01	1,1 E + 00 (KO)	3,6 E - 02	5,0 E - 01 (KO)
Pu-239 + Pu-240	1,8 E + 05	6,0 E - 02	3,4 E - 01 (KO)	9,9 E - 03	1,4 E - 01 (KO)
Pu-241	1,6 E + 07	1,8 E - 02	5,8 E - 01 (KO)	1,2 E - 02	1,9 E - 01 (KO)
Summe, gerundet:		2,1		1,7	

(HO): Hoden, (KO): Knochenoberfläche, (RK): Rotes Knochenmark, (UD): Unterer Dickdarm, (UT): Uterus

Tab. 5/11: Maximale Körper-Folgedosen durch Ingestion, berechnet aus den bilanzierten Aktivitätsableitungen mit dem Abwasser 1992

5.2.3.2 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 Allgemeinen Verwaltungsvorschrift 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 Allgemeinen Verwaltungsvorschrift berechnet. In Tab. 5/12 sind die der Dosisberechnung für Erwachsene zugrundeliegenden Tritiumgehalte für Trinkwasser und landwirtschaftliche Produkte für das Jahr 1992 eingetragen.

Für Trinkwasser wurde der maximale Jahresmittelwert (164 Bq/l) aus den Mittelwerten der Tritiumkonzentrationen, die sich 1992 aus der monatlichen Überwachung der Eigenwasserversorgungen von landwirtschaftlichen Betrieben am Rußheimer Altrhein ergaben, in die Rechnung eingesetzt.

Bei Messungen von Fisch aus dem Rheinniederungskanal wurden geringe Mengen von Cs-134 (Variationsbereich 0,04 bis 0,1 Bq/kg), Cs-137 (Variationsbereich 0,6 bis 1,7 Bq/kg) und Sr-90 (0,17 Bq/kg) nachgewiesen. Für die spezifischen Aktivitäten dieser Nuklide in Fisch errechnet sich ein Beitrag zur effektiven Äquivalentdosis von 0,6 µSv. Für das Gewebewasser im Fischfleisch wurde der Jahresmittelwert der Tritiumkonzentration (79 Bq/l), der 1992 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 Kopfsalat gemessen. Die Tritiumkonzentrationen des Gewebewassers der untersuchten pflanzlichen Produkte variierten 1992 zwischen 2,3 und 7,2 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. 1992 betrug der höhere Wert 92 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 1992 für Trinkwasser verwendet. Im Gewebewasser von Bewuchs wurde Tritium im Variationsbereich 3,2 bis 4,3 Bq/l gemessen. Zur Berechnung wurde der höchste Wert eingesetzt.

Die Effektivdosisbeiträge der verschiedenen Lebensmittel, die zu ihrer Berechnung verwendeten Tritiumgehalte und der Jahresverbrauch entsprechend den Daten der Allgemeinen Verwaltungsvorschrift sind in Tab. 5/12 eingetragen. Als Summe der Dosisbeiträge ergibt sich für 1992 eine effektive Folge-Äquivalentdosis für den Expositionspfad Abwasser von 4,0 µSv.

Lebensmittel	Tritiumgehalt	Jahresverbrauch Erwachsene	Effektive Dosis μSv
Trinkwasser	164 Bq/l	800 l	2,1
Fisch	79 Bq/kg**	20 kg	0,7*
Milch	92 Bq/l	330 l	0,5
Fleisch	252 Bq/kg	150 kg	0,6
Pflanzliche Produkte	7,2 Bq/kg	500 kg	0,1
Summe:			4,0

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

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

Tab. 5/12: Effektive Folge-Äquivalentdosis für Erwachsene für den Expositionspfad Abwasser im Jahr 1992, berechnet aus den ermittelten Aktivitätskonzentrationen in Trinkwasser und Lebensmitteln

5.3 Umgebungsüberwachung

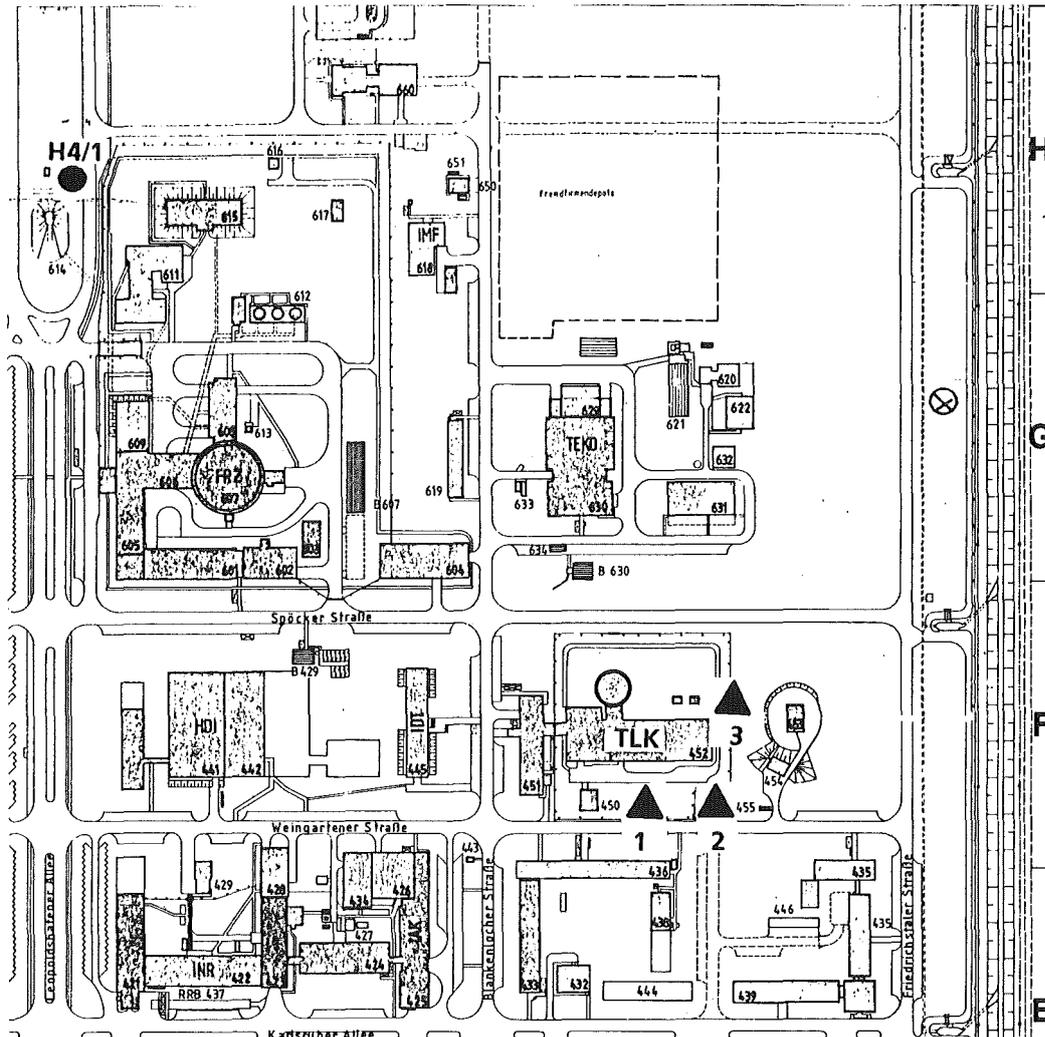
H. Schneider, A. Wicke, S. Allers

Die Umgebung des Kernforschungszentrums Karlsruhe wird gemäß § 48 StrlSchV nach einem vom Umweltministerium Baden-Württemberg angeordneten 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.

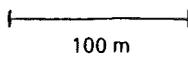
Die meisten Meß- und Probenahmestellen liegen jedoch innerhalb eines Kreises von ca. 6 km Radius um das Kernforschungszentrum Karlsruhe. Innerhalb des gesamten Überwachungsbereichs bildet der betriebliche Überwachungsbereich - das ist die ca. 2 km² große Fläche innerhalb des Zauns - einen besonderen Bereich. Das Meßstellennetz ist hier (s. Lageplan Nr. 2) wesentlich dichter als in der eigentlichen Umgebung (s. Lageplan Nr. 1). Ab 01.04.1992 wurden zusätzliche Probenahmeorte zur Überwachung des Tritiumlabors Karlsruhe (TLK) in das Routineprogramm aufgenommen (s. Lageplan Nr. 2a, Seite 105).

Das auflagenbedingte Überwachungsprogramm umfaßt 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. Die sehr umfangreiche Zusammenstellung aller Einzelmeßergebnisse wird für jedes Quartal den zuständigen Aufsichtsbehörden zugeleitet. Das Routineüberwachungsprogramm zur Überwachung der Umgebung hat folgende Struktur:



Ausschnitt aus dem Generalbebauungsplan des KfK



Legende

Bearbeitungsstand: Januar 1992

- Grundwasserpegel H4/1
- ⊗ Laubprobenahme
- ▲ Niederschlagssammelstelle

Lageplan Nr. 2a: Probenahmeorte zur Umgebungsüberwachung des Tritumlabor Karlsruhe

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 Laub
- 2.7 Pflanzliche Nahrungsmittel
- 2.8 Oberflächenwasser
- 2.9 Grund- und Trinkwasser
- 2.10 Sediment
- 2.11 Fisch
- 2.12 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 1992

H. Schneider, F. Werner, W. Bohn, S. Allers

5.3.1.1 Direktmessung der Strahlung

Zur Direktmessung der Strahlung befinden sich zwei On-line-Systeme im Einsatz. Das eine System, die sogenannte Monitoranlage, dient der Überwachung des betrieblichen Überwachungsbereichs, das andere, die sogenannten Außenstationen, dient der Überwachung der umliegenden Ortschaften. 1992 wurden durch die Monitoranlage zwei 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 wöchentlichen Ortsdosisleistungen 1992 an den Außenstationen der Ortschaften Blankenloch, Friedrichstal und Leopoldshafen und an der Station „Forsthaus“ dargestellt. Der Schwankungsbereich lag zwischen rund 70 nSv/h und 100 nSv/h. Die Wochenwerte für die Ortschaften Eggenstein, Graben-Neudorf, Karlsruhe und Linkenheim, die lediglich aus darstellungstechnischen Gründen nicht in Abb. 5/6 aufgenommen wurden, lagen alle innerhalb dieses Schwankungsbereichs. Die geringen Unterschiede des Strahlungspegels werden im wesentlichen durch standortspezifische Parameter wie z. B. verschiedene Dachhöhen, Dachneigungen, Alter und Baumaterial der Dächer und Gebäude, aber auch durch die Nähe zu anderen Gebäuden bestimmt.

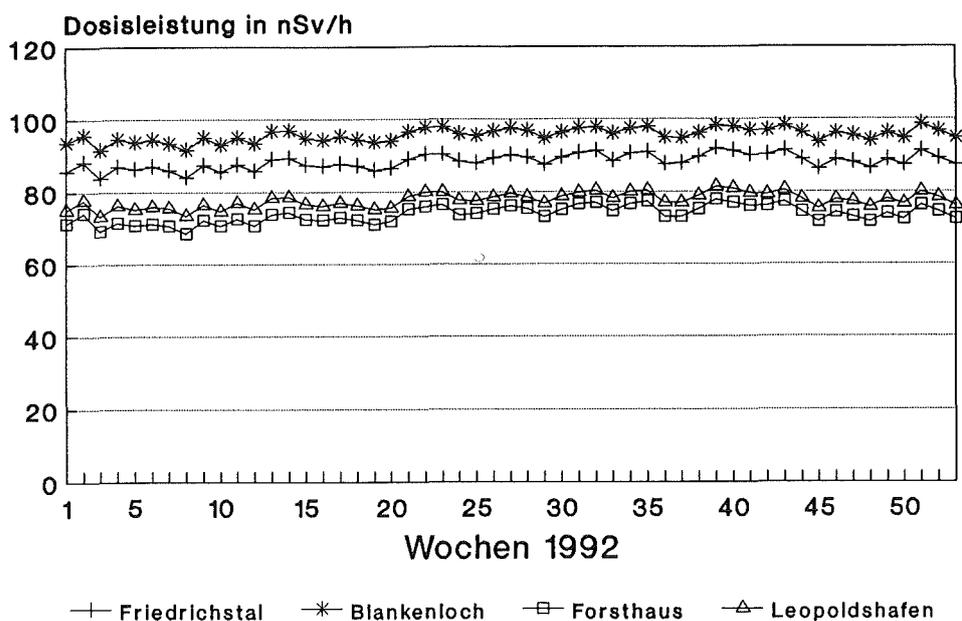


Abb. 5/6: Mittlere wöchentliche γ -Ortsdosisleistung 1992 in den nächstgelegenen Ortschaften und am „Forsthaus“

Die niedrigste Dosisleistung wird am „Forsthaus“ (einzelnes Gebäude, hauptsächlich von Wald umgeben) gemessen. Dies wird auch durch die Messung der Ortsdosis mittels Thermolumineszenzdosimetern bestätigt. Die Ortsdosis entlang des Betriebsgeländezaunes (insgesamt 45 Meßorte) lag auch 1992 innerhalb der Schwankungsbreite (0,6 bis 0,83 mSv/a) der Meßwerte der 38 Umgebungsdosimeter in den umliegenden Ortschaften.

5.3.1.2 Radioaktivitätsmessungen

Zweimal wöchentlich werden die Aerosolfilter, die in den drei Meßhütten kontinuierlich bestaubt werden, gewechselt. γ -spektrometrische Untersuchung und Plutoniumanalyse der Filter erfolgen monatlich. 1992 lagen alle durch γ -Spektrometrie bestimmten Aktivitätskonzentrationen künstlicher Radionuklide unter oder nahe der Erkennungsgrenze ($10 \mu\text{Bq}/\text{m}^3$ für Cs-137). Die Be-7-Aktivitätskonzentration schwankte zwischen 1,6 und $4,2 \text{ mBq}/\text{m}^3$. 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 $1 \mu\text{Bq}/\text{m}^3$ (vgl. Kap. 5.4).

Im Niederschlag wurde bei der γ -spektrometrischen Bestimmung der künstlichen Radionuklide keine Aktivitätskonzentration oberhalb der Erkennungsgrenze ($0,05 \text{ Bq}/\text{l}$ für Cs-137) festgestellt. Die Monatswerte der H-3-Aktivitätskonzentration lagen ebenfalls nahe oder unterhalb der Erkennungsgrenze ($7 \text{ Bq}/\text{l}$).

Tab. 5/13 enthält eine Übersicht über den Schwankungsbereich der 1991 und 1992 gemessenen spezifischen Aktivitäten in Boden- und Sedimentproben. Aufgeführt wurden nur solche künstlichen Nuklide, für die im Jahre 1992 mindestens ein Meßergebnis über der Erkennungsgrenze lag. Bei K-40 handelt es

sich um ein natürliches Radionuklid. 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 bis November 1992 geschöpft, danach – wie das Sediment im Hirschkanal – kontinuierlich in sogenannten Sedimentsammelkästen aufgefangen.

Zur Bestimmung der spezifischen Aktivität im Boden wurden in den Hauptausbreitungssektoren der WAK und an einer Referenzstelle Proben bis zu einer Tiefe von 5 cm entnommen und anschließend im Labor gemessen. Außerdem wurde die spezifische Aktivität im Boden auch durch In-situ-Gamma-spektrometrie ermittelt. Hierzu wurden an vier ausgewählten Orten der Zentralzone Messungen durchgeführt, zwei davon in den Hauptausbreitungsrichtungen.

Überwachtes Medium	Nuklid	spezifische Aktivität in Bq/kg Trockensubstanz			
		1991		1992	
		Minimum	Maximum	Minimum	Maximum
Boden (0-5cm)	K-40	380	430	350	620
	Cs-134	1,6	3,7	0,9	2,7
	Cs-137	25	48	13	77
	Sr-90	0,7	2,1	0,1	3
	Pu-238	< 0,01	0,04	< 0,04	0,2
	Pu-239 + 240	0,03	0,7	0,09	2,3
Boden (In-situ- Gamma- Spektrometrie)	K-40	300	490	280	430
	Cs-134	< 1,4	6,1	< 1	3,3
	Cs-137	5,2	44	7,8	26
Sediment (Rhein- niederungskanal unterhalb Einleitung)	K-40	310	340	300	440
	Cs-134	< 0,7	3,5	< 1	3,7
	Cs-137	3,5	25	4,5	68
	Pu-238	0,02	0,2	0,03	0,6
	Pu-239 + 240	0,03	0,3	0,04	0,9
Sediment (Hirschkanal)	K-40	300	440	260	540
	Co-60	2,4	16	< 0,8	7,9
	Cs-134	13	72	3,4	35
	Cs-137	180	1000	72	900
	Am-241	< 9,3	42	< 7,8	37

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

Tab. 5/14 enthält eine Übersicht über den Schwankungsbereich der 1991 und 1992 gemessenen spezifischen Aktivitäten in Nahrungsmitteln. Aufgeführt wurden nur solche künstlichen Nuklide, für die in den Jahren 1991 und 1992 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-134 und Cs-137-Aktivität hat gegenüber dem Vorjahr - außer bei Fisch - geringfügig abgenommen. Dies entspricht der generell abnehmenden Tendenz der durch den Unfall in Tschernobyl verursachten Cäsiumkontamination. Die bei Fisch festgestellte leichte Erhöhung im Vergleich zum Vorjahr kann zum einen auf eine natürliche Streuung von Tier zu Tier, und zum anderen auf einen unterschiedlichen Anreicherungsgrad des Cäsiums in unterschiedlichen Fischarten zurückgeführt werden (1991 wurden Rotaugen, 1992 Karpfen untersucht).

Überwachtes Medium	Nuklid	spezifische Aktivität in Bq/kg Frischsubstanz			
		1991		1992	
		Minimum	Maximum	Minimum	Maximum
Wurzelgemüse	K-40	38	150	36	120
	Cs-137	< 0,02	0,09	< 0,01	0,06
	Sr-90	< 0,05	< 0,08	0,02	0,02
Getreide	K-40	100	140	89	120
	Cs-137	< 0,04	0,05	< 0,03	0,3
	Sr-90	0,3	0,6	0,2	0,4
Blattgemüse	K-40	47	160	26	130
	Cs-137	< 0,02	1	< 0,02	0,1
	Sr-90	0,7	0,7	0,3	0,5
Fisch	K-40	73	83	73	84
	Cs-134	< 0,06	0,06	0,04	0,1
	Cs-137	0,4	0,7	0,6	1,7
	Sr-90	0,02	0,07	< 0,05	0,2

Tab. 5/14: Schwankungsbereich der spezifischen Aktivität in Nahrungsmitteln

Aufgrund einer Änderung der Genehmigung der Hauptabteilung Dekontaminationsbetriebe werden seit 1992 zahlreiche Beobachtungspegel im Rahmen des Routineüberwachungsprogramms beprobt. Diese Pegel befinden sich innerhalb und außerhalb des Betriebsgeländes in Grundwasserfließrichtung. Die H-3-Konzentration schwankte 1992 zwischen der Erkennungsgrenze (7 Bq/l) und 39 Bq/l und zeigt damit eine abnehmende Tendenz im Vergleich mit den Vorjahreswerten. 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 14 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 54 und 230 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 1992 schwankten zwischen der Erkennungsgrenze und 380 Bq/l.

In Abb. 5/7 ist der zeitliche Verlauf der H-3-Aktivitätskonzentration im Rheinniederungskanal dargestellt. Der Maximalwert liegt 1992 um den Faktor 20, der Mittelwert um den Faktor 12 unter dem Vorjahreswert. Dies entspricht dem deutlichen Rückgang der Tritiumableitungen aus dem KfK.

Vierteljährlich werden außerdem vier Baggerseen und kleinere Gewässer, die zum Teil eine direkte Verbindung zum Rheinniederungskanal haben, beprobt. Ihre H-3-Aktivitätskonzentration schwankte 1992 zwischen der Erkennungsgrenze und 190 Bq/l.

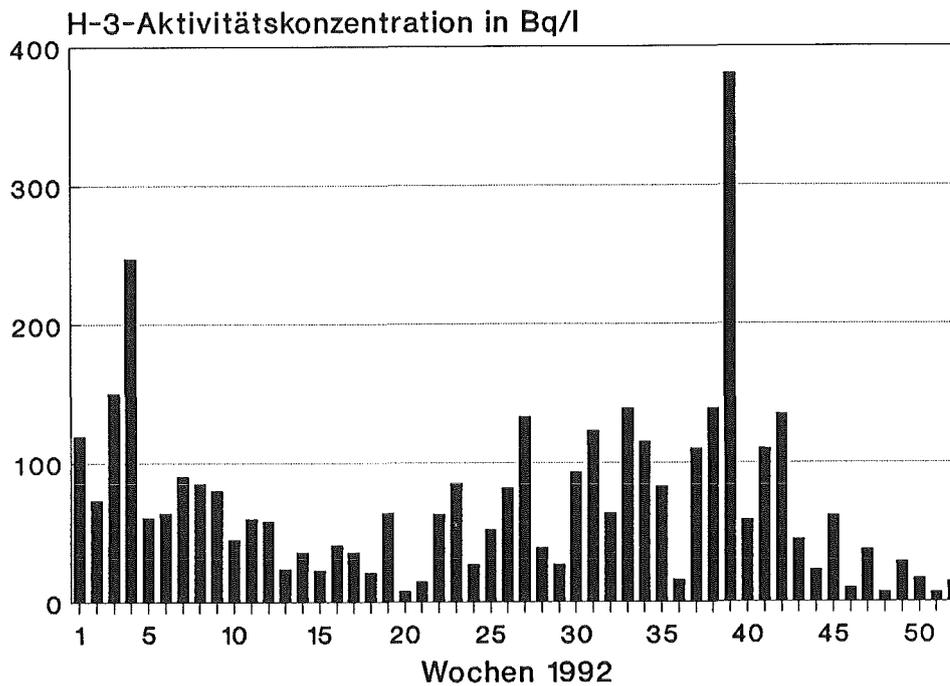


Abb. 5/7: H-3-Aktivitätskonzentration im Rheinniederungskanal

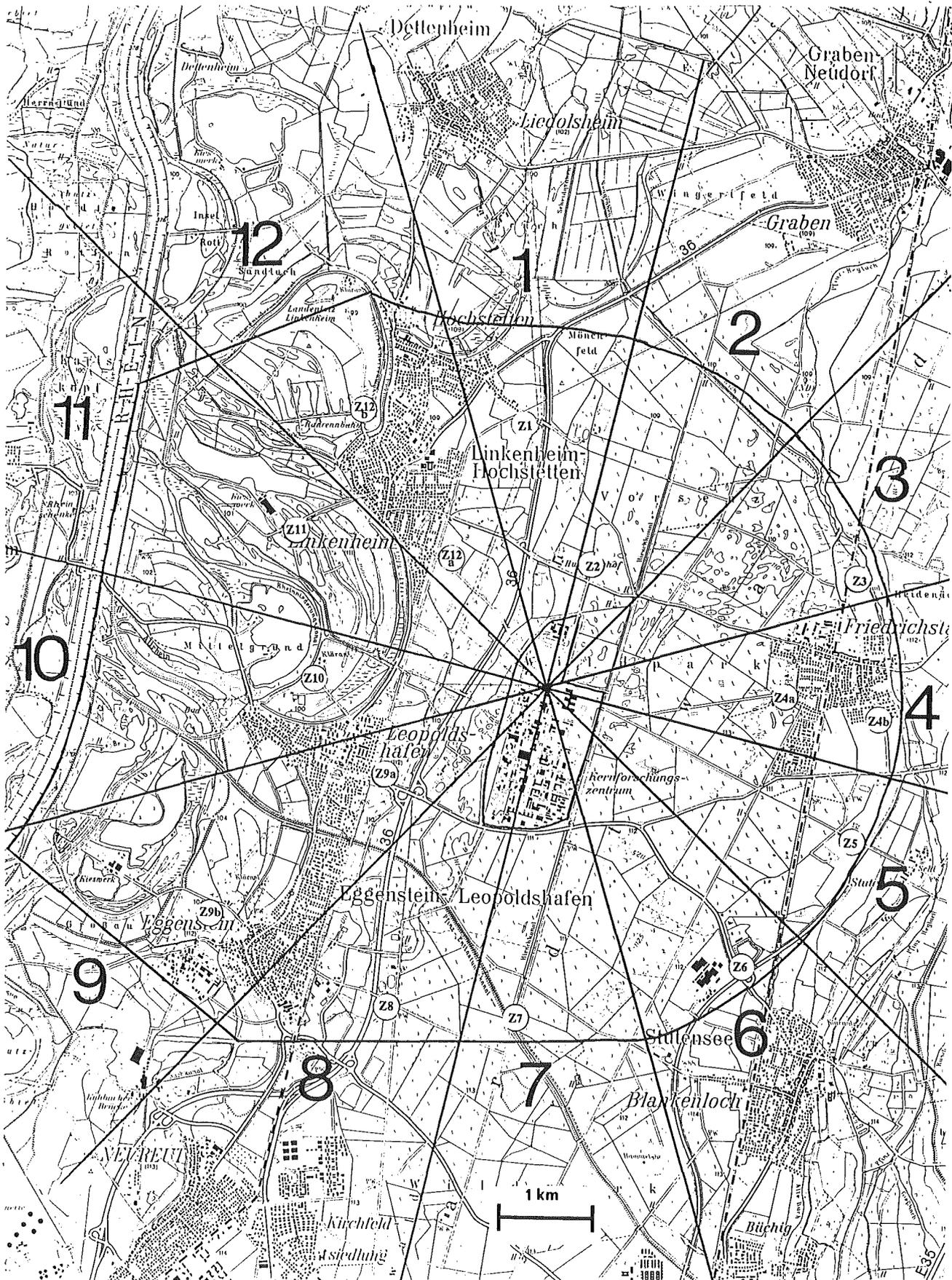
5.3.1.3 Meßfahrten

Im Rahmen des Störfalltrainingsprogrammes werden monatliche Meßfahrten zu wechselnden Meß- und Probenahmeorten durchgeführt. Die anzufahrenden Stellen wurden in der Zentralzone (s. Lageplan Nr. 3, Seite 111) 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

H. Schneider, S. Allers

Wenn sich im Rahmen der Routineüberwachung gegenüber bekannten Schwankungsbereichen signifikant erhöhte Radioaktivitätsmeßwerte ergeben, für die sich bei konservativer Betrachtung ein relevanter Bruchteil der Dosisgrenzwerte des § 45 StrlSchV abschätzen läßt, werden grundsätzlich ergänzende, zeitlich befristete Überwachungsmaßnahmen durchgeführt, deren Umfang dem jeweiligen Anlaß angemessen ist. Ergänzende Überwachungsmaßnahmen sind z. B. eine Erhöhung der Probenahmefrequenz, eine Ausdehnung der Probenahmen auf andere Stellen als die im Routineprogramm festgelegten oder eine erweiterte Analytik.



Lageplan Nr. 3: Meß- und Probenahmeorte in der Zentralzone gemäß dem „Besonderen Katastropheneinsatzplan für die Umgebung des KfK“

Im Jahr 1992 wurden zusätzlich zum Routineprogramm 15 Probenahmen und Messungen aufgrund von Verfärbungen oder pH-Wertveränderungen der Regen- und Kühlwässer in den Sandfängen durchgeführt. Es wurden jeweils Wasserproben entnommen und die H-3- sowie die α - und β -Aktivitätskonzentration bestimmt.

5.3.3 Tritiumkonzentrationen in landwirtschaftlichen Produkten

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

Im Jahre 1992 wurden die Tritiumkonzentrationen in verschiedenen landwirtschaftlichen Produkten aus den beiden Hauptausbreitungssektoren und aus dem Bereich des Vorfluters bestimmt. Dazu wurde die Tritiumkonzentration sowohl im Wasser, das durch Gefriertrocknung extrahiert wurde (HTO), als auch im Verbrennungswasser der organischen Trockensubstanz (OBT) gemessen, das durch Verbrennung der wasserfreien Proben in einem Plasmaprozessor gewonnen wurde. Aus den gemessenen Tritiumgehalten und dem gemessenen Anteil des extrahierten Wassers an der Frischsubstanz, wurde die Tritiumaktivität pro kg Frischsubstanz, unter Annahme eines konstanten Gewichtverhältnisses von Oxidationswasser zu Trockensubstanz von 0,56 berechnet. Die Ergebnisse sind in Tabelle 5/15 wiedergegeben.

Herkunft der Proben	Probenart	Probenahmedatum	Wassergehalt in %	Tritiumaktivität		
				in Bq/l		in Bq/kg FS*
				HTO	OBT	
Referenzstelle Augustenberg in Karlsruhe-Durlach	Bewuchs	28.04.92	75	< 1,6	3,1 ± 1,9	< 1,6
	Bewuchs	08.10.92	65	2,8 ± 1,9	3,8 ± 2,0	2,6 ± 1,6
Umgebung des Vorfluters (Rheinniederungskanal)	Bewuchs	20.05.92	75	3,5 ± 2,0	3,4 ± 2,0	3,1 ± 1,7
	Bewuchs	10.10.92	79	3,2 ± 2,0	5,4 ± 2,2	3,1 ± 1,6
	Kopfsalat	03.07.92	94	7,2 ± 1,8	8,0 ± 2,5	7,0 ± 1,7
	Kartoffeln	24.08.92	65	2,5 ± 1,8	5,1 ± 3,7	2,6 ± 1,9
	Milch	20.05.92	86	92 ± 8	59 ± 6	84 ± 8
	Milch	10.10.92	87	56 ± 6	41 ± 5	52 ± 5
	Roggen	24.07.92	8,6	4,1 ± 2,0	5,1 ± 2,2	3,0 ± 1,3
1. Hauptausbreitungssektor (Raum Friedrichstal)	Roggen	28.05.92	7,7	2,1 ± 1,8	6,3 ± 2,2	3,4 ± 1,3
2. Hauptausbreitungssektor (Raum Eggenstein-Leopoldshafen)	Roggen	29.07.92	9,2	1,8 ± 1,8	3,5 ± 2,0	1,9 ± 1,2
	Feldsalat	05.10.92	86	2,9 ± 1,9	4,0 ± 2,0	2,8 ± 1,8
Betriebsgelände des KfK (Bereich: Tritiumlabor Karlsruhe)	Laub	08.05.92	78	2,1 ± 1,7	3,4 ± 1,9	2,0 ± 1,5
	Laub	29.07.92	56	4,9 ± 2,1	5,6 ± 2,2	4,1 ± 1,7
	Laub	15.10.92	52	3,5 ± 2,0	5,1 ± 2,1	3,2 ± 1,6

* FS: Frischsubstanz

Tab. 5/15 Tritiumkonzentration in landwirtschaftlichen Produkten aus den beiden Hauptausbreitungssektoren und aus dem Bereich des Vorfluters sowie in Laub vom Betriebsgelände des KfK

Unter der Annahme, daß die gesamte Tritiumzufuhr eines Menschen über das Trinkwasser erfolgt, läßt sich aus dem Grenzwert der Tritiumzufuhr über Ingestion nach Strahlenschutzverordnung und dem Jahresverbrauch von Trinkwasser für Erwachsene eine mittlere zulässige Tritiumkonzentration für Trinkwasser berechnen. Sie ergibt sich zu 22 500 Bq/l. Im Vergleich dazu sind die von uns gemessenen Tritiumkonzentrationen in landwirtschaftlichen Produkten sehr niedrig und somit unter dem Aspekt des Strahlenschutzes ohne Bedeutung.

5.4 Spektrometrie und chemische Analytik

M. Pimpl

Die Gruppe 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 Gruppe auch 1992 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 Gruppen der Abteilung Umweltschutz Messungen durch. Für die Gammaskpektrometrie stehen insgesamt zehn Germaniumdetektoren zur Verfügung: vier für hochenergetische Gammastrahlen und vier für niederenergetische, sowie zwei Gammadetektoren für den gesamten Energiebereich. Für die Alpha-Spektrometrie sind acht 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 vier Vielkanalanalysatorsystemen (drei ND-66 und ein ND-76) erfolgt, und welche zudem genügend freie Rechnerkapazität zur Speicherung und Auswertung der Spektren besitzt. Die Genie-Workstation ist ein Multiuser-System, welches 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 die Anlage einen dezentralen Betrieb, indem die Steuerung der Meßplätze direkt durch die Vielkanalanalysatorsysteme vorgenommen wird, wobei zusätzliche Bedienerkapazität durch den Anschluß von Personal-Computern über einen Server geschaffen 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 1992 insgesamt durchgeführten Messungen sind in Tab. 5/16 aufgelistet. Gegenüber 1991 sind einige Veränderungen der Anzahl der Messungen zu beobachten. Bei Abwasserproben aus Endbeckenschlammproben wurde ab der 20. Kalenderwoche zusätzlich die Messung niederenergetischer Gammastrahler aufgenommen. Die Zahl der Messungen von Aktivkohlepatronen zur Fortluftüberwachung ist erheblich zurückgegangen. Dies liegt daran, daß ab Januar 1992 die hinter der zur Bilanzierungsmessung beaufschlagten Aktivkohlefraktion angeordnete zweite Aktivkohlefraktion, die im Falle des

Durchbrechens der 1. Fraktion trotzdem eine genaue Bilanzierung ermöglicht, nur noch dann gemessen wurde, wenn Aktivität oberhalb der Erkennungsgrenze in der 1. Fraktion nachgewiesen wurde. Die Zahl der Brutto-Messungen von Fortluftfiltern ist 1992 ebenfalls niedriger als im Vorjahreszeitraum, da 1992 in den überwachten Anlagen weniger Störungen auftraten und damit die in solchen Fällen notwendigen zusätzlichen Messungen nicht anfielen. Die Anzahl der α -spektroskopischen Messungen hat 1992 stark zugenommen, da in der radiochemischen Gruppe zwei Gastwissenschaftler während eines längeren Aufenthaltes viele Analysen zur Bestimmung von Alphastrahlern durchführten.

Meßgut	Meßmethode	Anzahl der Messungen	eingesetzte Detektoren
Messungen für Emissions- und Umgebungsüberwachung			
Abwasser aus Endbeckenmischproben	γ -Spektrometrie	65	High-energy-Detektoren
	γ -Spektrometrie	46	Low-energy-Detektoren
	α -Spektrometrie	12	Si-Sperrschicht-Detektoren
Fortluftfilter (radiochemisch aufgearbeitet)	α -Spektrometrie	24	Si-Sperrschicht-Detektoren
Aktivkohleproben (Fortluftüberwachung)	γ -Spektrometrie	1 029	High-energy-Detektoren
	γ -Spektrometrie und Röntgen-Spektrometrie	796	Low-energy-Detektoren
Fortluftfilter (direkte Messung ohne radiochemische Aufarbeitung)	γ -Spektrometrie	257	High-energy-Detektoren
	γ -Spektrometrie und Röntgen-Spektrometrie	58	Low-energy-Detektoren
	$\alpha + \beta$ -Bruttomessung	2 996	Pseudokoinzidenz- und Bruttomeßanlage
Aerosol- und Iodfilter aus Meßhütten	γ -Spektrometrie	59	High-energy-Detektoren
	α -Spektrometrie	36	Si-Sperrschicht-Detektoren
Boden-, Schlamm- und biologische Proben	γ -Spektrometrie	68	High-energy-Detektoren
	α -Spektrometrie	9	Si-Sperrschicht-Detektoren
Grund- und Oberflächenwasser, Niederschlag	γ -Spektrometrie	83	High-energy-Detektoren
Messungen für Entwicklungsarbeiten, Auftragsmessungen, Qualitätskontrolle, etc.			
Proben mit unterschiedlicher Matrix	γ -Spektrometrie	250	High-energy-Detektoren
	α -Spektrometrie	224	Si-Sperrschicht-Detektoren

Tab. 5/16: Spektrometrische Messungen 1992

5.4.2 Ermittlung von Dichtekorrekturfaktoren für hochauflösende Gammaskpektrometrie

B. Setrdle, H. Fessler, M. Pimpl

Zur quantitativen Bestimmung des Gehaltes eines Gammastrahlers in einem Probenmaterial wird die gemessene Impulsrate auf die Impulsrate eines Kalibrierpräparates mit bekanntem Gehalt des gleichen Gammastrahlers bezogen. Die Messung muß unter gleichen apparativen Bedingungen durchgeführt werden, und die Probe soll hinsichtlich Geometrie und stofflicher Zusammensetzung so weit als möglich

mit dem Kalibrierpräparat übereinstimmen. Nur auf diese Weise kann sichergestellt werden, daß der Detektor sowohl bei der Messung des Probenmaterials als auch der Kalibrierprobe den gleichen Prozentsatz der Strahlung mißt und Abweichungen der auf den Detektor auftreffenden Photonenstrahlung durch verschiedene Geometrie und/oder unterschiedliche Absorptionsvorgänge vermieden werden können. Während bei der Messung wäßriger Proben diese Voraussetzungen durch Verwendung von zertifizierten Standardlösungen zur Kalibrierung einfach erfüllt werden können, ergeben sich bei der Auswertung von Messungen fester Proben meist Probleme, da Kalibrierstandards mit exakt gleicher Geometrie und Zusammensetzung nur in Ausnahmefällen verfügbar sind.

In der Praxis kann der Geometrieinfluß einfach korrigiert werden, indem die Probe im gleichen Gefäß bei gleichem Füllstand wie die Kalibriersubstanz gemessen wird. Die Schwächung der Strahlung beim Durchgang durch das Probenmaterial ist hauptsächlich abhängig von dessen Dichte und kann nur sehr ungenau mit hohem rechnerischen Aufwand korrigiert werden. An Hand von experimentellen Messungen wurden deshalb Kalibrierfaktoren ermittelt, die es erlauben, die Aktivitätskonzentrationen von Gammastrahlern in Probenmaterialien beliebiger Dichte zu ermitteln, wenn mit einem Detektor gemessen wird, der mit Kalibrierlösungen der Dichte 1 g/ml kalibriert worden ist.

Für einen Dichtebereich von 0,46 - 1,5 g/ml wurden Dichtekorrekturfaktoren auf zwei verschiedene Arten bestimmt. Dazu wurde eine homogene Aktivitätsverteilung in einem zylindrischen Hohlkörper von 16 cm Höhe und 12 cm Innendurchmesser, der auf einem Reinstgermaniumdetektor stand, simuliert. Hierfür wurde ein Flächenpräparat von gleichem Durchmesser verwendet, das 12 Gammastrahler mit Energien von 59,54 - 1836,06 keV enthielt. Dieses Präparat wurde in 1-cm-Schritten in zunehmendem Abstand vom Detektor, senkrecht zur Detektorachse angeordnet, gemessen. In einer Meßreihe wurde der Zwischenraum zwischen Flächenpräparat und Detektor mit einem Absorbermaterial einer bestimmten Dichte ausgefüllt, in einer weiteren Meßreihe wurde kein Absorber eingefüllt. Durch Aufsummieren der Einzelmessungen und Dividieren durch die Anzahl der Messungen wurde ein Mittelwert für die Aktivität bei homogener Verteilung im Meßvolumen erhalten. Aus den zertifizierten Aktivitäten im Flächenpräparat und deren Emissionswahrscheinlichkeiten sowie den Detektorwirkungsgraden bei den entsprechenden Energien, die durch Kalibrierung mit wäßrigen Standardlösungen für die Dichte 1 g/ml erhalten wurden, läßt sich der Sollwert der Impulsraten für die einzelnen Energien bestimmen, wenn kein Dichteeinfluß vorliegt. Vergleicht man die durch die Messungen erhaltenen Werte mit den zugehörigen Sollwerten, so zeigen sich Abweichungen, die auf die Dichte des Absorbermaterials zurückgeführt werden können.

In einer weiteren Versuchsreihe wurden die Massenschwächungskoeffizienten für verschiedene Materialien mit Dichten zwischen 0,46 - 1,5 g/ml ermittelt. Dazu wurde das Flächenpräparat in 16 cm Abstand senkrecht zur Detektorachse fixiert und die Schwächung der Strahlung nach Durchgang durch diese Materialien in verschiedenen Schichtdicken gemessen. Auch für diese Versuchsreihe wurden Dichtekorrekturfaktoren berechnet, die die Abweichungen von Messungen mit wäßrigen Lösungen der Dichte 1 g/ml beschreiben.

Die nach den beiden beschriebenen Methoden ermittelten Korrekturfaktoren stimmen recht gut überein. Die maximale Abweichung beträgt 4 %. Aus Abb. 5/8, in der die Abhängigkeit der Korrekturfaktoren von der Gamma-Energie dargestellt ist, wird ersichtlich, daß im untersuchten Dichtebereich die ermittelten Korrekturfaktoren nur für Energien oberhalb 200 keV verwendet werden können. Im niederenergetischen Bereich ist nicht nur die Dichte des Materials für die Schwächung der Strahlung maßgebend, sondern auch die Ordnungszahl der im Absorbermaterial enthaltenen Stoffe. Daher ist eine einfache Dichtekorrektur für diesen Energiebereich nicht anwendbar, vielmehr muß hier materialspezifisch kalibriert werden.

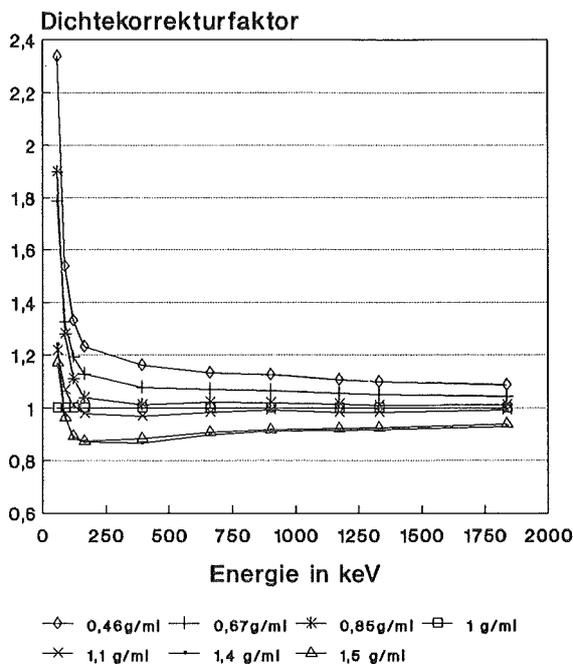


Abb. 5/8: Energieabhängigkeit des Dichtekorrekturfaktors bei Füllhöhe 8 cm

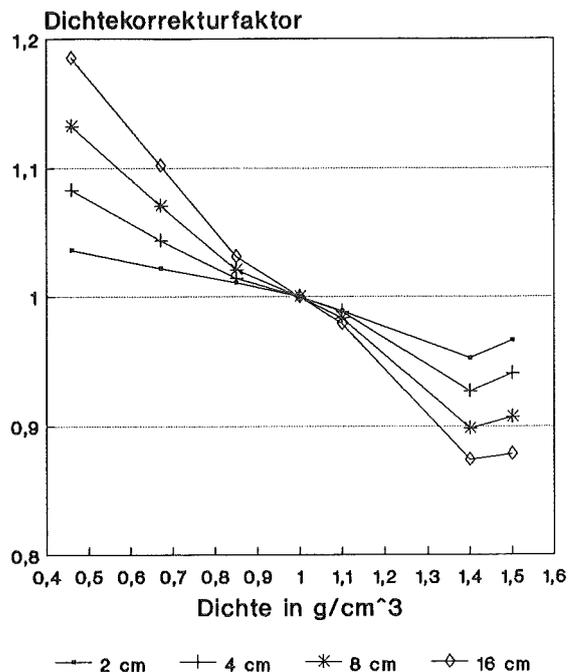


Abb. 5/9: Dichtekorrektur in Abhängigkeit von der Dichte des Absorbermaterials bei 661,66 keV

Als Beispiel für die Anwendung der Ergebnisse in der Praxis zeigt Abb. 5/9 für Cs-137 die Abhängigkeit des Dichtekorrekturfaktors von der Dichte des Probenmaterials bei verschiedenen Füllhöhen. Für ein Probenmaterial mit beliebiger Dichte im vorgegebenen Bereich, gemessen in einem Gefäß mit 16 cm Innendurchmesser bei bekannter Füllhöhe, kann der Dichtekorrekturfaktor für die Bestimmung der Cs-137-Konzentration aus Abb. 5/9 entnommen werden. Da entsprechende Kurven für den Energiebereich 200 - 1836 keV aufgenommen wurden, kann damit für alle relevanten Gammastrahler eine entsprechende Dichtekorrektur vorgenommen werden, ohne daß für jede Einzelprobe ein Kalibrierpräparat benötigt wird.

5.4.3 Untersuchungen zur α -Spektrometrie mittels Flüssigszintillationsmeßtechnik

I. Yordanova, M. Pimpl

Seit vielen Jahren wird die Flüssigszintillationsmeßtechnik zur Bestimmung von β -Strahlern verwendet. In den letzten Jahren ist es gelungen, auch α -Strahler mit dieser Meßtechnik sehr empfindlich zu messen, wobei man die unterschiedliche Anregung des Szintillators durch α -Strahlung einerseits und β - und γ -Strahlung andererseits ausnutzt. Durch Verwendung eines Impulsform-Diskriminators werden die α -Impulse nahezu vollständig von den β - und γ -Impulsen getrennt. Mittels eines Vielkanalanalysators werden die α -Impulse nach steigender α -Energie sortiert und als Impulshöhenspektrum dargestellt. In der Praxis ist die Verwendung der α -Spektrometrie mittels Flüssigszintillation bisher nur in sehr eingeschränktem Maße möglich, da einerseits mit der schlechten Energieauflösung von bestenfalls 300 keV eine quantitative Bestimmung nach dem Prinzip der Isotopenverdünnungsanalyse für die meisten Nuklide nicht möglich ist, andererseits die Verfahren zur Herstellung der Meßlösungen noch nicht so ausgearbeitet sind, daß die zeitliche Stabilität der Meßlösungen und damit die Reproduzierbarkeit der Messungen gewährleistet ist.

Im Berichtsjahr wurden Untersuchungen mit einem Quantulus 1220 der Fa. Wallac durchgeführt. Dieses Gerät ist besonders geeignet zur Messung niedriger Aktivitäten, da die Nulleffektzählraten durch ein aktives Shielding stark herabgesetzt werden. Außerdem verfügt es über einen Impulsform-Diskriminator, so daß α -spektroskopische Messungen durchgeführt werden können. Verschiedene mit wäßriger Lösung mischbare Szintillatorcocktails (Ultima Gold XR, Aquasafe-300 und -500, Quicksafe-A) wurden eingesetzt, sowie einige Cocktails, die mit wäßriger Lösung nicht mischbar sind (Alphaex, Rotiscint-eco, PPO in Xylol, PPO/POPOP in Xylol). Aliquote der Nuklide Pu-236, Pu-238, Pu-239 und Pu-242 wurden aus zertifizierten Standardlösungen entnommen, in 8 M Salpetersäure überführt und mit TOPO/Cyclohexan-Lösung extrahiert (TOPO=Trioctylphosphinoxid). Aliquote dieser organischen Phasen wurden mit den verschiedenen Szintillatorlösungen in unterschiedlichen Mengenverhältnissen gemischt und in 20-ml-Vials aus Glas, Polyethylen, Teflon und teflonbeschichtetem Polyethylen gemessen, nachdem zur Entfernung von Sauerstoff 25-30 min lang Argon durch die Meßlösung geperlt worden war. Der Füllstand in den 20-ml-Vials von 25 mm Innendurchmesser wurde variiert zwischen 5 und 20 ml, zusätzlich wurden Messungen in Vials mit 12 mm Innendurchmesser durchgeführt.

