

KfK 2939
April 1980

Jahresbericht 1979 der Hauptabteilung Sicherheit

Redaktion: H. Kiefer, W. Koelzer, L. A. König
Hauptabteilung Sicherheit

Kernforschungszentrum Karlsruhe

KERNFORSCHUNGSZENTRUM KARLSRUHE

Hauptabteilung Sicherheit

KfK 2939

Jahresbericht 1979
der Hauptabteilung Sicherheit

Redaktion: H. Kiefer, W. Koelzer, L.A. König

An der Erarbeitung dieses Berichtes waren
alle Mitarbeiter der Hauptabteilung beteiligt

Kernforschungszentrum Karlsruhe GmbH., Karlsruhe

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

Kernforschungszentrum Karlsruhe GmbH
ISSN 0303-4003

Zusammenfassung

Der Sicherheitsbeauftragte bzw. der Sicherungsbeauftragte sind für die Gewährleistung des Strahlenschutzes und der technischen Sicherheit auf konventionellem und nuklearem Gebiet, für die Objektsicherung und die Sicherung der Kernmaterialien und radioaktiven Stoffe innerhalb der Kernforschungszentrums Karlsruhe GmbH. zuständig. Zur Durchführung dieser Aufgaben bedienen sie sich der Hauptabteilung Sicherheit.

Die Aufgabenstellung der Hauptabteilung umfaßt sowohl alle Strahlenschutz-, Sicherheits- und Sicherungsaufgaben für die Anlagen der KfK GmbH. und die Umgebungsüberwachung für das gesamte Kernforschungszentrum Karlsruhe als auch Forschungs- und Entwicklungsarbeiten, die überwiegend im Rahmen der Arbeitsschwerpunkte Nukleare Sicherheit und Kernmaterialüberwachung durchgeführt werden. Schwerpunkte der F+E-Arbeiten sind: Untersuchung der Ausbreitung nuklearer Schadstoff im Nah- und Fernbereich, Ermittlung der Folgen von großen Unfällen an Reaktoren unter probabilistischen Gesichtspunkten, Untersuchungen des physikalischen und chemischen Verhaltens biologisch besonders wirksamer Radionuklide in der Umwelt, Implementierung von Kernbrennstoff-Überwachungssystemen, Verbesserungen in der Strahlenschutzmeßtechnik.

Der vorliegende Bericht informiert über die einzelnen Aufgabengebiete, gibt die Ergebnisse der Routineaufgaben im Jahre 1979 wieder und berichtet über Untersuchungsergebnisse und Entwicklungen der verschiedenen Arbeitsgruppen der Hauptabteilung.

Safety Department, Annual Report 1979

Summary

The Safety Officer and the Security Officer, respectively, are responsible for radiation protection and technical safety, both conventional and nuclear, for the physical protection as well as the security of nuclear materials and radioactive substances within the Kernforschungszentrum Karlsruhe GmbH. (KfK). To fulfill these functions they rely on the assistance of the Safety Department.

The duties of this Department cover tasks relative to radiation protection, safety and security on behalf of the institutes and departments of KfK and environmental monitoring for the whole Karlsruhe Nuclear Research Center as well as research and development work, mainly performed under the Nuclear Safety Project and the Nuclear Safeguards Project. The centers of interest of r & d activities are: investigation of the atmospheric diffusion of nuclear pollutants on the micro- and meso-scales, evaluation of the radiological consequences of accidents in reactors under probabilistic aspects, studies of the physical and chemical behavior of radionuclides with particularly high biological effectiveness in the environment, implementation of nuclear fuel safeguarding systems, improvements in radiation protection measurement technology.

This report gives details of the different duties, indicates the results of 1979 routine tasks, and reports about results of investigations and developments of the working groups of the Department.