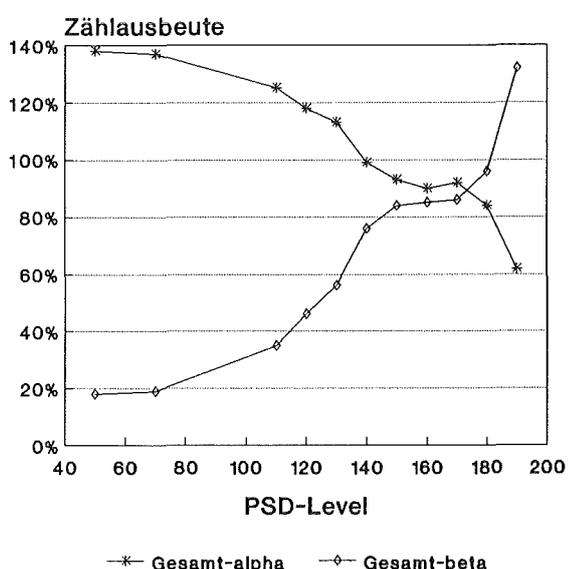


Abb. 5/10: Zählausbeute der Alpha- und Beta-Messung in Abhängigkeit von der PSD-Einstellung in Rotiscint-eco

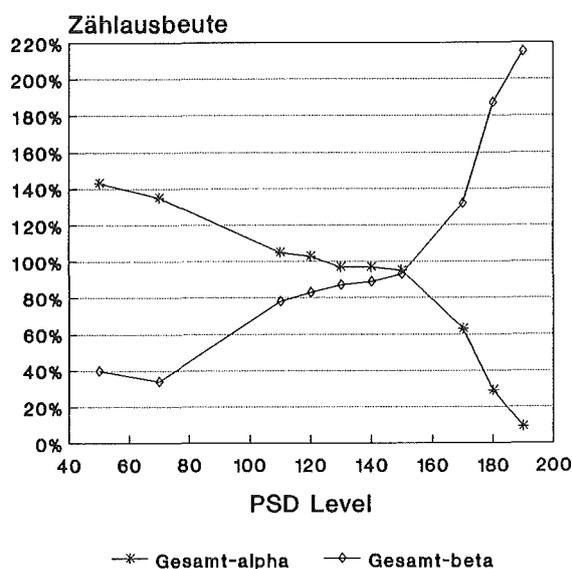


Abb. 5/11: Zählausbeute der Alpha- und Beta-Messung in Abhängigkeit von der PSD-Einstellung in PPO/POPOP-Scintillatorlösung

Die durchgeführten Untersuchungen brachten folgende Ergebnisse:

- Die Stabilität der Meßlösungen wird entscheidend durch das Mischungsverhältnis von Szintillatorlösung zu wäßriger Lösung bzw. Extraktionslösung beeinflusst. Gibt man zu 18 ml hydrophober Szintillatorlösung höchstens 2 ml der organischen TOPO-Phase, so sind die Meßlösungen mehr als 50 Stunden lang stabil. Die Mischungen von 18 ml der hydrophilen Szintillatorlösungen mit 1 ml der wäßrigen Lösungen sind ebenfalls stabil, wenn der pH der wäßrigen Lösungen oberhalb von 2 liegt. Die Verwendung saurerer Lösungen bewirkt einen sehr starken Säurequench, der auch die α/β -Trennung nachteilig beeinflusst.
- Durch Impulsform-Diskriminierung wird für alle Szintillatorlösungen eine ausreichend gute α/β -Trennung erreicht. Die optimale Diskriminatoreinstellung muß für jede Szintillatorlösung separat experimentell ermittelt werden. Als Beispiel hierfür ist in Abb. 5/10 die Abhängigkeit der α - und β -Zählausbeuten von der Diskriminatoreinstellung dargestellt für Rotiscint-eco, Abb. 5/11 zeigt die entsprechenden Abhängigkeiten für PPO/POPOP in Xylol.

- Hydrophile Szintillatorlösungen zeigen eine wesentlich schlechtere Auflösung der α -Energien im Pulshöhenspektrum als die hydrophoben. Für die verwendeten Nuklide wurde in 20-ml-Teflonvials beim Einsatz hydrophiler Szintillatorlösungen eine Auflösung von 600-650 keV erreicht, mit hydrophoben Szintillatorlösungen 350 keV.
- Mit Rotiscint-eco und PPO/POPOP in Xylol wurden weitere Versuchsreihen zur Optimierung der Auflösung durchgeführt. In Übereinstimmung mit Literaturangaben wurde die beste Auflösung bei Verwendung von Teflonvials erzielt, während die Auflösung bei Verwendung von Glas-, Polypropylen- und Polyethylen-Vials deutlich schlechter war. Teflonbeschichtete Polyethylen-Vials zeigen zwar eine etwas schlechtere Auflösung als Teflonvials, sind aber wegen des viel geringeren Anschaffungspreises für die Praxis als Einwegartikel geeignet, wodurch die sehr aufwendige Reinigung zur Wiederverwendung entfällt. In 20-ml-Vials mit einem Innendurchmesser von 25 mm und einem Füllstand von 15 ml beträgt die Auflösung für Teflonvials 310 keV. Durch Verwendung von Teflonvials mit 12 mm Innendurchmesser konnte eine Auflösung von 250 keV erreicht werden, mit teflonbeschichteten Polyethylenvials 270 keV.
- Die Nachweisgrenze für Gesamt- β liegt bei einer Meßdauer von 360 min bei etwa 4,5 mBq/Probe, für Gesamt- α bei etwa 3,5 mBq/ Probe (Vertrauensniveau 95 %). Berücksichtigt man, daß 20 ml Meßlösung nur 2 ml Probenlösung oder Extraktionslösung enthalten dürfen, so erhält man wesentlich höhere Nachweisgrenzen. Für wäßrige Proben, die direkt mit hydrophilen Szintillatorlösungen gemischt werden können, erhält man für Gesamt- β eine Nachweisgrenze von 2,3 Bq/l, für Gesamt- α 1,8 Bq/l. Extrahiert man aus einem Liter Probenlösung in 50 ml TOPO/Cyclohexan-Lösung, so ergibt sich für Gesamt- β eine Nachweisgrenze von 0,11 Bq/l, für Gesamt- α 0,09 Bq/l.
- Mit dem Quantulus 1220 ist es möglich, sehr niedrige Aktivitätskonzentrationen in wäßrigen Proben mit einfacher Matrix, z. B. Trink-, Grund- und Oberflächenwasser, direkt mit hydrophilen Szintillatorlösungen zu messen. Allerdings ist bei Verwendung dieser Szintillatorlösungen die Auflösung der α -Energien so schlecht, daß nur eine Gesamt- α -Messung durchgeführt werden kann. Bei Benutzung von Szintillatorlösungen, die mit wäßrigen Lösungen nicht mischbar sind, sind nuklid-spezifische Bestimmungen mittels α -Spektrometrie in eingeschränktem Umfang möglich, wobei dann vor der Messung nuklidspezifische Trenn- und Reinigungsverfahren durchgeführt werden müssen.

5.4.4 Radiochemische Arbeiten

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

Für die Abluft-, Abwasser- und Umgebungüberwachung des KfK und der WAK 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 1992 nur etwa 10 % der zulässigen Menge von 400 GBq emittiert wurde. In Monatsmischproben aus den Endbecken der Kläranlage wurden C-14 und S-35 routinemäßig bestimmt, wobei keine Werte oberhalb der Erkennungsgrenze ermittelt werden konnten (s. auch Kap. 5.4.7). Die Überwachung der Plutoniumkonzentrationen der bodennahen Luft brachte ein mit

1991 vergleichbares Resultat. Die Ergebnisse der Plutoniumbestimmungen der an den Probenahmestellen „Forsthaus“, Meßhütte „Nordost“ und Meßhütte „West“ monatlich gesammelten Proben lagen mit einer Ausnahme unter den jeweils erreichten Erkennungsgrenzen, die zwischen 0,09 und 0,7 $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$ variierten. Lediglich im März 1992 wurden am Standort der Meßhütte „Nordost“ Plutoniumkonzentrationen in der bodennahen Luft gemessen, und zwar 0,9 $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$ für Pu-(239 + 240) und 0,4 $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$ für Pu-238.

Zusätzlich wurden Auftragsarbeiten für kerntechnische Anlagen durchgeführt, die nach einer aufwandsbezogenen Gebührentabelle in Rechnung gestellt wurden. Im Jahr 1992 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 1992 insgesamt in der Gruppe Radiochemie durchgeführten Laborarbeiten sind in Tab. 5/17 aufgelistet. Mit in die Tabelle aufgenommen sind Entwicklungsarbeiten, bei denen zwei Gastwissenschaftlerinnen zusammen insgesamt 9 Monate mitgearbeitet haben. Abb.5/12 vermittelt einen Überblick über den zeitlichen Aufwand für die routinemäßig angefallenen radiochemischen Arbeiten.

Tätigkeitsgebiet	Art der Analysen	Anzahl der Bestimmungen
Umgebungsüberwachung	Pu-238, Pu-239 + 240	43
	Sr-89, Sr-90	15
	K-40	94
Abwasserüberwachung	Pu-238, Pu-239 + 240	12
	Pu-241	17
	Sr-89, Sr-90	64
	α -Bruttomessungen	13
	C-14	12
	S-35	12
Fortluftüberwachung	Pu-238, Pu-239 + 240	12
	Pu-241	17
	Am-241, Cm-242, Cm-244	12
	C-14	52
Kalibrierstandards	C-14, K-40, U-232, Th-229, Pu-236, Pu-239, Pu-241, I-131, Sr-90, Am-241	26
Kontrollanalysen	Th, U, Pu, Am, Sr, K,	65
	Blindelektrolysen	67
Ringversuche	U, Pu, Sr	16
Entwicklungsarbeiten	Pu-241	4
	S-35/C-14	28
	Pu-236, Pu-239, Pu-242	102
	Ra-226	11
	Am-241, Cm-244	15

Tab. 5/17: Arbeiten der Arbeitsgruppe Radiochemie im Jahr 1992

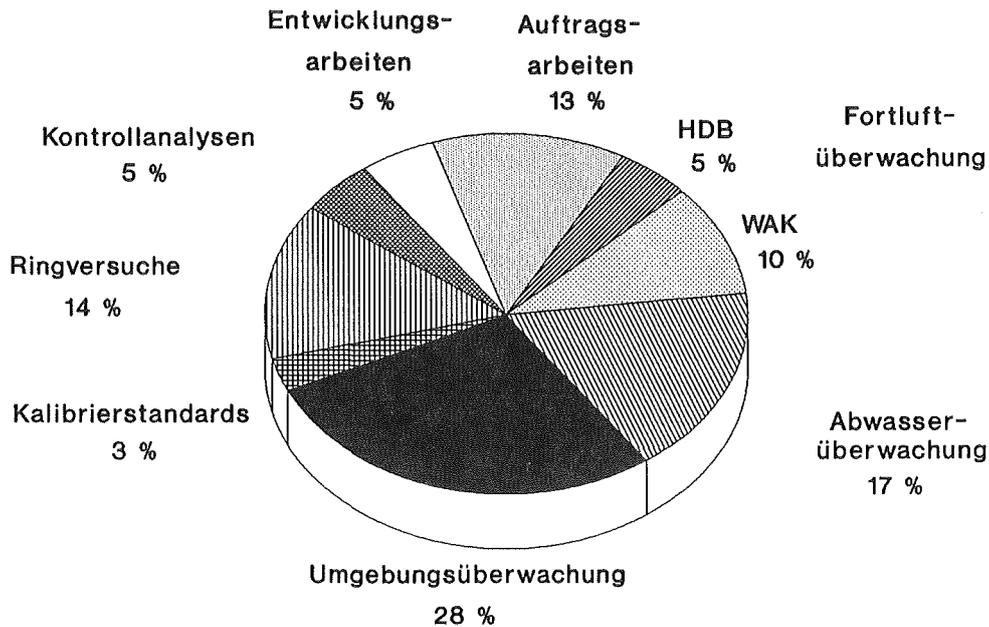


Abb. 5/12: Aufteilung der radiochemischen Arbeiten nach Zeitaufwand im Jahr 1992

5.4.5 Aktinidenableitungen mit der Fortluft der WAK 1992

K. Bender, M. Pimpl

Zur Messung der Aktinidenkonzentrationen in der Kaminabluft der WAK (Fortluft aus Prozeßgebäude und Behälterabgas) wird ein konstanter Volumenstrom im Bypass über ein Aerosolfilter geleitet. Die täglich entnommenen Filter werden zu einer Monatsmischprobe zusammengefaßt, die nuklidspezifisch analysiert wird. Die Messung der Aktiniden erfolgt mittels α -Spektrometrie. In Tab. 5/18 sind die für 1992 ermittelten Abluftemissionen der WAK zusammengefaßt. Abb. 5/13 zeigt die zeitliche Entwicklung der Pu-Ableitungen mit der Fortluft der WAK von 1977 bis 1992.

Monat	Emissionsraten in kBq/Monat					
	Pu-238	Pu-239+240	Pu-241	Am-241	Cm-242	Cm-244
Januar	0,16	0,14	< 7	0,09	< 0,01	< 0,02
Februar	0,44	0,30	< 15	0,14	< 0,01	< 0,02
März	0,08	0,11	< 13	0,07	< 0,01	< 0,02
April	0,10	0,10	< 11	0,09	< 0,01	< 0,02
Mai	0,21	0,14	< 10	< 0,10	< 0,01	< 0,02
Juni	< 0,10	< 0,07	< 10	< 0,07	< 0,01	< 0,02
Juli	< 0,07	0,20	< 11	0,09	< 0,02	< 0,02
August	0,06	0,06	2	0,24	< 0,02	< 0,03
September	0,30	0,28	5	< 0,04	< 0,01	< 0,02
Oktober	0,33	0,16	8	0,46	< 0,02	< 0,03
November	0,71	0,47	19	0,23	< 0,02	< 0,03
Dezember	3,95	2,86	97	19,4	0,02	0,25

Tab. 5/18: Aktinidenemissionen mit der Fortluft der WAK 1992

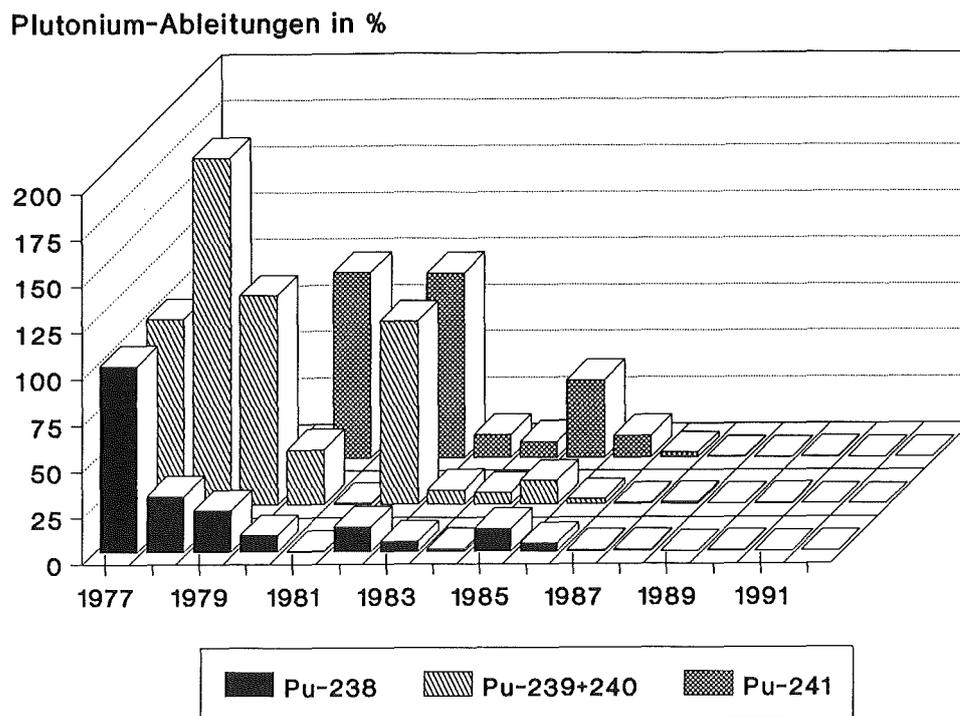


Abb. 5/13: Entwicklung der Plutoniumableitungen aus der WAK mit der Fortluft 1977-1992
(Die Ableitungen für Pu-238 und Pu-239 + 240 im Jahr 1977 sind gleich 100 % gesetzt, für Pu-241 die des Jahres 1980.)

5.4.6 Plutonium- und Strontiumableitungen mit dem Abwasser des KfK 1992

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. Die Herstellung der Monatsmischproben erfolgt mengenproportional. Hierzu werden jeweils entsprechende Teilmengen der einzelnen, während eines Monats abgeleiteten Abwasserchargen entnommen und zu einer Mischprobe vereinigt. Die nuklidspezifischen Analysen erfolgen monatlich an Teilmengen der jeweiligen Monatsmischproben.

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

Die 1992 erfolgten monatlichen Aktivitätsabgaben mit dem Abwasser des KfK in den Vorfluter sind Tab. 5/19 zu entnehmen. Abb. 5/14 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	0,10	0,043	< 12	< 0,31
Februar	0,048	0,068	< 13	< 0,23
März	0,047	0,033	< 9	< 0,29
April	0,10	< 0,084	< 24	< 0,29
Mai	0,15	< 0,063	< 16	0,26
Juni	< 0,067	< 0,021	< 16	0,38
Juli	< 0,17	< 0,026	< 16	< 0,33
August	< 0,069	< 0,069	< 21	0,33
September	< 0,056	< 0,056	< 7	< 0,30
Oktober	< 0,032	0,040	5,5	< 0,33
November	< 0,14	< 0,033	5,5	< 0,25
Dezember	0,21	< 0,067	4,7	0,16

Tab. 5/19: Plutonium- und Strontiumemissionen mit dem Abwasser des KfK 1992

Strontium- und Plutonium-
Ableitungen in %

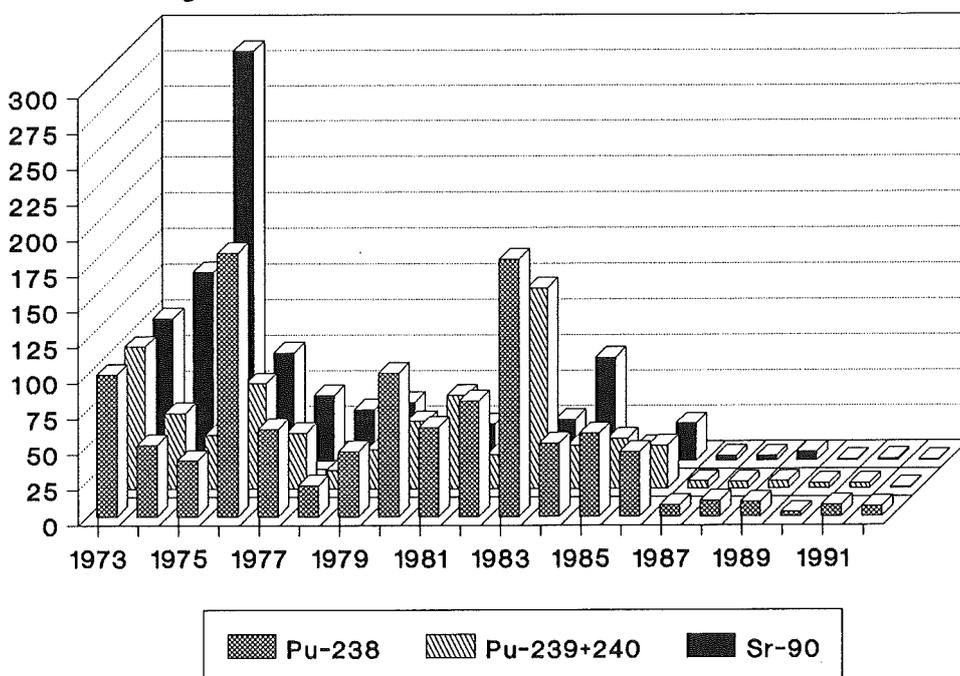


Abb. 5/14: Entwicklung der mit dem Abwasser aus dem KfK abgeleiteten Aktivitäten an Pu-238, Pu-239+240 und Sr-90 von 1973 - 1992 (Für Pu und Sr sind die Ableitungen von 1973 gleich 100 % gesetzt.)

5.4.7 Chemisches Verfahren zur Bestimmung von C-14 und S-35 in Abwasserproben des KfK

E. Sadri, S. Vater

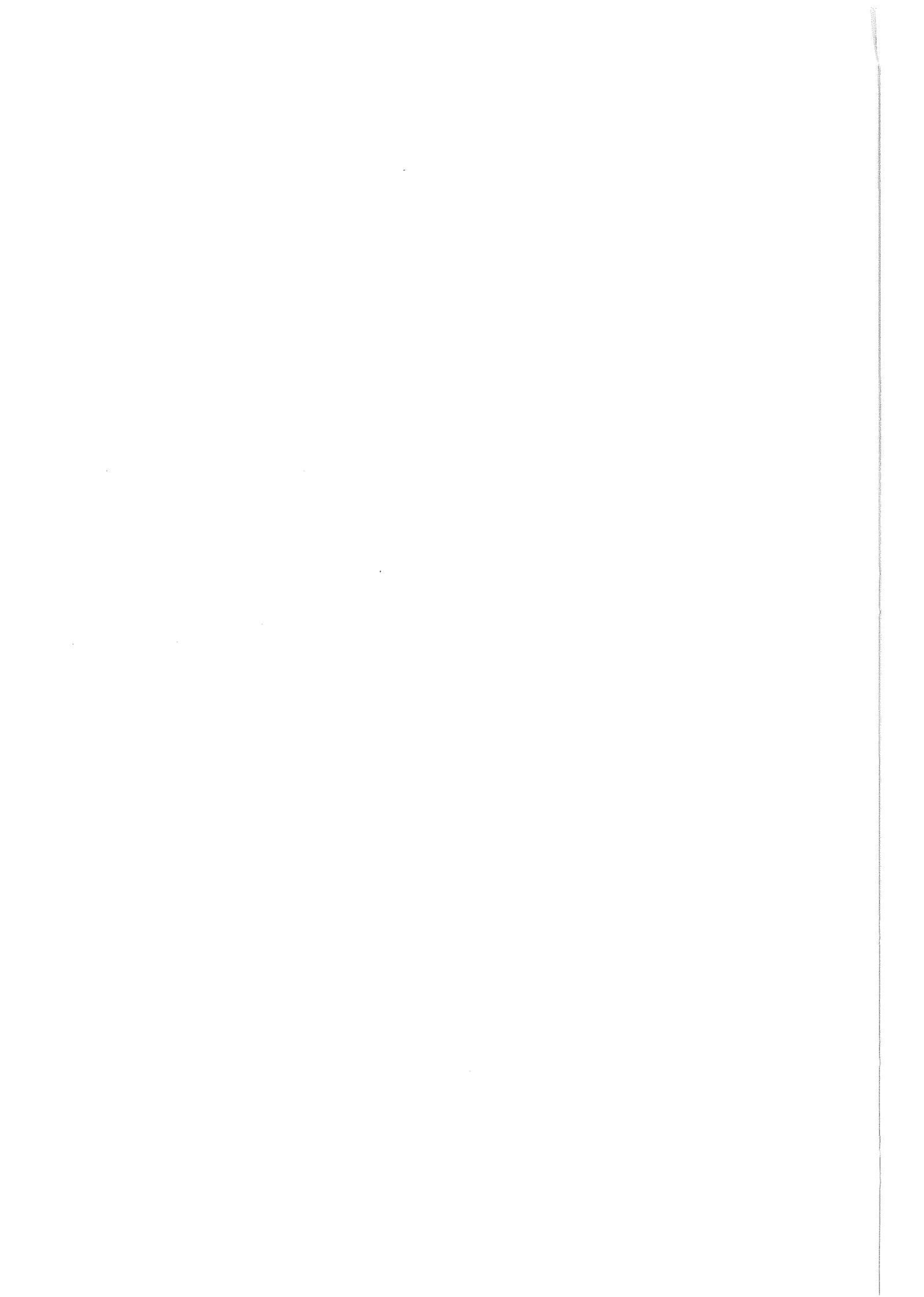
Eine direkte nuklidspezifische Messung von C-14 und S-35 in Abwasserproben mittels Flüssigszintillationsspektrometrie ist nicht möglich, da sich die Spektren von C-14 und S-35 überlagern. Um C-14 und S-35 bestimmen zu können, müssen beide Isotopen aus Abwasserproben isoliert und separat gemessen werden. Die Abtrennung von C-14 aus den Abwasserproben erfolgt mittels naßchemischer Oxidation durch NaMnO_4 in phosphorsaurer Lösung. Das durch die Oxidation gebildete $^{14}\text{CO}_2$ wird in 1 M Natronlauge aufgefangen. 2 ml davon werden mit 18 ml Flüssigszintillationscocktail „Ultima Gold“ in einem 20-ml-Polyethylenvial versetzt und anschließend 1000 min im Flüssigszintillationsspektrometer gemessen. Die Bestimmung der S-35-Aktivitätskonzentration erfolgt nach BaSO_4 -Fällung aus dem Reaktionsgemisch und anschließender Auflösung des BaSO_4 -Niederschlages in ammoniakalischer 0,1 M Titriplex-III-Lösung nach Merck. Zur Messung der S-35-Konzentration wurden 2 ml der Titriplex-III-Lösung mit 18 ml des Flüssigszintillationscocktails „Ultima Gold“ in einem 20 ml-Polyethylenvial 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 1000 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 von 1,5 für C-14 und 2,5 für S-35 zu multiplizieren.

Seit Beginn des Jahres 1992 werden die C-14- und S-35-Ableitungen mit dem Abwasser des KfK routinemäßig überwacht. Die Bestimmung der Aktivitätskonzentrationen erfolgt in Monatsmischproben. Wie die Tab. 5/20 zeigt, lagen die C-14 und S-35-Aktivitätskonzentrationen aller Abwasserproben aus den Endbecken 1992 stets unter der geforderten Nachweisgrenze von 2,9 Bq/l für C-14 und 20 Bq/l für S-35.

Monat	Nuklid Bq/l	
	C-14	S-35*
Januar	< 2,5	< 19
Februar	< 2,5	< 11
März	< 2,3	< 14
April	< 2,5	< 9,4
Mai	< 2,3	< 8,4
Juni	< 2,5	< 11
Juli	< 2,5	< 9
August	< 2,5	< 13
September	< 2,4	< 8,4
Oktober	< 2,5	< 8,5
November	< 2,6	< 11
Dezember	< 2,6	< 11

* Die Aktivität wurde auf die Mitte des Sammelzeitraumes umgerechnet

Tab 5/20: Ergebnisse der radiochemischen Bestimmungen von C-14 und S-35 im Abwasser des KfK 1992



6. Dosimetrie

6.1 Amtliche Personendosimetrie

S. Ugi

Die für die Personendosisüberwachung 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.

Amtliches Personendosimeter dieser Meßstelle 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 Kernforschungszentrum Karlsruhe 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 Thermolumineszenzdetektoren 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 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 Physikalisch-Technischen Bundesanstalt 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	75 912	75
Thermolumineszenz-Teilkörperdosimeter	23 837	220
Albedo-Neutronen-Ganzkörperdosimeter	13 269	52
Nichtamtliche Auswertung		
Phosphatglasdosimeter	2 762	6
Thermolumineszenzdosimeter	2 469	15
Radondosimeter	2 957	28

Tab. 6/1: Serviceleistungen der amtlichen Meßstelle 1992

6.1.1 Photolumineszenzdosimetrie

D. Vilgis

Die Anzahl der mit Photolumineszenz-Glasdosimetern überwachten Betriebe blieb im Berichtszeitraum konstant, wobei die Auswertezahlen gegenüber dem Vorjahrum 8 % anstiegen (Tab. 6/1). Die Entwicklung der Auswertezahlen in den letzten acht Jahren ist in Abb. 6/1 dargestellt. Der Einsatz der Phosphatgläser in der Ortsdosimetrie lag mit ca. 2 700 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.

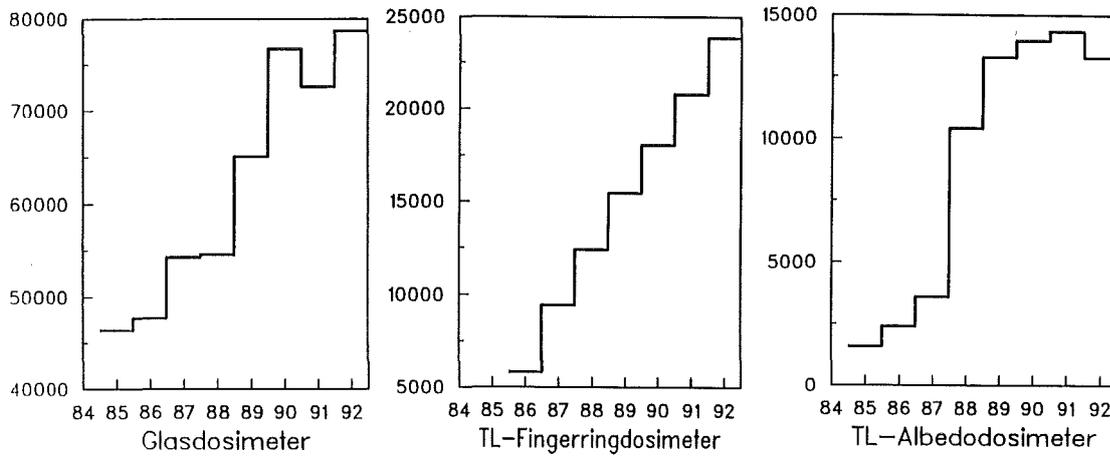


Abb. 6/1: Entwicklung der Auswertezahlen pro Jahr seit 1985

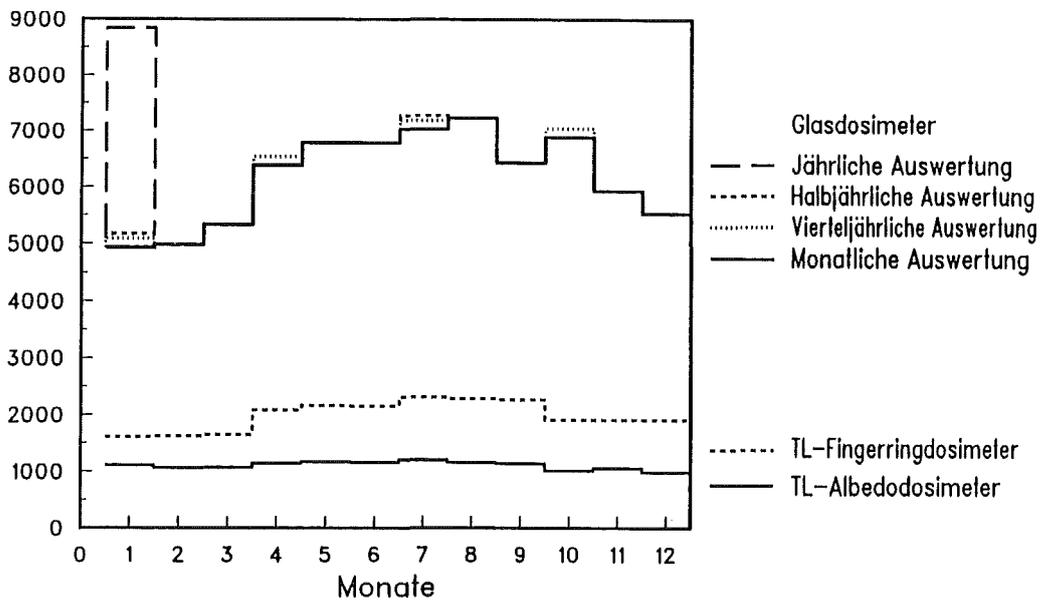


Abb. 6/2: Verlauf der Auswertezahlen pro Monat im Jahr 1992

6.1.2 Thermolumineszenzdosimetrie

E. Kammerichs

Die Auswertezahlen der 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 kann mittels Kalibrierkurven der β -Dosisanteil ermittelt werden. Die Anzahl der Auswertungen stieg im Berichtszeitraum um 14 % auf 23 837 (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. Kammerichs, D. Vilgis

Neben den amtlichen Dosimetern werden Festkörperdosimeter zur 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 (${}^7\text{LiF:Mg,Ti}$) 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.

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, M. Vilgis

Nach den Bestimmungen der Eichordnung 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.

Das Flachglasdosimeter des Phosphatglasdosimetriesystems Toshiba FGD-10 ist bisher das einzige Festkörperdosimeter, das eine für alle Geräte dieser Bauart gültige Bauartzulassung im Jahre 1992 erhalten hat (siehe Abschnitt 6.2.1). Es wird bei der amtlichen Meßstelle ab 1993 in der Personendosimetrie eingesetzt. Für alle übrigen amtlichen Personendosimeter gilt als Sonderregelung eine Bauartzulassung aufgrund einer einmal durchgeführten, erweiterten Vergleichsmessung. Dies betrifft die bei uns eingesetzten Thermolumineszenz- und Phosphatglaskugeldosimeter zur Messung der Personen- oder Ortsdosis. Die Bauartzulassung aufgrund der erweiterten Vergleichsmessung wurde 1990 von der Meßstelle beantragt. Zu den Bauartanforderungen gehört eine eindeutige Festlegung und Zuordnung der Komponenten des Dosimetriesystems wie z.B. die Dosimetersonde, das Auswertegerät, die zugrundegelegte Meß- und Wärmebehandlungsvorschrift, der angeschlossene Rechner und die Datenausgabe.

Die eingesetzten Dosimetriesysteme nehmen an einer mindestens einmal jährlich stattfindende Vergleichsmessung teil. 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 im Beisein eines Eichbediensteten Phosphatglaskugeldosimeter, Albedoneutronendosimeter und Fingerringdosimeter ausgewertet. Beim Phosphatglaskugeldosimeter lag der Mittelwert aller auf den Sollwert bezogenen relativen Anzeigen bei 0,85 mit einer relativen Standardabweichung von 26 %. Die Ergebnisse unserer Auswertungen für das Fingerringdosimeter lagen bei $1,34 \pm 14$ % und für das Albedoneutronendosimeter wurde bei der Photonenmessung $1,046 \pm 15$ % erreicht. Das entsprechende Ergebnis der Neutronenvergleichsbestrahlung für Albedoneutronendosimeter lag bei $1,45 \pm 45$ % und zeigt ein in Abschnitt 6.3.1 näher erläutertes, konservatives Ansprechvermögen.

6.2 Photonendosimetrie

6.2.1 Bauartzulassung und Routineeinführung des Flachglasdosimetriesystems

E. Piesch, B. Burgkhardt, M. Vilgis

Nach einer langjährigen Entwicklung und Erprobung des neuen Flachglasdosimetersystems wurde der Firma Toshiba Glass eine Bauartzulassung als Personen- und Ortsdosimeter mit der Zulassungs-Nr. 23.02/92.05 bzw. 23.01/92.06 erteilt. Diese erste Musterprüfung eines Personendosimetriesystems durch die Physikalisch-Technische Bundesanstalt bestätigt die guten dosimetrischen Eigenschaften des Flachglasdosimeters. Das Flachglasdosimetriesystem bietet hierbei eine für alle Geräte dieser Bauart gültige

Bauartzulassung im Gegensatz zu Thermolumineszenz- und Filmdosimetriesystemen, deren Bauart aufgrund einer erweiterten Vergleichsmessung von jeder Meßstelle beantragt werden muß und die ausschließlich für die beantragende Meßstelle gilt. Mit der Bauartzulassung erfüllt das Flachglasdosimeter die Anforderungen an Personen- und Ortsdosimeter in Bezug auf § 2 Abs.3 der Eichordnung. Nach Vorliegen der entsprechenden Zustimmung durch den Länderausschuß Atomkernenergie und den Länderausschuß Röntgenverordnung dürfen jetzt auch Meßstellen nach Landesrecht Flachglasdosimeter als amtliche Dosimeter zur Messung der Personendosis gemäß § 63 Abs.3 Satz 1 StrlSchV und § 35 Abs.2 RbV ausgeben und auswerten.

Rechtliche Grundlage für die Bereitstellung und den Einsatz eines Personendosimeters ist hierbei u. a. die vorausgegangene Überprüfung der Mindest-Bauartanforderungen bei dem jeweiligen Dosimeter. Die Bauartzulassung des Flachglasdosimeters als Personendosimeter ergab für den Einsatz von Dosimetern mit einer Vordosis von $H_0 < 3$ mSv einen Dosisbereich von $H_{\min} = 0,1$ mSv bis $H_{\max} = 8$ Sv bei Strahleneinfall innerhalb eines Konus von $\alpha = 60^\circ$, im Vergleich zur Mindestanforderung der Bauartzulassung von $H_{\min} = 0,2$ mSv, $H_{\max} = 2$ Sv und $\alpha = 45^\circ$.

Abb. 6/3 zeigt für das Flachglasdosimeter den bei der Bauartprüfung ermittelten Variationskoeffizienten $v(H)$, die relative Gesamtmeßunsicherheit $G(H)$ sowie diejenige maximal zulässige Gesamtmeßunsicherheit $G_{\max}(H)$, die von einem Personendosimeter mit $H_{\min} = 0,2$ mSv mindestens einzuhalten ist. Die bei der Bauartprüfung experimentell ermittelte Gesamtmeßunsicherheit $G(H)$ ergibt sich hier aus der Gleichung

$$G(H) = \sqrt{\sum_i (f_{\text{ex},i})^2 + Q^2 + 3v(H)^2}$$

Hierbei ist $f_{\text{ex},i}$ der Absolutbetrag für die größte Änderung des Ansprechvermögens, der durch die i -te von den neun hier zu untersuchenden systematischen Einflußgrößen, z. B. Photonenenergie und Strahleneinfallrichtung, verursacht wird, Q ist der Koeffizient der Nichtlinearität und $v(H)$ der Variationskoeffizient der Dosismessung, ermittelt mit einer Dosimetercharge.

Wird andererseits zur Definition der unteren Nachweisgrenze die Standardabweichung der Vordosismessung $s(H_0)$ zugrundegelegt, ergibt sich für die kleinste Dosis an der Nachweisgrenze $H_{\text{NWG}} = (t_{1-\alpha} + t_{1-\beta}) \cdot s(H_0)$ mit $t_{1-\alpha} = t_{1-\beta} = 1,65$ für ein Vertrauensniveau von 95% ein Wert von 0,1 mSv für das Personendosimeter, wenn für einen erneuten Einsatz des Dosimeters Vordosen $H_0 < 3$ mSv noch zugelassen werden, und ein Wert von 0,01 mSv für das Personen- und Ortsdosimeter, wenn die Phosphatglasdetektoren vor der Messung regeneriert werden (individuelle Subtraktion der Vordosis $H_0 \approx 0,03$ mSv). Aufgrund der Ergebnisse der Bauartprüfung kann die Gesamtmeßunsicherheit bei kleinen Dosen innerhalb der Personenüberwachung in einem Bereich erwartet werden, der durch die Gesamtmeßunsicherheit für wiederholt eingesetzte Gläser bis zu einer Vordosis von 3 mSv und für regenerierte Gläser mit $H_0 = 0,03$ mSv gegeben ist (Abb. 6/3). Diese Gesamtmeßunsicherheit des Flachglases ist bei $H_{\min} = 0,1$ mSv daher wesentlich kleiner als die zulässige Meßunsicherheit von 0,84 und nur halb so groß wie die zulässige Gesamtmeßunsicherheit, die bei der Bauartzulassung von Personendosimetern gefordert wird.

In der praktischen Anwendung wird die Meßgenauigkeit im unteren Dosisbereich daher hauptsächlich von den örtlichen und zeitlichen Schwankungen des abzuziehenden Beitrages der natürlichen Strahlung H_{nat} bestimmt. Andererseits wird die auf $H_{\min} = 0,2$ mSv abgestimmte Rundungsvorschrift für amtliche Personendosimeter, nämlich Dosen oberhalb 0,1 mSv in Intervallen von 0,2 mSv anzugeben, modernen Dosimetriesystemen nicht gerecht. Eine solche Vorschrift erhöht beim Flachglasdosimeter die Gesamtmeßunsicherheit an der unteren Grenze des Meßbereiches um mehr als einen Faktor 2. Dies führt im Einzelfall beim Vergleich mit anderen elektronischen Dosimetern zu unnötigen Abweichungen.

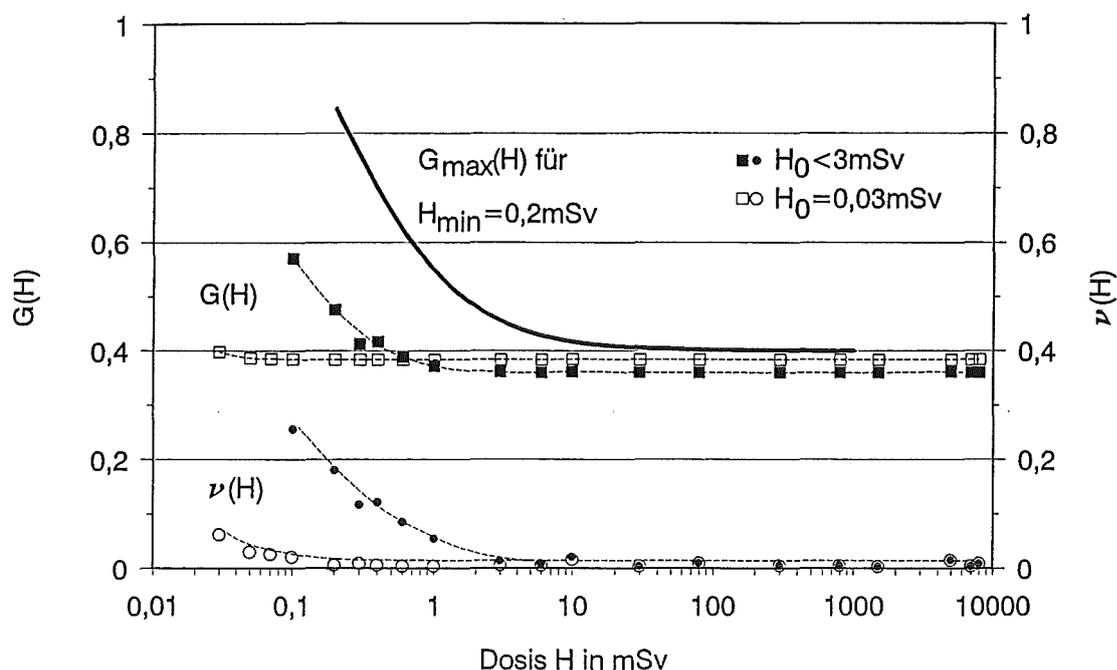


Abb. 6/3: Maximal zulässige Gesamtmeßunsicherheit $G_{\max}(H)$ für ein Personendosimeter mit $H_{\min}=0,2$ mSv, Gesamtmeßunsicherheit $G(H)$ des Flachglasdosimeters aufgrund der Bauartzulassung sowie Variationskoeffizienten der Dosismessung $\nu(H)$ für eine Vordosis von $0,03 \text{ mSv} \leq H_0 < 3 \text{ mSv}$

Bei der nach Landesrecht zuständigen KfK-Meßstelle für Festkörperdosimeter wird das bisher eingesetzte Kugeldosimeter mit Beginn des Jahres 1993 durch das neue Flachglasdosimeter ersetzt. Vom Flachglasdosimeter wird der gesamte interessierende Photonenenergiebereich von 15 keV - 3 MeV für durchdringende Strahlung abgedeckt, der in Bezug auf H_E bei einer Ganzkörperexposition zur Ermittlung der Personendosis erforderlich ist. Damit entfällt die für das alte Dosimeter geltende Einschränkung hinsichtlich des Photonenenergiebereiches insbesondere auch im medizinischen Anwendungsbereich.

Das Glasdosimeter bietet die Möglichkeit, sowohl die zur Bauartzulassung vorgegebene Meßgröße Photonen-Äquivalentdosis H_x als auch die neuen ICRU-Meßgrößen $H_p(10)$ in 10 mm Gewebetiefe anzuzeigen. Die neue Meßgröße wird zur Zeit in der DIN-Normung (DIN 6814, Teil 3, A1, Dez. 1992) eingeführt und soll in nächster Zukunft die gültige Meßgröße H_x ablösen. Bei Änderung der Meßgröße muß hier, anders als beispielsweise bei den befristeten Bauartzulassungen des Filmdosimeters, weder das Auswerteverfahren noch das Energiekompensationsfilter geändert werden, so daß alte bzw. neue Meßergebnisse jederzeit in der gewünschten Meßgröße angegeben werden können.

6.2.2 Erster Einsatz des Flachglasdosimeters innerhalb der Routineüberwachung

B. Burgkhardt, E. Piesch, M. Vilgis

Das Phosphatglasdosimeter wurde vor der Bauartzulassung probeweise in der Routineauswertung eingesetzt. In Zusammenarbeit mit dem Zentralinstitut für Kernforschung Rossendorf wurde über einen

Zeitraum von drei Monaten eine Gruppe von ca. 350 Personen überwacht. Die Häufigkeitsverteilung der Monatsdosen in Abb. 6/4a zeigt deutlich Unterschiede der monatlichen Personendosisverteilung, die durch die Art der Tätigkeit und der Tätigkeitsdauer in strahlenschutzrelevanten Bereichen bestimmt sind. Gleichzeitig getragene Phosphatglas- und Filmdosimeter zeigten gute Übereinstimmung für höhere Dosen. Die ungünstigere untere Nachweisgrenze bei Filmdosimetern, sowie die Rundung der Meßergebnisse durch die amtliche Meßstelle sind dafür verantwortlich, daß bei kleinen Dosen unterhalb 0,2 mSv sowohl im Einzelfall als auch bei der Häufigkeitsverteilung der Monats- bzw. Dreimonatsdosis keine ausreichende Übereinstimmung gefunden werden konnte.

Ein weiterer Test in der Personendosimetrie mit monatlichem Dosimeterwechsel fand im Kernforschungszentrum Karlsruhe mit einer Gruppe von ca. 60 Personen statt. Abb. 6/4b zeigt nach Abzug des natürlichen Strahlungsanteiles die Verteilung der Monatsdosen in Dosisintervallen von 0,02 mSv. Die geringere Meßunsicherheit im Dosisbereich von 0,1 mSv ermöglicht eine detaillierte Darstellung der Personendosen, zumal hier regenerierte Glaskarten zum Einsatz kamen.

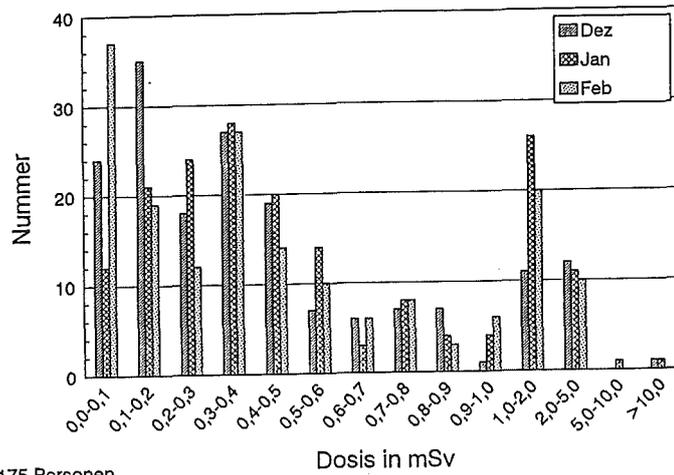
Glasdosimeter können wegen des geringen Fadings und der guten Langzeitstabilität auch für eine langzeitige Überwachung eingesetzt werden. So wurden im Kernforschungszentrum Karlsruhe ca. 1 400 Personen über einen Zeitraum von einem Jahr mit Flachglasdosimetern überwacht. Abb. 6/4b zeigt die gemessenen Personendosen nach Abzug des Meßwertanteiles durch natürliche Strahlung, die bei einer langzeitigen Überwachung einen beträchtlichen Teil des Meßwertes erzeugt, zumal dieser Personenkreis nur selten und dann nur kurzzeitig in strahlenschutzrelevanten Bereichen tätig und dort kaum einer Strahlenexposition ausgesetzt war.

Zum Abzug von H_{nat} wird für alle Dosimeter die gleiche Dosisleistung, z.B. die bei der Meßstelle, zugrundegelegt. Die Auswertung der Meßergebnisse ergab, daß je nach Gebäudeart (z. B. Leichtbauweise, Betonwände) für H_{nat} eine Jahresdosis von $(0,8 \pm 0,25)$ mSv zu erwarten ist. Bei einer monatlichen Überwachung (2 Monate Exposition) erwartet man durch die Subtraktion von $H_{\text{nat}} = (0,13 \pm 0,04)$ mSv eine zusätzliche Meßunsicherheit, die im Einzelfall bis zu 0,04 mSv betragen kann. Eine individuelle Kenntnis des natürlichen Backgroundes am Ort der Überwachung ermöglicht genaue Dosisangaben unterhalb 0,1 mSv.

Die Erprobung des Flachglasdosimeters in der Routine hat gezeigt, daß schon bei monatlicher Überwachung die Messung kleiner Dosen auch unterhalb von 0,1 mSv möglich ist. Für längere Überwachungsperioden ist die genauere Kenntnis von H_{nat} wünschenswert, um die in der Bauartzulassung vorgegebene untere Grenze des Dosisbereiches von 0,1 mSv mit der zulässigen Gesamtmeßunsicherheit nachzuweisen.

Ergebnisse eines langzeitigen Tests des Flachglasdosimeters innerhalb der Umgebungsüberwachung liegen bisher nur in kleinem Umfang vor. Entlang des KfK-Zaunes wurden an zehn Meßorten jeweils zwei Flachglas- und zwei TL-Dosimeter über einen Zeitraum von sechs Monaten ausgehängt. Beide Dosimeterarten zeigten eine gute Übereinstimmung hinsichtlich der ortsabhängigen Schwankung des natürlichen Strahlenpegels, das Phosphatglasdosimeter jedoch eine kleinere Streuung der einzelnen Meßwerte der Detektorpärchen aufgrund der besseren Meßgenauigkeit gegenüber dem TLD-System.

In der Umgebungsüberwachung werden, wie bei einer Langzeitdosimetrie in der Personenüberwachung, jeweils regenerierte Glasdosimeter eingesetzt. Da die in der Personenüberwachung erforderliche Korrektur von H_{nat} entfällt und die Zufallsunsicherheit der Dosismessung für ein Einzeldosimeter bei 0,1 mSv etwa 3 % und für den Mittelwert von zwei Dosimetern 2 % beträgt, können Halbjahresdosen innerhalb der Umgebungsüberwachung mit einer bisher mit Festkörperdosimetern nicht erreichten Meßgenauigkeit im Photonenenergiebereich oberhalb 25 keV nachgewiesen werden.



ca. 175 Personen

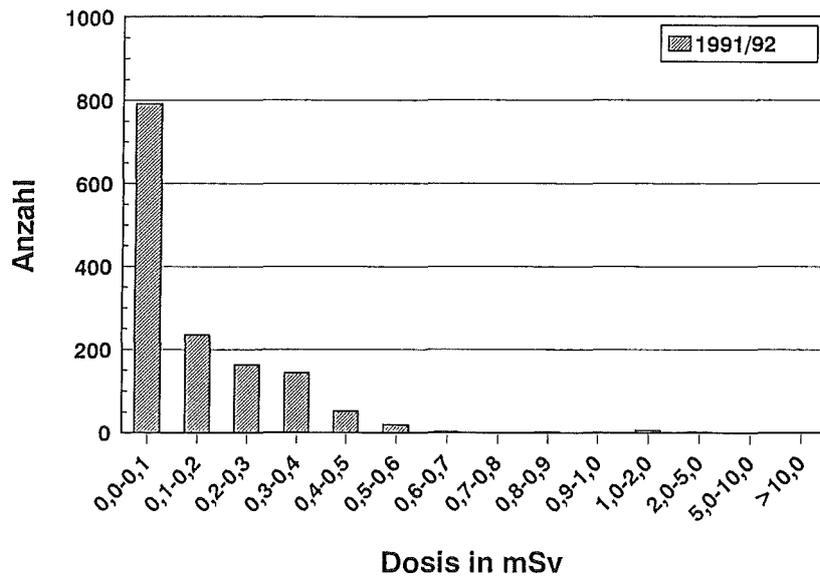
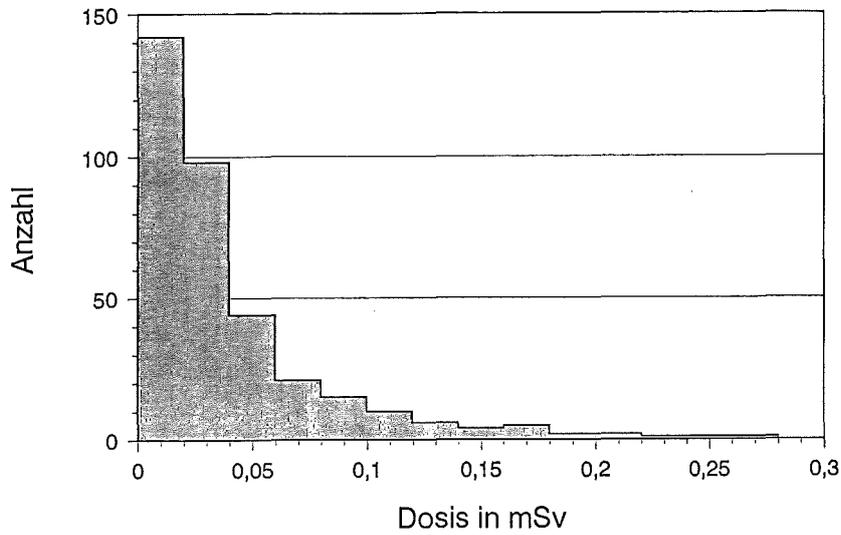


Abb. 6/4: Häufigkeitsverteilung der Personendosen, (a) für drei aufeinanderfolgende Monate, Zentralinstitut für Kernforschung Rossendorf, (b) für eine monatliche Überwachung bei KfK, (c) für eine jährliche Überwachung bei KfK

6.2.3 Ansprechvermögen von LiF-Thermolumineszenzdosimetern für Strahlenfelder in der Röntgendiagnostik

M. Fichtner, B. Burgkhardt

In einer von der Abteilung Dosimetrie und der nuklearmedizinischen Abteilung des Stuttgarter Marienhospitals betreuten Studienarbeit wurden Untersuchungen zur Dosismessung mit LiF-Thermolumineszenzdetektoren durchgeführt, die der Verbesserung der in §16 der RöV geforderten Konstanzprüfung dieser Anlagen dienen sollen. In der Röntgendiagnostik kann man die Mammographie und das konventionelle Röntgen unter dem Gesichtspunkt der verwendeten Röhrenspannungsbereiche (20 bis 50 kV bzw. 50 bis 120 kV) und den Zusatzfilterungen (entsprechend 0,5 bzw. 3 mm Al) unterscheiden (siehe Abb. 6/5).

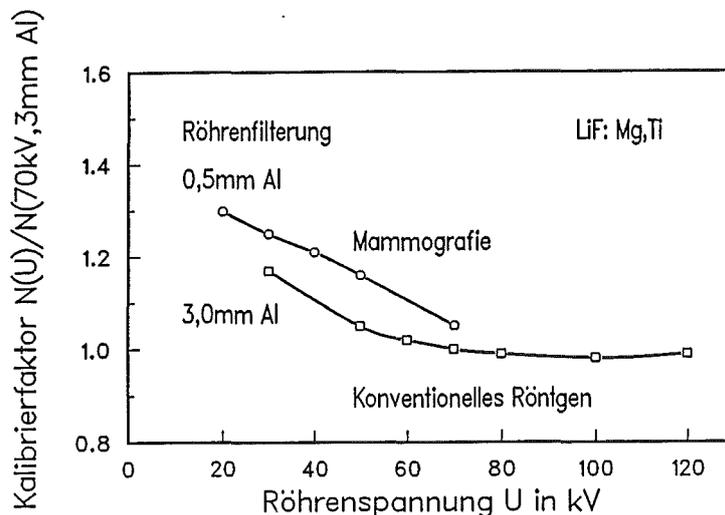


Abb. 6/5: Normierter Kalibrierfaktor zur Korrektur der Energieabhängigkeit von LiF-Thermolumineszenzdetektoren bei der Anwendung in typischen Strahlenfeldern der Röntgendiagnostik

Bezüglich der Photonen-Energieabhängigkeit von LiF-Detektoren läßt sich die bekannte Überempfindlichkeit des Photonenansprechvermögens bis zu 45% in dem hier zu erwartenden Energiebereich, insbesondere im konventionellen Röntgenbereich, jedoch durch die Kalibrierung der Detektoren an der Röntgenanlage bei 70 kV mit 3 mm Al-Filterung auf wenige Prozent verringern. Die Ergebnisse einer entsprechenden Kalibrierung zeigt Abb. 6/5. Bei Kenntnis der Röhrenspannung kann der Korrekturfaktor ermittelt und der jeweilige Meßwert des LiF-Dosimeters an Hand der hier gezeigten Kalibrierkurve, insbesondere in der Mammographie, ausreichend korrigiert werden, um für den angegebenen Zweck erfolgreich eingesetzt zu werden.

6.3 Neutronendosimetrie

6.3.1 Neu-Bestimmung des Kalibrierfaktors von Albedoneutronendosimetern unter Berücksichtigung der Ergebnisse für Bestrahlungen am Plattenphantom

E. Piesch, B. Burgkhardt, M. Vilgis

Zur Kalibrierung von Albedoneutronendosimetern werden experimentell im Streustrahlungsfeld an Kugelphantomen von 30 cm Durchmesser ermittelte Kalibrierfaktoren zugrundegelegt, die für vier vorgegebene Anwendungsbereiche N1 bis N4 in unterschiedlicher Weise vom Meßwertverhältnis M_{na}/M_{ni} abhängen. Das Albedodosimeter soll hierbei die Richtungsäquivalentdosis $H'(10)$ an der Kugel anzeigen. Als Referenzwert wird jedoch der Meßwert eines Zentraldetektors in der Polyäthylen-Kugel verwendet, der auf die Umgebungsäquivalentdosis $H^*(10)$ kalibriert wird, aber im interessierenden Energiebereich eine ausgeprägte Energieabhängigkeit aufweist (z. B. Faktor 1,4 zwischen Cf-252 und Am-Be-Neutronen). Die Richtungsabhängigkeit der Meßgröße $H'(10)$, die im Gegensatz zu der Meßgröße $H^*(10)$ seitliche und von hinten einfallende Strahlung unterbewertet, führt insbesondere in isotropen Strahlungsfeldern zu einem konservativen Kalibrierfaktor. Bedingt durch die Richtungsabhängigkeit des Albedoneutronendosimeters (etwa $M(90^\circ) = 0,5 M(0^\circ)$), die im Vergleich zur Richtungsabhängigkeit von $H'(10, \alpha)$ auch zu einer zu hohen Dosisanzeige des Albedodosimeters führt, wird das Albedodosimeter für Strahleneinfallrichtungen aus dem vorderen Halbraum weniger anzeigen als das Kugelreferenzdosimeter für $H^*(10)$, jedoch bis zu einem Faktor 2 mehr als $H'(10)$. Für Strahleneinfallrichtungen aus dem rückseitigen Halbraum wird beim Albedodosimeter praktisch keine Anzeige erwartet, aber auch $H'(10)$ für den hinteren Halbraum ist für kleine und mittlere Energien niedrig.

Bei der jährlichen Neutronen-Vergleichsbestrahlung der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt wurden Albedodosimeter an einem Plattenphantom in simulierten Streustrahlungsfeldern der verschiedenen Anwendungsbereiche bestrahlt und es wurde die am Meßort ermittelte Referenzdosis $H'(10)$ zugrundegelegt [24]. Phantombedingte Unterschiede in der Albedodosimeteranzeige zwischen Kugel- und Plattenphantom können schon bei Frontaleinstrahlungen bis zu 30 % betragen und wurden durch Korrektur der Meßwerte auf die Anzeige an einem Kugelphantom berücksichtigt.

Da der Dosisbeitrag des isotropen Strahlenanteiles in den Referenzfeldern etwa eine Größenordnung kleiner ist, erreicht man bei Frontaleinstrahlung keine wesentliche Abweichung der Umgebungsäquivalentdosis $H^*(10)$ von der Referenzdosis $H'(10)$. Die Ergebnisse von Vergleichsmessungen auf dem Kugelphantom führten daher trotz Energieabhängigkeit des Kugelreferenzdosimeters zu Kalibrierfaktoren, die sich nur relativ wenig von den Kalibrierkurven unterscheiden.

Neue Gesichtspunkte ergaben sich jetzt dadurch, daß 1991 von der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt erstmalig ein rein isotropes Referenzstrahlungsfeld eingesetzt und die bisherige Referenzdosis $H'(10)$ für einen Meßort auf der Oberfläche eines Plattenphantoms anstelle der Kugel festgelegt wurde. Es war daher erforderlich, für das isotrope Strahlungsfeld im Anwendungsbereich N1 die für $H^*(10)$ ermittelte Kalibrierkurve auf die Meßgröße Richtungsäquivalentdosis $H'(10)$ anzupassen. Eine solche Anpassung war auch im Anwendungsbereich N3 durch die durch die ICRU empfohlene Verwendung eines Plattenphantoms und den dadurch bedingten Wegfall der von der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt angewandten Simulation einer Kugelbestrahlung bzw. der entsprechenden Meßwertkorrektur erforderlich. Abb. 6/6 zeigt die neuen, geringfügig geänderten Kalibrierkurven, die gleichwohl für Bestrahlungen auf dem Kugelphantom bzw. dem Plattenphantom anwendbar sind und die vom bisherigen Referenzwert $H'(10)$ bzw. der Referenzdosis $H^*(10)$ in praktischen Strahlungsfeldern keine größere Abweichung als $\pm 50\%$ erwarten lassen.

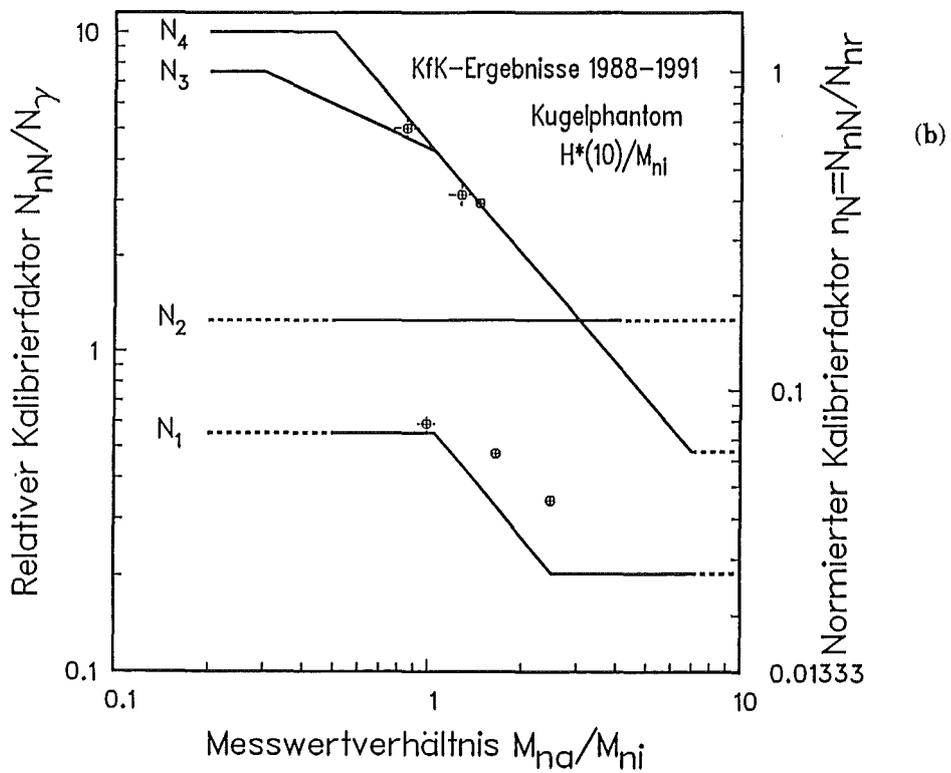
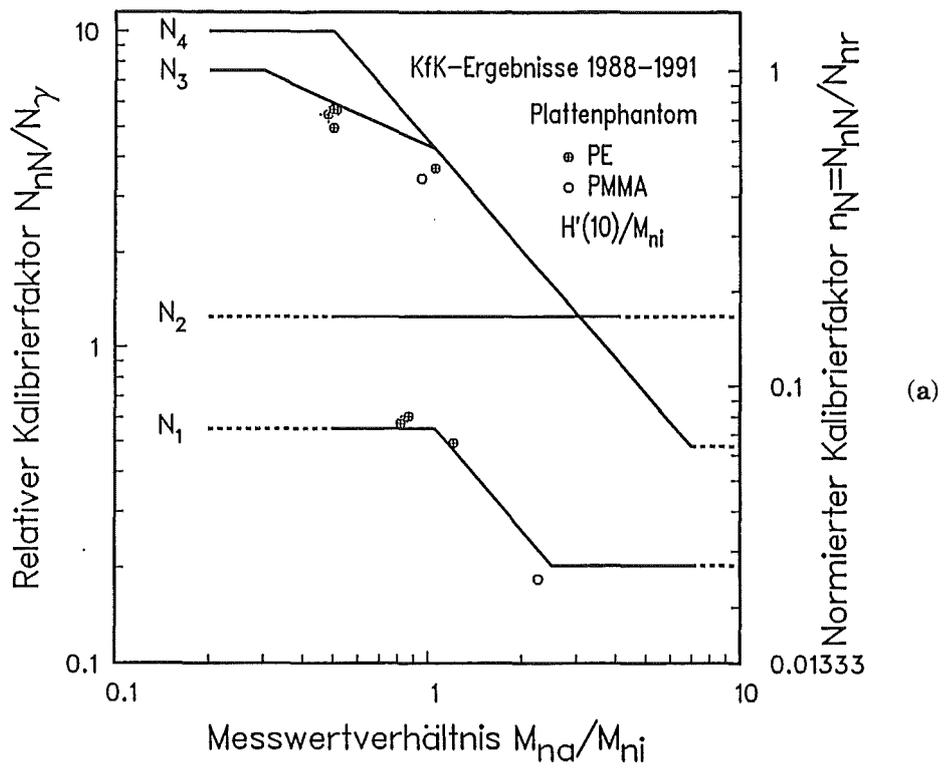


Abb. 6/6: Kalibrierkurven und KfK-Meßergebnisse der PTB-Vergleichsmessungen (a) am Plattenphantom und (b) auf dem Kugelphantom

Bei der Festlegung der neuen Kalibrierkurven wurde insbesondere im Anwendungsbereich N1 eine Kalibrierung am Plattenphantom bevorzugt und auf eine Unterscheidung der Anwendungsbereiche N3 und N4 oberhalb eines Meßwertverhältnisses von 1 durch entsprechende Mittelung aller bisherigen Kalibrierergebnisse verzichtet. Im Hinblick auf die noch bevorstehende Einführung der neuen Meßgröße $H_p(10)$ im Plattenphantom bedeutet die jetzige Änderung der Kalibrierkurve einen erstmaligen Ansatz, das isotrope Ansprechvermögen des Kugelreferenzdosimeters zu korrigieren. Diese Änderung berücksichtigt jedoch noch nicht die Richtungsabhängigkeit des Albedosimeteransprechvermögens, die in moderierten Strahlungsfeldern eine zusätzliche Überschätzung von $H_p(10)$ erwarten läßt.

6.3.2 Neutronenvergleichsmessung in Streustrahlungsfeldern unter Zugrundelegung von Neutronenfluenzspektren

B. Burgkhardt, E. Piesch, M. Vilgis

Das russische Institut für Hochenergiephysik in Prodvino bei Moskau führte 1990 einen internationalen Vergleich für Neutronen-Personendosimeter durch, an dem sich die Abteilung Dosimetrie mit drei Dosimetersystemen beteiligte. Die Ergebnisauswertung erfolgte 1992. Die Dosimeter wurden an einem Wasserphantom von 30 cm · 30 cm · 30 cm in Neutronenstreustrahlungsfeldern von Radionuklidquellen hinter verschiedenen Abschirmungen im Neutronendosisbereich von 6,7 bis 23,3 mSv bestrahlt. Abb. 6/7 zeigt eine Auswahl der normierten Neutronenfluenzspektren für verschiedene Abschirmungen, die sich sowohl im mittleren Neutronenenergiebereich als auch im Anteil thermischer Neutronen unterscheiden.

Im ersten Schritt wurden die Ergebnisse ohne Kenntnis der Strahlenfelder angegeben (Tab. 6/2, Spalte u). Die Kernspurdetektoren wurden mit Am-Be-Neutronen kalibriert. Die CR-39-Kernspurendichte mußte wegen Sättigungseffekten bei hohen Dosen auf Nichtlinearität korrigiert werden. Zur Ermittlung der Neutronendosis mit dem Albedodosimeter wurde das Routineauswerteverfahren unter Verwendung des Meßwertverhältnisses der Albedodosimeteranzeigen und der Kalibrierkurven für die Anwendungsbereiche N2 und N3 zugrunde gelegt. Die Zuordnung der Anwendungsbereiche erfolgt immer erst, wenn die Bestrahlungsbedingungen bekannt sind.

Im zweiten Schritt sollten die Meßwerte unter Verwendung der nun angegebenen normierten Neutronenfluenzspektren und des spektralen Ansprechvermögens der Detektoren korrigiert werden. Tab. 6/2, Spalte k enthält die korrigierten Neutronendosismeßwerte im Verhältnis zur Neutronenreferenzdosis $H_p(10)$, die auf Neutronenspektrumsmessungen mit Bonner Kugeln an den Meßorten und den Fluenz-Äquivalentdosis-Umrechnungsfaktoren des ICRU-Report 51 beruhen.

Die unkorrigierten Ergebnisse zeigen für CR-39 mit einer unteren Energieschwelle bei 70 keV den geringsten Variationskoeffizienten von 12 % gegenüber 36 % beim Albedoneutronendosimeter. In den stark moderierten Streustrahlungsfeldern wird die spektral ermittelte Neutronendosis von CR-39 und von Albedoneutronendosimetern sowohl überbewertet (bis Faktor 1,4 bzw. 1,68) als auch unterbewertet (0,46 bzw. 0,58), während der Makrofolddetektor mit einer unteren Energieschwelle von 1,5 MeV die Dosis unterbewertet. Die hohen Meßwerte von CR-39 und dem Albedoneutronendosimeter für das Spektrum 3 sind vermutlich auf eine Unterbewertung des Fluenzanteiles im Energiebereich von 100 keV bei der Referenzdosisermittlung zurückzuführen.

Lfd. Nr.	Strahlenfeld	\bar{E}_n (MeV)	Neutronenäquivalentdosis Ist/Soll					
			Albedo		CR-39		Makrofol	
			k	u	k	u	k	u
1	Pu-239-Be	2,70	1,00	0,73	1	0,97	1,00	1,02
4	Cf-252	1,67	1,05	1,13	1,25	1,30	0,81	0,55
2	Cf-252 in 30 cm Fe-Kugel	0,67	0,73	1,68	1,05	1,10	0,80	0,19
3	Cf-252 in 30 cm PE-Kugel	0,85	1,67	0,96	1,43	1,41	0,86	0,64
7	40% Fluenz Nr. 2, 60% Nr. 6	-	1,29	0,58	0,91	0,89	0,53	0,41
5	Cf-252 in Betonlabyrinth ¹⁾	0,17	0,84	1,50	0,90	0,82	0,28	0,007
6	Cf-252 in Betonlabyrinth	0,23	0,91	1,12	0,50	0,46	0,4	0,052
	Mittelwert: Variationskoeffizient		1,07 11 %	1,10 36 %	1,01 11 %	0,99 12 %	0,63 19 %	0,41 63 %

¹⁾ hinter einer Eisenplatte von 50 cm Dicke

Tab. 6/2 Meßergebnisse der KfK-Neutronendetektoren bezogen auf eine spektral ermittelte Neutronenäquivalentdosis (u) und korrigiert auf der Grundlage des spektralen Ansprechvermögens und der angegebenen normierten Neutronenfluenzspektren (k)

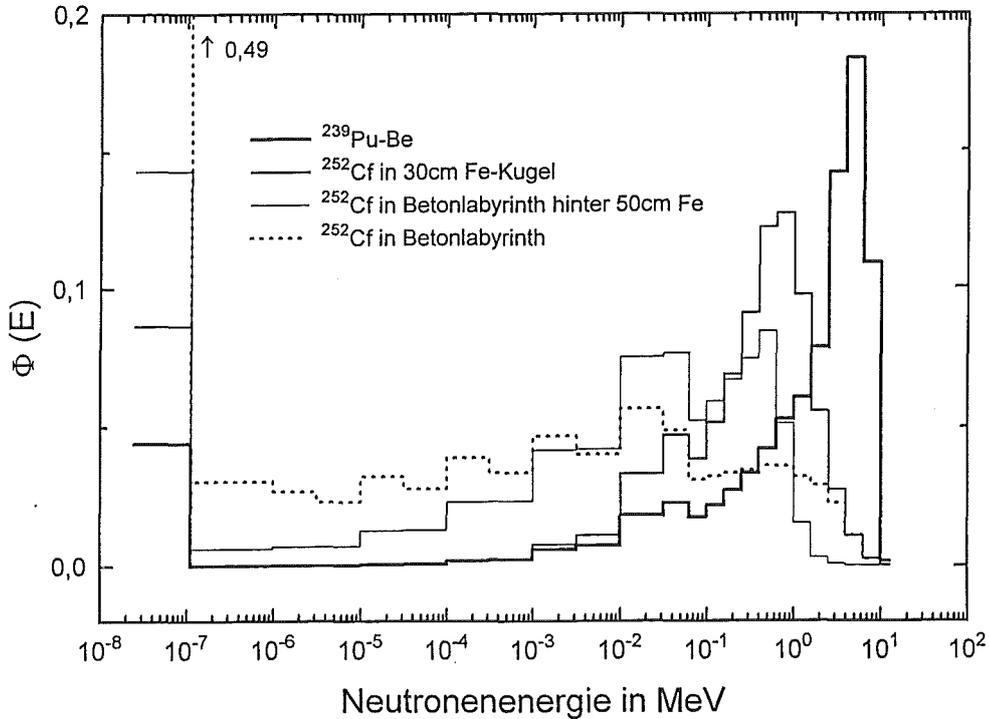


Abb. 6/7: Normierte Neutronenfluenzspektren der Streustrahlenfelder im internationalen Vergleich für Personendosimeter

6.3.3 Verbesserung des Neutronenansprechvermögens und der unteren Nachweisgrenze von Makrofol-Kernspurätzdetektoren

B. Rittinger, B. Burgkhardt, E. Piesch

Makrofol-Kernspurdetektoren werden wie auch CR-39-Detektoren zum Nachweis neutroneninduzierter Rückstoßkerne in der Neutronendosimetrie eingesetzt. Die Anwendung eines zweistufigen elektrochemischen Ätzverfahrens ergab bei 300 μm dickem Makrofol DE ein Ansprechvermögen von $42 \text{ cm}^{-2} \cdot \text{mSv}^{-1}$ gegenüber $580 \text{ cm}^{-2} \cdot \text{mSv}^{-1}$ bei CR-39. Zur Verbesserung der Energieabhängigkeit und des Ansprechvermögens ist eine höhere Feldstärke erforderlich, die jedoch schon bei $26 \text{ kV} \cdot \text{cm}^{-1}$ zu einem Durchätzen der Kernspuren führte. Voraussetzungen für eine Verbesserung der dosimetrischen Eigenschaften war der Einsatz von 600 μm dicken Makrofol-Detektoren, die Feldstärken bis zu $40 \text{ kV} \cdot \text{cm}^{-1}$ zulassen und eine Vervielfachung des Ansprechvermögens erwarten lassen.

Zur Optimierung des Nachweises neutroneninduzierter Rückstoßkerne in Makrofol von 600 μm Dicke wurden die einzelnen Ätzparameter, insbesondere das Mischungsverhältnis der Ätzlösung Ethanol-Kalilauge, die elektrische Feldstärke, die Frequenz und die Dauer der Ätzschritte getrennt variiert, um den entsprechenden Einfluß auf das Ansprechvermögen zu untersuchen. Bei einer Variation des Ethanolanteiles von 0 % bis 80 % durchläuft das Ansprechvermögen für Cf-252- und Am-Be-Neutronen bei Feldstärken zwischen 37 und $42 \text{ kV} \cdot \text{cm}^{-1}$ ein Maximum bei etwa 60% Ethanol. Die Untersuchung der Energieabhängigkeit (Abb. 6/8) zeigt im Vergleich zu den bisherigen Ätzbedingungen ein höheres, jetzt auch energieunabhängiges Ansprechvermögen oberhalb der unteren Energieschwelle bei etwa 1,5 MeV.

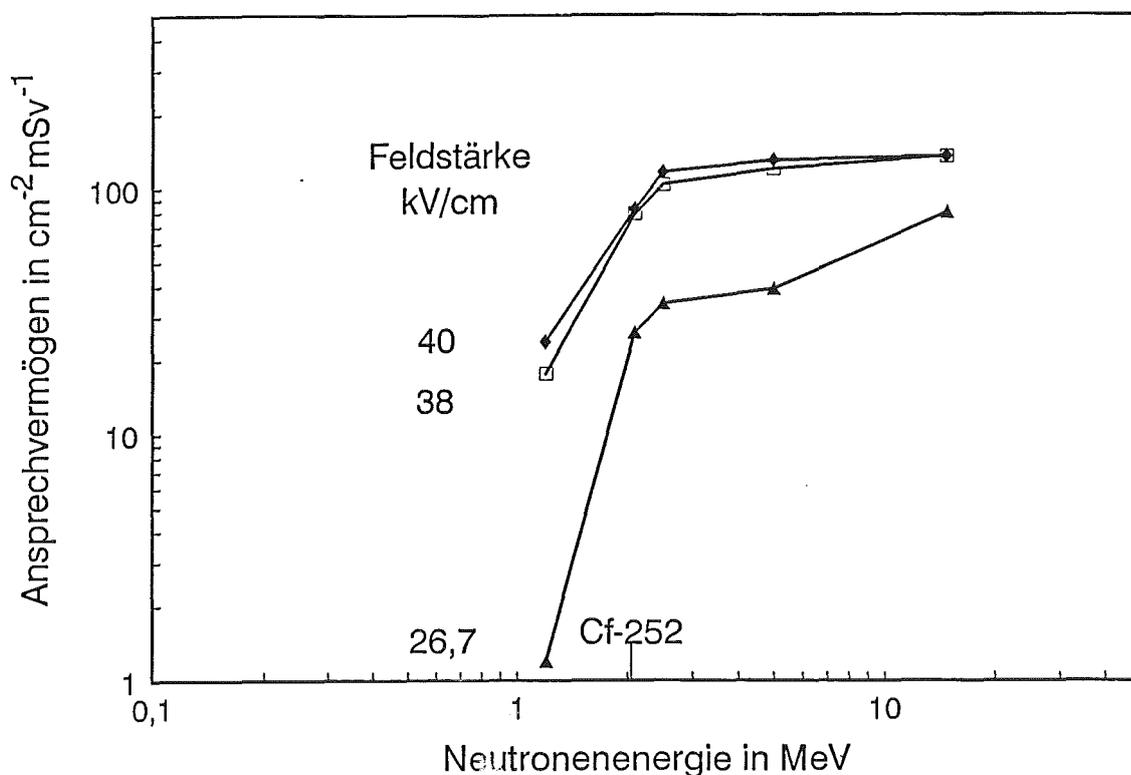


Abb. 6/8: Energieabhängigkeit des Neutronenansprechvermögens für Makrofol DE von 600 μm Dicke für verschiedene Feldstärken

Die Untersuchung der Untergrundspuren in Abhängigkeit von der Feldstärke führte bei Feldstärken oberhalb $38 \text{ kV}\cdot\text{cm}^{-1}$ zu einer Erhöhung des Untergrundes. Die Anwendung einer vierstündigen Wärmeverbehandlung bei 130°C ergab eine Reduzierung der Untergrundspuren von $(32 \pm 5,5)$ auf $(15 \pm 3) \text{ cm}^{-2}$ und damit eine Verbesserung der unteren Nachweisgrenze von $0,1 \text{ mSv}$ auf $0,07 \text{ mSv}$ unter Zugrundelegung des $3s$ -Wertes.

Abb. 6/9 zeigt die Energieabhängigkeit der kleinsten nachweisbaren Neutronendosis von Makrofol-Detektoren im Vergleich mit dem Albedoneutronendosimeter sowie mit CR-39-Detektoren, die innerhalb des EURADOS-Vergleiches (siehe Abschnitt 6.3.5) einen unterschiedlichen Anteil an Untergrundspuren zeigten. Dargestellt wird hier die Anzeige der Neutronendetektoren, die bei einer Neutronen-Äquivalentdosis von 1 mSv zu erwarten ist, als Vielfaches der kleinsten nachweisbaren Dosis. Oberhalb 2 MeV zeigen demnach die optimierten Makrofol-Detektoren eine mit CR-39 vergleichbare untere Nachweisgrenze, die in diesem Energiebereich von Albedodosimetern nicht erreicht wird.

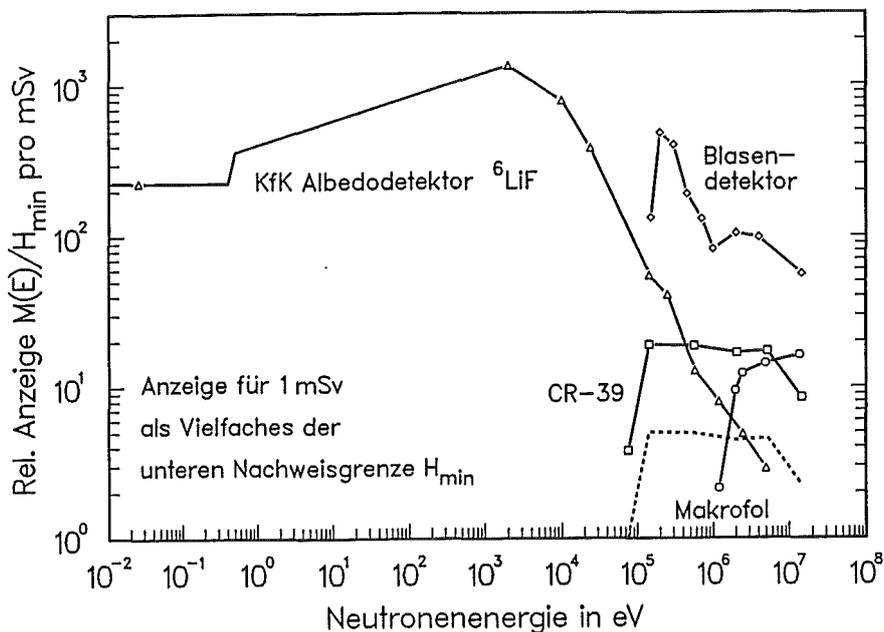


Abb. 6/9: Das Neutronenansprechvermögen des KfK-Albedodosimeters, des Blasendetektors und der Kernspurätzdetektoren CR-39 und Makrofol DE bei zweistufiger elektrochemischer Ätzung als Funktion der Neutronenenergie. Relative Anzeige $M(E)$ für eine Neutronendosis von 1 mSv , dargestellt als Vielfaches der kleinsten nachweisbaren Dosis H_{\min}

6.3.4 Verringerung der Untergrundspuren von Makrofol-Kernspurätzdetektor durch Vorwärmung

B. Rittinger, M. Vilgis

Im Vergleich zum routinemäßig eingesetzten Kernspurdetektormaterial Makrofol DE der Dicke $300\mu\text{m}$ eignet sich das $600\mu\text{m}$ dicke Makrofol DE für den Nachweis von höheren α -Energien bis zu 8 MeV und verbessert die Nachweisempfindlichkeit gegenüber Neutronen, jeweils nach Optimierung des entspre-

chen den Ätzverfahrens. Der dickere Detektor erlaubt eine Abätzung von größerer Schichtdicken und die Benutzung von höheren Feldstärken bei der elektrochemischen Ätzung.

Bei der Optimierung des α -Ätzverfahrens wurde eine Erhöhung der Untergrundspurenzahl um mehr als den Faktor 3 gegenüber Makrofol DE der Dicke 300 μm und dem Routineätzverfahren gefunden. Versuche durch Variation der Gesamtätzzeit und damit der abgeätzten Schichtdicke zeigten Meßwerte von z. B. 10 Spuren $\cdot \text{cm}^{-2}$ für 15 μm und 26 Spuren $\cdot \text{cm}^{-2}$ für 40 μm abgeätzte Schichtdicken. Die Untergrundspuren sind über das Volumen des Detektors verteilt und demnach herstellungsbedingt und nicht nur durch Radonfolgeprodukte an der Detektoroberfläche induziert. Eine wesentliche Reduktion der Untergrundspurenzahl durch eine chemische Vorätzung ist somit nicht möglich.

Wie Abb. 6/10 zeigt, führt eine Wärmebehandlung der Detektoren von 100 $^{\circ}\text{C}$ und 16 Stunden Dauer bereits zu einer deutlichen Verringerung des Backgroundes. Die geringste Spurenzahl wurde für ein Wärmebehandlung bei 130 $^{\circ}\text{C}$ mit 6,4 Spuren pro cm^2 gefunden. Dieser Wert entspricht der mit Makrofol DE der Dicke 300 μm unter Routine-Ätzbedingungen ermittelten Spurendichte. Höhere Temperaturen führen zur Deformation und zur Versprödung der Detektoren. Eine Verkürzung der Wärmebehandlung auf drei Stunden bei 130 $^{\circ}\text{C}$ führt zur Verringerung des Untergrundes auf 8,5 cm^{-2} . Durch die Wärmebehandlung zur Verringerung der Untergrundspurenzahl erhöht sich der Variationskoeffizient v der Messung von 20 % für unbehandelte Detektoren auf 30 % nach Wärmebehandlung. Weitere dosimetrische Eigenschaften des Detektormaterials, insbesondere die Energieabhängigkeit, werden durch die Wärmebehandlung nicht beeinflusst.

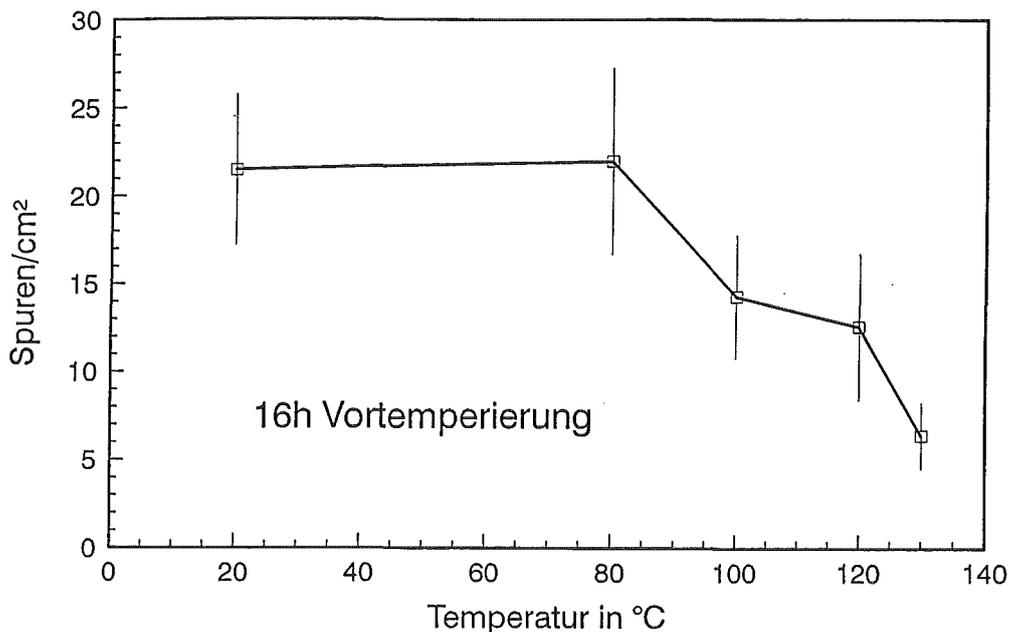


Abb. 6/10: Untergrundspurendichte und Variationskoeffizient in Abhängigkeit von der Temperatur für 16 h Vortemperierung und optimierter Ätzbedingung zum Nachweis von α -Teilchen

Bei der Optimierung der Ätzbedingungen für den Nachweis von Neutronen wurden die Detektoren ebenfalls drei Stunden bei 130 $^{\circ}\text{C}$ wärmebehandelt. Diese Vortemperierung ergab bei der erhöhten Feldstärke von 38 $\text{kV} \cdot \text{cm}^{-1}$ eine Verringerung der Untergrundspurenzahl von 33 auf 15 cm^{-2} .

6.3.5 Definition der unteren Nachweisgrenze von Kernspurätzdetektoren

B. Burgkhardt, E. Piesch, M. Vilgis

Als untere Nachweisgrenze H_{LLD} von Kernspurdetektoren diente bisher üblicherweise der dreifache Wert der Standardabweichung der Untergrundspurendichte unbestrahlter Detektoren, der im Fall der Neutronendosimetrie unter Verwendung des Neutronenansprechvermögens in Doseinheiten angegeben wird. Eine genauere Definition nach DIN 25482 (1989), Beiblatt 1 (1992) berücksichtigt darüber hinaus das gewünschte Vertrauensniveau der unteren Nachweisgrenze und die zur Auszählung der Kernspuren herangezogene Detektorfläche sowohl der Untergrund- als auch der Felddetektoren, setzt aber eine Poisson-Verteilung der Spurendichte voraus. Im CEC-EURADOS-Vergleich 1991 für Kernspurdetektoren zeigten jedoch die meisten CR-39-Systeme wieder eine wesentlich höhere Standardabweichung als durch die Zählstatistik zu erwarten wäre.

Die DIN-Definition der unteren Nachweisgrenze und des Zufallfehlers einer Kernspurmessung wurde deshalb dahingehend erweitert, daß die gemessene empirische Standardabweichung für die Untergrund- und Felddetektoren unter Berücksichtigung der jeweiligen Zählbedingungen herangezogen werden [37]. Die Anwendung der neuen $H_{LLD}(s_{of})$ -Definition auf die Meßergebnisse des CEC-Vergleichs ist in Abb. 6/11 im Vergleich zur herkömmlichen Definition $H_{LLD}(s_{om})$ und der auf einer angenommenen Poisson-Verteilung beruhenden Definition $H_{LLD}(s_{os})$ wiedergegeben. Beim CEC-Vergleich wird die neue H_{LLD} -Definition zukünftig herangezogen werden, da sie einen konsistenteren Vergleich der in verschiedenen Labors gefundenen Ergebnisse ermöglicht.

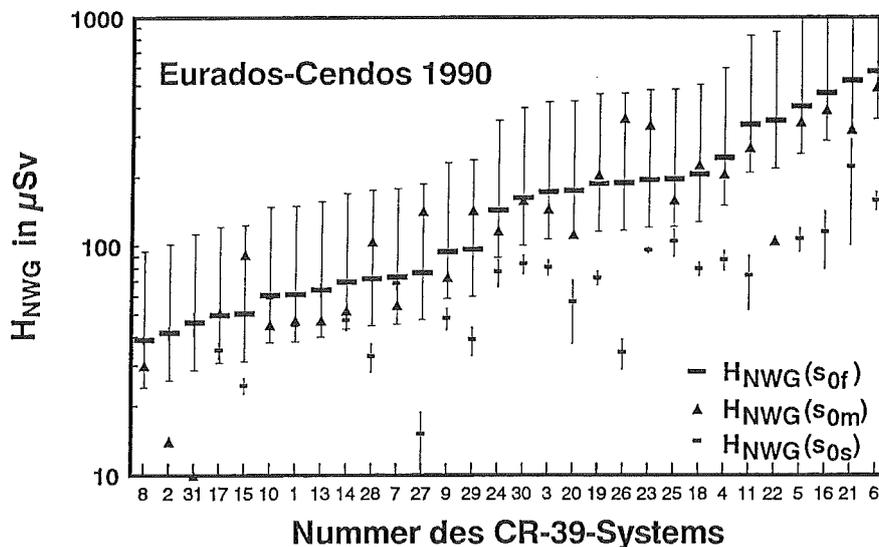


Abb. 6/11: Die untere Nachweisgrenze der CR-39-Dosimetersysteme im EURADOS-CENDOS-Vergleich unter Verwendung verschiedener Standardabweichungen: Gemessener Wert s_{of} unter Berücksichtigung der Zählflächen, s_{om} gemessener Wert ohne jede Korrektur und s_{os} ermittelt aus der Spurendichte unter der Annahme einer reinen Zählstatistik. Fehlerbalken für 95 % Vertrauensniveau

6.3.6 Gesinterte Thermolumineszenzdetektoren mit dünn-schichtig aufgetragenem ${}^6\text{LiF}$ zur verbesserten Photonendiskriminierung beim Neutronennachweis

M. Budzanowski, B. Burgkhardt

In der Albedoneutronendosimetrie werden ${}^6\text{LiF}$ -haltige Detektoren zum Neutronennachweis herangezogen. Der hohe Wirkungsquerschnitt der (n,α) -Reaktion in ${}^6\text{LiF}$ -Detektoren führt zu einer starken Absorption der thermischen Neutronen bevorzugt an der Detektoroberfläche, weshalb dünne Detektoren, bezogen auf die Photonenanzeige, ein höheres relatives Neutronenansprechvermögen R_n zeigen, sich jedoch wegen ihrer Zerbrechlichkeit in der Praxis nicht bewährt haben. In Zusammenarbeit mit dem Kraukauer Institut für Kernphysik werden zur Zeit Zweischichtdetektoren entwickelt, in der die dünne, TL-aktive und gleichzeitig auch neutronenabsorbierende Schicht auf einen mechanisch stabilen Detektor aus TL-inaktivem ${}^7\text{LiF}$ gesintert wird [36]. Diese Detektoren zeigen einen um mehr als den Faktor 2 höheren R_n -Wert als die Standard- ${}^6\text{LiF}$ -Detektoren der Dicke 0,8 mm. Auch mit graphitierten ${}^6\text{LiF}$ -Detektoren wird eine Erhöhung des R_n -Wertes um etwa 80 % erreicht. Im Alnor-Auswertegerät können graphitierte Detektoren jedoch nicht eingesetzt werden, da der Meßwertanteil durch thermische Neutronen an der dem Photomultiplier nicht zugewandten Detektoroberfläche nicht zur Anzeige kommt.

Durch Optimierung der Dicke und der Lage der aktiven TL-Schicht in einem Mehrschicht-Detektor wird eine weitere Verbesserung des Neutronenansprechvermögens R_n insbesondere im Hinblick auf die Routineauswertung von Albedoneutronendosimetern im Alnor-Auswertesystem erwartet.

6.3.7 Untersuchung der α -Empfindlichkeit von LiF-Thermolumineszenzdetektoren

B. Rittinger, B. Burgkhardt

Das Ansprechvermögen kommerzieller Thermolumineszenzdetektoren gegenüber α -Strahlung, einschließlich der durch Neutronen über eine (n,α) -Reaktion erzeugten, kann für spezielle Meßaufgaben insbesondere innerhalb der Neutronendosimetrie von Interesse sein. Im Rahmen einer Studienarbeit wurden Thermolumineszenzdetektoren der Standardabmessungen von 0,9 mm Dicke und etwa 4,5 mm Durchmesser aus ${}^6\text{LiF}$ sowie ${}^7\text{LiF}$ mit verschiedenen Graphit (C)-Anteilen (siehe Tab. 6/3) an einer Am-241-Quelle mit α -Strahlen der Energie 5,4 MeV und 2 MeV (durch Luft abgeschwächt) bestrahlt. Die berechnete Reichweite im LiF beträgt für die beiden Energien 23 μm bzw. 6 μm . Aus der bekannten Teilchenfluenz Φ_α und der Energie der Teilchen läßt sich die Energiefluenz Ψ_α ermitteln. In der Tab. 6/2 sind die entsprechenden relativen Ansprechvermögen $R(\Phi_\alpha)/R(H_x)$ und $R(\Psi_\alpha)/R(H_x)$ der Detektoren wiedergegeben, jeweils bezogen auf das Photonenansprechvermögen $R(H_x)$ für Cs-137.

Für die drei Detektortypen ist das Teilchenfluenz-Ansprechvermögen bei der höheren α -Energie um etwa einen Faktor 3 größer, während sich das Energiefluenz-Ansprechvermögen für beide Energien nur um maximal 35 % unterscheidet. Die graphitierten, dünn-schichtigen Detektoren zeigen ein bis zu 10 mal höheres relatives Ansprechvermögen gegenüber α -Strahlung, das hauptsächlich auf ihre relative Photonenempfindlichkeit von nur etwa 4 bis 7 % zurückzuführen ist. Dies wäre in der Neutronendosimetrie beim Nachweis von α -Strahlung im Beisein von Photonenstrahlung von Bedeutung. Ein relevanter Photonenanteil läßt sich am Höhenverhältnis der Glowkurvenpeaks P6 und P5 erkennen (Tab. 6/4). Der höhere lineare Energie-Transfer der α -Strahlung führt im Vergleich zu Photonenstrahlung zu einer stärkeren Besetzung von Peak P6.

Die untere Nachweisgrenze für α -Teilchen von 2 MeV liegt bei den ^6LiF -Detektoren bei einer α -Teilchenfluenz von etwa $3 \cdot 10^5 \text{ cm}^{-2}$, die der graphitierten Detektoren etwa um den Faktor 5 tiefer. Bei der höheren α -Energie erniedrigt sich dieser Wert proportional mit der α -Energie.