Inhaltsverzeichnis	Seite
1. Aufgabengebiete und Organisation der Hauptabteilung Sicherheit	1
2. Technisches Sicherheitsbüro	7
2.1 Sicherheitsingenieur - Strahlenschutz	8
2.1.1 Strahlenschutzsicherheit	8
2.1.2 Personendosiskartei	9
2.2 Beschäftigung von Fremdfirmenangehörigen nach § 20 a - Strahlenschutzverordnung	12
2.3 Durchführung der Röntgenverordnung	13
2.4 Sicherheitsingenieur - konventionelle Bereiche	13
2.4.1 Betriebsüberwachung	13
2.4.2 Arbeitsschutzausschuß	14
2.4.3 Durchführung von Fortbildungsmaßnahmen	14
2.4.4 Pflichtenübertragungen im Arbeitsschutz	14
2.4.5 Unfallgeschehen im Jahre 1979	15
2.4.6 Abnahme von Baustelleneinrichtungen	15
2.4.7 Arbeitsplatzüberwachung	17
2.4.8 Ausbildung für Führer von Flurförderzeugen nach VBG 12 a	17
2.4.9 Ausbildung für Kranführer und Anschläger nach VBG 9 und VBG 9a	17
2.5 Dokumentation	18
2.6 Einsatzplanung und Organisation	18
2.7 Elektronische Datenverarbeitung	19
2.7.1 Hardware	19
2.7.2 Software	19
2.7.3 Personendosisdatei	20
2.8 Meldestelle für Kernbrennstoffe	21
2.9 Entwicklung von Überwachungssystemen - Abzweigungsscenarios für den SNR 300	25
2.10 Neuere Ansätze zur internationalen Kernmaterialüberwachung in Wiederaufarbeitungsanlagen mit erweiterten Containment-Surveillance-Systemen	26
2.10.1 Vorbemerkungen	26
2.10.2 Das Konzept einer Überwachung mit CS-Maßnahmen	27
2.10.3 Modellkonzept für eine Wiederaufarbeitungsanlage	28
3. Sicherung	29
3.1 Objektsicherungsdienst	29
3.2 Ermittlungsdienst	30
3.3 Güterkontrolle	31
3.4 Verkehrsdienst	31
3.5 Ausweisbüro	40
4. Strahlenschutzüberwachung	41
4.1 Arbeitsplatzüberwachung	43
4.1.1 Personendosimetrie mit Taschenionisationskammern	43
4.1.2 Oberflächenkontaminationen	43
4.1.3 Raumluftkontaminationen	45

	Seite
4.2 Arbeitsplatzüberwachung in der Hauptabteilung Dekontaminationsbetriebe	45
4.3 Messungen im Strahlenschutzmeßlabor	56
4.4 Untersuchung der Aktivitätsverteilung auf fünf Korngrößenfraktionen des aktivitätstragenden Aerosols	58
5. Radioökologie	
5.1 Abluftüberwachung	60
5.2 Abwasserüberwachung	71
5.3 Umgebungsüberwachung	76
5.3.1 Das Überwachungsprogramm	76
5.3.2 Meßergebnisse des Routineprogrammes	79
5.3.3 Besondere Überwachungsmaßnahmen	92
5.4 Spektrometrie	95
5.5 Arbeiten der Gruppe Radiochemie	97
5.6 Radioökologische Forschungsarbeiten	100
5.6.1 Radioökologie von Plutonium - Die Pu-Kontamination der Sedimente im Altrhein	100
5.6.2 Radioökologie von Radium	103
5.6.3 Analytische Vorarbeiten zur Untersuchung des Verhaltens von Pb-210 in der Umwelt	104
5.6.4 Radiochemische Vorarbeiten zur Untersuchung des Verhaltens von Po-210 in der Umwelt	105
5.6.5 Zur Radioökologie des Tritiums	107
5.6.5.1 Die Tritiumkonzentration von Niederschlägen, Oberflächen-, Grund- und Trinkwasser	107
5.6.5.2 Die Tritiumkonzentration des Gewebewassers pflanzlicher Nahrungsmittel	113
5.6.6 Strahlenbelastung der Bevölkerung durch Radon- und Thoronfolgeprodukte in Wohnräumen	115
6. Dosimetrie	
6.1 Strahlenexposition der Mitarbeiter des KfK in den Jahren 1969 - 1978	119
6.1.1 Gesamtdosis	119
6.1.2 Dosisverteilung auf einzelne Arbeitsgebiete	120
6.1.3 Statistische Analyse	121
6.1.4 Inkorporationsüberwachung	123
6.2 Dosismessung	125
6.2.1 Personendosimetrie	125
6.2.2 Ortsdosimetrie	128
6.3 Photonendosimetrie	128
6.3.1 Automatisches Auswertegerät für Phosphatglasdosimeter	128
6.3.2 Meßfehler bei der Kalibrierung von TLD-Auswertegeräten mit Referenzlichtquellen	130
6.3.2.1 Reproduzierbarkeit der Referenzlichtmessung	130
6.3.2.2 Langzeittest mit Referenzlichtquellen	132
6.3.2.3 Temperaturabhängigkeit von Referenzlichtquellen	133
6.3.3 Gesamtmeßunsicherheit von TLD- und RPL-Systemen bei der Messung des natürlichen Strahlenpegels	134