In der Neutronendosimetrie können Kernspurätzdetektoren wie auch LiF-Detektoren in Kontakt mit einem (n, α)-Konverter zum Nachweis neutroneninduzierter α -Teilchen verwendet werden. Unter Verwendung des Neutronenansprechvermögens eines (n, α)-Kernspurdetektors und des α -Ansprechvermögens eines Thermolumineszenzdetektors läßt sich für eine Neutronenbestrahlung des ^6LiF -Detektors abschätzen, daß das photonenäquivalente Neutronen-Dosisansprechvermögen durch den (n, α)-Konverter nur um etwa 0,3 % erhöht wird. Der entsprechende Wert des dünn-schichtigen LiF-Graphitdetektors wäre auch nur eine Größenordnung höher.

Hersteller Detektoren	$R(H_x)/R(H_x, ^6\text{LiF})$	$R(\Phi_\alpha)/R(H_x)$ $10^{-6} \text{ mSv} \cdot \text{cm}^{-2}$		$R(\Psi_\alpha)/R(H_x)$ $\text{mSv} \cdot \mu\text{J}^{-1}$	
		2 MeV	5.4 MeV	2 MeV	5.4 MeV
Harshaw ^6LiF	1,000	0,17	0,69	0,83	0,80
Vinten $^7\text{LiF} + 1\% \text{C}$	0,039	2,47	7,67	7,72	8,86
Alnor $^7\text{LiF} + 4\% \text{C}$	0,069	1,26	4,60	3,94	5,32

Tab. 6/3 Relatives Photonen- und α -Ansprechvermögen verschiedener Thermolumineszenzdetektoren

α -Energie	Mittleres Peakhöhenverhältnis $h_{P6}/h_{P5} \pm s\%$		
	^6LiF	$^7\text{LiF} + 1\% \text{C}$	$^7\text{LiF} + 4\% \text{C}$
^{137}Cs -Photonen	$0,03 \pm 1,5$	$0,02 \pm 3,2$	$0,03 \pm 14,0$
2 MeV	$0,26 \pm 3,2$	$0,23 \pm 3,2$	$0,33 \pm 6,9$
5,4 MeV	$0,35 \pm 4,1$	$0,22 \pm 4,1$	$0,27 \pm 7,1$

Tab. 6/4 Strahlenartabhängiges Peakhöhenverhältnis der Glowkurvenpeaks P5 und P6 sowie Standardabweichung der Peakhöhenmessung ermittelt mit vier Detektoren

6.4 Strahlenexposition durch Radon-Zerfallsprodukte

J. Schmitz, R. Fritsche

6.4.1 Messungen in untertägigen Arbeitsbereichen

Seit 1988 werden im Rahmen eines Erhebungsprogramms radonbelastete Arbeitsplätze untersucht und bewertet. Das vom Bundesminister für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit geförderte Vorhaben (St.Sch.1087) läuft im Frühjahr 1993 aus und hat bis dahin praktisch alle Bergbaubetriebe (mit Ausnahme der Steinkohle), Besucherbergwerke, Schauhöhlen und eine Reihe anderer Untertage-

Arbeitsplätze erfaßt. Die Werte aus Nordrhein-Westfalen wurden von der Materialprüfanstalt Dortmund übernommen, und die Ergebnisse der seit 1972 überwachten Untertagebetriebe (ohne Uran) in den neuen Bundesländern sollen vom Bundesamt für Strahlenschutz Berlin eingearbeitet werden. Die Gesamtzahl der erfaßten Betriebe wird dann bei ca 190 liegen. Nur zwei Besuchergruben in Herrichtung (Landesbergamt Freiburg) haben sich geweigert, die Messungen durchführen zu lassen. Neben den Radonfolgeprodukt-Messungen vor Ort mit bergbautauglichen Geräten wurden zur Bestimmung niedriger Radonkonzentrationen passive Radondosimeter eingesetzt. Die statistische Verteilung der Radonkonzentrationen für die 177 Betriebe, deren Werte am Jahresende vorlagen, wird in Abbildung 6/12 wiedergegeben.

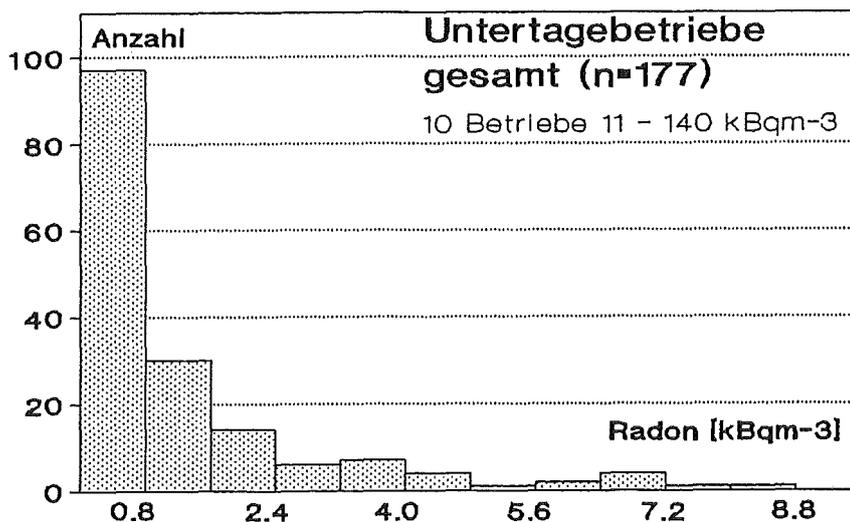


Abb. 6/12: Häufigkeitsverteilung der Radonkonzentration in 177 deutschen Untertagebetrieben (12/92)

Das vorliegende Ergebnis der Gesamtuntersuchung zeigt, daß die jeweiligen Einflußgrößen auf die Radonkonzentration so betriebsspezifisch sind, daß keine Vorhersagen auf eine zu erwartende Radonexposition gemacht werden können. 40 % der Vollschieftbetriebe liegen über der 5 mSv-Grenze, und bei vier Vollschieftbetrieben liegt die effektive Jahreseinzeldosis sogar über 40 mSv/a. In Analogie zur Strahlenschutzüberwachung in kerntechnischen Betrieben würden in den von uns untersuchten Arbeitsplätzen ca. 150 Beschäftigte der Kategorie B angehören. Dabei muß man jedoch berücksichtigen, daß die durchgeführten Messungen als Momentanmessung bzw. arbeitsplatzbezogene Radonlangzeitbestimmungen nur mit Einschränkungen zur Dosisbestimmung herangezogen werden können. Da aber jeder Betrieb einzeln aufgenommen wurde, wird es leicht, je nach der erwarteten Grenzwertempfehlung der Strahlenschutzkommission und der ICRP, detaillierte Strahlenschutzmessungen in den über die Radonkonzentration als belastet identifizierten Betrieben nachzuholen. Bei einem zur Zeit diskutierten Grenzwert für Arbeitsplätze von ca. 800 Bq m⁻³ Gleichgewichtskonzentration (ca. 2 000 Bq m⁻³ Radon-222) müßten nach den hier erarbeiteten Erkenntnissen etwa 30 Betriebe oder Einrichtungen mit ca. 300 Beschäftigten detaillierter untersucht werden, ehe man sie nach Strahlenschutz Gesichtspunkten eindeutig zuordnen kann. Diese Vorgehensweise wird jetzt schon in Nordrhein-Westfalen vom Landesoberbergamt auch für die Steinkohle praktiziert. Neben den reinen Erhebungsmessungen wurden in einigen wenigen Betrieben Detailmessungen durchgeführt, wenn hohe Expositionen zu erwarten waren.

In einer Besucherhöhle wurden wegen der hohen Radonkonzentrationen die Höhlenführer mit persönlichen Radondosimetern ausgerüstet und die Radonfolgeproduktkonzentration kontinuierlich gemessen. Dabei ergaben sich einige überraschende Ergebnisse, die die Grundlage zu Sanierungsvorschlägen bilden. In zwei Gruben wurden Wiederholungsmessungen durchgeführt, weil in der Zwischenzeit die Wetterführung aufgrund der ersten Ergebnisse geändert wurde.

In der seit längerer Zeit beobachteten Untertagestation der Universität Karlsruhe wurde mit passiven Dosimetern die wetterabhängige Radonkonzentration näher untersucht. Der durch natürliche Bewetterung belüftete ca. 450 m lange Vorstollen zeigt sehr starke Abhängigkeit der Radonkonzentration von der Wetterrichtung. Die sommerliche ausziehende Wetterrichtung bringt aus dem oberhalb liegenden ehemaligen Grubengebäude kontaminierte Luft mit, deren Radongehalt sich aber noch im Vorstollen erhöht. Im Winter zeigen sich bei einziehenden Wettern durchweg niedrige, für Arbeitsbereiche vertretbare Konzentrationen. Als kritisch sind die Übergangszeiten im Frühjahr und Herbst zu betrachten. Die mittleren Konzentrationen liegen im Bereich von 2 kBq m⁻³ und erreichen im hinteren, schlecht bewetterten Bereich 4 kBq m⁻³. Die kontinuierlichen Folgeproduktmessungen zeigen bei Wetterumkehr bzw. Stillstand, wie man sie täglich in den Übergangszeiten beobachten kann, Konzentrationssprünge um den Faktor 10, in Einzelfällen wurde der Faktor 100 gemessen. Abb. 6/13 zeigt den örtlichen Verlauf der Radonkonzentration bei den verschiedenen Wetterführungen im Vorstollen zwischen Stollenmundloch und Wetteröffnung (WL, 340 m), wie sie mit Passivdosimetern bestimmt wurde.

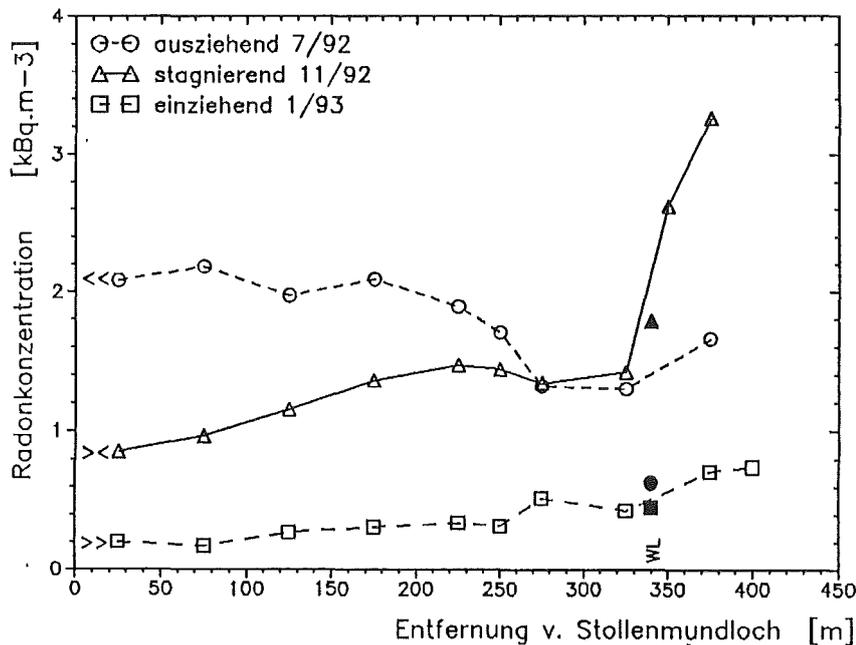


Abb. 6/13: Einfluß der natürlichen Wetterführung auf die Radonkonzentration in der Untertagestation A

6.4.2 Messungen in übertägigen Einrichtungen

Der Schwerpunkt der Untersuchungen von radonbelasteten Arbeitsplätzen lag auch 1992 in der Erfassung balneotherapeutischer Einrichtungen, in denen natürliche Heilwässer Anwendung finden. 62 Betriebe, davon 17 in den neuen Bundesländern, konnten aufgenommen werden, so daß die Gesamtzahl jetzt 155 beträgt. Nur drei Kurbetriebe - Bad Soden, Bad Kösen und Stuttgart-Berg - haben die Erhebungsmessungen abgelehnt. Hinzu kommen u. a. sieben Sole- und Kohlensäuregewinnungen. Damit sind alle wichtigen balneotherapeutischen Einrichtungen untersucht worden.

Da die von den Bädern zur Verfügung gestellten Heilwasseranalysen nur selten Auskunft über mögliche Ra- und Rn-Gehalte gaben, wurden von besonders relevanten Mineralwässern Wasserproben genommen und ergänzende Radionuklidanalysen durchgeführt.

Wie bei einigen Untertagebetrieben wurde auch bei den Bädern vereinzelt detaillierter mit kontinuierlichen Monitoren gemessen. In einem Radonbad und einem Iod-Mineralbad hatten die drei Monate im Arbeitsbereich exponierten Passivdosimeter die gleichen Radonkonzentrationen ergeben. Da bei diesen Ergebnissen nicht ausgeschlossen werden konnte, daß Hochwerte während der Wasseranwendung, d. h. während der Arbeitszeit, auftreten, wurde mit kontinuierlichen Monitoren der zeitliche Aktivitätsverlauf im Detail aufgenommen. Die Abbildung 6/14 zeigt die Meßergebnisse.

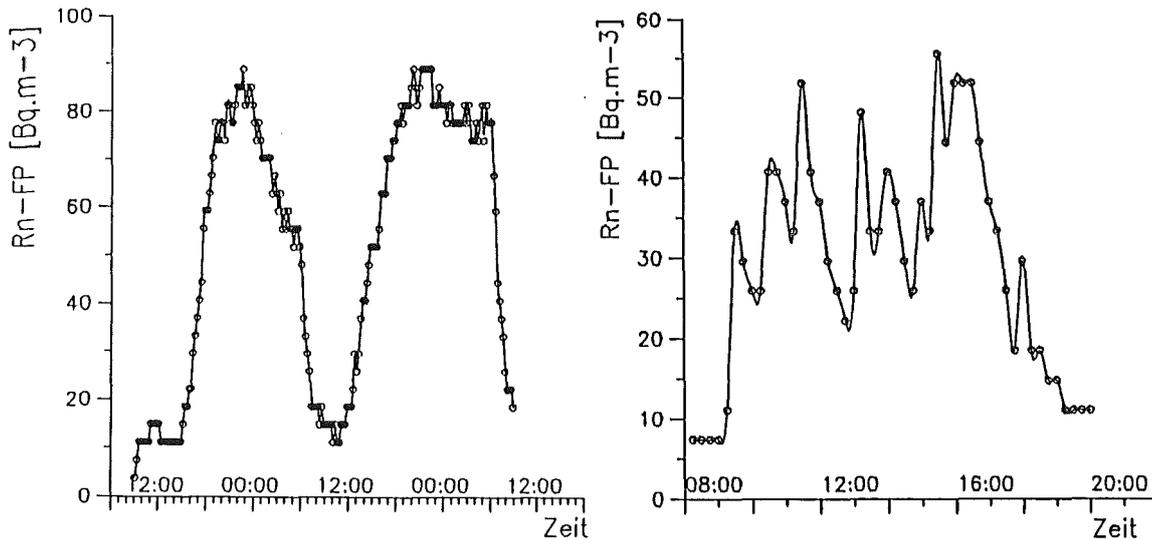


Abb. 6/14: Kontinuierliche Aufzeichnung der Arbeitsplatzkonzentrationen an zwei Arbeitsplätzen in Badeeinrichtungen (links: Mineralbad, 2.3.-4.3.1992; rechts: Radonbad, 4.5.1992)

Im Falle des Radonbades sind deutlich die einzelnen Anwendungen zu unterscheiden, die mit ca. 30 Minuten Dauer charakteristische Peaks hervorrufen, aber aufgrund der guten Lüftung für das Personal kein außergewöhnliche Exposition zur Folge haben. Im Falle des Mineralbades konnte ausgeschlossen werden, daß die Konzentrationspeaks der Wasseranwendung zuzuordnen sind, da in den Kabinen eine niedrigere Konzentration gefunden wurde als im Flur und die Konzentration eindeutig mit dem Abschalten der Lüftung außerhalb der Arbeitszeit zusammenhing, d. h. daß der nächtliche Anstieg mit Arbeitsbeginn entfernt wurde.

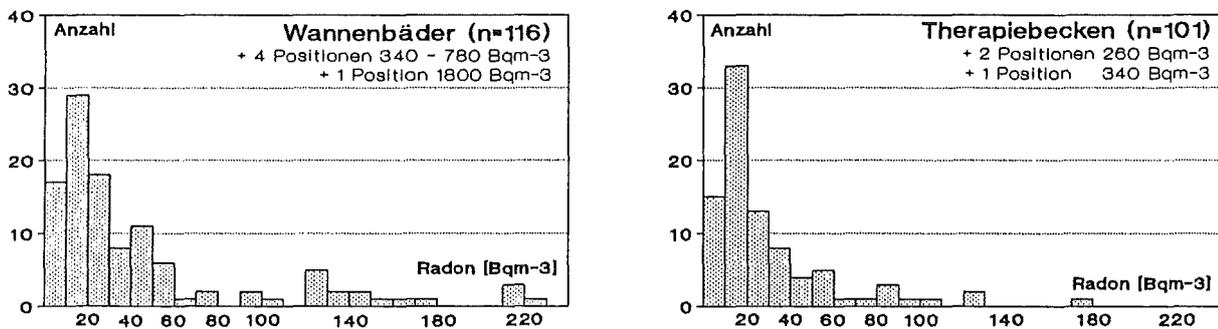


Abb. 6/15: Häufigkeitsverteilung der Radonkonzentrationen in balneotherapeutischen Bereichen (Dez. 1992)

In modernen Badeabteilungen mit guter Belüftung werden keine nennenswerten Expositionen gefunden, so daß keine Überschreitung der Dosis von 5 mSv/a in den untersuchten Einrichtungen, ausgenommen sind Radonbäder, vorkommt. Höhere Radongehalte in Luft wurden zum Teil im Bereich der Quelfassungen, Brunnenstuben, der Wasseraufbereitung und in Wasservorratsbehältern festgestellt. Dort sind jedoch im allgemeinen die Aufenthaltszeiten von technischem Personal zu vernachlässigen. Im Vergleich zu den generell gut klimatisierten Bewegungsbecken können in älteren Badeabteilungen bei nicht immer optimalen Belüftungsbedingungen von Fall zu Fall etwas höhere Werte auftreten. Abb. 6/15 zeigt die statistische Aufbereitung von gewonnenen Daten, untergliedert in zwei typische Arbeitsbereiche.

Damit sind die Erhebungsmessungen untertage und in der Balneotherapie im wesentlichen abgeschlossen. Die wirtschaftliche Entwicklung, insbesondere im Bergbau und in den neuen Ländern, läßt sicher einige der Erhebungsmessungen bereits überholt erscheinen. Es wird jedoch als notwendig erachtet, die Konsequenz aus den Messungen und abgeleiteten Expositionen zu ziehen, die hier als höher belastet gefundenen ca. 30 Betriebe genauer zu untersuchen. Damit würde einerseits den Euratom-Grundnormen Rechnung getragen und auf der anderen Seite die bisherige ungleiche Behandlung von allgemeinen Arbeitsplätzen und Arbeitsplätzen im Brennstoffkreislauf beendet.

6.4.3 Qualitätssicherung und Optimierung von Radondetektoren

J. Schmitz, G. Baum

Im Auftrag des Bundesministers für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit wurde 1991/92 von einer Gruppe von Fachleuten die DIN-Norm 25 706 "Passive Radonmessungen" erstellt und im Zusammenhang damit Fragen der Fehlergrenzen, Qualitätssicherung und Optimierung neu diskutiert. Auch der immer wieder auftauchende Wunsch nach einer gleichzeitigen Bestimmung von Radon und Radonfolgeprodukten mit einem passiven Doppeldosimeter wurde kritisch durchleuchtet. Die für die Expositionsberechnung notwendige Kenntnis der Folgeproduktkonzentration wäre damit leicht zu bestimmen. Diese Frage war natürlich auch im Rahmen des Erhebungsprogramms "Radonbelastete Arbeitsplätze" von erheblicher Bedeutung. Eigene empirische Versuche in den Jahren 1982/83 im Zusammenhang mit den Strahlenschutzmessungen in der Grube Menzenschwand hatten zu keinem positiven Ergebnis geführt. Theoretisch zeigt ein baugleiches Passivdosimeter in offener Form die um den Gleichgewichtsfaktor erhöhte Spurenzahl des entsprechenden durch Filter geschlossenen und damit folgeproduktfreien Dosimeters, also bei 30 % Gleichgewicht das 1,3fache. Mit Standardätzbedingungen der Kernspurfolien bei denen mit einem Fehler von ± 20 % gerechnet wird, ist dieses Problem nicht lösbar. Daher wurde versucht, durch alphaenergieabhängige Ätzung der Kernspurfolien, d. h. durch gezielte Ätzung von Bereichen unterschiedlicher Eindringtiefe (10-100 μm), eine Lösung des Problems zu erreichen. Dazu wurde ein Kollektiv von Detektoren in unterschiedlichen Einrichtungen (Radonkammern, Untertagebereichen) unter unterschiedlichen Bedingungen exponiert: Von geringer Luftfeuchte und niedrigem Gleichgewicht (20 %) bis zu hoher Luftfeuchte und 60 % Gleichgewicht. Abb. 6/16 zeigt das Ergebnis des Versuchs. Aufgetragen wurden die normierten Spurendichten gegen den wichtigsten Ausschnitt der über variable Vorätzung erreichten Ätztiefe (Eindringtiefe). Im besonders interessanten Bereich niedriger Gleichgewichte ist mit wenigen Doppeldosimetern keine gesicherte Aussage über das Gleichgewicht möglich, lediglich bei hoher Folgeproduktkonzentration kann eine Differenzierung erwartet werden. Die Einzelwerte zusammen exponierter Doppeldosimeter lassen keine Aussage zu. Mit einem größerem Kollektiv ($n=1\ 000$) soll im Rahmen der epidemiologischen Studie "Lungenkrebsrisiko durch Radon" mit Hilfe von Doppeldosimetern versucht werden, einen neuen statistisch vertretbaren "Mittelwert" des Gleichgewichtsfaktors in Häusern zu bestimmen.

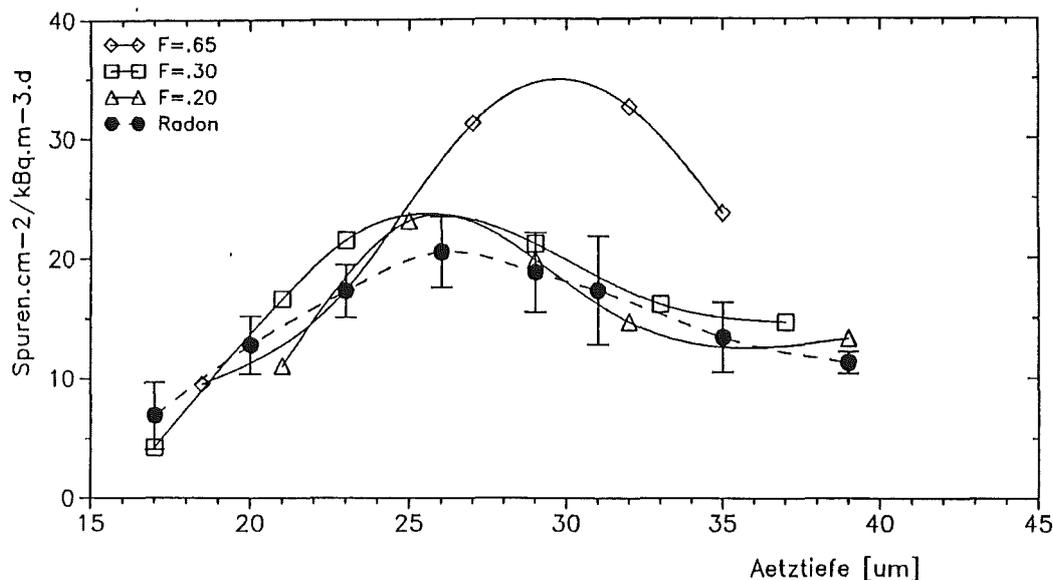


Abb. 6/16: Abhängigkeit des Ansprechvermögens von der Ätztiefe (Eindringtiefe) bei unterschiedlichen Gleichgewichten Rn/Rn-Folgeprodukte

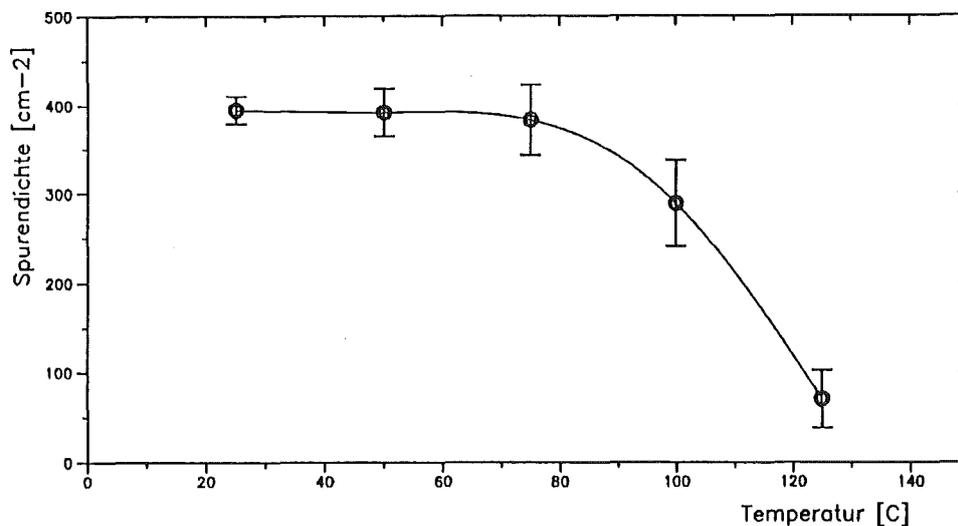


Abb. 6/17: Fadingversuche mit exponierten Makrofol-Detektoren (20-120 °C, 48 Stunden)

Im Rahmen der Qualitätssicherung wurden, nachdem im Vorjahr die chemischen Ätzparameter genauer untersucht worden waren, 1992 weitere Versuche zum Problemkreis Nulleffekt, Fading, Spurdurchmesser und Verteilung untersucht mit dem Ziel, die Ätztechnik so zu optimieren, daß Stör- und Fehlereinflüsse des Ätzprozesses sich so gering wie möglich auf das wahre Ergebnis auswirken. Abb. 6/17 zeigt das Ergebnis von Ausheizversuchen der latenten Spuren, d. h. vor dem Ätzen. Erst oberhalb von 80 °C läßt sich durch Erwärmen eine merkliche Zahl von Strukturschäden im Makrofol-Detektor durch Ausheizen beseitigen - eine Tatsache, die für die Herstellung von Detektoren mit niedrigem Nulleffekt genutzt werden kann.

Während mit der chemischen Vorätzung der Detektoren mit konstanter Abtragsrate der Oberfläche der optimale Bereich der häufigsten Alpha-Eindringtiefe erreicht werden kann, werden mit der nachfolgenden elektrochemischen Ätzung die Spuren bis in den sichtbaren Bereich vergrößert. Ist die Aufätzungsrate höher als der auch bei der elektrochemischen Ätzung (ECE) weiterlaufende Abtrag, so wirkt die elektrochemische Ätzung integrierend, und mit zunehmender elektrochemischer Ätzzeit muß die Spurenzahl zunehmen. Diese Fragestellungen wurden bisher mit einem Kollektiv möglichst gleich exponierter Detektoren bearbeitet, und die Ergebnisse waren mit einer entsprechenden statistischen Unsicherheit behaftet. Deshalb wurde hier ein neuer Weg beschritten und eine Anzahl von Detektoren nach der Standard-Vorätzung unterschiedlichen, steigenden ECE-Zeiten ausgesetzt, zwischen denen der Einzeldetektor der normalen Routineauswertung unterzogen wurde. Diese Versuche sind in bezug auf Behandlung der Einzeldetektoren sehr anspruchsvoll, da auch leichteste Oberflächenverletzungen zur nachfolgenden Zerstörung des Detektors im elektrischen Wechselfeld führen können. Abb. 6/18 zeigt eine Folge von Ausschnittvergrößerungen ein und desselben Detektors nach unterschiedlichen ECE-Zeiten.

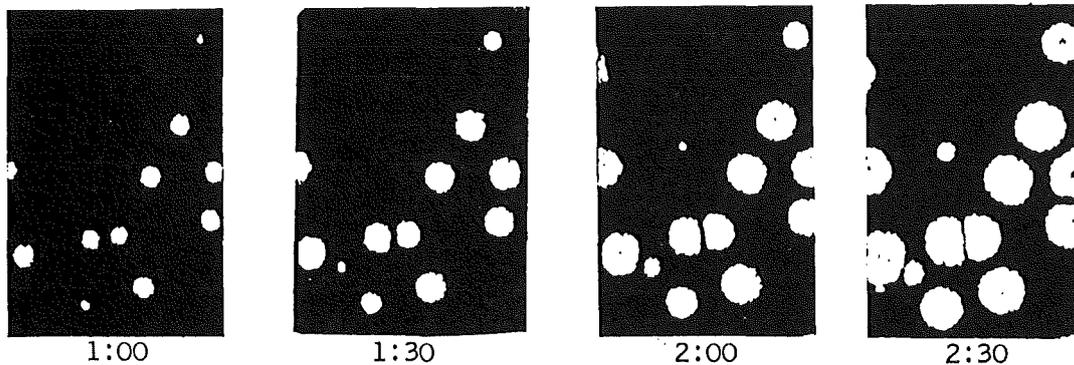


Abb. 6/18: Ausschnittvergrößerungen (ca. 40x) eines Makrofol-Detektors nach jeweils unterschiedlichen ECE-Zeiten unter Standardätzbedingungen

Mit Hilfe dieser Technik lassen sich eine Reihe von Aussagen zur elektrochemischen Nachätzung machen, die nicht mit der Unsicherheit eines Dosimeterkollektivs behaftet sind. Die Ätzgeschwindigkeit beim Oberflächenabtrag ist geringer als die Aufätzung bei der elektrochemischen Ätzung, da im Laufe der Ätzung keine einmal angeätzten Spuren wieder verschwinden. Die räumliche Behinderung durch aufeinander zuwachsende Spuren führt nicht zum Spurenverlust. Die Spurenzahl nimmt integrierend um etwa 25 % zu zwischen gerade noch nach Standardverfahren auswertbaren, eine Stunde elektrochemisch geätzten und 2,5 Stunden geätzten Detektoren. Bei längeren Zeiten kommt es bei höherer Spurenzahl erfahrungsgemäß zum "Durchschlag" der 300 µm dicken Detektoren, d. h. der Detektor wird zerstört.

Abbildung 6/19a zeigt die Zunahme der Spurenzahl eines Detektorpaares bei steigender ECE-Zeit. Die Standardätzbedingung beträgt 1,75 Stunden. Damit erhält man die Korrekturkurve für eine beabsichtigte Verkürzung der ECE-Zeit, z. B. um die Auswertbarkeit hoch exponierter Detektoren zu verbessern oder bei bekanntem Ausfall der Ätzzelle z. B. bei Leckagen oder Detektordurchschlag. Die Abbildung 6/19b zeigt, daß der Spurendurchmesser in dem hier untersuchten Zeitintervall linear zunimmt und daß bei einer Extrapolation auf $y=0$ etwa 0,25 Stunden elektrochemischen Ätzung notwendig sind, um eine auswertbare Spur zu erhalten.

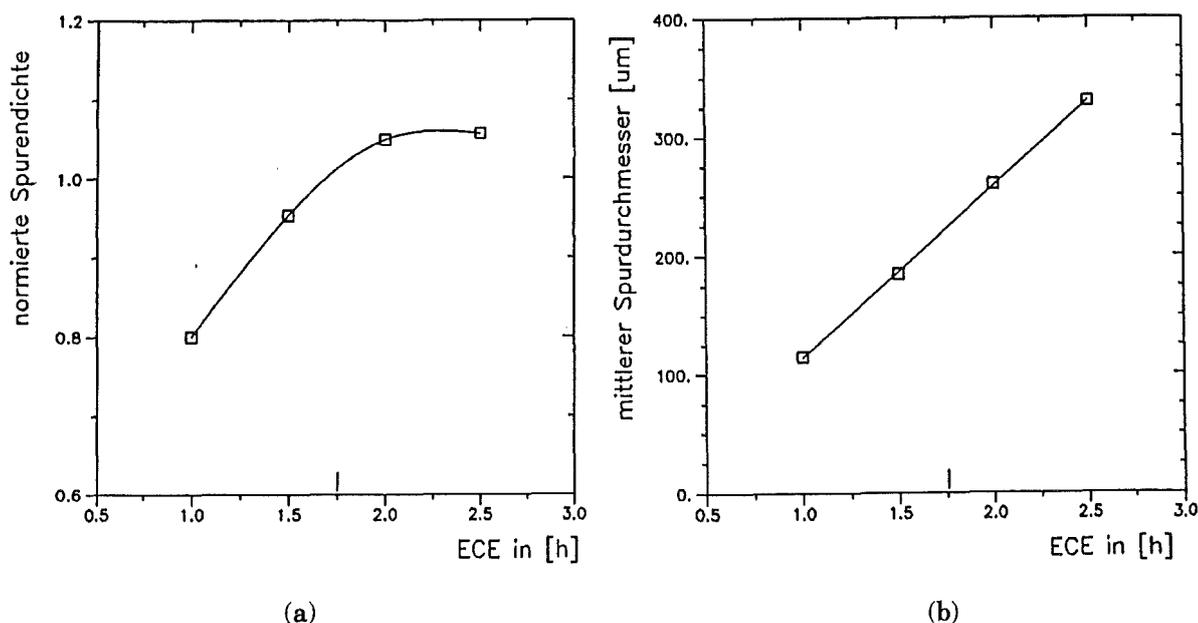


Abb. 6/19: Spurdichte und Spurdurchmesser beim Einzeldetektor als Funktion unterschiedlicher ECE-Zeiten

6.4.4 Verbesserung des α -Ansprechvermögens von Makrofol-Kernspurätzdetektoren

B. Rittinger, B. Burgkhardt, E. Piesch

Zur Messung der Radon-Aktivitätskonzentration in Diffusionskammern wird bevorzugt Makrofol DE in einer Dicke von 300 μm als Kernspurätzdetektor eingesetzt. Nach einer chemischen und anschließenden elektrochemischen Ätzung bei einer Feldstärke von $33 \text{ kV}\cdot\text{cm}^{-1}$ sind α -Teilchen in einem Energiebereich von etwa 3-5 MeV nachweisbar. Zur Erhöhung des Ansprechvermögens einer Radondiffusionskammer ist es jedoch wünschenswert, sowohl kleinere als auch größere α -Energien beispielsweise auch noch 7,7 MeV des Radonfolgeproduktes Po-214 nachzuweisen. Durch die Anwendung einer zweistufigen elektrochemischen Ätzung bei $26,7 \text{ kV}\cdot\text{cm}^{-1}$ konnte das α -Energiefenster auf 0,5 bis 4 MeV erweitert werden. Eine Vergrößerung des α -Energiefensters nach höheren Energien, beispielsweise durch eine Erhöhung der Feldstärke bzw. eine größere Abtragung der Oberflächenschicht, scheiterte jedoch am Durchätzen von Kernspuren in dem zu dünnen Detektor.

Die Optimierung des Ätzverfahrens wurde daher mit Makrofol DE der Dicke 600 μm fortgesetzt. Unter dem Gesichtspunkt einer Routineanwendung mit einer begrenzten Ätzdauer von weniger als acht Stunden wurden verschiedene Kombinationen von chemischer Vorätzung (1-5 Stunden) und zweistufiger elektrochemischer Ätzung bei 0,1 bzw. 3 kHz (2-6 Stunden) bei einer Nennfeldstärke von $35 \text{ kV}\cdot\text{cm}^{-1}$ hinsichtlich des α -Energiefensters und der abgetätzten Schichtdicke untersucht. Die Oberflächenätzgeschwindigkeit v_B wird u. a. auch durch die Ätztemperatur und den Alkoholanteil der KOH-Ätzlösung bestimmt. Eine Temperaturerhöhung von 35 auf 40 $^{\circ}\text{C}$ bewirkt jedoch nur eine Zunahme der mittleren Oberflächenätzgeschwindigkeit von 5,2 auf 5,9 $\mu\text{m}/\text{h}$. Die Ergebnisse in Tab. 6/5 zeigen bei 80 % Ethanol-Anteil einen Maximalwert für v_B bzw. für die mittlere abgetragene Detektorschicht bei einem α -Energiefenster bis 6,1 MeV.

Alkoholanteil [%]	$v_B^{1)}$ [$\mu\text{m/h}$]	abgetragene Schicht [μm]
20	1,8	11,7
40	3,9	25,4
60	5,9	39,0
80	9,1	59,4
95	7,9	51,6

¹⁾ Gesamtätzzeit von 6,5 h

Tab. 6/5 Mittlere Oberflächengeschwindigkeit v_B und mittlere abgetragene Deckschicht in Abhängigkeit vom Alkoholanteil der Ätzlösung

Die bisherige Optimierung des Ätzverfahrens führte bei der Abdeckung des Makrofolddetektors mit einer Mylarfolie zum Nachweis von α -Teilchen im Energiebereich 3,5 bis 7,5 MeV (ohne Mylarfolie 2,5 bis 7,5 MeV) (Abb. 6/20). Der mittlere Kernspurdurchmesser von etwa 320 μm bei 2,5 MeV verringert sich hierbei auf 100 μm bei 7,5 MeV. Das optimierte Ätzverfahren mit 80% Ethanolanteil, einer Ätztemperatur von 40 °C und einer Gesamtätzdauer von 7,5 Stunden kombiniert eine chemische Vorätzung (1,5 Stunden) mit einer zweistufigen elektrochemischen Ätzung bei 100 Hz (4,5 Stunden) bzw. 3 kHz (eine Stunde) und einer nachfolgenden chemischen Ätzung (0,5 Stunden). Bei einem mittleren v_B -Wert von 8,8 $\mu\text{m/h}$ wird eine Schichtdicke von 66 μm abgetragen. Die erhöhte Anzahl von Untergrundspuren (21 ± 2) cm^{-2} konnte durch eine dreistündige Wärmebehandlung bei 130 °C (siehe Abschnitt 6.3.4) auf ($8,5 \pm 2,4$) cm^{-2} herabgesetzt werden.

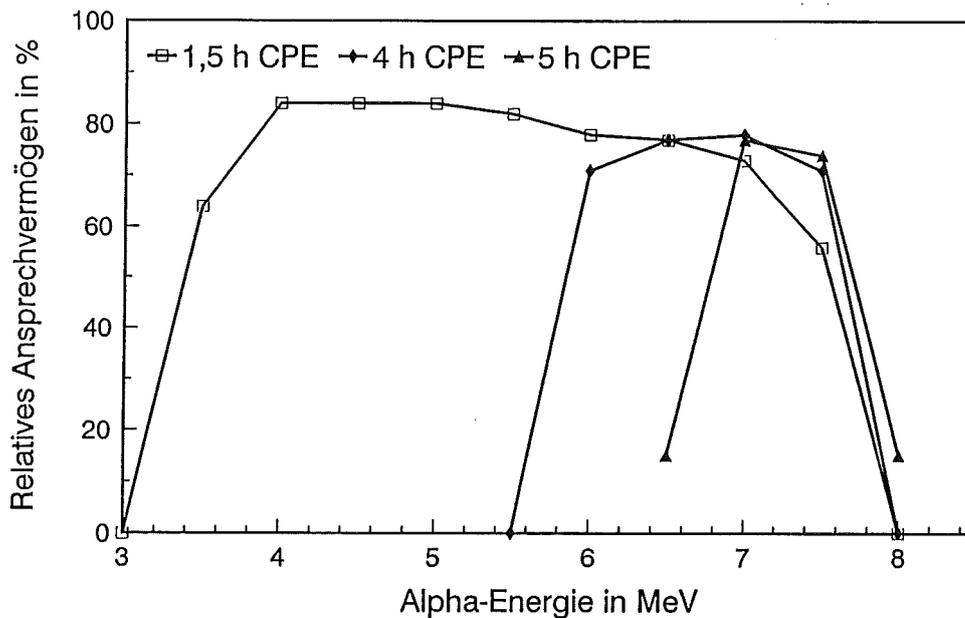


Abb. 6/20: α -Energiefenster für die verschiedenen Ätzbedingungen bei konstanter Gesamtätzdauer (Makrofol DE, 600 μm Dicke, mit Mylarfolie)

Neben der Radonaktivitätskonzentration ist es u.a. auch wünschenswert, den Gleichgewichtsfaktor F zu ermitteln, der als Quotient der α -Aktivitätskonzentration von Rn-222, Po-218 und Po-214 und der gesamten α -Aktivitätskonzentration der Radonfolgeprodukte im Gleichgewicht mit Radon definiert ist. Dies erfordert den Einsatz zusätzlicher Kernspurdetektoren mit einem getrennten Nachweis der auf der Detektoroberfläche abgeschiedenen Radonfolgeprodukte, Po-214 und Po-216, in einem schmalen α -Energiefenster im Energiebereich $<7,7$ MeV bzw. <6 MeV. Bei Verlängerung der chemischen Vorätzzeit kann die untere Energieschwelle grundsätzlich nach höheren Energien verschoben werden, da für α -Teilchen, deren Reichweite innerhalb der abgetragenen Oberflächenschicht liegt, die Voraussetzungen für die elektrochemische Aufweitung des Kernspurdurchmessers nicht mehr gegeben sind.

Unter Beibehaltung der bisherigen Ätzung mit einer Gesamtätzdauer von 7,5 Stunden ergab eine entsprechende Reduzierung der Ätzdauer des ersten ECE-Stufe zugunsten einer chemischen Vorätzung mit vier Stunden bzw. fünf Stunden ein α -Energiefenster zwischen 6 und 7,5 MeV bzw. 7 und 7,5 MeV (siehe Abb. 6/20). Weitere Optimierungen des α -Energiefensters sollen die Voraussetzungen schaffen, mit einer Kombination von mindestens zwei Kernspurdetektoren den Gleichgewichtsfaktor F zu ermitteln. Zur Kalibrierung eines solchen Detektorsystems muß die gemessene α -Aktivitätskonzentration auf den Referenzwert eines Halbleiterdetektors bezogen werden, der für α -Teilchen ein nahezu isotropes Ansprechvermögen zeigt. Im Vergleich dazu erwartet man beim Kernspurdetektor für isotrop einfallende α -Teilchen ein wesentlich geringeres Ansprechvermögen. Die in Abb. 6/21 dargestellten Meßergebnisse der Spurendichte in Abhängigkeit vom Einfallswinkel zeigen, daß schräge einfallende α -Teilchen oberhalb eines kritischen Winkels von 45° nicht mehr nachgewiesen werden.

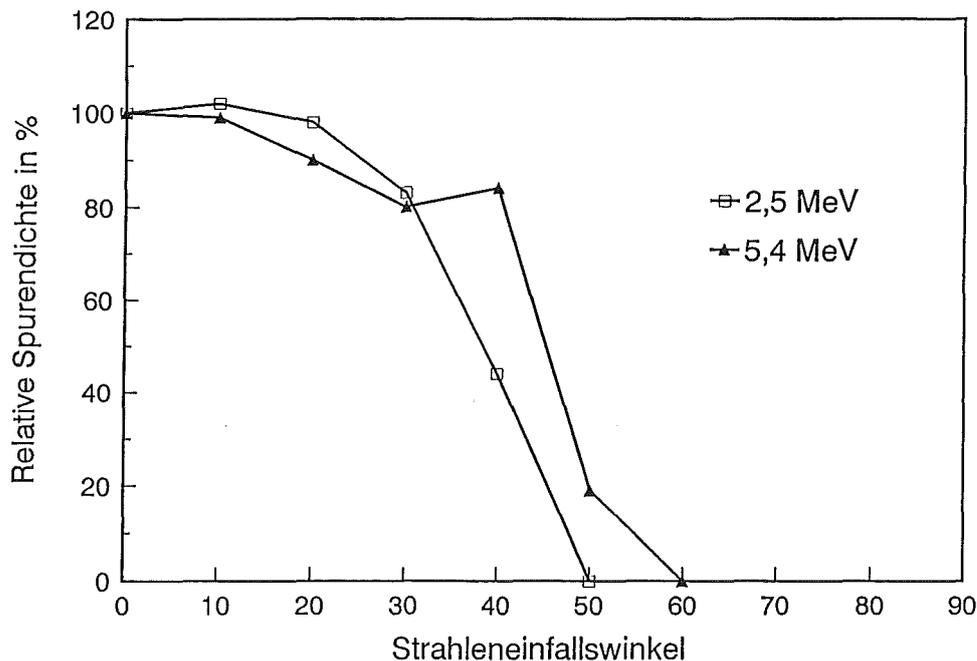


Abb. 6/21: Relative Spurendichte von α -Teilchen bezogen auf den Senkrechteinfall ($\alpha=0^\circ$) in Abhängigkeit vom Einfallswinkel

6.5 Inkorporationsmessung

6.5.1 Routine- und Sondermessungen

I. Hofmann, U. Mohr, Th. Reddmann, A. Zieger

Die Inkorporationsmeßeinrichtung der Abteilung dient zum direkten Nachweis von Radionukliden im Körper des Menschen. Es werden ein Ganzkörperzähler mit Fahrmechanik (vier NaI-8"-Detektoren) zum Nachweis von Spaltprodukten, ein Teilkörperzähler mit zwei 8"-Phoswich-Detektoren (optional drei Detektoren) für den Nachweis von Aktiniden vorwiegend in der Lunge (auch Leber und Skelett), ein hochauflösender Teilkörperzähler mit vier HPGe-Detektoren und weitere Konfigurationen für Spezialanwendungen wie Schilddrüsenzähler u. ä. betrieben. Im Jahre 1992 war bedingt durch Sanierungsarbeiten die Meßeinrichtung im Zeitraum März bis Ende Mai nicht einsatzbereit. Während der Sanierung wurden nicht aufschiebbar Messungen in dem Ganzkörperzähler der Kerntechnischen Hilfsdienst GmbH durchgeführt, der in einem fahrbaren Container eingerichtet ist. Es war vorgesehen, diese Zeit auch für eine Überarbeitung der Germaniumdetektoren zu nutzen, was sich aber durch Verzögerungen der bearbeitenden Firma bis Mitte Oktober 1992 hinzog. Die teilweise Demontage der übrigen Meßeinrichtungen machten bei Wiederaufnahme der Messungen umfangreiche Neukalibrierungen und Einstellungen der Elektronik der Anlage notwendig, die sich noch weit in die Mitte von 1992 hinzogen.

Personen, die mit offenen radioaktiven Stoffen oberhalb bestimmter Grenzmengen arbeiten, müssen nach der Strahlenschutzverordnung auf inkorporierte Radionuklide untersucht werden. Für KfK-Mitarbeiter wurde ab Januar 1992 das Verfahren zur Inkorporationsmessung durch den Sicherheitsbeauftragten des Kernforschungszentrums Karlsruhe neu festgelegt. Die Festlegung basiert im wesentlichen auf der Neufassung der "Richtlinie für die physikalische Strahlenschutzkontrolle zur Ermittlung der Körperdosis". Insgesamt wird einmal jährlich ein Personenkreis von 120 Personen auf Transurane im Teilkörperzähler untersucht. Daneben werden alle Fremdfirmenmitarbeiter vor Beginn und nach Ende ihrer Tätigkeit im Ganzkörperzähler untersucht. Der gesamte Zeitaufwand für die Messungen ist wegen der vermehrten Eingangs-/Ausgangsmessungen, die kurzfristig vereinbart werden, und des höheren Meß- und Auswerteaufwandes für Teilkörpermessungen etwa gleichgeblieben. Für die auf dem KfK-Gelände beheimateten Institutionen Kernkraftwerk-Betriebsgesellschaft, Wiederaufarbeitungsanlage Karlsruhe und Europäisches Institut für Transurane werden die Messungen nach Maßgabe der jeweiligen Institute durchgeführt.

Die Abbildungen 6/22 und 6/23 vermitteln einen Überblick über die mit dem Ganz- und Teilkörperzähler durchgeführten Messungen und ihre Verteilung auf die verschiedenen Überwachungsbereiche. Im Ganzkörperzähler entfallen nun mit dem neuen Überwachungsverfahren etwa 89 % auf Eingangs-/Ausgangsmessungen, davon sind 97% Messungen an Fremdfirmenmitarbeitern. Die für die Wiederaufarbeitungsanlage Karlsruhe, das Europäische Institut für Transurane und die Kernkraftwerk-Betriebsgesellschaft durchgeführten Untersuchungen sind zu etwa 30 % Eingangs-/Ausgangsmessungen. Die Abb. 6/24 zeigt die zeitliche Verteilung der verschiedenen Meßtypen im Jahr 1992. Im Jahre 1992 wurden zusätzlich zu den routinemäßigen Messungen 47 Messungen aus besonderem Anlaß durchgeführt. In 39 Fällen wurde wegen Inkorporationsmöglichkeit von Aktiniden auch im Teilkörperzähler gemessen. Von den Sondermessungen entfielen 3/4 auf KfK, davon die Hälfte auf Fremdfirmenmitarbeiter.

Von den insgesamt 1 545 im Ganzkörperzähler überwachten Personen zeigen 50 einen signifikanten Meßwert. Nur in einem Fall ist der Befund auf einen Zwischenfall zurückzuführen. Die nachgewiesenen Nuklide verteilen sich auf Co-60 (84 %), Mn-54 (12%), Co-58 (8 %), Zn-65 (6 %), I-131 (4 %). Cs-137, das immer noch bei ca. 65 % der untersuchten Personen mit Aktivitäten um 40 Bq nachzuweisen ist, war nur in einem Fall eindeutig einer beruflich bedingten Inkorporation zuzuordnen. Die Befunde im Ganzkör-

perzähler wurden mit der in der Abteilung entwickelten Software zur Dosisabschätzung analysiert. Die größte auf eine Inkorporation in 1992 zurückzuführende Dosis (50-Jahre-Folgedosis) betrug 0,033 mSv.

Verteilung der Teilkörpermessungen ohne Referenzmessungen

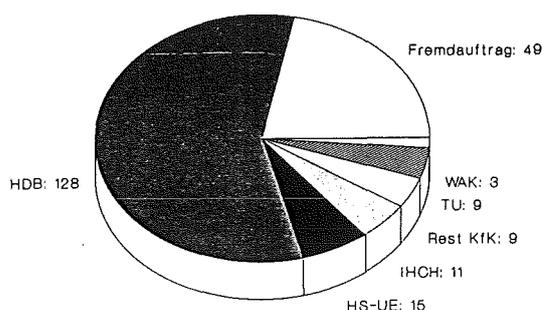


Abb. 6/22: Verteilung der Teilkörpermessungen auf die Institute

Verteilung der Body-Counter-Messungen ohne Referenzmessungen

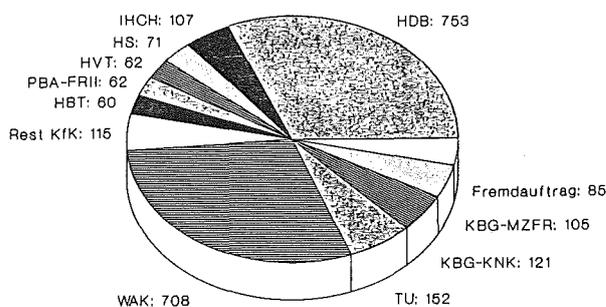


Abb. 6/23: Verteilung der Ganzkörpermessungen auf die Institute

Neben den Routinemessungen wurden zahlreiche weitere Untersuchungen durchgeführt. Messungen im Ganzkörperzähler zur Bestimmung der Cäsium-Körperaktivität der Karlsruher Referenzgruppe, Messungen im Ganzkörperzähler an einer Gruppe von Kindern aus dem Gebiet um Tschernobyl, Messungen im Fremdauftrag sind nur einige Beispiele davon. Zusammen mit verschiedenen Kalibriermessungen und Nulleffektbestimmungen beläuft sich die Gesamtanzahl der Messungen im Ganz- und Teilkörperzähler auf 3 304 (s. Tab. 6/5).

Ganz- und Teilkörpermessungen 1992

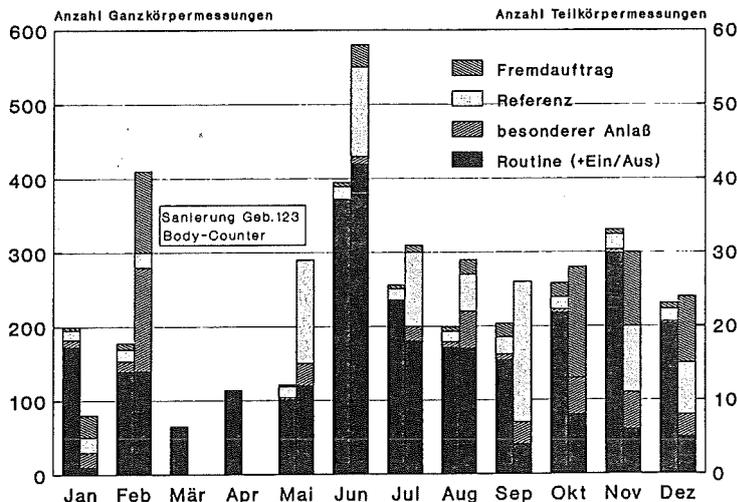


Abb. 6/24: Verteilung der Auslastung von Ganzkörperzähler (linker Balken) und Teilkörperzähler in 1992 (rechter Balken)

Messung	Ganzkörper	Phoswich-Detektor 8"	HPGe-Detektoren
Routine	2275	127	4
bes. Anlaß	57	43	15
Fremdauftrag	85	54	4
	(Σ2417)	(Σ224)	(Σ23)
Referenz	166	80	-
Nulleffekt	47	67	13
Kalibrierung	-	130	15
Proben	13	-	5
Sonstige	33	55	23
	(Σ259)	(Σ325)	(Σ56)
Gesamtsumme	2676	549	79

Tab. 6/5: Messungen im Ganz- und Teilkörperzähler

Die Änderung des Inkorporationsmessverfahrens gibt Anlaß, die jährliche Anzahl von Messungen seit 1966 zu vergleichen. Man erkennt aus Abb. 6/25, daß die Zahl von Messungen innerhalb der letzten 27 Jahre, trotz größerer Änderungen in der Struktur des Zentrums und auch der Auswahl des zu untersuchenden Personenkreises, im wesentlichen konstant geblieben ist. Der abrupte Rückgang von Teilkörpermessungen ab 1986 bis 1991 ist durch die massive Verschlechterung der Nachweisgrenze durch die Cs-137-Inkorporationen nach dem Tschernobyl-Unfall verursacht, die keine sinnvollen routinemäßigen Messungen zuließen. Die Abnahme der Cs-Aktivität auf etwa 0,6 Bq/kg machen Routinemessungen mit Nachweisgrenzen unter 10 Bq für Am-241 seit 1992 wieder möglich.

Um Lebensdosisabschätzungen für KfK-Mitarbeiter mit Hilfe der neuen Software durchführen zu können, war es notwendig, alle Inkorporationsdaten, die im Bodycounter seit 1966 angefallen waren, in die Datenbank zu übertragen. Der Datenbestand liegt jetzt bei insgesamt etwa 85 000 Messungen. Als Vorbereitung für den Umstieg auf PC-gestützte Auswertung und Gerätesteuerung, wurden in einer längeren Aktion unter der Mithilfe der Hauptabteilung Versuchstechnik-Heiße Zellen (Herr Ludat) und der Hauptabteilung Prozeßinstrumentierung und Elektronik alle Daten der PDP11 über die VAX der Hauptabteilung Prozeßinstrumentierung und Elektronik auf den Abteilungsrechner bei HS-D übertragen und dort gesichert. Die neue, von HS-D entwickelte Software für Bodycountersteuerung und Auswertung befindet sich gegenwärtig in der Testphase.

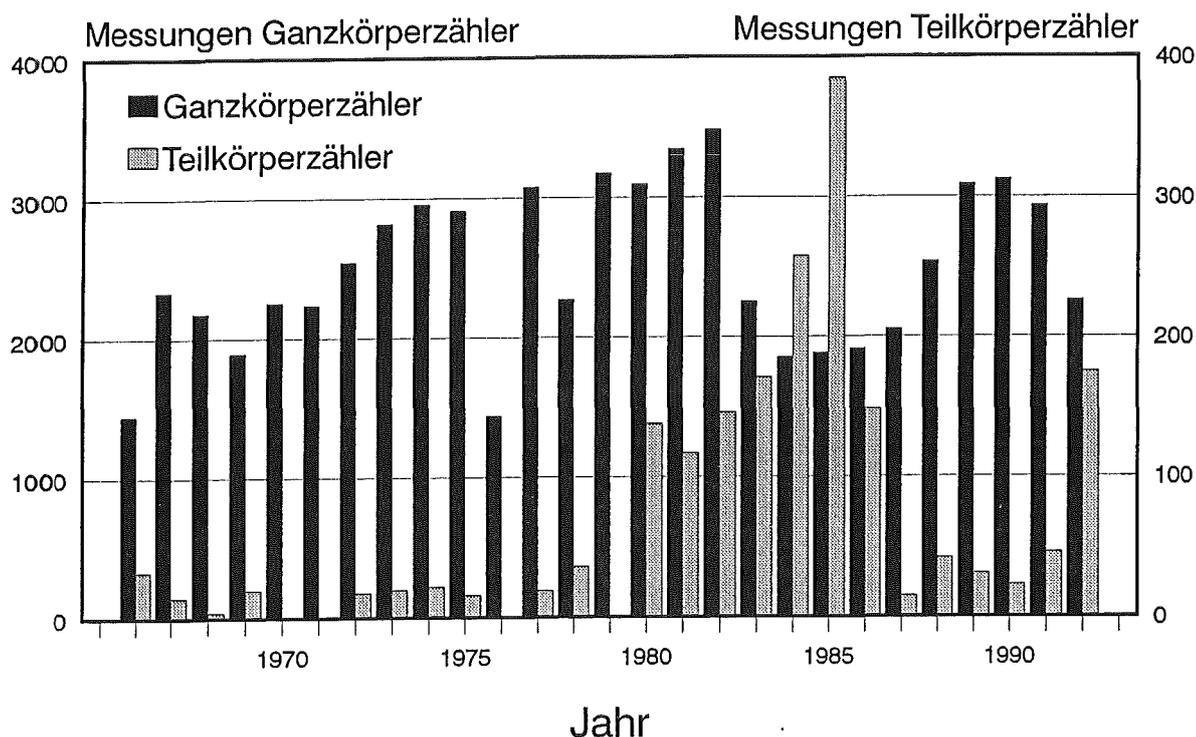


Abb. 6/25: Jährliche Anzahl von Messungen im KfK-Ganz- und Teilkörperzähler seit 1966

6.5.2 Cs-137-Referenzmessungen

I. Hofmann, U. Mohr, Th. Reddmann, A. Zieger

Seit der Installation des ersten Ganzkörperzählers im Kernforschungszentrum Karlsruhe 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 repräsentativ bestimmt. Die Abb. 6/26 vermittelt einen Überblick über alle seit 1961 für Erwachsene gemessenen Quartalsmittelwerte der spezifischen Cs-137-Körperaktivität.

In Tab. 6/6 sind die Monatsmittelwerte der spezifischen Cs-137-Körperaktivität für 1992 aufgelistet. Die Abb. 6/27 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 seit 1991 nur schwach ausgeprägt ist.

Der Jahresmittelwert der Körperaktivität von 0,55 Bq/kg liegt nur etwa 0,1 Bq/kg über dem Wert vor dem Tschernobyl-Ereignis (0,45 Bq/kg in 1985). Die Abb. 6/28 zeigt eine Aufschlüsselung der Quartalsmittelwerte der spezifischen Cs-137-Körperaktivität nach dem Geschlecht.

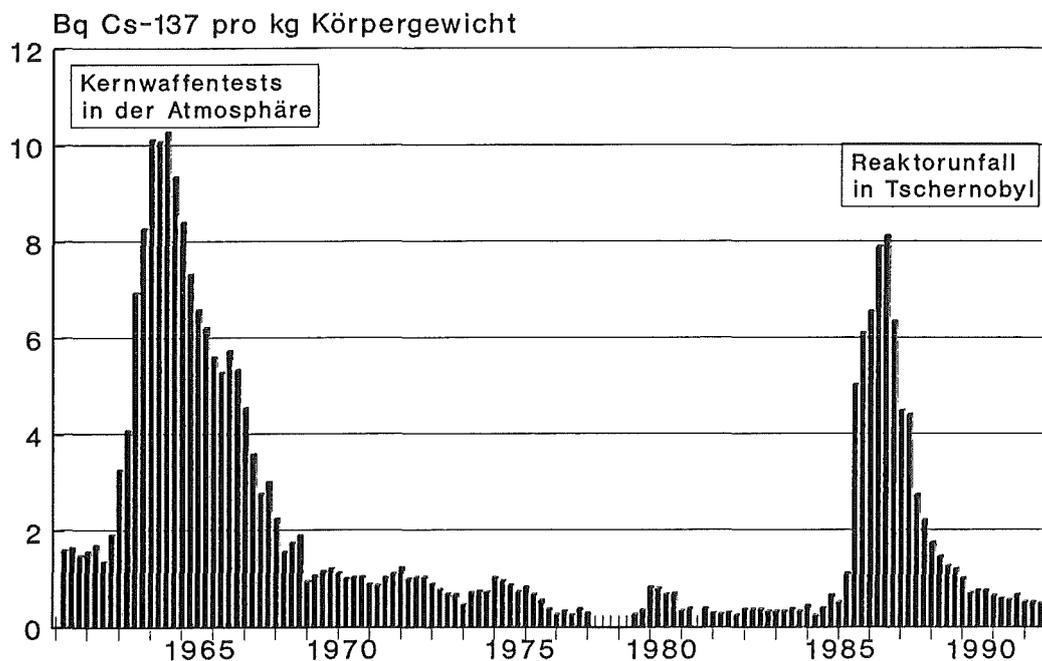


Abb. 6/26: Quartalsmittelwerte der spezifischen Cs-137-Körperaktivität für die Karlsruher Referenzgruppe (Erwachsene) seit 1961

Monat	Mittlere spezifische Cs-137-Körperaktivität in Bq/kg
Januar	0,55
Februar	0,53
März	-
April	-
Mai	0,52
Juni	0,55
Juli	0,54
August	0,52
September	0,46
Oktober	0,67
November	0,56
Dezember	0,59

Tab. 6/6: Monatsmittelwerte der spezifischen Cs-137-Körperaktivität in der Karlsruher Referenzgruppe für 1992 (Erwachsene)

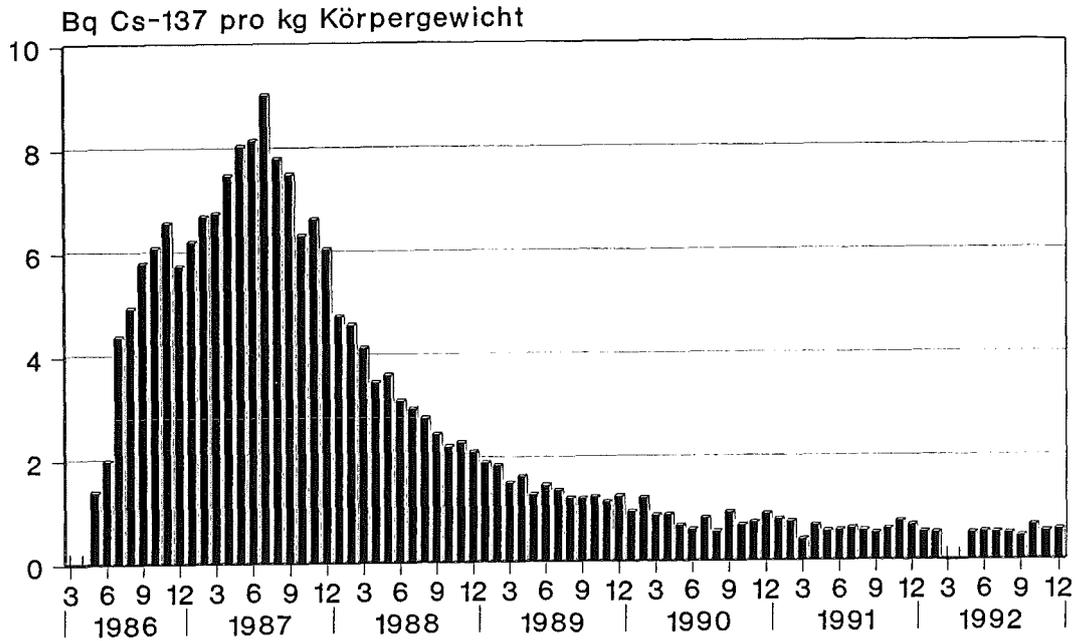


Abb. 6/27: Monatsmittelwerte der spezifischen Cs-137-Körperaktivität in der Karlsruher Referenzgruppe seit Mai 1986

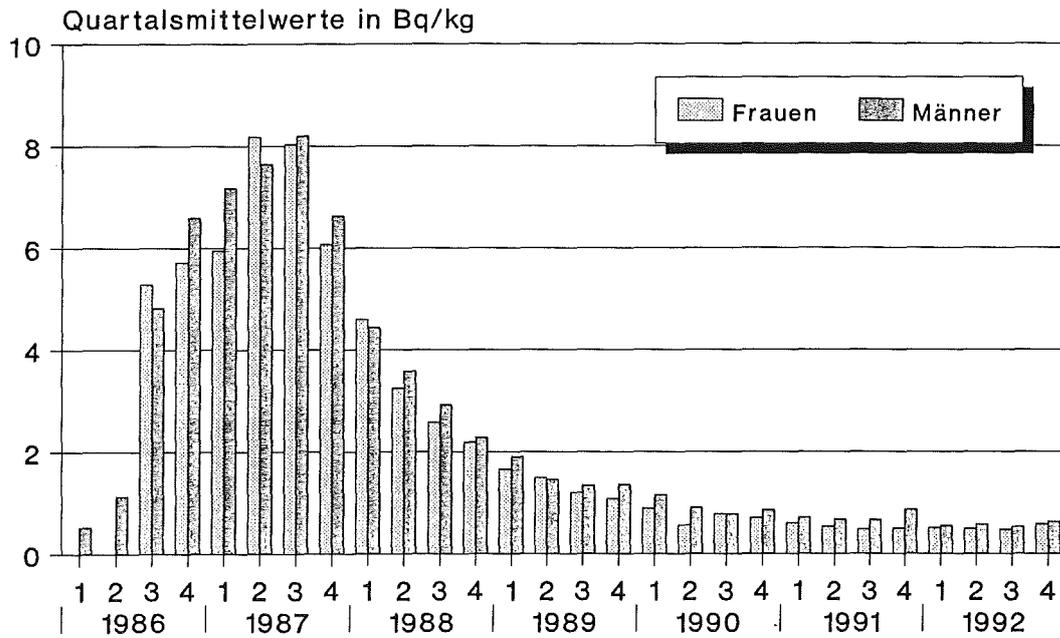


Abb. 6/28: Quartalsmittelwerte der spezifischen Cs-137-Körperaktivität für Frauen und Männer der Karlsruher Referenzgruppe seit dem Reaktorunfall von Tschernobyl

6.5.3 Die direkte interne Dosimetrie - ein neuer Weg zur Bestimmung der effektiven Äquivalentdosis bei Inkorporation von gammastrahlenden Radionukliden

H. Doerfel, A. Zieger

Die herkömmlichen Verfahren der Inkorporationsüberwachung mit Ganz- oder Teilkörperzählern basieren auf der Bestimmung der Körper- bzw. Organaktivität und der anschließenden Abschätzung der Aktivitätszufuhr sowie der resultierenden Äquivalentdosis. Für die Abschätzungen werden die folgenden Informationen benötigt:

- Inkorporationszeitpunkt bzw. zeitliches Muster der Aktivitätszufuhr,
- Zufuhrweg (Inhalation, Ingestion oder Wundzufuhr),
- Physikalische und chemische Form der zugeführten Aktivität,
- Individuelles Stoffwechselverhalten,
- Beitrag früherer Inkorporationen zum aktuellen Meßwert.

Diese Informationen sind im Rahmen der routinemäßigen Inkorporationsüberwachung im allgemeinen nicht oder nur unzureichend verfügbar, so daß die Abschätzung mit erheblichen Fehlern behaftet sein kann. Allein der aus der mangelnden Kenntnis des Inkorporationszeitpunktes resultierende Fehler kann - bei Durchführung der Überwachung entsprechend der Richtlinie des Bundesministers für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit für die physikalische Strahlenschutzkontrolle zur Ermittlung der Körperdosis - bis zu einem Faktor 3 betragen. Die aus der mangelnden Kenntnis der übrigen Parameter resultierenden Fehler sind kaum quantifizierbar. Allerdings können die diesbezüglichen Informationen bis zu einem gewissen Grad nachträglich beschafft werden, so daß der Gesamtfehler der Abschätzungen bei entsprechenden Recherchen wahrscheinlich nicht wesentlich über dem Faktor 3 liegt.

Aufgrund dieses relativ großen Fehlerpotentials ist es außerordentlich schwierig, allgemeine Qualifikationskriterien wie Erkennungsgrenze, Nachweisgrenze und Vertrauensbereich für die Aktivitätszufuhr und die resultierende Äquivalentdosis anzugeben. Es ist daher problematisch, Mindestanforderungen an Inkorporationsmeßstellen zu definieren oder verschiedene Überwachungsverfahren miteinander zu vergleichen. Auch ist es sehr schwierig, die Meßergebnisse so zu dokumentieren, daß sie bei einer späteren Überprüfung noch nachvollziehbar sind. Diese Schwierigkeiten treten insbesondere bei der Dokumentation der Meßergebnisse in den Strahlenpässen von Personen mit wechselndem Arbeitsplatz auf und sie werden in noch weit größerem Umfang auftreten, wenn die Ergebnisse der inneren Strahlenexposition in einem zentralen Dosisregister dokumentiert werden sollen.

Um diesen Schwierigkeiten zu begegnen, wurde ein neues Verfahren zur direkten Bestimmung der effektiven Äquivalentdosis bei innerer Strahlenexposition entwickelt. Das Verfahren bezieht sich speziell auf die mit herkömmlichen Ganzkörperzählern nachweisbaren Nuklide. Diese Nuklide zeichnen sich im allgemeinen dadurch aus, daß der Zerfall von der Emission einer intensiven Gamma-Strahlung mit einer Energie von mehr als 100 keV begleitet wird. Befindet sich ein solches Nuklid in einem bestimmten Organ oder Gewebe des Körpers, so besteht ein definierter Zusammenhang zwischen dem Photonenfluß an bestimmten Punkten der Körperoberfläche und der durch die inkorporierte Aktivität bedingten internen Äquivalentdosisleistung. Dieser Zusammenhang kann prinzipiell zur direkten Messung der Äquivalentdosis bei innerer Strahlenexposition (direkte interne Dosimetrie) herangezogen werden.

Die Realisierung des Meßprinzips erfolgte unter den folgenden Gesichtspunkten :

- Die Messung soll mit einem möglichst einfachen zählenden Detektorsystem ohne Spektrometrie erfolgen.
- Die Messung soll ohne Bedienungspersonal von der zu messenden Person selbst durchgeführt werden.
- Die Meßzeit soll möglichst kurz sein (Richtwert: 20 Sekunden)
- Das Meßverfahren soll eine hohe Überwachungsfrequenz erlauben (Richtwert: eine Messung pro Woche)

Das unter diesen Gesichtspunkten in Zusammenarbeit mit der Firma EG&G entwickelte Detektorsystem (Abb. 6/29) besteht im wesentlichen aus vier Plastik-Szintillationsdetektoren, die vor der Schilddrüse, vor dem Atemtrakt, unter dem Verdauungstrakt bzw. über den Oberschenkeln des sitzenden Probanden angeordnet sind. Die Meßgeometrie sowie die Größe und Abschirmung der Detektoren wurden so optimiert, daß sowohl die effektive Äquivalentdosis als auch die organspezifischen Äquivalentdosen in der Lunge und der Schilddrüse bestimmt werden können. Die Anpassung der Meßgeometrie an die individuellen Körperdimensionen der Probanden erfolgt dabei durch PC-gesteuerte Verschiebung der Sitzvorrichtung in horizontaler und vertikaler Richtung.

Die Detektoren werden jeweils von einer einfachen Elektronik, bestehend aus Hochspannungsversorgung, Vorverstärker und Hauptverstärker/Diskriminator, betrieben. Die Detektorsignale werden in einen PC eingelesen und dort zur Berechnung der internen Äquivalentdosisleistung weiterverarbeitet. Der PC ist mit einer Magnetkarteneinheit gekoppelt, über die personenspezifische Daten ein- und ausgegeben werden können.

Nuklid	Relative Dosisleistungsanzeige für homogene Nukliddepositionen in							
	Lunge	Dünndarm	Oberer Dickdarm	Unterer Dickdarm	Leber	Knochen	Mageninhalt	Ganzkörper
Co-60	1,0	1,1	0,9	1,0	1,1			1,0
Cs-137	0,4							1,0
Zn-65	1,4	1,2	1,1	1,4		1,6		1,3
Sb-124	0,5	0,8	0,6	0,6	1,0	0,9		0,9
Co-58	2,0	1,8	1,4	1,8	2,2			2,0
Mn-54	2,0	1,6	1,4	1,9	1,6			1,8
Zr-95	1,2	1,5	1,1	1,3		0,9		2,1
Ba-140	0,4	0,7	0,4	0,5			1,1	0,9
Ru-106	0,04	0,11	0,05	0,06			0,03	0,14

Tab. 6/7 Relative Dosisleistungsanzeige des Detektorsystems zur direkten internen Dosimetrie (Abb. 6/29) für homogene Nukliddepositionen in verschiedenen Organen bzw. Körperbereichen des Referenzmenschen (Auswahl der Depositionsorte entsprechend ICRP30; bei Nukliden mit instabilen Folgeprodukten mit einer Halbwertszeit von weniger als 100 d Annahme von radiologischem Gleichgewicht)

Die Tabelle 6/7 zeigt einige ausgewählte Werte der relativen Dosisanzeige des Detektorsystems für homogene Nukliddepositionen in verschiedenen Organen bzw. Körperbereichen des Referenzmenschen aufgrund von Kalibriermessungen mit einem vergleichbaren Testsystem (unter der relativen Dosisanzeige ist hier in Anlehnung an die Terminologie der externen Dosimetrie das Verhältnis der vom Detektorsystem angezeigten Dosisleistung zur tatsächlichen Dosisleistung zu verstehen). Aufgrund dieser Werte kann man insgesamt feststellen, daß homogene Ganzkörperdepots im Mittel um 42 % überbewertet werden, wobei mit einer mittleren Streubreite in Höhe von etwa 35 % zu rechnen ist. Lungendepots werden im Mittel um 18 % überbewertet, allerdings ist hier mit einer mittleren Streubreite in Höhe von etwa 55 % zu rechnen.

Die durch die unterschiedlichen Körperproportionen bedingten Fehlerkomponenten sind demgegenüber zu vernachlässigen. In diesem Zusammenhang spielt auch der folgende Aspekt eine Rolle: Bei den bisher angewandten Verfahren der Inkorporationsüberwachung mit Ganzkörperzählern wird die Äquivalentdosis aus der Körperaktivität berechnet, wobei für alle Erwachsenen die Dosisfaktoren für den Referenzmenschen benutzt werden. Dabei wird nicht berücksichtigt, daß die Äquivalentdosis bei gegebener Körperaktivität bei einer Person mit einem Körpergewicht von 50 kg etwa 30 % größer und bei einer Person mit einem Körpergewicht von 100 kg etwa 40 % kleiner als beim Referenzmenschen ist. Dieser Fehler wird bei dem hier vorgestellten Detektorsystem bis zu einem gewissen Grad kompensiert, da die dosisrelevanten Organe bei leichten Personen im allgemeinen näher an den Detektoren liegen als bei schweren Personen. Dadurch wird bei gegebener Aktivität bei leichten Personen ein höherer Meßwert registriert als bei schweren Personen. Insofern wirkt sich die Abhängigkeit des Meßwerts von den Körperproportionen durchaus positiv auf die Dosisermittlung aus.

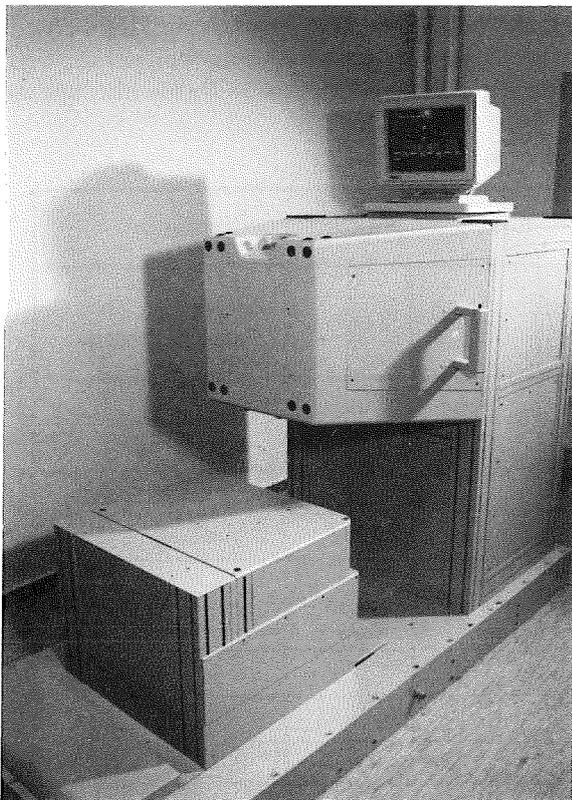


Abb. 6/29: Das neue Detektorsystem zur direkten internen Dosimetrie ohne bzw. mit Proband

Die untere Nachweisgrenze des Detektorsystems wird vom zählstatistischen Fehler sowie von der Genauigkeit der Nulleffektvorhersage und der Genauigkeit der Kalibrierfaktoren bestimmt. Wegen der

Komplexität dieser Einflußgrößen können die bisher vorliegenden DIN-Normen zur Bestimmung der Nachweisgrenze nicht angewandt werden. Aus diesem Grund wird die untere Nachweisgrenze im vorliegenden Fall durch die Forderung definiert, daß der mittlere Fehler der effektiven Äquivalentdosisleistung im untersten Meßbereich nicht größer als 50 % sein darf (2σ -Nachweisgrenze). Damit ergibt sich z. B. für Co-60-Inkorporationen eine untere Nachweisgrenze in Höhe von $0,17 \mu\text{Sv/d}$ bei einer Meßzeit von 20 Sekunden. Hochgerechnet auf ein Jahr entspricht dieser Wert einer unteren Nachweisgrenze von $0,06 \text{ mSv/a}$. Im Fall von Inkorporationen unbekannter Gemische von Nukliden mit hinreichend hoher Gamma-Strahlungskomponente ergibt sich eine untere Nachweisgrenze in Höhe von $0,27 \mu\text{Sv/d}$ entsprechend $0,1 \text{ mSv/a}$. Diese Werte beziehen sich auf eine einmalige Routinemessung von 20 Sekunden Dauer. Bei regelmäßigen Routinemessungen in wöchentlichem Abstand kann man davon ausgehen, daß die auf das Jahr bezogenen Nachweisgrenzen sicher kleiner als die angegebenen Werte sind. Die direkte interne Dosimetrie ist daher in Hinblick auf die untere Nachweisgrenzen vergleichbar mit der externen Dosimetrie.

Nach § 52 StrlSchV muß bei innerer Strahlenexposition sichergestellt werden, daß die abgeleiteten Grenzwerte der Aktivitätszufuhr nicht überschritten werden. Diese Forderung soll sicherstellen, daß bei anhaltender Zufuhr von Radionukliden mit langen biologischen Halbwertszeiten keine Kumulationseffekte auftreten, die langfristig zu Überschreitungen der Dosisgrenzwerte nach § 49 StrlSchV führen können. Insofern stellen die Grenzwerte der Aktivitätszufuhr vorgeschaltete Grenzwerte dar, die die Einhaltung der Dosisgrenzwerte auch bei innerer Strahlenexposition gewährleisten sollen. Um diesem Grenzwertkonzept Rechnung zu tragen, wird bei der Überwachung mit dem neuen Detektorsystem eine Abschätzung der Aktivitätszufuhr vorgeschaltet. Das hierbei angewandte Verfahren setzt voraus, daß drei Tage nach Feststellung einer signifikant erhöhten Äquivalentdosisleistung eine Folgemessung durchgeführt wird. Da zwischenzeitlich keine erneuten Zufuhren erfolgen dürfen, sollen die Routinemessungen generell freitags und die gegebenenfalls erforderlichen Folgemessungen montags durchgeführt werden. Aus der Aktivitätszufuhr wird mit Standardannahmen die resultierende effektive Folgeäquivalentdosis abgeschätzt und vorbilanziert.

Das Überwachungskonzept gewährleistet damit

- die Kontrolle der zugeführten Aktivität nach § 52 StrlSchV und
- die Kontrolle der resultierenden effektiven Folgeäquivalentdosis sowie der resultierenden Organ-dosen und damit die Kontrolle der Gesamtstrahlenexposition nach § 49 StrlSchV.

Sobald in einer der beiden Überwachungsstufen eine Überschreitung von 3 % der jeweiligen Grenzwerte (entsprechend der Interpretationsschwelle der Richtlinie zur physikalischen Strahlenschutzkontrolle) festgestellt wird, sollte zur genaueren Bestimmung der Exposition eine nuklidspezifische Untersuchung in einem Ganz- oder Teilkörperzähler durchgeführt werden. Auf der Basis der hierbei ermittelten Nuklidkomposition können die Kalibrierfaktoren dann gegebenenfalls individuell angepaßt und die Ergebnisse der zurückliegenden Messungen entsprechend korrigiert werden. Bei Überschreitung von 30 % der jeweiligen Grenzwerte (entsprechend der Nachforschungsschwelle der Richtlinie zur physikalischen Strahlenschutzkontrolle) sollte eine erneute Untersuchung in einem Ganz- oder Teilkörperzähler zur Überprüfung der Nuklidkomposition durchgeführt werden. Dadurch können eventuelle Unterschiede im Stoffwechselverhalten der involvierten Nuklide in die Berechnungen einbezogen werden. Das Überwachungskonzept bietet damit die Möglichkeit, die Genauigkeit der Meßergebnisse entsprechend der Höhe der Meßwerte zu steigern und bei relevanten Äquivalentdosen zu sehr zuverlässigen Ergebnissen zu kommen.

Die praktische Umsetzung des Überwachungskonzepts kann etwa folgendermaßen aussehen: Die Detektorsysteme werden - ähnlich wie Hand-Fuß-Kleider-Monitoren - in den verschiedenen Überwachungs-bereichen an zentralen Punkten aufgestellt. Die zu überwachenden Personen erhalten eine Magnetkarte

mit einer persönlichen Identifikation. Im PC des Detektorsystems ist für jede Person ein Datensatz mit den folgenden Informationen gespeichert:

- Identifikation,
- individuelle Meßposition des Detektorsystems (Koordinaten der Sitzeinrichtung),
- Ergebnisse aller zurückliegenden Messungen einschließlich Rohdaten (Meßdaten, Impulsraten der Personenmessungen und jeweils einer zeitnahen Nulleffektmessung),
- vorbilanzierte Folgeäquivalentdosis,
- aktuelle Werte der internen effektiven Äquivalentdosisleistung sowie der organspezifischen Äquivalentdosisleistung,
- bei der Berechnung jeweils zugrundegelegte Nuklidkomposition,
- aufgelaufene Werte im laufenden Quartal und im laufenden Kalenderjahr (Aktivitätszufuhr, effektive Äquivalentdosis und organspezifische Äquivalentdosen).

Die zu überwachenden Personen messen sich freitags aus. Dabei muß jeweils durch eine vorherige Messung mit einem Hand-Fuß-Kleider-Monitor sichergestellt sein, daß keine äußere Kontamination vorliegt. Die Abb. 6/30 zeigt an einem simulierten Beispiel, wie die Meßergebnisse am Bildschirm des Detektorsystems dargestellt werden könnten. Da es sich um eine wöchentliche Überwachung handelt, empfiehlt es sich, alle Werte jeweils auf eine Woche hochzurechnen. Im vorliegenden Beispiel werden die Berechnungen auf der Basis der Standardeinstellung durchgeführt. Bei dieser Einstellung liegt die untere Nachweisgrenze für die effektive Äquivalentdosisleistung bei unbekanntem Nuklidgemischen bei $0,27 \mu\text{Sv/d}$ entsprechend $1,9 \mu\text{Sv}$ pro Woche. Auf dem Bildschirm wird der aktuelle Meßwert zusammen mit den Meßwerten der 25 zurückliegenden Wochen dargestellt (während der Messung kann der Proband am Bildschirm den Aufbau des Meßwerts verfolgen). Im vorliegenden Fall liegen die zurückliegenden Meßwerte unter der Nachweisgrenze und der aktuelle Meßwert in Höhe von $4 \mu\text{Sv}$ pro Woche deutlich darüber. Bei einem Meßwert in dieser Höhe kann aufgrund eines einfachen Impulsratenvergleichs abgeschätzt werden, in welchem Bereich des Körpers die Aktivität deponiert ist. Dabei kann insbesondere zwischen Depositionen in den Bereichen des Atemtrakts und des Verdauungstrakts und Depositionen im Ganzkörper unterschieden werden. Die hierbei gewonnene Information, die bei der Beurteilung des Meßwerts von Bedeutung sein kann, wird zusammen mit dem aktuellen Meßwert am Bildschirm angegeben. Nach Ablauf der Messung werden die bis zur aktuellen Messung aufgelaufenen und gespeicherten Meßwerte eingeblendet. Außerdem wird der Proband zu einer weiteren Messung am folgenden Montag aufgefordert. Nach der Folgemessung wird die Zufuhr abgeschätzt und die resultierende Folgeäquivalentdosis vorbilanziert. Die Abb. 6/31 zeigt den Bildschirm aufgrund der Simulationsrechnung für den gleichen Probanden einige Wochen später. Der aktuelle Meßwert liegt jetzt wieder unter der Nachweisgrenze und wird deshalb nicht explizit angegeben. Das Balkendiagramm vermittelt ein anschauliches Bild von der vorangegangenen Exposition. Die aufgelaufenen Werte werden nach Ablauf der Messung eingeblendet. Wie aus diesem Beispiel hervorgeht, bietet das Detektorsystem sehr viele Möglichkeiten zur anschaulichen Darstellung der Ergebnisse. Auf diese Weise sind auch Personen ohne einschlägige Kenntnisse in der Lage, sich ein Bild von ihrer Strahlenexposition zu machen.

Zusammenfassend kann man feststellen, daß das neue Detektorsystem zur direkten internen Dosimetrie die folgenden Möglichkeiten bietet:

- Bei Inkorporationen von Co-60 kann die effektive Äquivalentdosisleistung in der Standardeinstellung prinzipiell mit einem Fehler von weniger als 10 % gemessen werden. Die untere Nachweisgrenze beträgt dabei $0,17 \mu\text{Sv/d}$ entsprechend $1,2 \mu\text{Sv/Woche}$ oder $0,06 \text{ mSv/a}$.

- Bei Inkorporationen von anderen Spalt- und Aktivierungsprodukten mit hinreichend intensiver Gamma-Strahlungskomponente wie z. B. Cs-137, Zn-65, Sb-124, Co-58, Ag-110m, Mn-54, Zr-95 und Ba-140 wird die effektive Äquivalentdosisleistung in der Standardeinstellung im Mittel um etwa 26 % überbewertet, wobei mit einem mittleren Fehler von etwa 40 % gerechnet werden muß. Die untere Nachweisgrenze liegt hier bei 0,27 $\mu\text{Sv/d}$ entsprechend 1,9 $\mu\text{Sv/Woche}$ oder 0,1 mSv/a .
- Bei Inkorporationen von Spalt- und Aktivierungsprodukten mit schwacher Gamma-Strahlungskomponente wie z.B. Ru-106 und Ce-144 müssen die Wichtungs- und Kalibrierfaktoren entsprechend der Nuklidkomposition geändert werden. Bei guter Anpassung der Einstellwerte kann die effektive Äquivalentdosisleistung bei diesen Nukliden wie auch bei den unter dem zweiten Punkt genannten Nukliden prinzipiell mit einem Fehler von weniger als 20 % gemessen werden.
- Die Bestimmung der effektiven Äquivalentdosis ist präziser als bei den herkömmlichen Verfahren, da die Retention direkt gemessen wird.
- Zur Bestimmung der Äquivalentdosisleistung benötigt man keine Informationen über Inkorporationszeitpunkt, Inkorporationspfad, Korngrößenverteilung, Lungenretentionsklasse und andere Modellparameter.
- Zum Betrieb des Detektorsystems ist kein speziell ausgebildetes Fachpersonal erforderlich.
- Das Meßverfahren kann leicht standardisiert werden, so daß verschiedene Institutionen zu vergleichbaren Ergebnissen kommen. So können auch Personen mit wechselnden Arbeitsplätzen wesentlich leichter und zuverlässiger überwacht werden.
- Die Meßergebnisse können direkt zu den Ergebnissen der externen Dosimetrie addiert werden.
- Die Überwachung ist kostengünstiger als jedes herkömmliche Überwachungsverfahren mit Ganz- oder Teilkörperzählern.

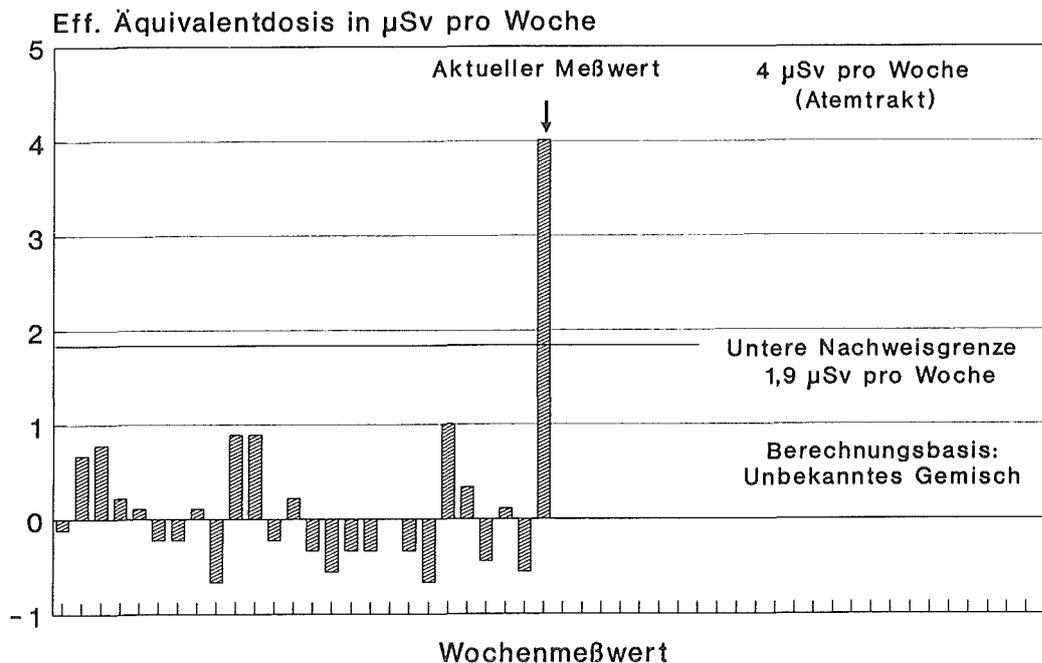


Abb. 6/30: Beispiel für die Bildschirmdarstellung der Meßergebnisse aufgrund von Simulationsrechnungen für eine akute Inkorporation

Das neue Verfahren kann daher in vielerlei Hinsicht zu einer Verbesserung der Dosimetrie bei innerer Strahlenexposition beitragen.

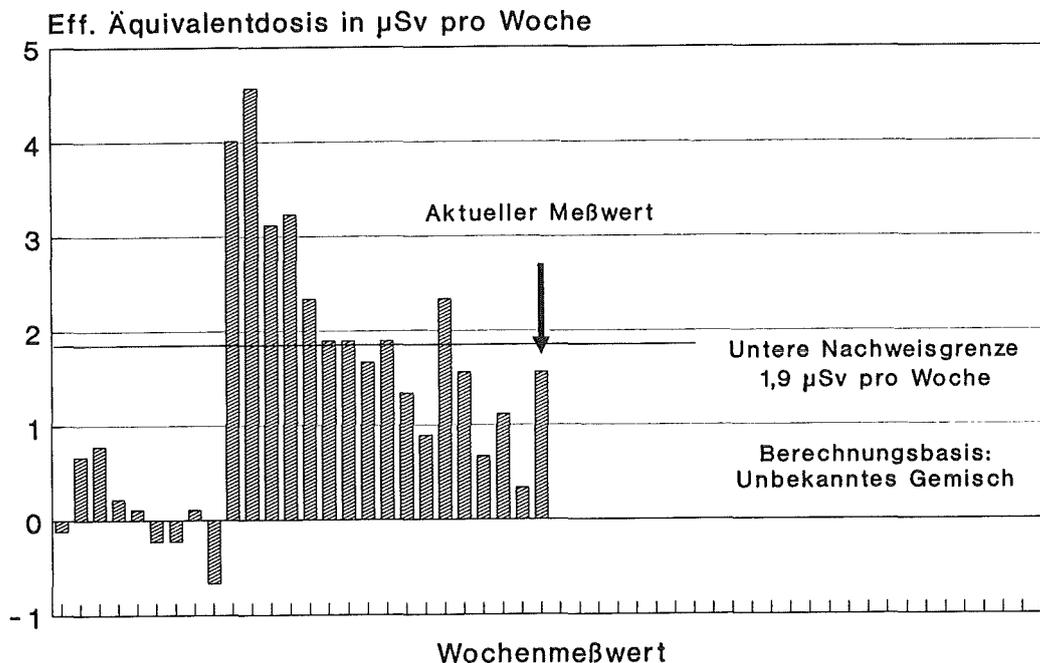


Abb. 6/31: Beispiel für die Bildschirmdarstellung der Meßergebnisse aufgrund von Simulationsrechnungen für eine zurückliegende Inkorporation

6.5.4 Vergleichende Nulleffekt-Messungen mit Phoswich- und NaI(Tl)-Detektoren bei KfK und JRC

H. Doerfel

Im Joint Research Centre (JRC) in Ispra werden Ganz- und Teilkörpermessungen generell mit einem großvolumigen NaI(Tl)-Detektor durchgeführt. Dabei wird angenommen, daß auch niederenergetische Photonenstrahler wie z. B Am-241 mit dem NaI(Tl)-Detektor etwa genauso empfindlich nachgewiesen werden können wie mit einem Phoswich-Detektor. Diese Ansicht wird von der Fachwelt bisher nicht geteilt, da man bei Phoswich-Detektoren durch die Anti-Compton-Diskriminierung gerade im Energiebereich der γ -Strahlung von Am-241 bei 60 keV eine signifikante Nulleffektreduzierung erwartet. Zur genaueren Untersuchung des Sachverhalts wurden in den Abschirmkammern der Ganz- bzw. Teilkörperzähler von JRC und KfK vergleichende Nulleffekt- und Personenmessungen mit Phoswich- und NaI(Tl)-Detektoren durchgeführt.

Die Abschirmkammer des Ganz- bzw. Teilkörperzählers von JRC befindet sich im Keller des Strahlenschutzgebäudes. Der Meßraum sowie die Abschirmkammer sind mit hohem Aufwand für Low-Level-Messungen ausgelegt worden. So befindet sich unter dem Fußboden des Meßraumes eine Schüttung aus aktivitätsarmem Silikatgestein. Der Fußboden und die Wände des Meßraumes bestehen aus etwa 40 cm dicken Carrara-Marmor-Platten, die praktisch frei von Kalium sind. Die JRC-Abschirmkammer hat eine 10 cm dicke Pb-Wandung mit einer Innenauskleidung von 1 mm Cd und 1 mm Cu. Die Abschirmkammer des Ganzkörperzählers von KfK befindet sich ebenfalls im Keller. Allerdings sind die umgebenden

Baumaterialien des Gebäudes nicht speziell auf Aktivitätsarmut ausgesucht worden. Die KfK-Abschirmkammer hat eine 15 cm dicke Fe-Wandung mit einer Innenauskleidung von 9 mm Pb. Die Massenelegung der Wandung beträgt 128 g/cm^2 und ist damit etwa 10 % größer als bei der JRC-Abschirmkammer. Die Innenmaße der beiden Kammern sind etwa gleich.