6.3.4	Durchführung eines Euratom-Testprogrammes für Festkörperdosimeter zur Umgebungsüberwachung	138
6.3.5	Umfrageergebnis über Erfahrungen mit TLD- und RPL-Auswertegeräten	139
6.3.6	Test des Taschen-Dosismeß- und Warngerätes TDW 10/20	142
6.4	Neutronendosimetrie	144
6.4.1	Standardtechnik zur Kalibrierung von Albedodosimetern	144
6.4.2	Neutronenstreustrahlungsfeld an einem medizinischen Linearbeschleuniger	144
6.4.3	Die Einfachkugel-Albedotechnik zur Analyse von Neutronenstreustrahlungsfeldern	147
6.5	Kernspürätzdetektoren	149
6.5.1	Nachweis von α -Teilchen mit Polykarbonatdetektoren	149
6.5.2	Passives Radondosimeter mit einem Makrofol-Kernspurdetektor	151
6.5.3	Nachweis von Albedoneutronen mit (n, α)-Konverten	152
6.5.4	Kernspurdetektorkombination zum Nachweis, mittelschneller und schneller Neutronen	154
6.6	Inkorporationsmessung	155
6.6.1	Routine- und Sondermessungen	155
6.6.2	^{137}Cs -Erhebungsmessungen	157
6.6.3	Neukalibrierung des Ganzkörperzählers	158
6.6.4	Zur in-vivo-Messung von Plutonium	160
6.6.5	Zur in-vivo-Messung von Uran	163
6.6.6	Bestimmung der Plutoniuminkorporation bei einmaliger Inhalation aus Urinausscheidungsdaten	167
6.7	Strahlenschutzmeßgeräte	169
6.7.1	Aufgaben	169
6.7.2	Wartung und Reparatur	169
6.8	Kalibrierung	171
6.8.1	Routinekalibrierungen	171
6.8.2	Vergleichs- und Kalibrierprogramme	172
6.8.3	Amtliche Eichabfertigungsstelle	173
7.	Umweltmeteorologie	174
7.1	Meteorologische Messungen	174
7.1.1	Ausbreitungsstatistik	174
7.1.2	Andauer von Ausbreitungskategorien	174
7.1.3	Feldmessungen	177
7.1.4	Kondensator-Hygrometer	177
7.1.5	Weitergabe meteorologischer Daten	178
7.2	Meßwerterfassung und -verarbeitung	178
7.2.1	Meßwerterfassung	178
7.2.2	Registrierung der Windgeschwindigkeit	179
7.2.3	CALAS-Benutzerprogramme	180
7.3	Ausbreitungsversuche	181
7.3.1	Durchführung	181
7.3.2	Auswertung	182
7.3.2.1	Ausbreitungsparameter für Emissionshöhen von 160 m und 195 m	182
7.3.2.2	Ausbreitungsfaktoren für Emissionshöhe 160 m	183