Die Vergleichsmessungen wurden mit einem Phoswich-Detektor des KfK-Teilkörperzählers (Dimensionen des NaI(Tl)-Kristalls: 200 mm Durchmesser, 1 mm Dicke) sowie mit dem NaI(Tl)-Detektor von JRC und einem NaI(Tl)-Detektor des KfK-Ganzkörperzählers (Dimensionen der NaI(Tl)-Kristalle übereinstimmend: 200 mm Durchmesser, 100 mm Dicke) durchgeführt. Die Ergebnisse der Messungen lassen sich folgendermaßen zusammenfassen:

- Der mit dem NaI(Tl)-Detektor im Energiebereich von etwa 30 keV bis 2,5 MeV gemessene Nulleffekt ist in der KfK-Abschirmkammer etwa 50 % bis 100 % größer als in der JRC-Abschirmkammer (Abb. 6/32). Dies ist sowohl auf eine höhere K-40-Komponente als auch auf eine höhere kosmische Komponente zurückzuführen.
- Der mit dem Phoswich-Detektor im niederenergetischen Bereich bis etwa 200 keV gemessene Nulleffekt ist in der KfK-Abschirmkammer etwa doppelt so groß wie in der JRC-Abschirmkammer (Abb. 6/33). Diese Relation entspricht in guter Näherung dem Ergebnis der Messungen mit dem NaI(Tl)-Detektor.
- Bei Personen-Messungen mit dem Phoswich-Detektor in der jeweiligen Lungenmeßgeometrie wird in der JRC-Kammer eine etwa 50 % höhere Impulsrate gemessen als in der KfK-Kammer (Abb. 6/34). Hierbei muß allerdings berücksichtigt werden, daß bei JRC in Ermangelung einer geeigneten Detektorhalterung für den Phoswich-Detektor in einer anderen Geometrie gemessen werden mußte als bei KfK (zentral über der Lunge mit starkem Körperkontakt anstatt seitlich über dem rechten Lungenflügel mit leichtem Körperkontakt).
- Bei Personenmessungen mit dem NaI(Tl)-Detektor in der bei JRC üblichen Lungenmeßgeometrie (Detektor zentral über der Lunge mit leichtem Körperkontakt) wird im niederenergetischen Bereich ein sehr flach verlaufendes Spektrum registriert (Abb. 6/35 oben). Aufgrund der durchgeführten Untersuchungen ist damit zu rechnen, daß mit dem Phoswich-Detektor in dieser Meßgeometrie etwa das in Abb. 6/35 unten dargestellte Spektrum (entsprechend dem arithmetischen Mittel der in Abb. 6/34 dargestellten Spektren) registriert wird. Im Energiebereich der 60 keV γ -Strahlung von Am-241 liegt das NaI(Tl)-Spektrum etwa 60 % bis 70 % über dem Phoswich-Spektrum.
- Nach Abzug des jeweiligen Nulleffekts zeigt sich, daß die Personen-Nettospektren des NaI(Tl)- und des Phoswich-Detektors im Energiebereich von Am-241 nahezu gleich hoch sind (Abb. 6/36). Demnach wird der Beitrag des Körperkaliums zur Impulsrate im Energiebereich von Am-241 durch die beim Phoswich-Detektor angewendete Anti-Compton-Technik nur unwesentlich reduziert. Man kann daher davon ausgehen, daß der Beitrag des Körperkaliums zum Spektrum in diesem Energiebereich zum überwiegenden Teil auf Vollabsorption zurückzuführen ist.

In Hinblick auf die in-vivo-Messung von Am-241 können aufgrund der vorliegenden Meßergebnisse die folgenden Schlüsse gezogen werden:

- Geht man davon aus, daß die untere Nachweisgrenze bei beiden Detektorsystemen ausschließlich vom Ansprechvermögen und vom zählstatistischen Fehler bestimmt wird, dann liegt die Nachweisgrenze des NaI(Tl)-Detektors für Am-241 in der Lunge etwa 30 % über dem entsprechenden Wert des Phoswich-Detektors.
- Aufgrund der bei KfK gesammelten Erfahrungen wird die untere Nachweisgrenze des Phoswich-Detektors bei Meßzeiten von mehr als 30 Minuten allerdings nur in zweiter Linie von den zählstatistischen Schwankungen der Impulsraten bestimmt. Im Vordergrund stehen hier vielmehr diejenigen

Schwankungen, die sich aus den unterschiedlichen Körperproportionen und den damit verbundenen Unterschieden in der Meßgeometrie ergeben. Da diese Schwankungen bei beiden Detektorsystemen etwa gleich groß sein dürften, kann man davon ausgehen, daß die untere Nachweisgrenze des NaI(Tl)-Detektors in der Praxis nur höchstens 15 % über der Nachweisgrenze des Phoswich-Detektors liegt.

Dadurch wird die im JRC lang gehegte aber nie publizierte Auffassung, daß NaI(Tl)- und Phoswich-Detektoren zur in-vivo-Messung von Am-241 gleich gut geeignet sind, weitgehend bestätigt.

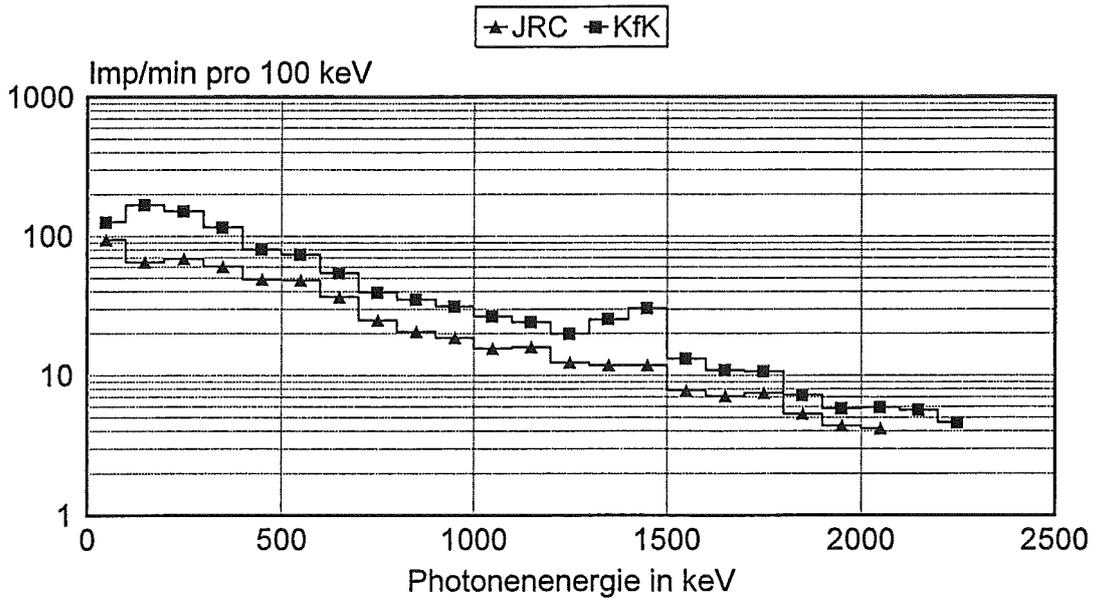


Abb. 6/32: Raum-Nulleffektspektren des NaI(Tl)-Detektors (200 mm \varnothing x 100 mm Höhe) gemessen in den Abschirmkammern von JRC und KfK

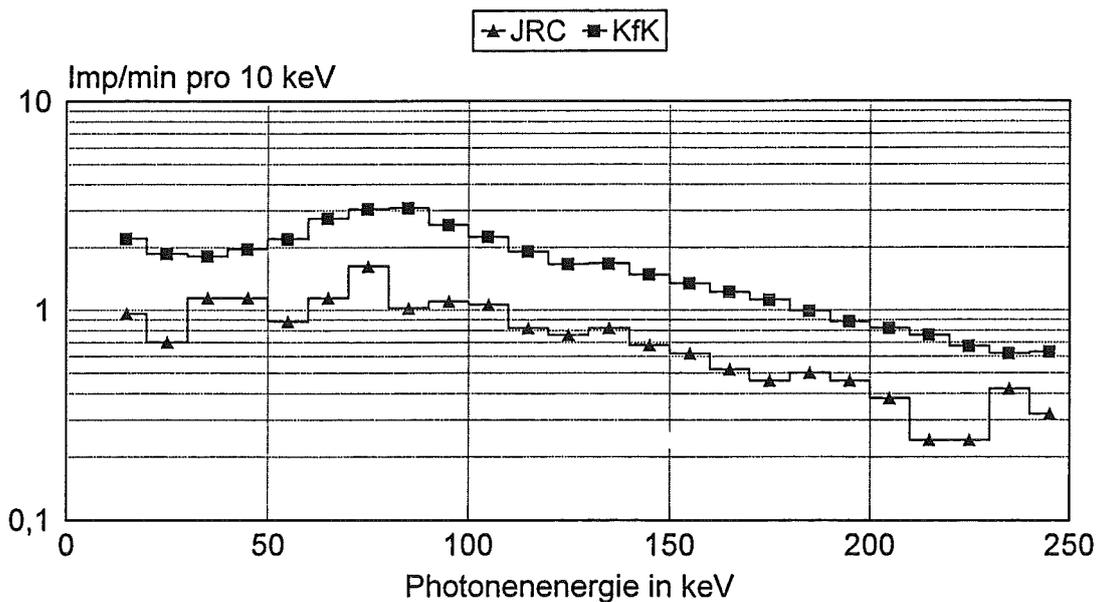


Abb. 6/33: Raum-Nulleffektspektren des Phoswich-Detektors (NaI(Tl) -Kristall: 200 mm \varnothing x 1mm Höhe) gemessen in den Abschirmkammern von JRC und KfK

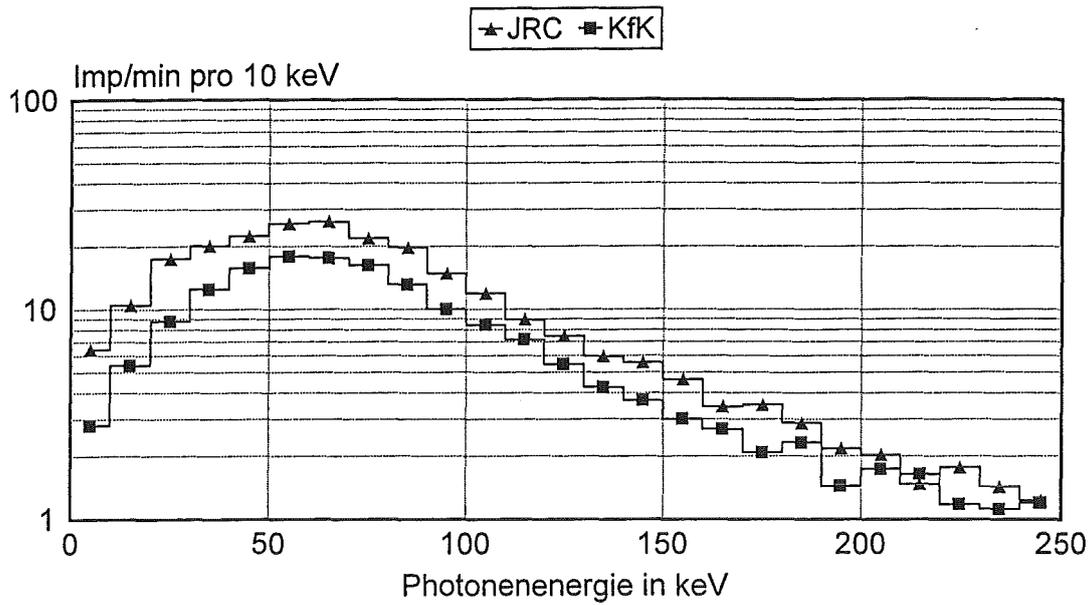


Abb. 6/34: Personen-Nulleffektspektren des Phoswich-Detektors (NaI(Tl) -Kristall: 200 mm \varnothing x 1 mm Höhe) in der jeweiligen Lungenmeßgeometrie gemessen in den Abschirmkammern von JRC und KfK

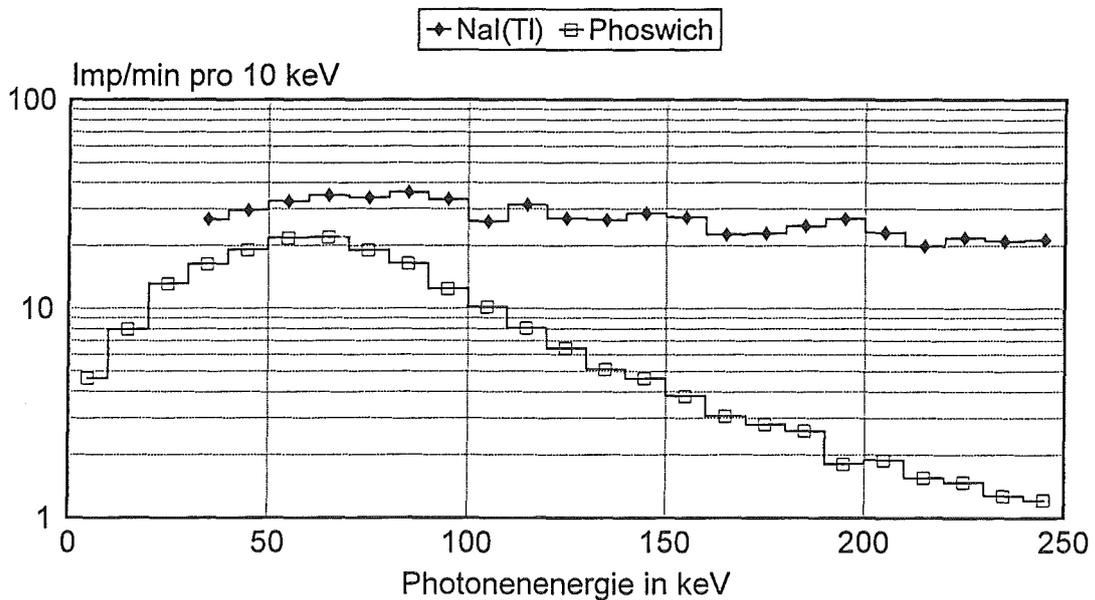


Abb. 6/35: Personen-Nulleffektspektren des Phoswich- und NaI(Tl) -Detektors in Lungenmeßgeometrie (Detektor zentral über der Lunge mit leichtem Körperkontakt) gemessen in den Abschirmkammern von JRC

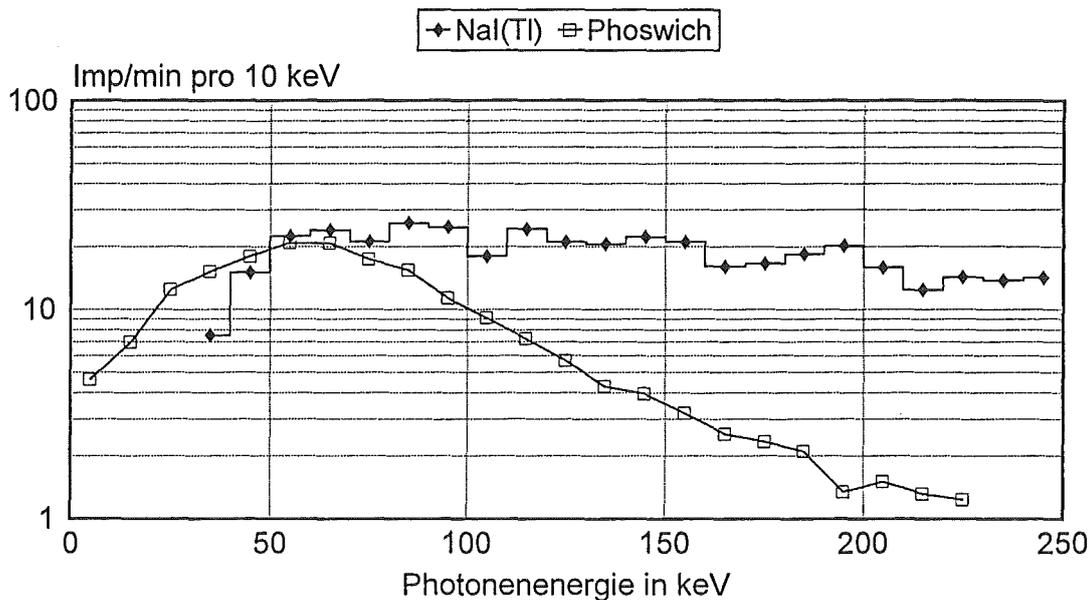


Abb. 6/36: Personen-Nulleffektspektren aus Abb. 6/35 nach Abzug der jeweiligen Raum-Nulleffektspektren

6.5.5 Zur in-vivo Messung von Thorium

H. Doerfel, A. Zieger

Thorium gehört wegen seiner relativ hohen Radiotoxizität zu den Stoffen mit den niedrigsten Zufuhr-Grenzwerten (30 bzw. 60 Bq Th-232 für Inhalation von Aerosolen der Retentionsklassen W bzw. Y bei beruflich strahlenexponierten Personen der Kategorie A) und stellt daher hohe Anforderungen an die Inkorporationsüberwachung. Prinzipiell können inhalationsbedingte Thorium-Zufuhren durch Messung der Aktivitätsausscheidungen in Stuhl und Urin, durch Messung der exhaliierten Rn-220-Aktivität oder durch in vivo-Messung der im Körper gebildeten Folgeprodukte Ac-228, Pb-212 und Tl-208 nachgewiesen werden. Alle drei Verfahren sind jedoch relativ unempfindlich. Außerdem erfordert jedes der drei Verfahren spezielle Informationen über den Stoffwechsel von Thorium bzw. dessen Folgeprodukten, die zum Teil weit über den heutigen Kenntnisstand hinausgehen.

Da die Möglichkeiten und Grenzen der verschiedenen Verfahren in der Fachwelt teilweise kontrovers diskutiert werden, wurde die in vivo-Messung von Thorium einer genaueren Betrachtung unterzogen. Thorium-Inkorporationen können prinzipiell über die Thorium-Folgeprodukte Ac-228 (γ -Linie bei 911 keV mit einer Emissionswahrscheinlichkeit von 29 %), Pb-212 (239 keV mit 45 %) und Tl-208 (2615 keV mit 36 %) gemessen werden. Zum Nachweis dieser Strahlenqualitäten können sowohl NaI(Tl)-Szintillationsdetektoren als auch HPGe-Halbleiterdetektoren verwendet werden. Allerdings ist der Nachweis der beiden erstgenannten Nuklide mit NaI(Tl)-Detektoren schwierig, da die Pb-212-Linie im Energiebereich des Backscatterpeaks von K-40 (217 keV) und die Ac-228-Linie im Energiebereich der Compton-Kante der 1120 keV Strahlung von Bi-214 (912 keV) liegt. Aus diesem Grund werden zur Bestimmung von Ac-228 und Pb-212 bevorzugt HPGe-Halbleiterdetektoren eingesetzt, während zur Bestimmung von Tl-208 hauptsächlich NaI(Tl)-Szintillationsdetektoren verwendet werden.

In Tab. 6/8 sind die wichtigsten Kenngrößen der in-vivo-Messung von Thorium am Beispiel der im Kernforschungszentrum Karlsruhe installierten Meßanordnungen zusammengestellt. Die Daten beziehen sich jeweils auf eine 50minütige Messung mit NaI(Tl)-Detektoren (200 mm Durchmesser x 100 mm Höhe) bzw. mit koaxialen HPGe-Detektoren (30 % Effizienz). Diese beiden Detektortypen sind preislich etwa miteinander vergleichbar. Mit großvolumigen HPGe-Detektoren mit drei- bis vierfacher Effizienz können selbstverständlich bessere Ergebnisse als mit den in Tab. 6/8 aufgeführten HPGe-Detektoren erzielt werden, allerdings sind die Preise dieser Detektoren ebenfalls drei- bis viermal so hoch. Die in Tab. 6/8 angegebenen Werte beziehen sich daher auf preislich vergleichbare Detektorsysteme.

Detektortyp ¹⁾	Ganzkörpermessung				Lungenmessung	
	HPGe	HPGe	HPGe	NaI(Tl)	HPGe	NaI(Tl)
Detektorzahl	4	4	4	4	4	2
Gemessenes Nuklid	Pb-212	Ac-228	Tl-208	Tl-208	Ac-228	Tl-208
Analysierte Gammalinie in keV	239	911	2615	2615	908	2615
Nulleffekt unter dem Peak ²⁾ in Imp/keV	120	6,4	0,18	7,2	6,4	3,6
Nulleffekt unter dem Peak ³⁾ in Imp	52	5	9	340	5	170
Peak-Effizienz ⁴⁾ in Imp/(BqTh-232)	1,1	0,36	0,25	6,1	1,1	9,3
Vorgetäushtes Depot in Bq Th-232	47	14	36	56	4,5	18
Erkennungsgrenze ⁵⁾ in Imp	39	10	9	90	10	64
Nachweisgrenze ⁵⁾ in Bq Th-232	75	70	94	30	23	14

- 1) NaI(Tl): 8"x4" Szintillationsdetektoren; HPGe: koaxiale Halbleiterdetektoren mit 30 % Effizienz
- 2) Mittelwert der linear unter den Peak interpolierten Nulleffektzählrate aus den Spektren nicht-exponierter Referenzpersonen
- 3) Durch die Thorium-Hintergrundstrahlung hervorgerufene Netto-Peakfläche in den Spektren nichtexponierter Referenzpersonen
- 4) Wirkungsgrad für homogene Ganzkörper- bzw. Lungendepositionen bei Annahme von radiologischem Gleichgewicht
- 5) Nach DIN 25 482 Teil 2 unter Berücksichtigung der durch die Thorium-Hintergrundstrahlung hervorgerufenen Streubreiten der Impulsraten

Tab. 6/8: Zusammenstellung der wichtigsten Kenngrößen für die in-vivo Messung von Th-232 im Ganzkörper bzw. in der Lunge mit verschiedenen Detektorsystemen, bezogen auf eine Meßzeit von 50 min

Die angegebenen Werte der Erkennungs- und Nachweisgrenze wurden in Anlehnung an DIN 25 482 Teil 2 berechnet, wobei die durch die Thorium-Hintergrundstrahlung hervorgerufenen Streubreiten der Impulsraten besonders berücksichtigt wurden. Aus den angeführten Beispielen und ergänzenden Betrachtungen können zusammenfassend die folgenden Schlüsse gezogen werden:

- Die Thorium-Folgeprodukte Ac-228, Pb-212 und Tl-208 können mit HPGe-Detektoren etwa gleich empfindlich nachgewiesen werden. Bei homogenen Ganzkörperdepositionen liegen die nach DIN berechneten Nachweisgrenzen bei einer Meßzeit von 50 min zwischen 70 Bq (Ac-228) und 94 Bq (Tl-208). Bei homogenen Lungendepositionen liegen die Nachweisgrenzen etwa um den Faktor 3 unter diesen Werten.
- Bei Verwendung von NaI(Tl)-Detektoren normaler Größe ist der Nachweis von Tl-208 etwa zwei- bis dreimal so empfindlich wie bei Verwendung der gleichen Anzahl von HPGe-Detektoren normaler Effizienz. Bei Verwendung der doppelten Anzahl von großvolumigen HPGe-Detektoren kann die Empfindlichkeit von NaI(Tl)-Detektoren sicher erreicht oder auch übertroffen werden.
- Der Einfluß der durch die Nulleffekt-Peaks vorgetäuschten Thorium-Aktivität auf die untere Nachweisgrenze ist zumindest im Fall von Ac-228 relativ gering. Im Fall des Ac-228 sind die Nulleffekt-Peaks nämlich auf geringfügige Thorium-Verunreinigungen in den verwendeten Baumaterialien zurückzuführen und daher praktisch konstant. Im Fall des Pb-212 und des Tl-208 werden die Nulleffekt-Peaks zusätzlich auch von der luftgetragenen Rn-220-Aktivität verursacht. Hier können durchaus auch Schwankungen auftreten, die signifikant über den zählstatistischen Streubreiten liegen. Diese atmosphärisch bedingten Schwankungen konnten noch nicht näher quantifiziert werden und sind daher bei der Berechnung der Nachweisgrenzen nicht berücksichtigt worden.
- Die mit den heute verfügbaren Detektoren bei vertretbarem finanziellen und zeitlichen Aufwand für Tl-208-Ganzkörperdepositionen erzielbare Nachweisgrenze liegt bei etwa 10 Bq (90 Minuten Messung mit acht großvolumigen 10"x5"-NaI(Tl)-Szintillationsdetektoren).

Die Abb. 6/37 und 6/38 zeigen die anhand der ICRP-Modelle für die Inhalation von Th-232-Verbindungen der Retentionsklassen W und Y in Höhe der jeweiligen Grenzwerte von 30 Bq/a (Klasse W) bzw. 60 Bq/a (Klasse Y) berechneten Th-232-Körperaktivitäten. In den ersten Tagen nach der Inhalation ist praktisch die gesamte Körperaktivität noch in der Lunge konzentriert. Mit einer Lungenmessung (Nachweisgrenze 10 Bq Tl-208) kann man daher eine einmalige Zufuhr von 100 % des Grenzwertes der Jahresaktivitätszufuhr bei der Klasse W in den ersten drei Tagen und bei Klasse Y in den ersten fünf Tagen nach der Zufuhr nachweisen. In dieser Zeit sind die Aktivitätsverhältnisse noch weitgehend bekannt, so daß der Rückschluß von Tl-208 auf Th-232 keine Probleme bereitet. Bei Verlängerung der Meßzeit auf 90 Minuten kann die Nachweisgrenze auf etwa 7,5 Bq Tl-208 reduziert werden. Damit kann eine Zufuhr von 100 % des Grenzwertes der Jahresaktivitätszufuhr in der Klasse Y prinzipiell noch nach einem halben Jahr erkannt werden, allerdings können hier bereits Abweichungen vom radiologischen Gleichgewicht auftreten. Diese Abweichungen können durch gleichzeitige Messung der übrigen Folgeprodukte unter Umständen erkannt und korrigiert werden. Bei zwischenfallsbedingten Inkorporationen empfehlen sich daher Sofortmessungen der Tl-208-Aktivität mit NaI(Tl)-Detektoren sowie Folge-messungen der Tl-208-, Pb-212- und Ac-228-Aktivität unter Hinzuziehung von HPGe-Detektoren.

Konstante Dauerzufuhren in Höhe der Grenzwerte können durch die in vivo-Messung erst nach Jahren erkannt werden. Bei langfristiger Exposition kann man davon ausgehen, daß die Körperaktivität zum überwiegenden Teil im Skelett deponiert ist, so daß der Nachweis von Dauerzufuhren zweckmäßigerweise durch Ganzkörpermessungen erfolgt. Mit dem bei KfK installierten Standard-Ganzkörperzähler (Nachweisgrenze etwa 30 Bq Tl-208 bei einer Meßzeit von 50 Minuten) kann bei Annahme von radiologischem Gleichgewicht eine Dauerzufuhr in Grenzwerthöhe bei der Klasse Y nach etwa 6 Jahren und bei der Klasse W erst nach etwa 13 Jahren erkannt werden. In dieser Zeit wäre der Grenzwert der Berufslebensdosis bei Klasse Y nahezu erreicht und bei Klasse W bereits weit überschritten worden. Bei vollständiger Ausschöpfung der meßtechnischen Möglichkeiten (Nachweisgrenze etwa 10 Bq Tl-208) könnte eine Dauerzufuhr in Grenzwerthöhe bei der Klasse Y allerdings bereits nach etwa 1,3 Jahren und bei der Klasse W nach etwa drei Jahren nachgewiesen werden. Auf diese Weise könnten prinzipiell Expositionen erkannt werden, die noch deutlich unter der Berufslebensdosis liegen.

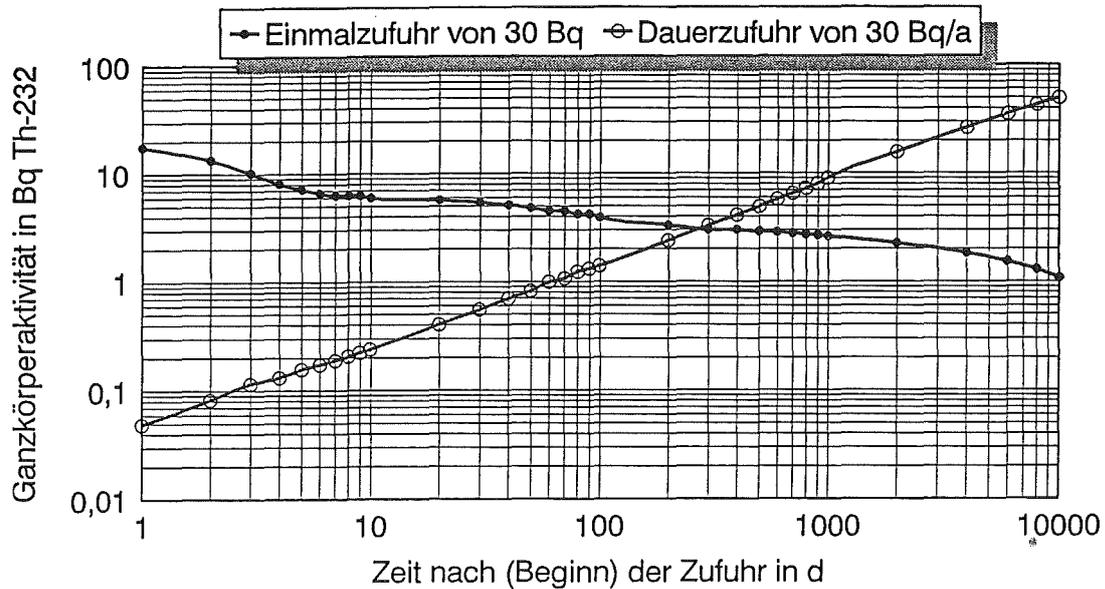


Abb. 6/37: Ganzkörperaktivität von Th-232 nach einmaliger Zufuhr bzw. nach konstanter Dauerzufuhr durch Inhalation von Th-232 der Retentionsklasse W (1μ AMAD) in Höhe des Grenzwertes für beruflich strahlenexponierte Personen der Kategorie A

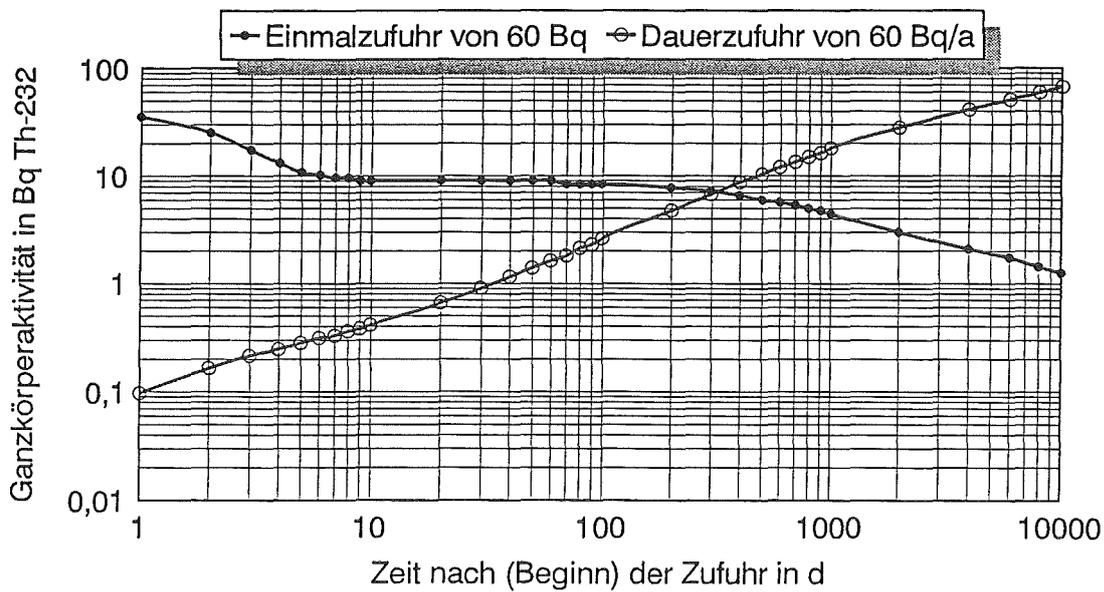


Abb. 6/38: Ganzkörperaktivität von Th-232 nach einmaliger Zufuhr bzw. nach konstanter Dauerzufuhr durch Inhalation von Th-232 der Retentionsklasse Y (1μ AMAD) in Höhe des Grenzwertes für beruflich strahlenexponierte Personen der Kategorie A

Allerdings muß hierbei mit signifikanten Abweichungen vom radiologischen Gleichgewicht gerechnet werden. Nach der deutschen Thorotrast-Studie liegt das Aktivitätsverhältnis von Tl-208 zu Th-232 im Knochen bei 10:1. Dieser Wert ist sicher nicht repräsentativ für das bei beruflicher Exposition zu erwartende Aktivitätsverhältnis, er zeigt jedoch auf, in welchen Bereichen das Aktivitätsverhältnis variieren

kann. Wenn das Tl-208/Th-232-Aktivitätsverhältnis im Knochen bei inhalationsbedingten Zufuhren ebenfalls größer als 1 ist, dann könnte die in vivo-Messung unter Umständen ein außerordentlich gut geeignetes Verfahren zur routinemäßigen Inkorporationsüberwachung auf Thorium sein. Voraussetzung hierfür ist allerdings eine genauere Klärung der zeitlichen Abhängigkeit und der individuellen Schwankungsbreite der Tl-208/Th-232-Aktivitätsverhältnisse bei beruflicher Strahlenexposition.

6.5.6 Aufbau und Kalibrierung eines Detektorsystems zur in vivo-Messung von Pb-210 im Schädel

H. Doerfel, U. Heck, A. Zieger

Nach Inhalation von Radon bzw. dessen Folgeprodukten bildet sich eine Pb-210-Deposition im Skelett, die aufgrund ihrer langen effektiven Halbwertszeit von etwa 15 Jahren prinzipiell zur retrospektiven Bestimmung von Radon-Expositionen herangezogen werden kann. Allerdings ist die in-vivo-Messung von Pb-210 im Knochen außerordentlich schwierig, da dieses Isotop nur eine sehr energiearme und intensitätsschwache γ -Strahlung emittiert (vier Photonen mit einer Energie von 46,5 keV pro 100 Zerfälle von Pb-210). Trotz dieser Schwierigkeiten ist die in-vivo-Messung von Pb-210 das zur Zeit einzig praktikable Verfahren, um lang zurückliegende höhere Radon-Expositionen (wie z. B. die Radon-Expositionen von Uran-Bergleuten der ehemaligen SAG und SDAG Wismut) im nachhinein noch abschätzen zu können. Aus diesem Grund hat die in-vivo-Messung von Pb-210 gerade in jüngster Zeit sehr an Bedeutung gewonnen.

Die in-vivo-Messung von Pb-210-Skelettdepositionen wird zweckmäßigerweise am Kopf der Probanden durchgeführt, da hier das Verhältnis der Knochenmasse zur störenden Muskel- und Fettgewebemasse am günstigsten ist. Auf der Basis der bei vergleichbaren Am-241-Untersuchungen gesammelten Erfahrungen wurde jetzt ein spezielles Detektorsystem für Schädelmessungen aufgebaut und kalibriert. Das Detektorsystem besteht aus drei großflächigen Phoswich-Detektoren (Dimensionen des NaI(Tl)-Kristalls: 200 mm Durchmesser x 1 mm Dicke), die in leichtem Körperkontakt an beiden Seiten und unterhalb des Kopfes des liegenden Probanden angeordnet sind. Ein ergänzender HPGe-Detektor oberhalb der Stirn des Probanden ist vorgesehen, bisher jedoch noch nicht implementiert worden.

Zur Kalibrierung des Detektorsystems wurden zwei anthropomorphe Kopfphantome benutzt, die 1988 bei HS/D hergestellt wurden. Die Phantome bestehen aus Schädelnachbildungen mit quasihomogenen Oberflächendepositionen von Pb-210 an der Schädelinnenwand (Phantom I) bzw. der Schädelaußenwand (Phantom II), die mit gewebeäquivalenten Materialien (Zucker und Dental-Wachs) zur Simulierung des Weichgewebes gefüllt bzw. beschichtet sind. Die äußere Form der Phantome entspricht etwa dem Kopf einer Person mit den Körperproportionen des Referenzmenschen. Die Abb. 6/39 zeigt die mit den beiden Phantomen gemessenen Summenspektren der drei Phoswich-Detektoren. Die charakteristische Röntgen-Strahlung des Pb-210 (L-Strahlung bei etwa 13 keV) wird in der Schädeldecke etwa um den Faktor 10 geschwächt, während die γ -Strahlung bei 46,5 keV nur zu etwa 20 % absorbiert wird.

Die Messung der γ -Strahlung von Pb-210 wird durch die bei allen Probanden vorhandene Cs-137-Körperaktivität erschwert. Bei der zur Zeit in der Karlsruher Bevölkerung herrschenden Cs-137-Körperaktivität von durchschnittlich etwa 50 Bq erzeugt die charakteristische Röntgen-Strahlung von Ba-137m (K-Strahlung bei etwa 32 keV) einen etwa ebensogroßen Peak wie die γ -Strahlung eines Pb-210-Skelettdeposits in Höhe von 50 Bq (Abb. 6/40). Bedingt durch die Überlappung der beiden Peaks ist die Separierung der Pb-210-Komponente bei Aktivitäten unter 50 Bq außerordentlich schwierig. Hinzu kommt, daß das durch das Körperkalium bedingte Hintergrundspektrum in diesem Energiebereich durch Phantom-Messungen nicht genau reproduziert werden kann. Messungen mit einem K-40-Ganzkörperphantom ergaben Spektren, die im Energiebereich der γ -Strahlung von Pb-210 um bis zu 50 % von den an nichtexponierten Vergleichspersonen gemessenen Referenzspektren abweichen. We-

sentlich bessere Ergebnisse konnten allerdings mit einem Kopfphantom erzielt werden, das mit einer wäßrigen Lösung von 17,2 g Kaliumchlorid (entsprechend 9 g K) und 415 g Calciumchlorid (entsprechend 150 g Ca) gefüllt war. Die Beimischung von Calcium trägt der Tatsache Rechnung, daß die Bremsstrahlungserzeugung eine starke Abhängigkeit von der Kernladungszahl aufweist.

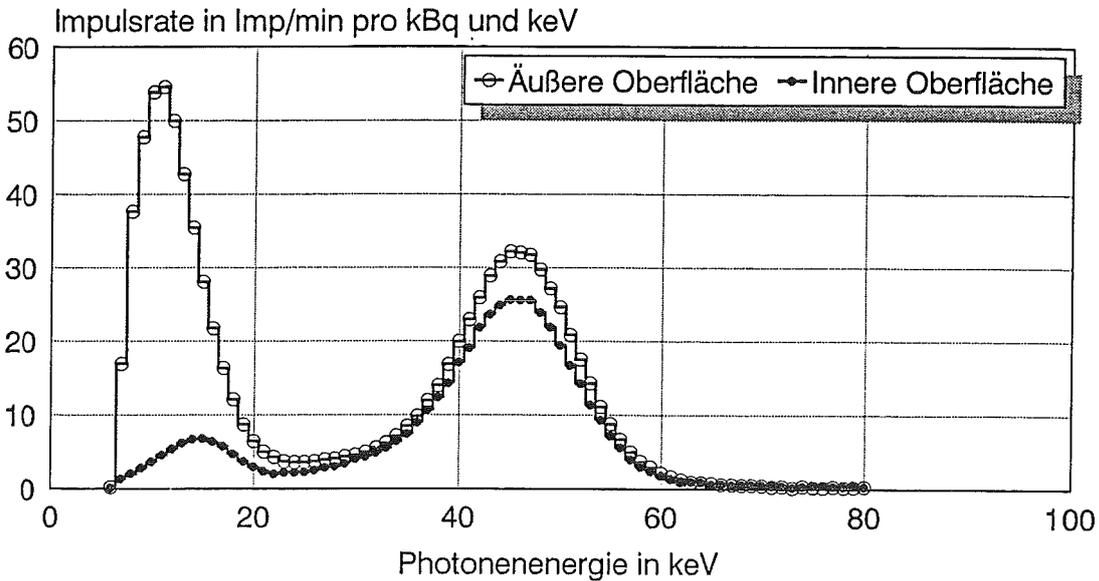


Abb. 6/39: Phoswich-Spektren von antropomorphen Kopfphantomen mit quasihomogenen Pb-210-Depositionen an der äußeren bzw. inneren Oberfläche des Schädels

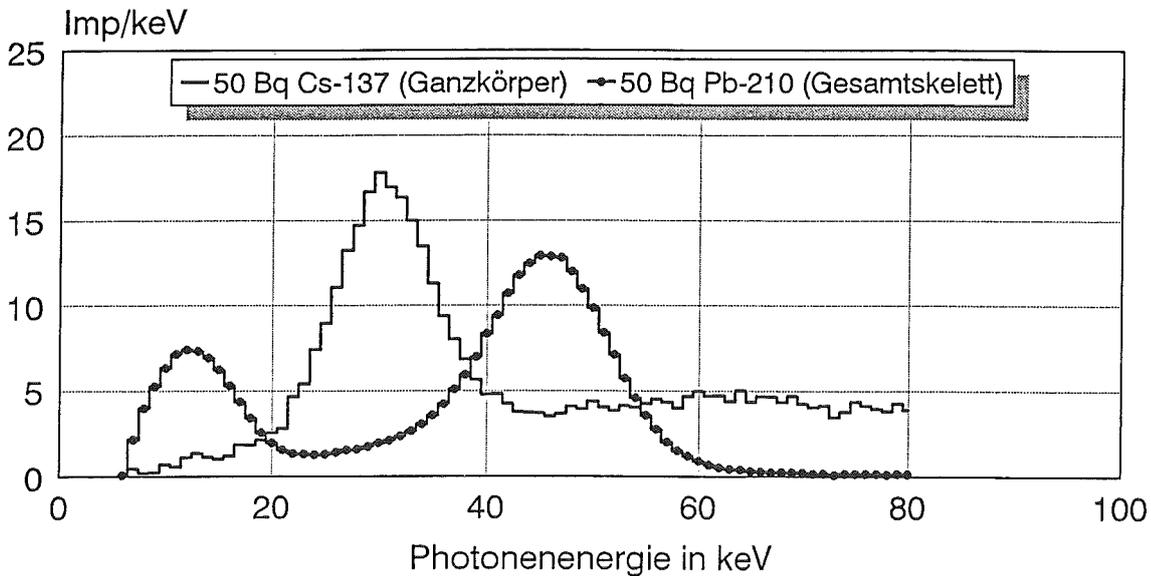


Abb. 6/40: Phoswich-Phantomspektren in Kopfpositionen, bezogen auf 90 Minuten Meßzeit

Die Abb. 6/41 zeigt als Beispiel das Spektrum einer Referenzperson, deren Körperproportionen (Größe 170 cm, Gewicht 72 kg) und deren K-40-Körperaktivität (4 500 Bq) den entsprechenden Werten des Referenzmenschen sehr nahe kommen, im Vergleich zu den beiden K-40-Phantomspektren nach Normierung über die K-40-Körperaktivität. Das Referenzspektrum ist im unteren Energiebereich nahezu iden-

tisch mit dem Kopfphantom-Spektrum, während es sich bei Energien oberhalb von 50 keV mehr und mehr an das Ganzkörperphantom-Spektrum annähert. Eine ähnliche Tendenz zeigt sich auch bei den übrigen zehn Referenzspektren.

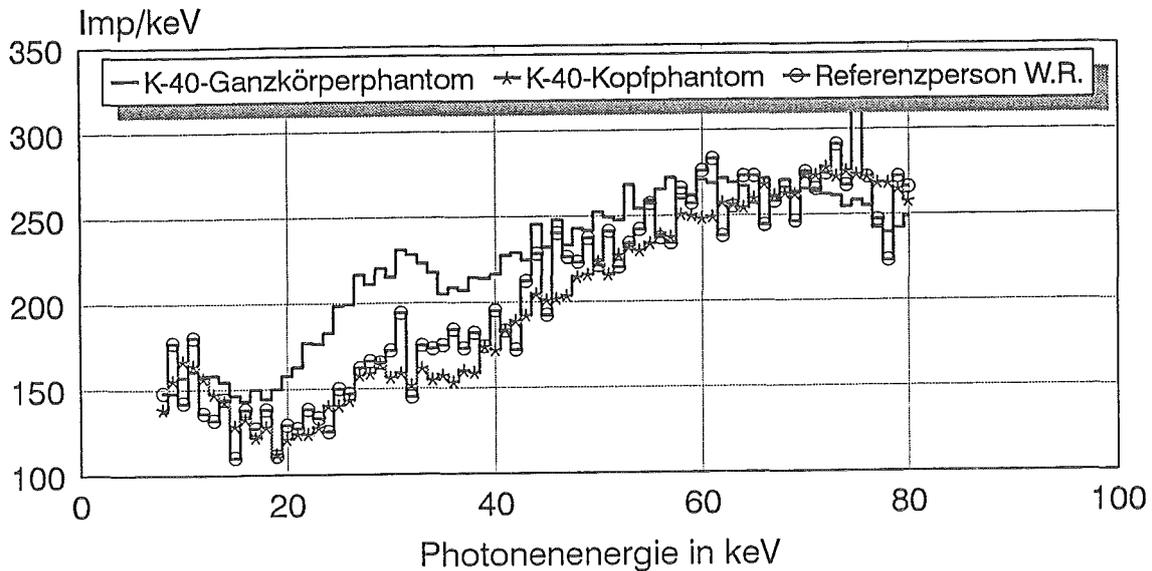


Abb. 6/41: Phoswich-Phantom- und Personenspektren in Kopfpositionen bezogen, auf 90 Minuten Meßzeit

Auf der Basis der Referenzspektren wurden vier Spektralbereiche ausgewählt, die einerseits ein Höchstmaß an nuklidspezifischer Information bieten und andererseits eine gute Übereinstimmung mit den Phantomspektren sowie eine minimale individuelle Schwankung der Impulsraten aufweisen (Cs-137-Bereich von 26 bis 35 keV, Pb-210-Bereich von 39 bis 51 keV, zwei K-40-Bereiche von 20 bis 25 keV bzw. von 60 bis 70 keV). Anhand der in diesen Bereichen gemessenen Impulsraten wurden verschiedene Verfahren zur Separierung der Pb-210-Komponente getestet. Die vorläufig besten Ergebnisse wurden mit einem Verfahren erzielt, bei dem die Impulsraten in den vier Bereichen nach der Methode der kleinsten Abstandsquadrate als Linearkombination der entsprechen Werte aus den Kalibrierspektren des Pb-210-Kopfphantoms, des K-40-Kopfphantoms und des Cs-137-Ganzkörperphantoms dargestellt wurden. Die hierbei aus den verschiedenen Referenzspektren ermittelten Pb-210-Schädelaktivitäten sind in der vierten Spalte von Tab. 6/9 (Verfahren I) aufgeführt. Die bei diesem Verfahren erhaltenen Cs-137-Aktivitäten sind im Mittel 20 % kleiner als die im Ganzkörperzähler ermittelten Werte. Dies weist darauf hin, daß die mittlere spezifische Cs-137-Körperaktivität im Kopfbereich geringer als im Gesamtkörper ist. Im Einzelfall ergeben sich allerdings Unterschiede von bis zu einem Faktor 3, die mit hoher Wahrscheinlichkeit auf Inkonsistenzen der Spektren im Energiebereich zwischen 20 und 35 keV zurückzuführen sind. Berücksichtigt man nur die Spektralregionen oberhalb von 35 keV, so ergeben sich in einem vereinfachten Auswerteverfahren die in der letzten Spalte von Tab. 6/9 aufgeführten Pb-210-Schädelaktivitäten (Verfahren II).

Bei Annahme einer homogenen Aktivitätsverteilung befinden sich etwa 15 % der gesamten Pb-210-Skelettaktivität im Schädel. Damit ergeben sich durchschnittliche Pb-210-Skelettaktivitäten in Höhe von 27 Bq (Verfahren I) bzw. 19 Bq (Verfahren II). Diese Werte liegen sehr nahe an dem anhand von Modellrechnungen aus der Pb-210-Aktivität in den Nahrungsmitteln für die deutsche Bevölkerung abgeschätzten Durchschnittswert von 17 Bq.

Referenzperson	Körperaktivität in Bq			
	K-40 (Ganzkörper)	Cs-137 (Ganzkörper)	Pb-210 (Schädel) Verfahren I	Pb-210 (Schädel) Verfahren II
W. R.	4 506	53	6 ± 2	5 ± 3
F. W.	4 351	32	2 ± 2	1 ± 3
B. S.	4 596	38	3 ± 2	2 ± 3
T. R.	3 843	< 20	4 ± 2	3 ± 3
J. K.	4 376	40	4 ± 2	3 ± 3
H. B.	6 172	120	3 ± 2	1 ± 3
H. S.	4 622	145	8 ± 2	7 ± 3
H. F.	4 530	55	4 ± 2	3 ± 3
R. B.	4 750	42	6 ± 2	4 ± 3
H. J.	5 150	34	4 ± 2	3 ± 3
F. B.	5 099	29	4 ± 2	4 ± 3
I. H.	3 470	52	2 ± 2	1 ± 3
Mittelwert	4 622	55	4,1	2,9
Standardabweichung	675	38	1,7	1,8

Tab. 6/9: Erste Ergebnisse von Messungen der Pb-210-Aktivität an Referenzpersonen aus dem Karlsruher Raum (alle Referenzpersonen außer I. H. männlich)

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 und den ortsfesten Anlagen zur Pegel- und Luftüberwachung zusammen. Da sich diese Geräte weiträumig in den verschiedenen Instituten und Abteilungen des Kernforschungszentrums befinden, ergibt sich zwangsläufig eine gewisse Unterteilung im Service, der nach Möglichkeit 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,
- Erstellung von Prüfanweisungen.

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 14 Kontaminationsmonitore einer Fremdfirma auf Funktion und Zählwirksamkeit überprüft und soweit nötig repariert.

Zur Instandhaltung der von der Hauptabteilung Sicherheit betreuten kontinuierlich messenden Luftüberwachungsanlagen waren 386 Reparatureinsätze erforderlich. Für die Fortluftüberwachungsanlagen kamen Software programmierte Steuerungen als Grenzwertgeber zum Einsatz, deren Programmierung und Inbetriebnahme zusätzlich zu den Routinearbeiten erfolgte. Des öfteren waren Reparaturen an Ortsdosisleistungs-Meßstellen notwendig.

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 Physikalisch-Technischen Bundesanstalt an Strahlenschutzdosimeter für die Zulassung zur Eichung und den Prüfregele der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt für Strahlenschutzdosimeter.

Innerhalb der Dosimetrie stehen folgende Aufgaben im Vordergrund:

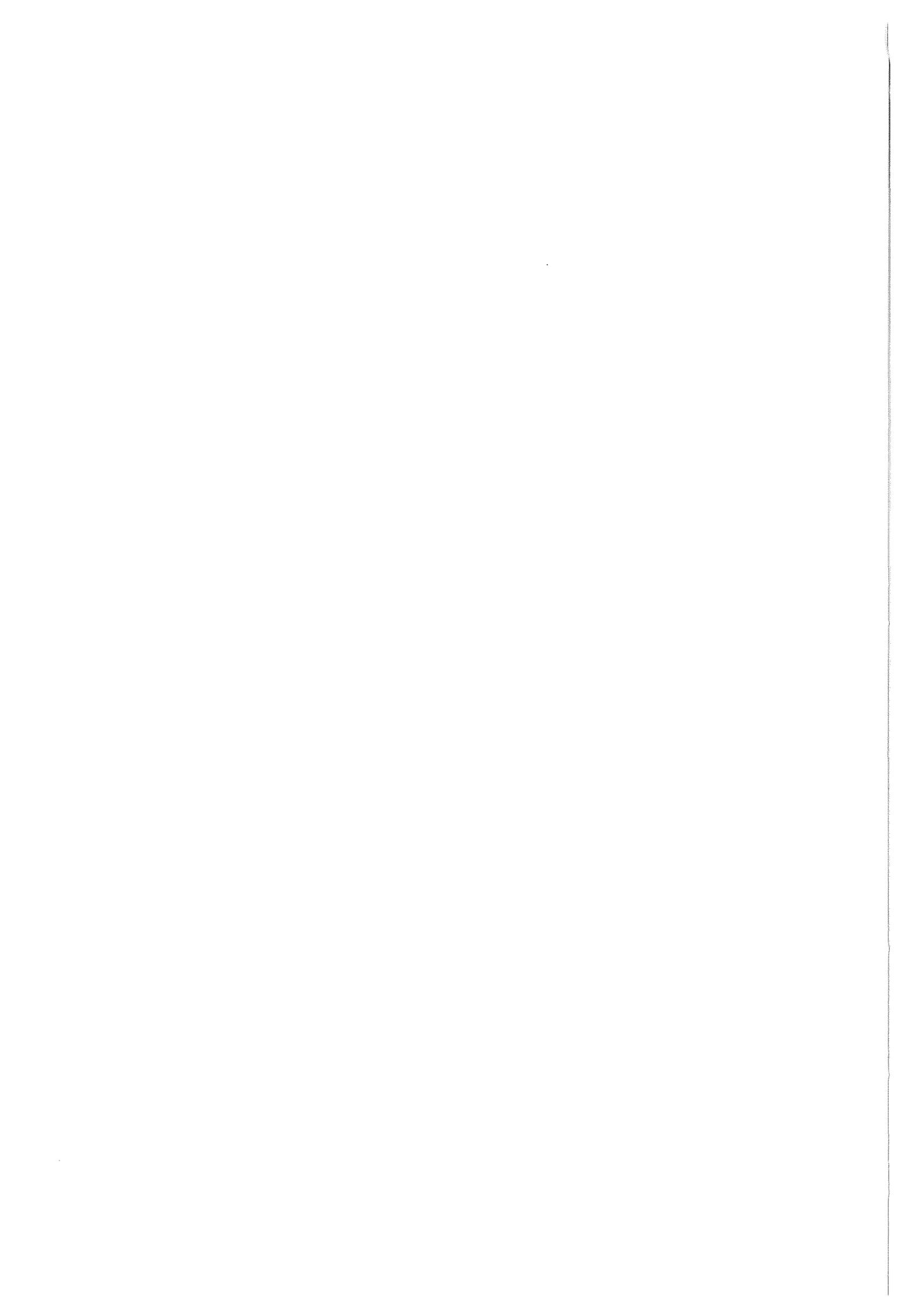
- Übertragung der Meßgröße vom Primärstandard der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt und Gewährleistung der Meßgenauigkeit an allen Bestrahlungsanlagen durch den Einsatz von Normaldosimetern sowie durch Teilnahme an internationalen Kontroll- und Vergleichsbestrahlungen,
- Kalibrierung von Dosisleistungsmeßgeräten,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

Im Berichtsjahr wurden für KfK 40 Gamma-Dosisleistungsmeßgeräte und 27 Neutronendosisleistungsmeßgeräte kalibriert. Für Forschungs- und Entwicklungsarbeiten und für die Kontrolle der Auswertegeräte wurden an den Eichständen der Eichhalle 529 Gamma- und 445 Neutronenbestrahlungen durchgeführt. An der Röntgenanlage dienten 252 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, Eichungen von Personen- und Ortsdosimetern vorzunehmen. Entsprechend einem Vertrag zwischen dem Land Baden-Württemberg und dem Kernforschungszentrum Karlsruhe werden hierfür die vorhandenen technischen Einrichtungen zur Verfügung gestellt. Bei der amtlichen Eichabfertigungsstelle werden Beamte der Aufsichtsbehörde hoheitlich tätig. Der Beitrag der Hauptabteilung Sicherheit besteht in der Bereitstellung der Bestrahlungseinrichtungen wie auch in der Unterstützung bei der Durchführung der Eichungen. Im Jahre 1992 wurden für das KfK 1 434 Stabdosimeter und 125 sonstige Geräte geeicht.



7 Biophysik und Ökologie

7.1 Zelluläre Wirkungen langsam veränderlicher elektromagnetischer Felder

M. Noszvai-Nagy, G. Knedlitschek, J. Schimmelpfeng, H. Dertinger

7.1.1 Einleitung

Ausgehend von der Untersuchung möglicher krebsbegünstigender Wirkungen durch magnetische und elektrische 50-Hz-Felder (vgl. Jahresberichte 1990 und 1991 der Hauptabteilung Sicherheit) hat sich dieses Forschungsgebiet im Berichtszeitraum erheblich ausgeweitet. Ursache hierfür war einmal die Notwendigkeit, auch andere, vor allem höhere Frequenzen mit einzubeziehen, um die Wirkungsmechanismen der Felder auszuloten.

Zum anderen wurde 1992 unter Federführung der Abteilung Biophysik und Ökologie der Hauptabteilung Sicherheit eine zweijährige klinische Forschungsstudie über mögliche tumortherapeutische Wirkungen von Mittelfrequenzströmen formuliert. Sie soll den Nachweis erbringen, ob die bisher an Krebspatienten, die zur Schmerzbekämpfung mit solchen Strömen behandelt wurden, beobachteten Tumorrückbildungen einer strengen klinischen Überprüfung standhalten. An der Studie sind vier deutsche klinische Zentren und Mitarbeiter der Abteilung Biophysik und Ökologie der Hauptabteilung Sicherheit beteiligt. Sie begann im Dezember 1992 und wird von der Ursula- und Werner-Müller-Stiftung im Stifterverband für die Deutsche Wissenschaft gefördert. Bei der Mittelfrequenztherapie, die bisher mit Erfolg zur Schmerzbekämpfung, Durchblutungsförderung, Stoffwechsellanregung, Entzündungshemmung und Ödemreduktion angewendet wird, fließen niederfrequent modulierte Ströme einer Trägerfrequenz von 4000 Hz bei Stromstärken im Milliampere-Bereich über aufgelegte Hautelektroden in das Behandlungsgebiet.

Abgesehen von den möglichen Konsequenzen für die Krebsbekämpfung bietet die Untersuchung der als therapeutisch wirksam bekannten 4000-Hz-Felder die Möglichkeit, deren zelluläre Wirkungsmechanismen mit denen potentiell gefährlicher 50-Hz-Felder zu vergleichen. Im folgenden werden einige von uns bisher erzielte Ergebnisse über die durch 50- und 4000-Hz-Felder verursachten Wirkungen auf Zellkulturen beschrieben und diskutiert. Sie sind Teil eines umfassenden experimentellen Programmes, in dessen Rahmen die Wirkungen elektromagnetischer Felder unterhalb 10 kHz als Funktion der Frequenz und der Intensität systematisch untersucht werden sollen.

7.1.1 Material und Methoden

Nieder- und mittelfrequente elektrische Felder können nur in geringem Umfang die als Kondensator wirkende elektrische Doppelschicht der Zellmembran durchdringen. Zelluläre Wirkungen sind deshalb überwiegend auf Feldinteraktionen mit der Membran zurückzuführen. Das an dieser Struktur erzeugte Signal bewirkt dann über sekundäre Botenstoffe eine Zellantwort. Es liegt deshalb nahe, zunächst die feldinduzierte Änderung eines geeigneten Botenstoffes zu untersuchen. Als solchen wählten wir das cyclische Adenosin-Monophosphat (cAMP), welches durch das membrangebundene Enzym Adenylat-Cyclase synthetisiert wird und das wir in kultivierten Mausfibroblasten (SV40-3T3-Zellen) unmittelbar nach der Feldbehandlung radioimmunologisch bestimmten.

Monolayer einer Zelldichte von ca. 100 000/cm² wurden im Luftspalt eines 50-Hz-Elektromagneten mit Eisenjoch-Magnetfeldern im Flußdichtebereich von Millitesla ausgesetzt. Die Behandlungsdauer betrug 5 oder 60 Minuten.

Zur Behandlung mit elektrischen Feldern diente ein Behältergefäß, in welchem die auf Membranfiltern aufgewachsenen Monolayer zwischen zwei Elektroden angeordnet waren. Die Elektroden tauchten in Nährmedium ein, so daß angelegte Spannungen eines Signalgenerators einen Stromfluß zwischen den Elektroden bewirkten. Der Betrag der Impedanz betrug 8 Ohm (bei 4000 Hz), der Elektrodenabstand 7 mm. Die Behandlung dauerte 5 bzw. 60 Minuten bei 50 Hz und 5 Minuten bei 4000 Hz. Als Zellantwort auf die Feldbehandlungen wurden neben der Änderung des cAMP-Gehaltes die Wirkungen auf den Zellzyklus untersucht. Die Änderung der Verteilung der Zellen in den jeweiligen Phasen des Zellzyklus (G1, S und G2+M) wurde mit Hilfe der Durchfluß-Zytometrie nach einer feldfreien Inkubation von 6 h post expositionem bestimmt.

7.1.3 Ergebnisse

Die in Tabelle 7/1 zusammengestellten Ergebnisse zeigen, daß sowohl elektrische als auch magnetische 50-Hz-Felder den zellulären cAMP-Gehalt gegenüber den Kontrollen erhöhen. Die Tabelle läßt jedoch folgende für die Diskussion wichtige Einschränkungen für diesen Effekt erkennen:

- Ausprägung nur nach 5-minütiger Exposition;
- beim Magnetfeld kein Effekt unterhalb von 2 mT.

Was die Wirkung auf den Zellzyklus anbelangt, so wurden die Ergebnisse bereits im Jahresbericht 1991 der Hauptabteilung Sicherheit mitgeteilt. Hiernach bewirkt das Magnetfeld eine Akkumulation der Zellen in der G1-Phase, das elektrische Feld hingegen deren Abnahme.

Für die elektrischen 4000-Hz-Felder wurden der cAMP-Gehalt und die Zellzykluseffekte systematisch als Funktion des Stromflusses zwischen den Elektroden untersucht. Abb. 7/1 zeigt, daß es im Gegensatz zu den 50-Hz-Feldern zu einer statistisch signifikanten Abnahme des cAMP kommt, jedoch nur oberhalb eines Stromes von 0,01 mA bzw. unterhalb von 30 mA. Interessant sind die Schwankungen des Effektausmaßes innerhalb dieses Intervalls. Aus den flußzytometrischen Ergebnissen geht hervor, daß sich hier ein ähnliches Schwankungsmuster ausbildet, es sich also nicht um einen Artefakt handeln kann. Das Fehlen einer signifikanten cAMP-Reaktion oberhalb 10 mA Stromstärke beruht wahrscheinlich auf einer zunehmenden physiologischen Zellschädigung. Zykluskinetisch zeichnen sich die 4000-Hz-Felder vor allem durch eine Abnahme der Zellen in der S-Phase und eine Zunahme von G2+M-Zellen aus.

7.1.4 Diskussion

Unsere bisher erzielten Ergebnisse deuten auf eine erhebliche Komplexität der Wirkung nieder- und mittelfrequenter Felder bereits auf der Ebene der Frequenz und der Intensität hin. Allein der Wechsel der Frequenz von 50 auf 4000 Hz bewirkt eine Effekt-Umkehr sowohl was die Richtung der cAMP-Änderung angeht, als auch was die Zellzyklus-Effekte betrifft. Weiterhin scheint, zumindest bei den 4000-Hz-Feldern, keine monotone Strom(Dosis)-Wirkungsbeziehung zu bestehen (Abb. 7/1). Bemerkenswert ist schließlich auch das in dieser Abbildung zu beobachtende Schwankungsmuster. Die folgende

Diskussion widmet sich neben einer biophysikalischen Interpretation dieser Besonderheiten auch der Frage nach einem Zusammenhang der Ergebnisse mit derzeitigen Expositionsgrenzwerten.

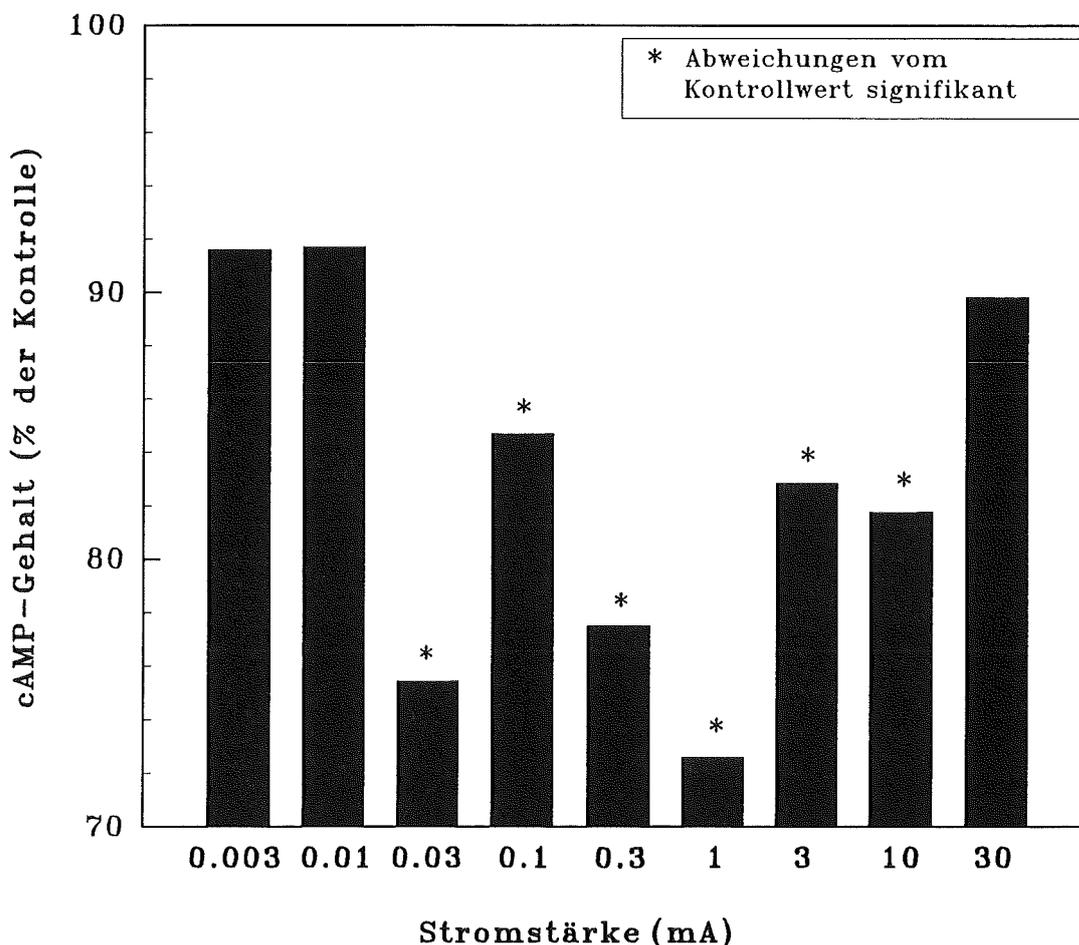


Abb.7/1: Einfluß einer 5-minütigen 4000-Hz-Strombehandlung unterschiedlicher Stromstärke auf den cAMP-Gehalt von SV40-3T3-Zellen.

7.1.5 Frequenzabhängigkeit der Feldwechselwirkung:

Die Tatsache, daß die Richtung der cAMP-Änderung (Erhöhung bzw. Absenkung) von der benutzten Frequenz abhängt, zeigt, daß die Felder in frequenzabhängiger Weise sowohl mit stimulatorischen als auch mit hemmenden Signal-Transduktionsprozessen der Zelle in Wechselwirkung treten können. Da davon ausgegangen werden muß, daß gleichzeitig mehrere Signalketten mit unterschiedlichem Intensitätsverhalten von den Feldern beeinflußt werden, kann man erwarten, daß sich dies bei vorgegebener Frequenz in einer Feldstärkeabhängigkeit manifestiert. In dem Schwankungsmuster der Abb. 7/1 könnten sich die entsprechenden "Intensitätsfenster" ausdrücken.

Grundsätzlich belegt die Frequenz als wesentliche Determinante der biologischen Feldeffekte den "Resonanzcharakter" der primären Wechselwirkung, die es erlaubt, das Reaktionsmuster der Zelle (z. B. das Zellzyklusverhalten) gezielt zu beeinflussen. Solche Resonanzen können sich z. B. mit Bindungsstellen für Hormone oder andere Signalstoffe an der Zellmembran ergeben und damit deren Wirkung simulie-

ren. Einen Beweis hierfür liefert unser Befund, daß die Wirkung auf den cAMP-Gehalt durchweg transient und nur durch kurzzeitige Expositionen zu erreichen ist. Dies entspricht dem kinetischen Verhalten von Hormon-Rezeptor-Wechselwirkungen.

Obwohl eine große Zahl cAMP-abhängiger Zellantworten bekannt ist, läßt sich derzeit noch nicht vorhersagen, welche spezifischen Konsequenzen eine Feld-induzierte Absenkung bzw. Erhöhung des zellulären cAMP-Spiegels für die Zelle hat. Abgesehen davon, daß hierzu noch weitere Faktoren untersucht werden müßten (z.B. das Verhalten des Calciums), werfen neuere Erkenntnisse über die Funktion der G-Proteine an der Zellmembran, als Mittler zwischen äußerem Zellreiz und Signalumsetzung, weitere Verständnisprobleme auf [Spektrum der Wissenschaft, Sept. 1992, S. 54-62]. Hiernach muß die Zellmembran als "intelligentes" Schaltpult angesehen werden, welches das eingehende Signal je nach den physiologischen Erfordernissen der Zelle in entsprechende sekundäre Reaktionskanäle (vermittelt durch Protein-Kinasen) weiterleitet. Somit lassen sich auch die naheliegenden Fragen, ob 50-Hz-Felder deshalb risikobehaftet sind, weil sie über eine Erhöhung des cAMP wirken und ob andererseits 4000-Hz-Ströme aufgrund des cAMP-Abfalls therapeutisch vorteilhaft sind, derzeit nicht beantworten.

7.1.6 Bezug der Ergebnisse zu Expositions-Grenzwerten

Unsere Daten mit den 4000-Hz-Feldern besagen, daß eine biologische Wirkung erst oberhalb eines Stromes von 0,01 mA eintritt (Abb. 7/1). Eine einfache Abschätzung soll verdeutlichen, in welcher Relation dieser "Schwellenwert" zu Expositions-Grenzwerten im niederen Frequenzbereich steht. Unter Zugrundlegung der Impedanz und des Elektrodenabstandes der benutzten Expositionseinrichtung (s. Kap. 7.1.2) errechnet sich, daß die Zellkulturen bei 0,01 mA einer Feldstärke von 0,1 mV/cm oder 10 mV/m ausgesetzt sind.

Bezogen auf eine E-Feld-Exposition des Menschen ist diese Feldstärke als "innere", d. h. als Körperfeldstärke aufzufassen. Wird der Mensch einem äußeren elektrischen Feld ausgesetzt, so führt dies über die Induktion von Körperstromdichten zur Ausbildung einer Feldstärkeverteilung im Innern des Körpers, deren Maximalwert 1/500 000 der äußeren Feldstärke i. a. nicht überschreitet. Unser experimenteller Wert von 10 mV/m entspricht damit einer äußeren Feldstärke von 5 kV/m, die identisch ist mit dem niederfrequenten Dauer-Expositionsgrenzwert nach den IRPA/INIRC-Richtlinien für die Bevölkerungsexposition [Health Physics, 58 (1990), S. 113-122].

Angesichts der Tatsache, daß elektromagnetische Expositions-Grenzwerte bei niedrigen Frequenzen überwiegend aus dem elektrophysiologischen Verhalten erregbarer Zellen (Nervenzellen) bzw. aus dem Auftreten von visuellen Effekten oder Reaktionen des Nervensystems abgeleitet werden, ist es interessant, daß der IRPA-Grenzwert auch für das bisher kaum berücksichtigte nicht-erregbare Gewebe in Form eines Schwellenwertes zu gelten scheint.

7.1.7 Bezug zum vermuteten gesundheitlichen Risiko von 50-Hz-Magnetfeldern

Für 50-Hz-Magnetfelder läßt sich abschätzen, daß der IRPA-Grenzwert für die von diesen induzierte elektrische Körperfeldstärke einer Flußdichte von 0,5 - 1 mT entspricht. Es ist wahrscheinlich, daß wir aus diesem Grund bei 0,3 mT, im Gegensatz zu 2 mT, keine signifikante Wirkung auf den cAMP-Gehalt finden konnten (Tab. 7/1). Die Beantwortung der Frage, ob deshalb magnetische Flußdichten unterhalb von 0,5 mT biologisch und gesundheitlich unbedenklich sind, gestaltet sich derzeit dennoch schwierig. Die Flußdichten bei der vielfach epidemiologisch gefolgerten Erhöhung der kindlichen Leukämie-Rate liegen nämlich im Bereich von μ T und darunter, so daß sich dieses Gesundheitsrisiko kaum aus dem Induktionsprinzip erklären läßt. Es kann jedoch nicht ausgeschlossen werden, daß insbesondere die epide-

miologischen Befunde im Umkreis von Hochspannungs-Freileitungen auf das elektrische Feld zurückgehen, da hier Feldstärken oberhalb des IRPA-Grenzwertes von 5 kV/m auftreten können.

50-Hz-Feldtyp Flußdichte bzw. Stromdichte	Expositionsdauer (Minuten) 5	Expositionsdauer (Minuten) 60
M-Feld; 2,0 mT	123 ± 9 [*]	98 ± 4
M-Feld; 0,3 mT	103 ± 13	---
E-Feld; 0,25 mA/cm ²	115 ± 2 [*]	89 ± 8

[*] Signifikante Erhöhung gegenüber den Kontrollen ($p < 0,05$).

Tab. 7/1: cAMP-Gehalt Feld-behandelter SV40-3T3-Monolayer relativ zu den jeweiligen Kontrollzellen (100 %). Der Absolutgehalt an cAMP unbehandelter Zellen beträgt ca. 2000 fMol pro Million Zellen.

7.1.8 Ausblick

Von besonderer Bedeutung für das weitere experimentelle Vorgehen erscheint die systematische Untersuchung des Frequenz-Wirkungsspektrums. Die sich hieraus ergebenden Erkenntnisse über die Resonanzstruktur der Feldwirkung könnten, zusammen mit weiteren Experimenten, zu einer Identifizierung der angesprochenen zellulären Oszillatoren und der zugrunde liegenden zellulären Prozesse beitragen. Diese Wissensbasis gestattet nicht nur genauere Aussagen über die mögliche Gefährlichkeit von 50-Hz-Feldern, sondern auch die Entwicklung neuer Konzepte für den diagnostischen und therapeutischen Einsatz spezieller Feldformen.

7.2 Regulation der Zellproliferation in multizellulären Sphäroiden: Veränderungen der interzellulären Kommunikation und der DNA-Synthese-Rate durch Retinsäure

J.-C. Stein, G. Knedlitschek, K. F. Weibezahn, H. Dertinger

Zur weiteren Erforschung der Proliferationskontrolle und der Zelldifferenzierung wurden Sphäroide der Zelllinien FL (menschliche Amnion-Zelllinie) und SV40-3T3 (bereits in früheren Jahresberichten beschriebene Maus-Zelllinie) mit Retinsäure (RA) behandelt und die Ergebnisse mit der Situation in den entsprechenden Monolayern verglichen. Retinsäure, ein Vitamin A-Derivat, kann in verschiedenen Zellsystemen Differenzierungsprozesse auslösen. So spielt sie in der Embryonalentwicklung eine entscheidende Rolle und steuert beispielsweise konzentrationsabhängig die Ausbildung der Gliedmaßen. Bei Einsatz in Zellkulturen löst Retinsäure bei verschiedenen Zellarten Differenzierungsprozesse aus und reduziert gleichzeitig deren Teilungsaktivität. Aus diesen Gründen findet die Vitamin A-Säure auch verstärkt Eingang in die klinische Krebsforschung.

Je nach eingesetzter Konzentration hemmt bzw. verstärkt Retinsäure die interzelluläre Kommunikation über Gap Junctions. Die höchste eingesetzte Konzentration an RA (0,1mM) führte zu einer drastischen Reduktion der interzellulären Kommunikation, wie wir durch elektrophysiologische Messungen

nachweisen konnten. Nach einer Behandlung mit Retinsäure sank der intrazelluläre cAMP-Gehalt auf etwa 50 % des Kontrollwertes. In bezug auf individuelle Zellschichten in den beiden Sphäroid-Arten zeigten sich offensichtlich zellinien-spezifische Unterschiede.

Durchflußzytometrische Untersuchungen gaben Aufschluß über retinsäure-induzierte Veränderungen im Zellzyklus: der Anteil der Zellen in der DNA-Synthese-Phase war, bezogen auf den gesamten Sphäroid, bei beiden Zelllinien erhöht. Der Hauptanteil dieser Steigerung wurde bei den SV40-3T3-Sphäroiden von den äußeren Zellschichten erbracht, bei den FL-Sphäroiden nahm die Zellzahl der S-Phase-Zellen in den inneren Bereichen zu. Histologische Untersuchungen, die eine Aussage über die tatsächlich vorliegende DNA-Synthese-Aktivität in Abhängigkeit von der Lokalisierung der Zellen im Sphäroid erlauben, belegen die mit Hilfe der Durchflußzytometrie aufgezeigten Veränderungen in der Zellzyklusverteilung. Mit Hilfe einer Antikörper-Markierung des statt Thymidin in die DNA eingebauten Bromdesoxy-Uridins wurden bei den SV40-3T3-Sphäroiden die äußeren Zellschichten gegenüber den unbehandelten Kontrollen in verstärktem Maße markiert (im Inneren wurde keine DNA-Synthese beobachtet), während bei den FL-Sphäroiden auch im Inneren der Sphäroide deutliche Markierungen zu verzeichnen waren.

Diese Aktivierung der normalerweise proliferationsgehemmten inneren Sphäroidzellen spricht für eine tumorpromovierende Wirkung hoher Retinsäure-Konzentrationen in Zellverbänden. Damit wird gleichzeitig die Hypothese unterstützt, nach der tumorpromovierende Agenzien die interzelluläre Kommunikation hemmen. Andererseits könnten diese Befunde jedoch einen weiteren Ansatz für die Tumor-Chemotherapie darstellen. Bei Zytostatika, die hauptsächlich auf Zellen in der S-Phase wirken, könnte die therapeutische Effizienz erhöht werden, indem eine Kombinationstherapie mit niedriger Retinsäure-Konzentration eingesetzt wird. Tatsächlich wurden durch Kombination von Retinsäure mit Chemotherapeutika bereits gute Erfahrungen in der klinischen Erprobung gemacht, ohne daß der Wirkmechanismus oder die hier beschriebenen Beobachtungen bekannt waren.

7.3 Verhalten von Tritium im System Luft-Pflanze-Boden

S. Diabaté, S. Strack, S. Kahmann, J. Müller

7.3.1 Translokation von OBT in Pflanzen

1992 wurden für die Versuche zur Translokation von organisch gebundenem Tritium (OBT) in eßbare Pflanzenteile Weizenpflanzen in acht verschiedenen Entwicklungsstadien eingesetzt, wobei ein Versuch unter Nachtbedingungen stattfand. Bei den Kartoffelpflanzen war in diesem Jahr wegen Schwierigkeiten bei der Anzucht nur ein Versuch (Nachtversuch) möglich. Die Expositionszeit wurde gegenüber 1991 von sechs auf zwei Stunden verkürzt, ansonsten wurden die Bedingungen nicht verändert.

Das Verhältnis der HTO-Konzentrationen im Gewebewasser der Weizenblätter und der Konzentration in der Luftfeuchte betrug nach zwei Stunden HTO-Einleitung in die Box etwa 60 % bei einer relativen Luftfeuchte von 90 %, d. h. das System war noch nicht im Gleichgewicht. In Pflanzen, die später als 20 Tage nach der Blüte exponiert wurden, lag das Verhältnis nur bei ca. 40 %. Im Nachtversuch enthielt das Gewebewasser der Blätter nur 8 % der spezifischen Tritiumkonzentration der Luftfeuchte.

Bei Weizen wurde das Tritium im Gewebewasser nach 2 Stunden HTO-Exposition am Tage zu 0,20 % in nicht-austauschbares OBT umgewandelt. Dieser Anteil erhöhte sich in den darauffolgenden vier Stunden auf etwa 0,24 %, weil sich trotz Absinken der HTO-Konzentration in der Atmosphäre noch genügend HTO im Gewebewasser der Blätter befindet, um daraus OBT photosynthetisch zu assimilieren. Im Nachtversuch wurde zwar etwa ein Zehntel des HTO wie bei einer vergleichbaren Exposition am Tag aufgenommen, aber das in der Pflanze vorhandene HTO wurde immer noch zu 0,1 % in OBT umgewandelt (0,2 % im Tagversuch). Das bedeutet, daß nicht nur photosynthetische Prozesse verantwortlich sind für die OBT-Bildung, sondern auch andere Stoffwechselprozesse.

Zur Beschreibung des OBT-Einbaus in die Körner in Abhängigkeit vom Zeitpunkt der Exposition wurde vorerst ein einfacher Zusammenhang verwendet, der die Einzelprozesse von der Assimilation in den Blättern bis zur Translokation in die Früchte nicht berücksichtigt. Dabei wird die OBT-Konzentration in den Körnern zur Ernte (Bq/g) in Relation zur HTO-Konzentration in den Blättern zum Expositionszeitpunkt (Bq/ml) gesetzt. Der Verlauf der aus den bisherigen Versuchen ermittelten Translokationsindizes ist in Abb. 7/2 dargestellt. Mit Beginn der Kornfüllungsperiode (etwa eine Woche nach Beginn der Blüte) steigt die Einlagerung von OBT in die Körner stark an und erreicht ihr Maximum etwa zwei Wochen nach der Blüte. Danach sinkt der Translokationsindex wieder, weil auch die Einlagerung von Assimilaten zurückgeht. Damit konnten die Ergebnisse aus den ersten Versuchen zur Translokation im vergangenen Jahr bestätigt werden.

(Spez.OBT-Konz.Körner/Spez.Konz.TFWT bei Expos.*1000)

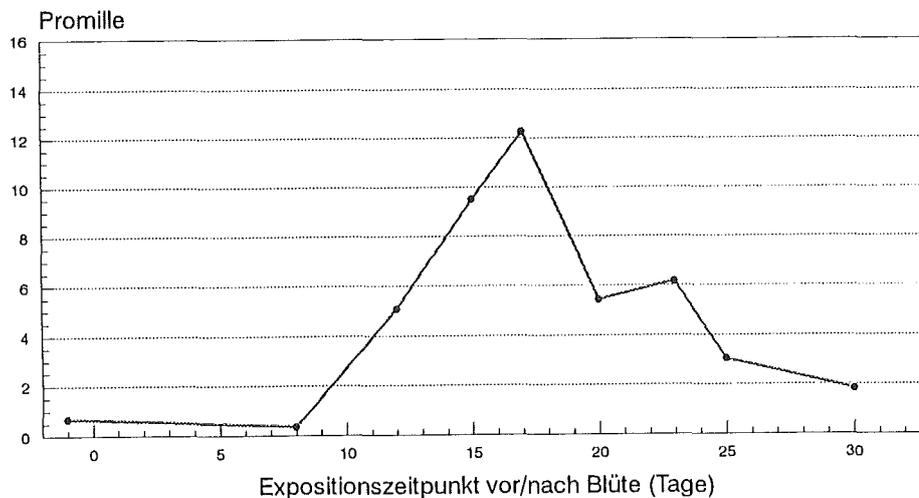


Abb. 7/2: Translokationsindizes von OBT in Weizenpflanzen in Relation zum Zeitpunkt einer Exposition mit HTO in der Atmosphäre unter Tagesbedingungen (TFWT = tissue free water tritium).

Parallel zu den Expositionsversuchen wurden an einem Teil der Versuchspflanzen Gaswechsellmessungen an den Blättern vorgenommen, teils in der für die Experimente genutzten Klimakammer, teils auch im Freiland. Gemessen wurde in einer klimatisierten Küvette (Fa. Walz, Effeltrich), in die von den Weizenpflanzen jeweils ein Teil des obersten Blattes eingespannt wurde, die Abgabe von Wasserdampf und die Netto-Aufnahme bzw. die Abgabe von CO₂. Für die Messungen an den Kartoffelpflanzen wurde ebenfalls eines von den oberen Blättern ausgewählt, das nicht durch andere Blätter beschattet wurde.

Aus der Differenz der CO₂-Konzentrationen im Gasstrom vor und nach der Küvette läßt sich die Netto-Assimilation des Blattabschnittes ermitteln. Aus der Differenz des Wasserdampfanteils im Gasstrom kann die Transpiration und die stomatare Leitfähigkeit ermittelt werden. Abbildung 7/3 zeigt als Beispiel eine Auswahl der an einer Weizenpflanze gemessenen bzw. berechneten Parameter im Tagesgang für einen sehr warmen Sommertag.

Die Abhängigkeit der Netto-Assimilation von der Einstrahlung (PAR) zeigt an diesem Tag (16.7.1992) eine typische Sättigungskurve (Abb. 7/4) mit einem linearen Anteil bis zu einer Einstrahlung von etwa 300 µE/m²s (entsprechend 17 klux) und einem Maximalwert für die Assimilation von 26,4 µmolCO₂/m²s. Demgegenüber werden in der Klimakammer nur Lichtintensitäten bis zu 115 µE/m²s erreicht. Die Nettoassimilationsrate liegt hier noch im Bereich der linearen Abhängigkeit vor der Einstrahlung und erreicht nur Werte um etwa 20 % von den im Freien beobachteten Höchstwerten.

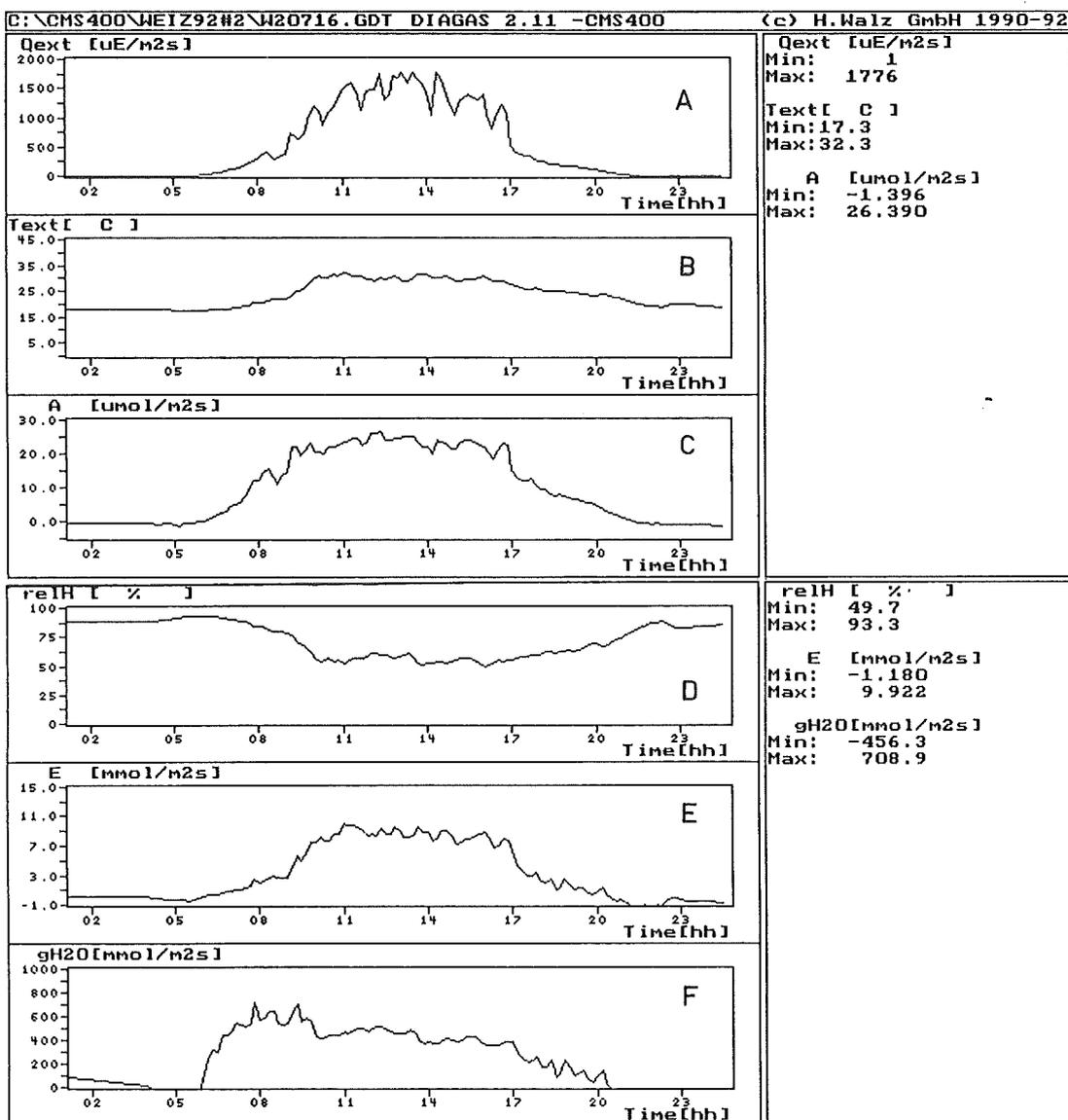


Abb.7/3: Verlauf der mit einer Gaswechselmeßanlage ermittelten Parameter eines Weizenblattes sowie klimatische Daten vom 16.7.1992: A) photosynthetisch aktive Strahlung (PAR), B) Lufttemperatur, C) Netto-Assimilation, D) relative Luftfeuchte, E) Transpiration, F) stomatare Leitfähigkeit.

Aus den durch Gaswechselformung ermittelten Daten soll zusammen mit der Tritiumkonzentration in der Atmosphäre die theoretische OBT-Menge in den Früchten berechnet und mit den gemessenen Werten aus den Translokationsversuchen verglichen werden.

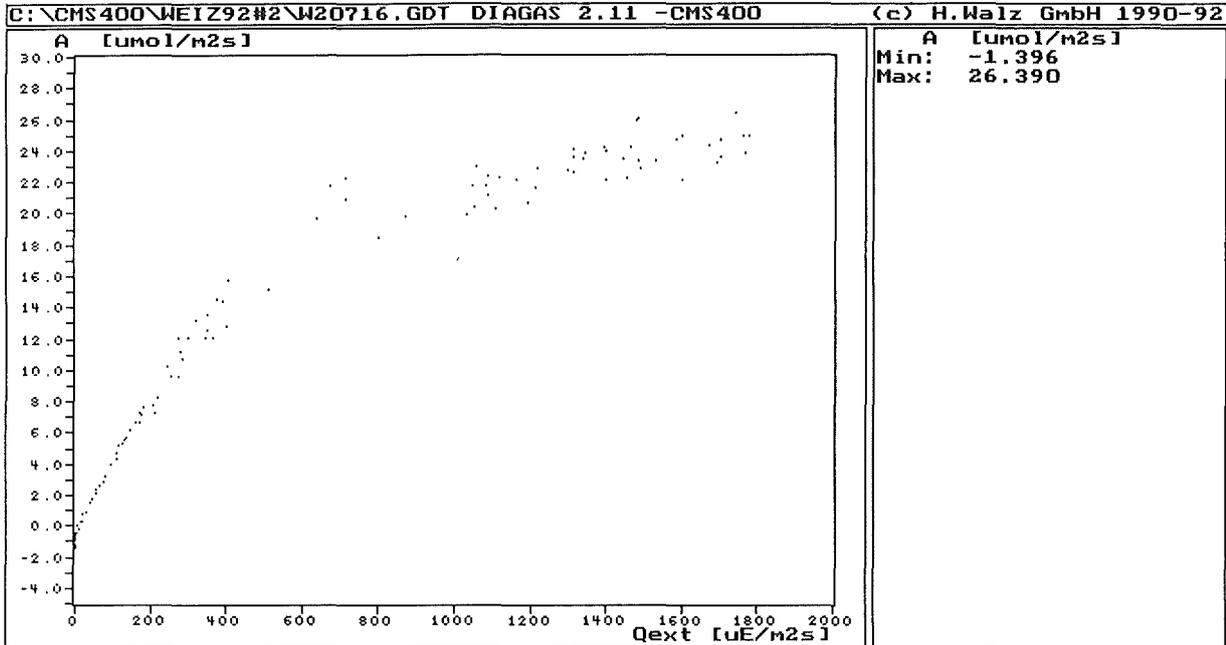


Abb.7/4: Abhängigkeit der Netto-Assimilation von der Einstrahlung aus Gaswechselformungen an einem Weizenblatt am 16.7.1992.

7.4 Untersuchung des Boden-Pflanzentransfers biologisch wirksamer Schadstoffe

H. Schüttelkopf, J. Brand, G. Hefner, J. Hiller, E. Pel, M. Schönsiegel, Th. Sollich, W. Wünschel

7.4.1 Elektrofilterstäube der Müllverbrennung

Die seit mehreren Jahren laufenden Lysimeterexperimente wurden im April 1992 abgebrochen. Die verbleibenden Proben zum Boden-Pflanzen-Transfer von Schwermetallen aus Elektrofilterstäuben, aus gewaschenen Elektrofilterstäuben und aus Schlacken der Müllverbrennung werden zur Zeit ausgewertet. Die Analysen und die Publikationen der Ergebnisse werden in Kürze abgeschlossen sein.

Wesentliche Ergebnisse sind der sehr hohe Transfer von Zn, Cd, Cu und Pb aus nicht gewaschenen Elektrofilterstäuben in viele Nutzpflanzen. Eine große Zahl von Transferfaktoren für Nutzpflanzen wurde bestimmt. Der Transfer der Schwermetalle aus gewaschenen Elektrofilterstäuben ist vernachlässigbar klein. Die stark reduzierende Wirkung auf die Aufnahme von Schwermetallen durch höhere Ton- und Humusgehalte wurde bestätigt.

Zur Ergänzung und zum Abschluß der bisherigen Messungen werden Experimente mit Schlacken, gepulverten Schlacken und naß getemperten Schlacken vorbereitet. Sie sollen die Situation der als Baumaterial bzw. Straßenuntergrund genutzten Materialien jetzt und in 100 bis 150 Jahren simulieren.

7.4.2 Iod-Experimente

In den letzten sechs Jahren wurde in der Arbeitsgruppe das Verhalten von Iod im System Boden-Pflanzen-Luft systematisch untersucht und im Berichtszeitraum abgeschlossen.

Eine große Zahl von Transferfaktoren für Iod in Weidebewuchs wurde auf verschiedenen Böden, bei verschiedenem Grundwasserstand und bei unterschiedlichen Umweltbedingungen gemessen. Eine massive Anhebung der Transferfaktoren nach der Simulation der Schneeschmelze wurde erstmals beobachtet. Für viele landwirtschaftliche Nutzpflanzen wurden Transferfaktoren gemessen. Iod erwies sich für Pflanzen als hochtoxischer Stoff. So werden bei Keimversuchen fast alle Pflanzen bei Bodenkonzentrationen $> 10 \mu\text{g/g}$ abgetötet. Eine Ausnahme bildet Knoblauch. Die hohen Iodgehalte in der Literatur zu Knoblauch und Wein sind falsch. Die Werte bei Knoblauch sind etwas höher als bei anderen Pflanzen, die Werte in Wein liegen zwischen 2 und $20 \mu\text{g/l}$. Der Transport von Iod in tiefere Bodenschichten ist sehr langsam; der ausgewaschene Anteil liegt im Bereich von unter einem Prozent in mehreren Jahren. Die Pflanzen atmen im Boden vorhandenes Iod aus, und zwar in viel höherem Maße als der Boden selbst Iod exhaliert. Eine Anhebung der Iodgehalte im Boden führt zu einer Anhebung der Exhalation. Die Anteile von elementarem Iod, Iodid, Alkyljodid und aromatischem Iod in Böden wurden gemessen.

7.4.3 Der Transfer Boden-Bodenwasser

Umfangreiche Untersuchungen zur Festlegung der Bedingungen der Isotopenverdünnungsanalyse für die Bestimmung des mobilen Schwermetallanteils im Boden wurden durchgeführt. Ziel war die Optimierung der Arbeitsbedingungen, so daß diese Methodik für eine große Zahl von Metallen angewendet werden kann. Nach Chrom und Cadmium im vergangenen Jahr wurden 1992 im besonderen Maße die Messung des mobilen Anteils von Zink und Blei untersucht. Für Blei wurde eine spezielle radiochemische Methodik zur Gewinnung des Radiotracers Pb-212 erarbeitet und auf acht schwermetallkontaminierte und nichtkontaminierte Böden angewandt.