	Seite	
7.4	Tetroonflüge	184
7.4.1	Durchführung	184
7.4.2	Auswertung	186
7.5	Kühlturmfahnen	187
7.5.1	Simulation von Kühlturmfahnen	187
7.5.2	Entwicklung einer mächtigen Kumulus-Wolke durch Kühlturmmissionen	188
7.5.3	Überlagerung von Kühlturm- und Abgasfahnen	189
7.6	Unfallfolgemodell der Deutschen Reaktor-Risikostudie	190
7.6.1	Stand der Arbeiten	190
7.6.2	Einfluß der Schätzunsicherheit	191
7.6.3	Von Gegenmaßnahmen betroffene Gebiete	192
7.7	Rechenprogramme	194
7.7.1	ABLUFT: Ein Rechenprogramm für den tabellarischen Überblick über die fiktiven Quellstärken	194
7.7.2	Geradenapproximation einer Verteilung im Wahrscheinlichkeitsnetz	194
7.8	Strahlenbelastung der Umgebung des Kernforschungszentrums Karlsruhe	196
7.8.1	Strahlenbelastung im Jahre 1979 aufgrund der mit der Abluft abgeleiteten Aktivität	196
7.8.2	Vorausgeschätzte Strahlenbelastung aufgrund des Abluftplanes 1980	199
7.8.3	Strahlenbelastung aufgrund der mit der Abluft der WAK im Jahre 1978 abgeleiteten Aktivität	208
7.8.4	Dosis am Zaun des KfK nach einem Zwischenfall im IRCh	208
7.9	Strahlenbelastung in der Umgebung der Universität Mainz durch den Betrieb des Reaktors TRIGA MARK II	209
8.	Bibliographie, Beratertätigkeit	210
8.1	Veröffentlichungen 1979	210
8.2	Primärberichte, unveröffentlicht	218
8.3	Beratertätigkeit	220

Verzeichnis der Abkürzungen

BFE	Bundesforschungsanstalt für Ernährung
BGA	Bundesgesundheitsamt
BMFT	Bundesministerium für Forschung und Technologie
BMI	Bundesministerium des Innern
CALAS	Computer Aided Laboratory Automatic System
DWD	Deutscher Wetterdienst
EKM	Einkauf und Materialwirtschaft
EKM/MW	Einkauf und Materialwirtschaft/Materialwirtschaft
EKS	Entwicklungsgruppe Kernmaterialsicherung
ELMA	Einrichtung zur Lagerung mittelaktiver Abfälle
FERAB	Anlage zur Einengung fester radioaktiver Abfälle
FR 2	Forschungsreaktor 2
FIZ	Fachinformationszentrum
GAA	Gewerbeaufsichtsamt
GKN	Gemeinschaftskernkraftwerk Neckar, Neckarwestheim
GRS	Gesellschaft für Reaktorsicherheit, Köln
GSF	Gesellschaft für Strahlen- und Umweltforschung, Neuherberg
GSI	Gesellschaft für Schwerionenforschung, Darmstadt
GWK	Gesellschaft zur Wiederaufarbeitung von Kernbrennstoffen mbH, Leopoldshafen
HDB	Hauptabteilung Dekontaminationsbetriebe
HDI	Hauptabteilung Datenverarbeitung und Instrumentierung
HFK	Hand-Fuß-Kleider-Monitor
HS	Hauptabteilung Sicherheit
HS/D	Hauptabteilung Sicherheit/Dosimetrie
HS/M	Hauptabteilung Sicherheit/Umweltmeteorologie
HS/R	Hauptabteilung Sicherheit/Radioökologie
HS/S	Hauptabteilung Sicherheit/Sicherung
HS/Ü	Hauptabteilung Sicherheit/Strahlenschutzüberwachung
HS/TSB	Hauptabteilung Sicherheit/Techn. Sicherheitsbüro
HTR	Hochtemperaturreaktor
IAEA	International Atomic Energy Agency
IAK	Institut für Angewandte Kernphysik
IDT	Institut für Datenverarbeitung in der Technik
IGT	Institut für Genetik und Toxikologie