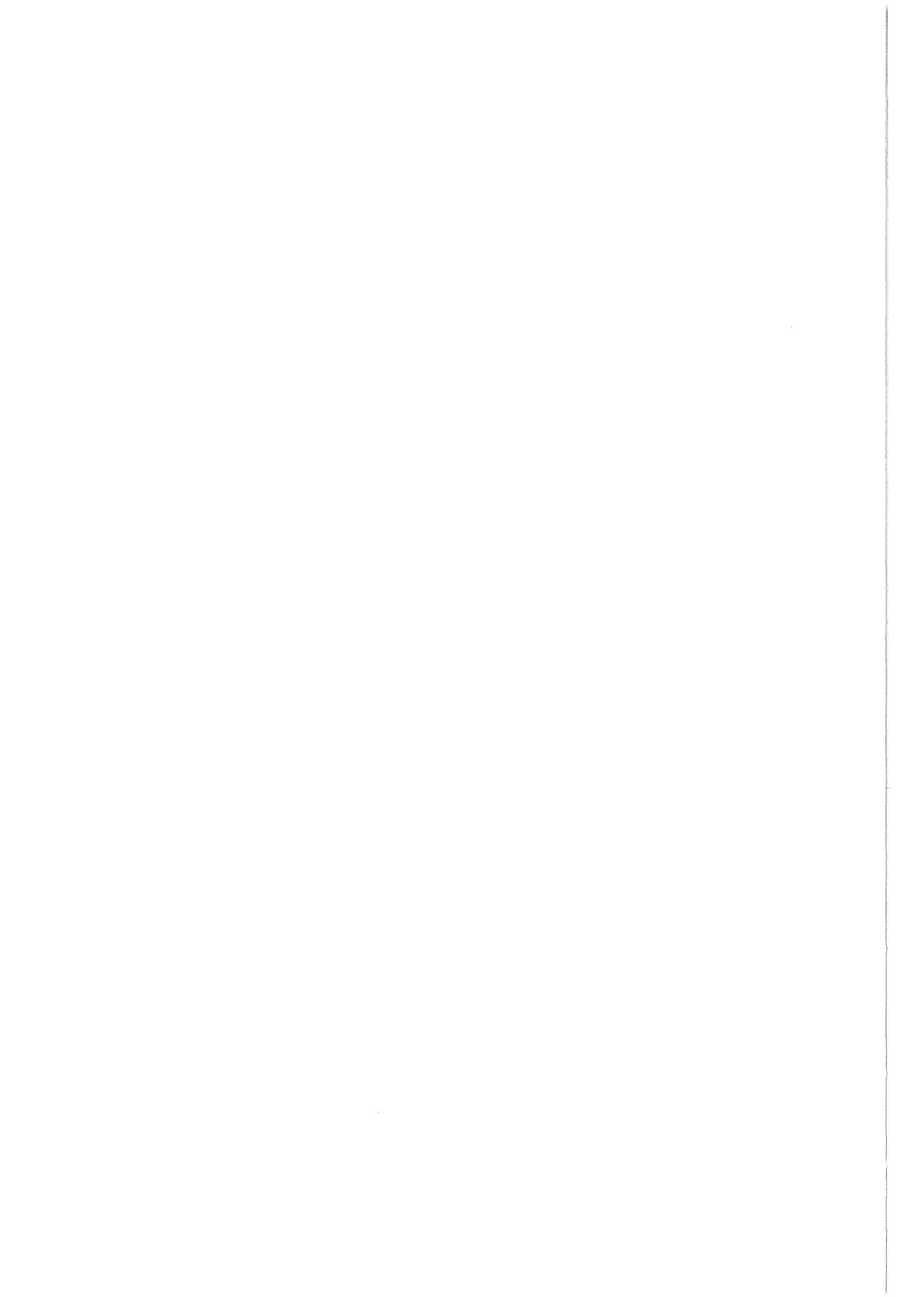
Zur Bewertung der Böden wurden Standardmethoden wie die Messung der Ionenaustauschkapazität, des pH-Wertes, des Humus- und des Tonanteils als Labormethoden eingeführt.

7.4.4 Sanfte Bodendekontamination

1992 wurden Arbeiten zur schonenden Dekontamination von Böden begonnen. Vier mit Schwermetallen kontaminierte Böden wurden beschafft. 31 Lysimeter und der Boden für mehrere hundert Topfexperimente wurden in das KfK gebracht.

Der Einsatz von Ionenaustauschern zur Reduktion der Schwermetallkonzentration in Pflanzen wurde bereits untersucht, hat aber die Nachteile, daß die Konzentrationen der Ionenaustauscher sehr hoch sind und nach angemessener Zeit eine Wiederfreisetzung des Schwermetalles erfolgt. Ziel unserer Arbeiten ist es, einen Ionenaustauscher einzusetzen, der aus dem Boden wieder entnehmbar ist, regeneriert und danach wieder in den Boden gebracht werden kann. Für die Ionenaustauscher-Experimente wurde die Konzentration des Ionenaustauschers im Boden, der Typus des Ionenaustauschers, die Kationen im Austauscher und die Art der Böden in Topf- und Lysimeterexperimenten variiert. Umfangreiche Laboruntersuchungen haben die bisherigen Arbeiten begleitet. Eine Methodik zur Trennung von Ionenaustauschern und Boden für die notwendigen Analysen wurde erarbeitet.

Der Einsatz von schwermetallanreichernden Pflanzen für die Bodendekontamination im Konzentrationsbereich zwischen den für die Landwirtschaft empfohlenen maximalen Bodenkonzentrationen und dem Bereich, in dem Pflanzen nicht mehr leben können, soll in den nächsten drei Jahren untersucht werden. Nach einer ersten Literaturrecherche wurden in diesem Jahr mit der Unterstützung verschiedener botanischer Gärten 28 verschiedene Pflanzen auf mit Schwermetallen kontaminierten Böden aufgezogen. Nur wenige der Pflanzen haben die Aufzucht nicht verkraftet. Ein Teil der in diesem Jahr untersuchten Pflanzen ist für die Ziele dieser Arbeiten zu klein. Ein anderer Teil ist für Erntemaschinen ungeeignet gebaut. Mit den Pflanzen, die die höchsten Transfers erreichen werden und weiteren Pflanzen, die aus einer sehr viel umfangreicheren Literaturrecherche hervorgehen, werden die Experimente im nächsten Jahr fortgesetzt.



8 Veröffentlichungen

8.1 Veröffentlichungen, die gedruckt vorliegen

- [1] ANDERER, U.; Untersuchungen zur Zellproliferation in Sphaeroiden: Analyse von cAMP und Zyklusverteilung im Zusammenhang mit der Zellkommunikation. KfK-5083 (Oktober 92), Dissertation, Universität Heidelberg 1992
- [2] AVENHAUS, R.; SPANNAGEL, G.; Analysis of accountancy data of the tritium laboratory Karlsruhe. Proc. of the 4th Topical Meeting on Tritium Technology in Fission, Fusion and Isotopic Applications, Albuquerque, N.M., USA, September 29 - October 4, 1991; Part 2, Fusion Technology, 21 (1992) S. 471-76
- [3] BERGER, H.-U.; Transport radioaktiver Stoffe auf öffentlichen Strassen unter Berücksichtigung der dem KfK erteilten Genehmigungen. KfK-5085 (Oktober 92)
- [4] BOGOEVA, L.; MISHEV, I.; RADICHEVA, M.; PIMPL, M.; Plutonium in soils and plants around the IRT-2000 research reactor in SOFIA. Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry, Letters, 165 (1992) S. 145-57
- [5] BURGESS, P. H.; MARSHALL, T. O.; PIESCH, E.; The design of ionisation chambers for the measurement of weakly penetrating radiations. Proc. of a Workshop on Skin Dosimetry - Radiological Protection Aspects of Skin Irradiation, Dublin, IRL, May 13-15, 1991; Radiation Protection Dosimetry, 39 (1991) S. 157-60
- [6] BURGKHARDT, B.; PIESCH, E.; AL-JARALLAH, M.I.; Neutron dose equivalent rate meter on the basis of the single sphere albedo technique. Proc. of the 7th Symp. on Neutron Dosimetry, Berlin, October 14-18, 1991; Radiation Protection Dosimetry, 44 (1992) S. 179-81
- [7] BURGKHARDT, B.; PIESCH, E.; UGI, S.; YAMADA, J.; MAWATARI, Y.; Gerät zur Messung von Strahlendosen mit Fluoreszenzglasdosimetern. DE-PS 58 902 010 (12.8.1992)
- [8] BURGKHARDT, B.; RÖBER, H. G.; YASUHI, M.; TORU, I.; MATOYUKI, S.; Fluoreszenzglasdosimeter. DE-PS 38 70 849 (6.5.1992)
- [9] DERTINGER, H.; DIABATE, S.; STRACK, S.; Radioökologie und Radiobiologie. Fiege, A. [Hrsg.] Tritium. KfK-5055 (Juli 92) S. 115-61
- [10] DIABATE, S.; STRACK, S.; Studies on translocation of tritiated assimilates into potatoes and wheat grains. Proc. of the Internat. Symp. on Radioecology - Chemical Speciation - Hot Particles, Znojmo, CS, October 12-16, 1992; Luxembourg: Commission of the European Communities, 1992
- [11] DIABATE, S.; STRACK, S.; Tritium behavior in biological systems and application of current knowledge to dose calculation models. Fusion Technology, 22 (1992) S. 278-80
- [12] DILGER, H.; WICKE, A.; Strahlenschutz. Fiege, A. [Hrsg.] Tritium. KfK-5055 (Juli 92) S. 189-200

- [13] DOERSCHEL, B.; BURGKHARDT, B.; KUNZMANN, S.; LEWITZ, J.; PIESCH, E.; SEIFERT, H.; STREUBEL, G.; Detection of radon and radon daughters by means of an electret ionization chamber combined with solid state nuclear track detectors. 8th World Congress of the International Radiation Protection Association, Montreal, CDN, May 17-22, 1992; Proc. Vol. 1 S.1607-19. Montreal: Internat. Radiation Protection Association, 1992
- [14] GOLDBACH, S.; SCHÜTTELKOPF, H.; Der Transfer von Chrom und Cadmium vom Boden in das Bodenwasser und die Messung der austauschfähigen Metallanteile in verschiedenen Böden. KfK-4955 (Februar 92)
- [15] HÜBSCHMANN, W.; PAPADOPOULOS, D.; BÄR, M.; HONCU, S.; WOLGA 2.1. Ein FORTRAN-77-Programm zur Berechnung der kurzzeitigen Submersions-Dosisleistung durch die Gammastrahlung aus einer radioaktiven Abluffahne. KfK-4749 (August 92)
- [16] KIEFER, H.; KOELZER, W.; Strahlen und Strahlenschutz. Vom verantwortungsbewußten Umgang mit dem Unsichtbaren. Berlin [u.a.]: Springer 1986. Zweite erweiterte und aktualisierte Auflage, März 1987; 3. Aufl., unter Berücks.d.neuen ICRP-Daten, 1992
- [17] KIRCHHOFF, J.; BRAND, J.; SCHÜTTELKOPF, H.; Die Messung des chemisch mobilen Bleianteiles im Boden durch Isotopenverdünnungsanalyse. KfK-5117 (Dezember 92)
- [18] KOELZER, W.; Natürliche und künstliche Radionuklide - Entdeckung, Vorkommen, Strahlendosis. Radioaktivität: Risiko, Sicherheit, 2. veränd. u. aktualis. Aufl. Karlsruhe: KfK, 1991. - S. 3-12
- [19] KOELZER, W.; Der Reaktorunfall in Tschernobyl und seine Auswirkungen in der Bundesrepublik Deutschland. Radioaktivität: Risiko, Sicherheit, 2. veränd. u. aktualis. Aufl. Karlsruhe: KfK, 1991. - S. 62-70
- [20] KOELZER, W.; Monitoring for intakes of radionuclides - methods and monitoring programmes. El-Naggar, A. M. [Hrsg.] Course on Medical Aspects of Nuclear and Radiation Accidents, Cairo, ET, April 11-16, 1992; Proc. Jülich: Forschungszentrum Jülich, 1992 S. 139-96 (Bilateral Seminars of the International Bureau ; 11)
- [21] KOELZER, W.; [Hrsg.] Jahresbericht 1991 der Hauptabteilung Sicherheit. KfK-5030 (April 92)
- [22] PIESCH, E.; BURGKHARDT, B.; Thermoluminescence and personnel dosimetry: potentials and limits. Ispra Course Techniques and Management of Thermoluminescence Dosimetry, Ispra, I, October 19-23, 1992
- [23] PIESCH, E.; BURGKHARDT, 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; Radiation Protection Dosimetry, 39 (1991) S. 187-90
- [24] PIESCH, E.; BURGKHARDT, B.; VILGIS, M.; Properties of personnel neutron doseimeters on the basis of intercomparison results. Proc. of the 7th Symp. on Neutron Dosimetry, Berlin, October 14-18, 1991; Radiation Protection Dosimetry, 44 (1992) S. 267-71

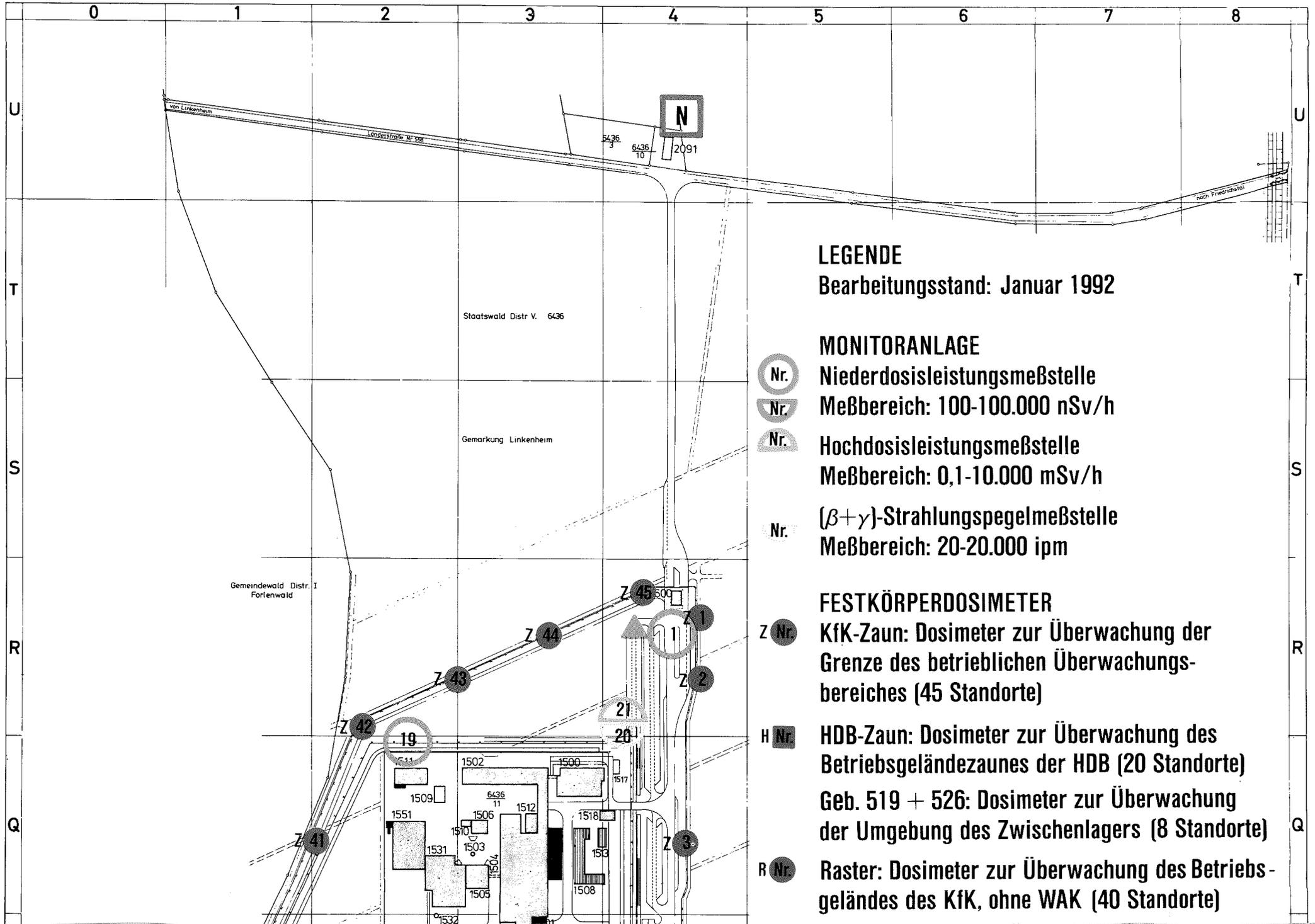
- [25] PIESCH, E.; BURGKHARDT, B.; VILGIS, M.; Measurement of low photon exposures using a full automatic phosphate glass dosimetry system with UV laser excitation. 8th World Congress of the International Radiation Protection Association, Montreal, CDN, May 17-22, 1992; Proc. Vol. 1 S. 116-19 Montreal : Internat. Radiation Protection Association, 1992
- [26] PIESCH, E.; VILGIS, M.; EURADOS-CENDOS joint irradiation 1990: results from the Karlsruhe nuclear research centre. Alberts, W. G. [Hrsg.] Investigation of Individual Neutron Monitors on the Basis of Etched-track Detectors: The 1990 EURADOS-CENDOS Exercise. PTB-N-10 (May 92) S. 2/66-2/73
- [27] 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, HI, USA, April 21-27, 1991; Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry, Articles, 161 (1992) S. 429-36
- [28] 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, HI, USA, April 21-27, 1991; Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry, Articles, 161 (1992) S. 437-41
- [29] RASKOB, W.; EHRHARDT, J.; WICKE, A.; Abschätzung der radiologischen Auswirkungen von Tritiumfreisetzungen auf die Bevölkerung. Fiege, A. [Hrsg.] Tritium. KfK-5055 (Juli 92) S. 162-88
- [30] SCHIEFERDECKER, H.; HENRICHS, K.; KOELZER, W.; Richtwerte für Hautkontamination und Dekontamination. Maßnahmen nach Kontamination der Haut mit radioaktiven Stoffen Stuttgart [u. a.] : Fischer, 1992 S. 107-20 (Veröffentlichungen der Strahlenschutzkommission ; 18)
- [31] SPANNAGEL, G.; GIERSZEWSKI, P.; Dynamic tritium inventory of a NET/ITER fuel cycle with lithium salt solution blanket. Proc. of the 2nd Internat. Symp. on Fusion Nuclear Technology, Karlsruhe, June 2-7, 1991; Part B Fusion Engineering and Design, 17 (1991) S. 271-77
- [32] VOLKMER, M. [Autor]; KOELZER, W.; ELVERS, H.; ERNST, J.; LINKE, T.; SOENKSEN, D.; STOLBERG, H. [Mitarb.]; Radioaktivität und Strahlenschutz. Hamburg: Hamburgische Electricitäts-Werke, 1991
- [33] WEIBEZAHN, K. F.; Biologische Grundlagen des Strahlenschutzes. Atomwirtschaft-Atomtechnik, 37 (1992) S. 78-84

8.2 Vorträge, die noch nicht gedruckt vorliegen

- [34] AMBROSI, P.; NEUHAUS, R.; PIESCH, E.; First experience with pattern approvals of dosimetry systems in Germany. 10th Internat. Conf. on Solid State Dosimetry, Washington, D. C., USA, July 13-17, 1992
- [35] AVENHAUS, R.; SPANNAGEL, G.; Tritium accountancy under recycling conditions. 17th Internat. Symp. on Fusion Technology (SOFT), Roma, I, September 14-18, 1992

- [36] BUDZANOWSKI, M.; BILSKI, P.; OLKO, P.; NIEWIADOMSKI, T.; BURGKHARDT, B.; PIESCH, E. New TL detectors for personal neutron dosimetry. 10th Internat. Conf. on Solid State Dosimetry, Washington, D. C., USA, July 13-17, 1992
- [37] BURGKHARDT, B.; PIESCH, E.; VILGIS, M.; Uncertainty of measurement and lower detection limit of track etched detector systems: experimental verification and consequences for intercomparison experiments. 10th Internat. Conf. on Solid State Dosimetry, Washington, D. C., USA, July 13-17, 1992
- [38] BURGKHARDT, B.; TEICHMANN, C.; Field calibration of albedo neutron dosimeters using a single sphere counter. 24th Internat. Symp. Radiation Protection Physics, Gaussig, April 6-10, 1992
- [39] DERTINGER, H.; SCHIMMELPFENG, J.; NOSZVAI-NAGY, M.; KNEDLITSCHKEK, G. Wirkung nieder- und mittelfrequenter elektromagnetischer Felder auf die Signaltransduktion und die Proliferation von Zellen in vitro. 2. Workshop Molekulare Strahlenbiologie, GSF, München-Neuherberg, 11.-14. Mai 1992
- [40] DILGER, H.; Raumluftüberwachung von Actiniden, speziell Thorium. Seminar 'Thorium, Probleme der Inkorporationsüberwachung', Scheyern, 12.-13. Oktober 1992
- [41] LANGGUTH, K.G.; PAPADOPOULOS, D.; WINTER, M.; Radioactive liquid effluent monitoring at the Karlsruhe Nuclear Research Center and estimation of the resulting radiation exposure. Seminar Umweltauswirkungen kerntechnischer Anlagen, Fribourg, CH, 15.-17. September 1992
- [42] NOSZVAI-NAGY, M.; SCHIMMELPFENG, J.; DERTINGER, H.; KNEDLITSCHKEK, G.; The effects of alternating electric currents and magnetic fields upon cyclic AMP and proliferation of cultured tumour cells. 20th National Cancer Congress of the German Cancer Society, Berlin, 16-20 March 1992 Abstracts of Lectures and Posters Journal of Cancer Research and Clinical Oncology, Suppl. to Vol. 118 (1992) S. R8 (Abstract)
- [43] PIESCH, E.; Photoluminescence dosimetry. Training Course on Modern Methods in Radiation Measurement and Dosimetry, Bad Honnef, November 23-27, 1992
- [44] PIESCH, E.; BURGKHARDT, B.; UGI, S.; The Karlsruhe TLD service for Albedo neutron dosimetry. Ispra Course Techniques and Management of Thermoluminescence Dosimetry, Ispra, I, October 19-23, 1992
- [45] PIESCH, E.; BURGKHARDT, B.; VILGIS, M.; Developments in phosphate glass dosimetry for routine monitoring. IAEA Research Coordination Meeting Intecomparison for Individual Monitoring, Wien, A, February 3-7, 1992
- [46] PIESCH, E.; BURGKHARDT, B.; VILGIS, M.; Progress in phosphate glass dosimetry: experiences and routine monitoring with a modern dosimetry system. 10th Internat. Conf. on Solid State Dosimetry, Washington, D. C., USA, July 13-17, 1992
- [47] PIESCH, E.; BURKHARDT, B.; VILGIS, M.; IAEA intercomparison 1990/91 for individual monitoring: evaluation procedure and discussion of the results for the photoluminescent glass dosimetry system. IAEA Research Coordination Meeting Intecomparison for Individual Monitoring, Wien, A, February 3-7, 1992

- [48] SCHIMMELPFENG, J.; DERTINGER, H.; The action of 50Hz magnetic fields and electric currents upon proliferation of cultured mammalian cells. 1st Congress of the European Bioelectromagnetics Association, Brüssel, 23.-25. Januar 1992
- [49] STEIN, J. C.; KNEDLITSCHKEK, G.; WEIBEZAHN, K.F.; DERTIGNER, H.; Change of cell cycle distribution and intercellular communication induced by retinoic acid. Herbsttagung der Gesellschaft für Biologische Chemie, Rostock, 24.-26. September 1992
- [50] STEIN, J. C.; WEIBEZAHN, K. F.; DERTINGER, H.; The influence of retinoic acid upon cell proliferation and intercellular communication in monolayers and multicellular spheroids of a human amnionic cell line. Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Zellbiologie, Konstanz, 16.-20. März 1992
- [51] STEIN, J. C.; WEIBEZAHN, K. F.; DERTINGER, H.; Retinoic acid induces DNA-synthesis in quiescent spheroid cells. 20th National Cancer Congress of the German Cancer Society, Berlin, 16-20 March 1992 Abstracts of Lectures and Posters Journal of Cancer Research and Clinical Oncology, Suppl. to Vol. 118 (1992) S. R55 (Abstract)
- [52] URBAN, M.; Ergebnisse von Untersuchungen zur Strahlenexposition durch Radon und Zerfallsprodukte in den alten Bundesländern. 2. Biophysikalische Arbeitstagung, Schlema, 11.-13. September 1991
- [53] WICKE, A.; Radonverfügbarkeit im Boden, Transportprozesse und Eintrittspfade in Häuser. Friedrichshagener Fachgespräch '92, Berlin, 25.-26. November 1992
- [54] WICKE, A.; WINTER, M.; Radioactive emissions with the exhaust air of the Karlsruhe nuclear research center and their impact on the environment. Seminar Umweltauswirkungen kerntechnischer Anlagen, Fribourg, CH, 15.-17. September 1992



LEGENDE

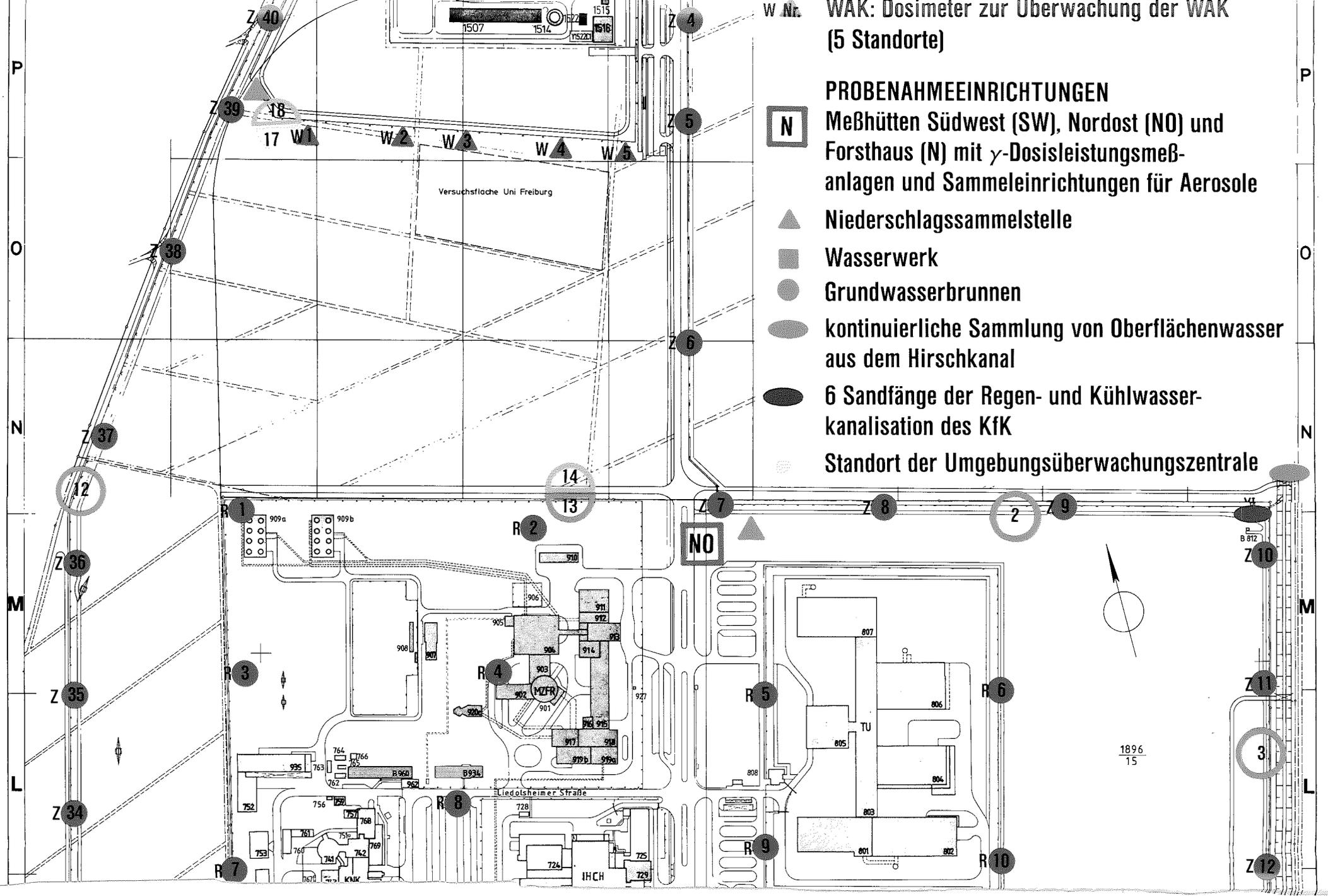
Bearbeitungsstand: Januar 1992

MONITORANLAGE

-  Nr. Niederdosisleistungsmeßstelle
Meßbereich: 100-100.000 nSv/h
-  Nr. Hochdosisleistungsmeßstelle
Meßbereich: 0,1-10.000 mSv/h
-  Nr. $(\beta + \gamma)$ -Strahlungspegelmeßstelle
Meßbereich: 20-20.000 ipm

FESTKÖRPERDOSIMETER

-  Z Nr. KfK-Zaun: Dosimeter zur Überwachung der Grenze des betrieblichen Überwachungsbereiches (45 Standorte)
-  H Nr. HDB-Zaun: Dosimeter zur Überwachung des Betriebsgeländezaunes der HDB (20 Standorte)
-  G Nr. Geb. 519 + 526: Dosimeter zur Überwachung der Umgebung des Zwischenlagers (8 Standorte)
-  R Nr. Raster: Dosimeter zur Überwachung des Betriebsgeländes des KfK, ohne WAK (40 Standorte)

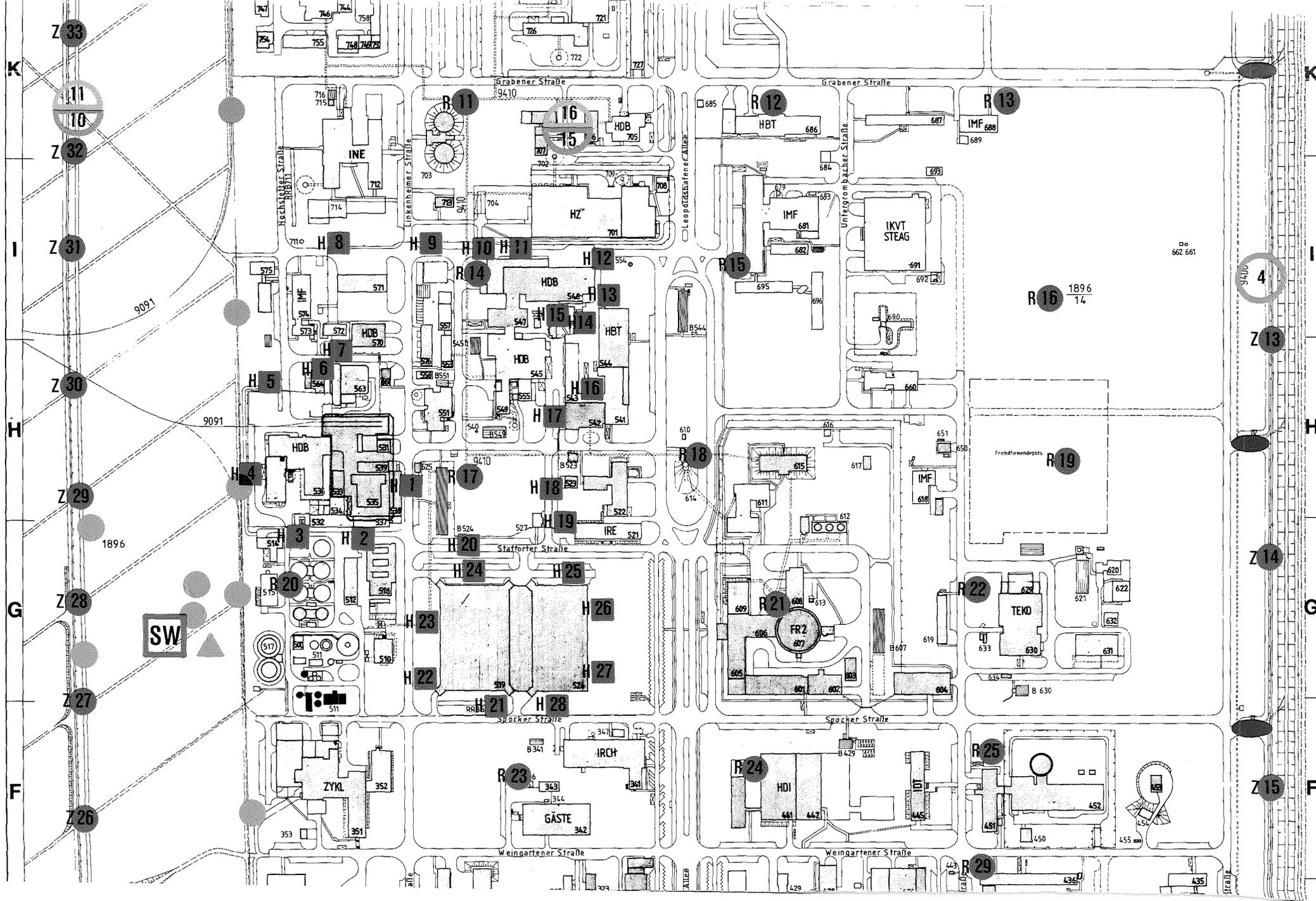


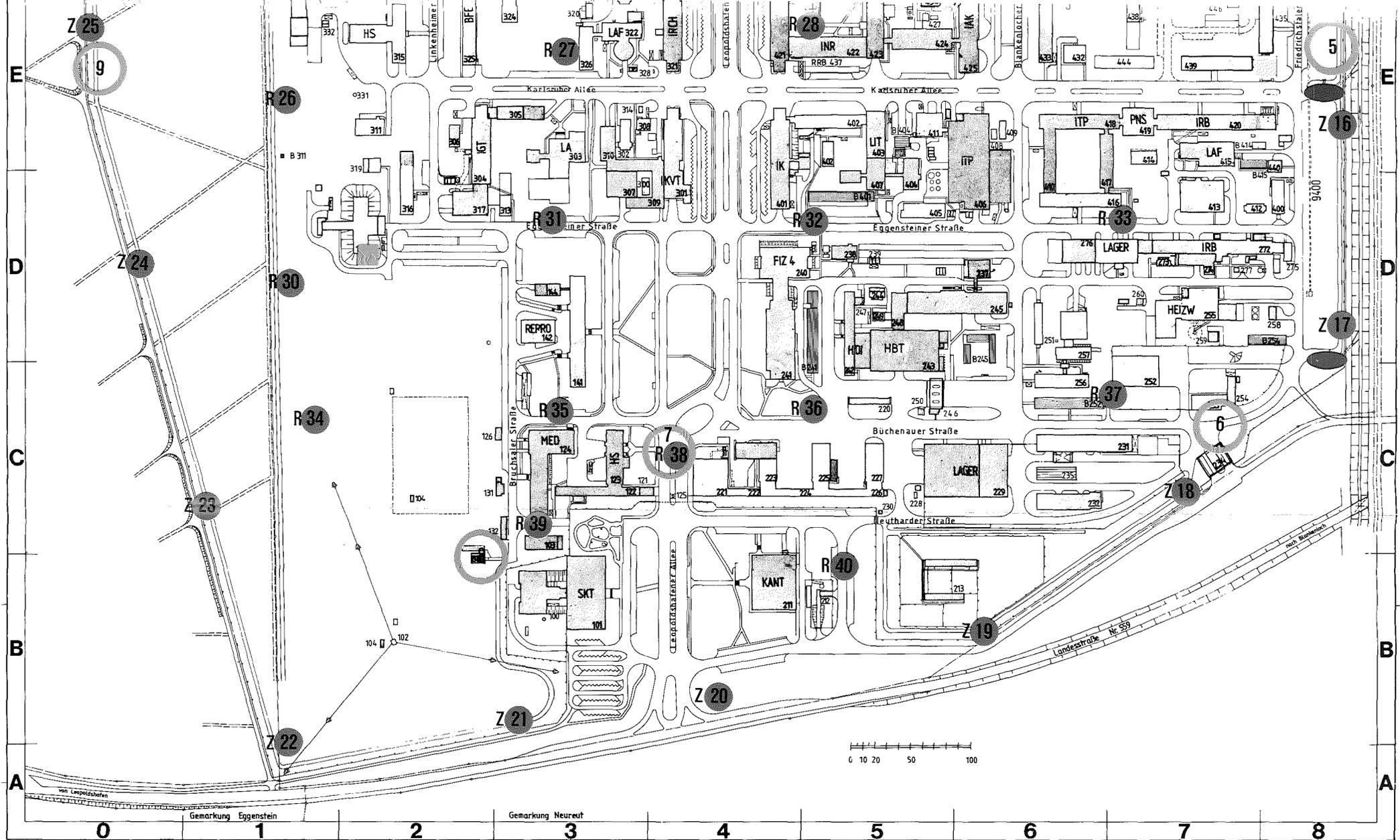
WAK: Dosimeter zur Überwachung der WAK
(5 Standorte)

- PROBENAHMEEINRICHTUNGEN**
- N** 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

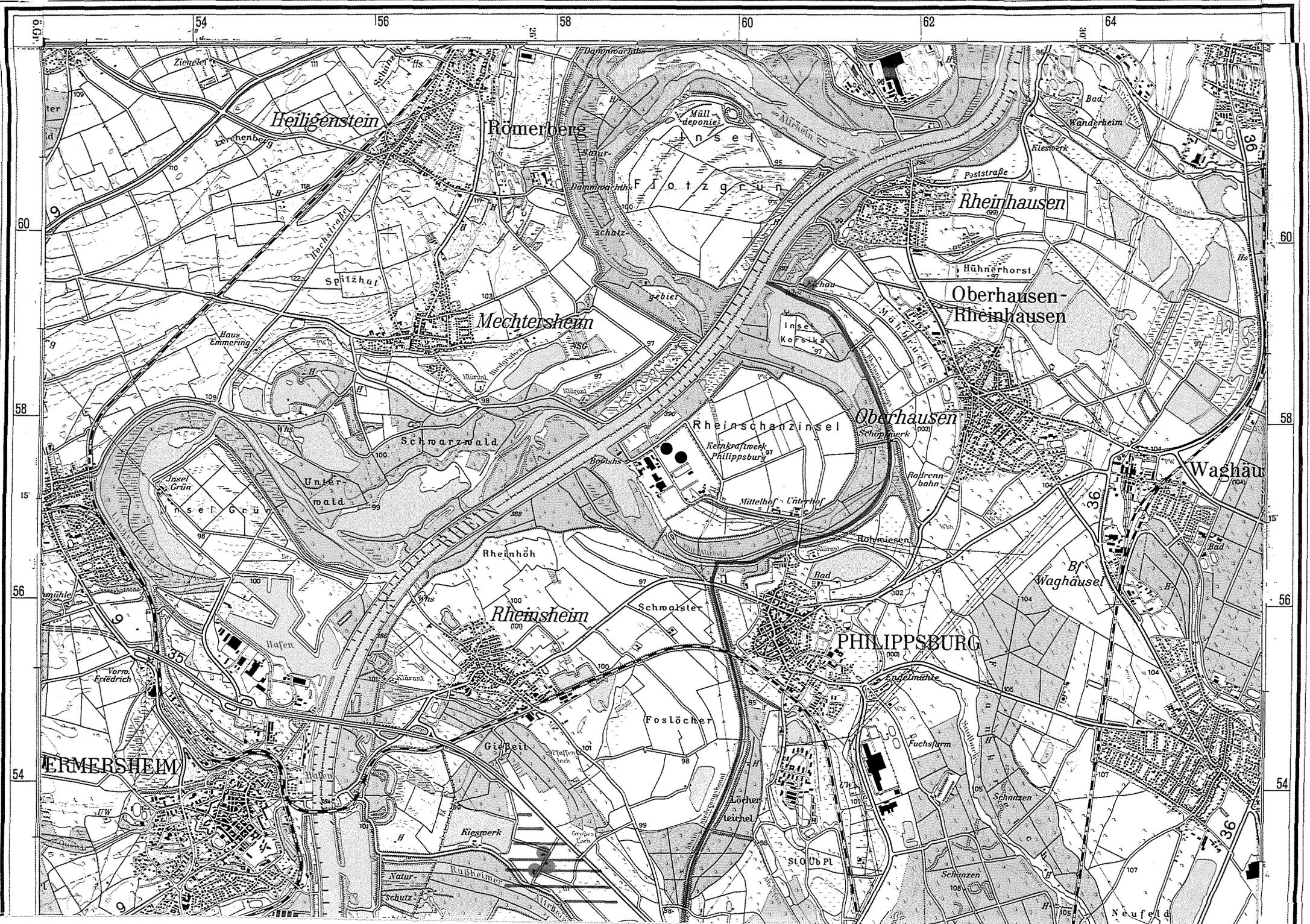


1896
15





Lageplan Nr. 2: Meßstellen und Probenahmeeinrichtungen innerhalb des betrieblichen Überwachungsbereiches des Kernforschungszentrums Karlsruhe



54 56 58 60 62 64

Heiligenstein

Römerberg

Rheinhausen

Mecktersheim

Oberhausen-Rheinhausen

Schwarzwald

Rheinschanzinsel

Oberhausen

Waghäusel

Rheinsheim

PHILIPPSBURG

Bf. Waghäusel

EMMERSHEIM

Gießerei

Foslöcher

Fuchsturm

Neufeld



5452

49° 19'

5450

48

46

44

5452

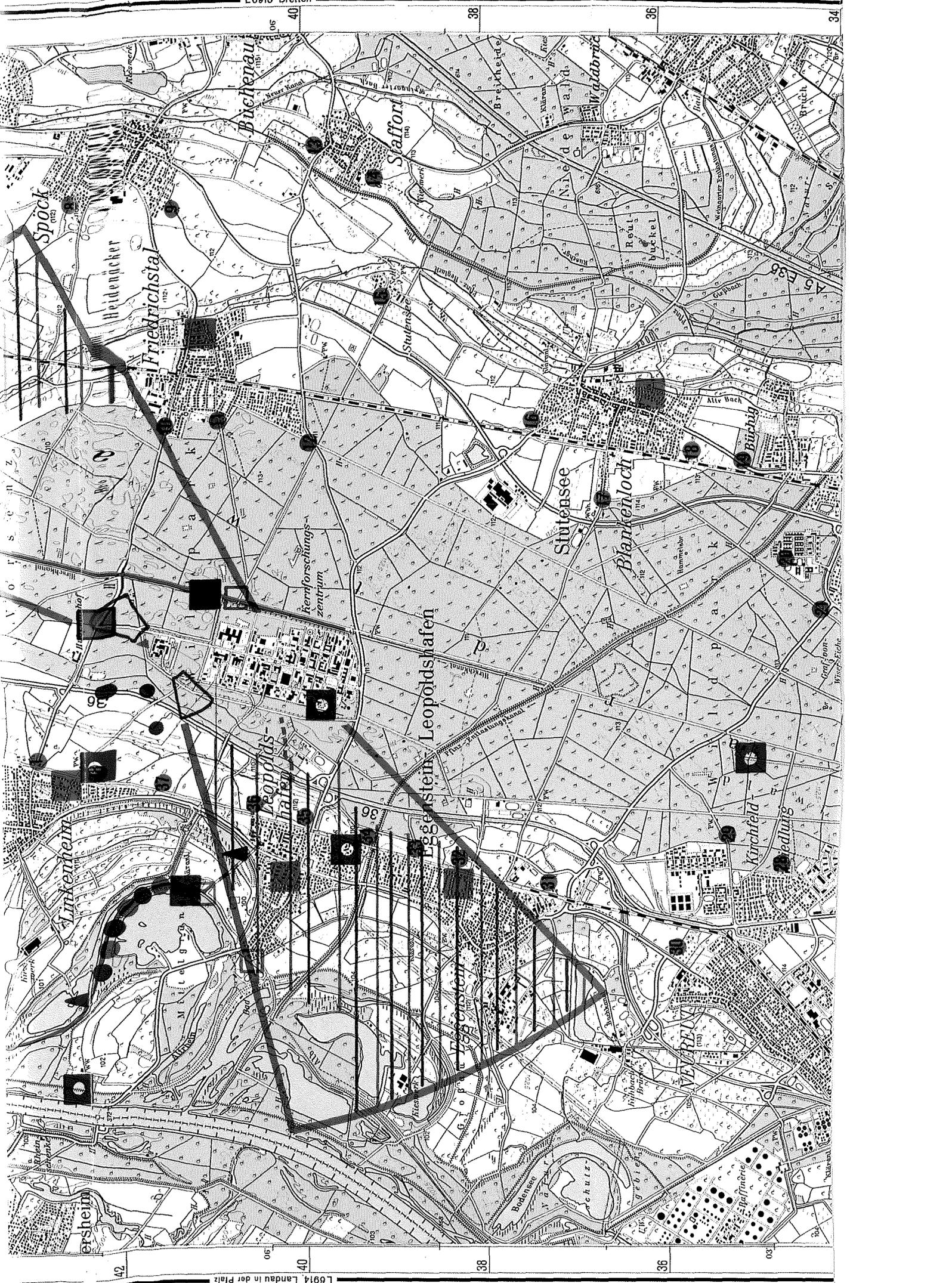
49° 19'

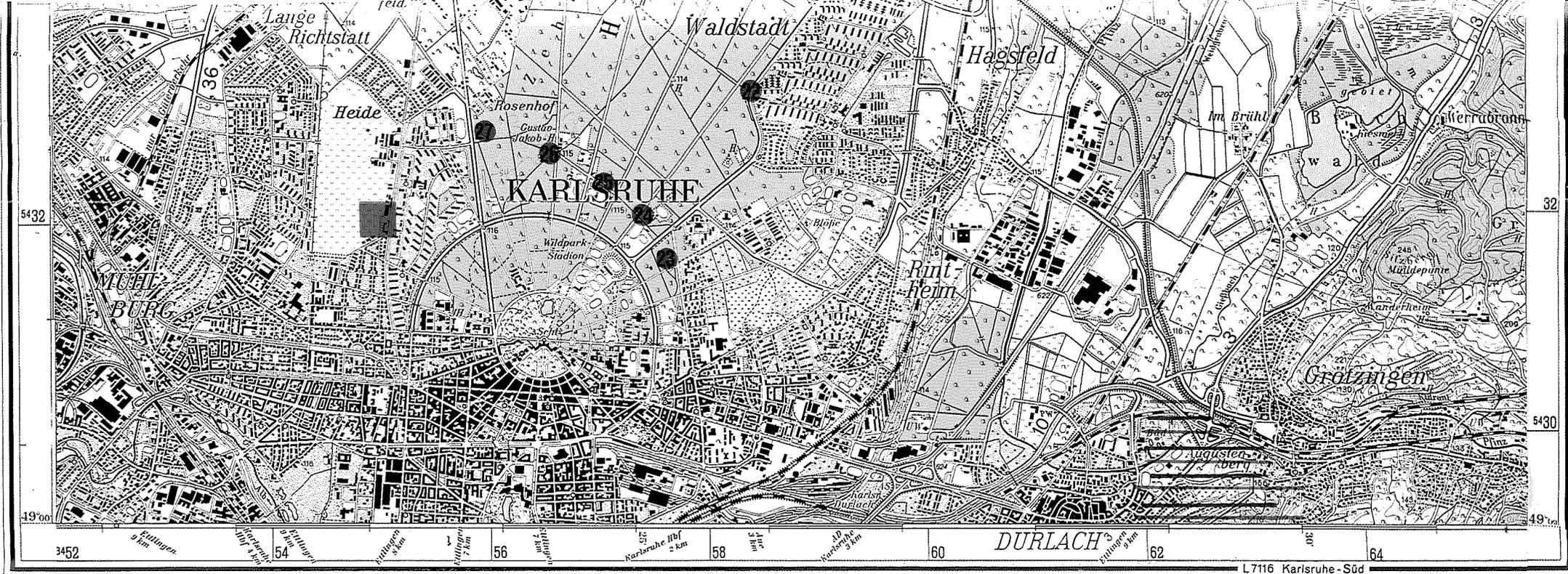
5450

48

46

44





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 | | | | Hauptausbreitungs-sektoren |
| | | | kontinuierliche Probennahme von Oberflächenwasser | | | | | | |

Lageplan Nr. 1 der Meß- und Probennahmestellen zur Umgebungsüberwachung des Kernforschungszentrums Karlsruhe