IHCh	Institut für Heiße Chemie
IK	Institut für Kernphysik
IKVT	Institut für Kernverfahrenstechnik
IMF	Institut für Material- und Festkörperforschung
INE	Institut für Nukleare Entsorgungstechnik
INR	Institut für Neutronenphysik und Reaktortechnik
IRB	Institut für Reaktorbauelemente
IRCh	Institut für Radiochemie
IRE	Institut für Reaktorentwicklung
IT	Hauptabteilung Ingenieurtechnik
ITP	Institut für Technische Physik
KBG	Kernkraftwerk-Betriebsgesellschaft mbH
KFA	Kernforschungsanlage Jülich GmbH
KfK	Kernforschungszentrum Karlsruhe GmbH
KKP-I	Kernkraftwerk Philippsburg, Block I
KNK	Kompakte Natriumgekühlte Kernreaktoranlage
KTB	Hauptabteilung Kerntechnische Betriebe
KTB/FR 2	Hauptabteilung Kerntechnische Betriebe/Forschungsreaktor 2
KTB/HZ	Hauptabteilung Kerntechnische Betriebe/Heiße Zellen
KWO	Kernkraftwerk Obrigheim
LA	Literaturabteilung
LAF	Laboratorium für Aerosolphysik und Filtertechnik
LAW	Low Activity Waste (Leichtaktiver Abfall)
LfU	Landesanstalt für Umweltschutz, Karlsruhe
LIT	Laboratorium für Isotopentechnik
MAGS	Ministerium für Arbeit, Gesundheit und Sozialordnung Baden-Württemberg, Stuttgart
Med	Medizinische Abteilung
MZFR	Mehrzweckforschungsreaktor
P/AV	Hauptabteilung Personalwesen und Allgemeine Verwaltung
P/AV/FD	Hauptabteilung Personalwesen und Allgemeine Verwaltung/Fahrdienst
PHDR	Projektbereich Heißdampfreaktor-Sicherheitsprogramm
PNS	Projekt Nukleare Sicherheit
PTB	Physikalisch-Technische Bundesanstalt

RöV	Röntgenverordnung
RPL	Radiophotolumineszenz
RVO	Reichsversicherungsordnung
SKT	Schule für Kerntechnik
SNEAK	Schnelle Null-Energie-Anordnung Karlsruhe
SSB	Strahlenschutzbeauftragter
StrlSchV	Strahlenschutzverordnung
SUA	Siemens-Unterrichts-Anordnung
SUR	Siemens-Unterrichts-Reaktor
TEKO	Technikumshalle zur Komponentenerprobung
TIK	Taschenionisationskammer
TL	Thermolumineszenz
TLD	Thermolumineszenzdosimeter
TU	Europäisches Institut für Transurane
TÜV	Technischer Überwachungsverein
UVV	Unfallverhütungsvorschriften
VAK	Versuchsatomkraftwerk Kahl
VBW	Hauptabteilung Versorgungsbetriebe und Werkstätten
VDE	Verband Deutscher Elektrotechniker
WAK	Wiederaufarbeitungsanlage Karlsruhe
Zykl.	Zyklotron

1. Aufgabengebiete und Organisation der Hauptabteilung Sicherheit

H. Kiefer, W. Koelzer

Die Hauptabteilung Sicherheit unter der Leitung von Prof.Dr. H. Kiefer und Dipl.-Phys. W. Koelzer ist für die Gewährleistung des Strahlenschutzes und der technischen Sicherheit auf konventionellem und nuklearem Gebiet, für den Objektschutz und die Sicherung der Kernmaterialien und radioaktiven Stoffe zuständig. Prof.Dr. H. Kiefer ist gleichzeitig als Sicherheitsbeauftragter, Dipl.-Phys. W. Koelzer als Sicherungsbeauftragter der Kernforschungszentrum Karlsruhe GmbH. bestellt.

Die Aufgabenstellung der Hauptabteilung Sicherheit umfaßt sowohl alle Strahlenschutz-, Sicherheits- und Sicherungsaufgaben für die einzelnen Institute und Abteilungen der Kernforschungszentrum Karlsruhe GmbH. und die Umgebungsüberwachung für das gesamte Kernforschungszentrum Karlsruhe als auch Forschungs- und Entwicklungsarbeiten, die überwiegend im Rahmen der Arbeitsschwerpunkte Nukleare Sicherheit und Kernmaterialüberwachung durchgeführt werden. Schwerpunkte der F+E-Arbeiten sind: Untersuchung der Ausbreitung nuklearer Schadstoff im Nah- und Fernbereich, Ermittlung der Folgen von großen Unfällen an Reaktoren unter probabilistischen Gesichtspunkten, Untersuchungen des physikalischen und chemischen Verhaltens biologisch besonders wirksamer Radionuklide in der Umwelt, Implementierung von Kernbrennstoff-Überwachungssystemen, Verbesserungen in der Strahlenschutzmeßtechnik.

Am 31.12.1979 waren in der Hauptabteilung Sicherheit 26 Akademiker, 23 Ingenieure, 280 sonstige Mitarbeiter, 6 ausländische Gastwissenschaftler und 17 Mitarbeiter zur Ausbildung als Strahlenschutzingenieur bzw. Strahlenschutzassistent beschäftigt.

"Radioökologie"

Die Abteilung Radioökologie ist zuständig für die Messung von radioaktiven Emissionen und Immissionen des KfK und für die experimentelle Untersuchung radioökologischer Auswirkungen dieser Emissionen. Im Auftrag werden solche Messungen auch für andere kerntechnische Anlagen durchgeführt. Als radioökologische Forschungsarbeit wird das Verhalten von Tritium, Jod-129, Radium und Transuranen in der Umwelt untersucht. Außerdem ist die Abteilung an einem Forschungsvorhaben zur Ausbreitung von Schadstoffen in der Atmosphäre beteiligt.

Die Gruppe "Emissionsüberwachung" mißt die α - und β -Aktivität sowie die Tritiumkontamination von Abwasser- und Abluftproben. Sie arbeitet hierbei je nach Meßproblem mit den Gruppen "Radiochemie" und "Spektroskopie" zusammen. Die Abwasserüberwachung umfaßt die Kontrolle der Abwässer zur Entscheidung, ob diese dekontaminiert werden müssen oder direkt der Kläranlage zugeführt werden dürfen, sowie der aus der Kläranlage zum Vorfluter abgeleiteten Abwässer. Die Abluftüberwachung erfaßt die Ableitungen pro Woche, Monat und Jahr von 26 verschiedenen Emittenten des Kernforschungszentrums.

Die Gruppe "Umgebungsüberwachung" ist federführend bei der Durchführung der Immissionsüberwachung in der Umgebung des KfK. Die Direktstrahlung wird mit Hilfe von 39 Zählrohrstationen sowie 310 Meßstellen mit Festkörperdosimetern auf dem Betriebsgelände und in der Umgebung überwacht. Zur Bestimmung des Radioaktivitätsgehaltes in Luft, Wasser, Boden, Schlamm und landwirtschaftlichen Produkten werden in einem Umkreis von ca. 5 km um das KfK regelmäßig Proben genommen. Die Meßergebnisse werden vierteljährlich den zuständigen Aufsichtsbehörden berichtet.

Die Gruppe "Radiochemie" bestimmt die Radionuklide von Plutonium und Strontium in der Abluft wichtiger Anlagen des KfK und in Mischproben des vom KfK abgegebenen Abwassers. Wichtige Radionuklide werden in Umgebungsproben, soweit eine α - und β -Aktivitätsbestimmung nicht ausreicht, bestimmt. Diese Gruppe führt ferner Arbeiten zu folgenden Forschungsvorhaben durch: "Radium in der Umgebung einer Uranuntersuchungsgrube", "Untersuchung der Ausbreitung nuklearer Schadstoffe im Nah- und Fernbereich" und "Untersuchungen des physikalischen und chemischen Verhaltens biologisch besonders wirksamer Radionuklide in der Umwelt". Bei den Forschungsaufgaben erfolgt ein wesentlicher Teil der Messungen in der Gruppe "Spektroskopie".

"Dosimetrie"

Die Abteilung Dosimetrie ist zuständig für die Auswahl und Anwendung dosimetrischer Meßverfahren und für die Durchführung von Inkorporationsmessungen zur Ermittlung der externen und internen Strahlenbelastung aller Mitarbeiter des Kernforschungszentrums Karlsruhe. Weitere Aufgaben sind die Betreuung und routinemäßige Wartung aller im Zentrum eingesetzten Strahlenschutzmeßgeräte sowie deren Kalibrierung. Eine Hauptaufgabe der Abteilung Dosimetrie ist die Entwicklung und Erprobung von Strahlenschutzmeßverfahren mit dem besonderen Schwerpunkt Neutronendosimetrie, Messung geringer Dosen sowie Messung geringer Nukliddepositionen im Körper.

Die Gruppe "Dosismessung" betreibt eine Auswertestelle für Thermolumineszenz- und Phosphatglasdosimeter und ist für die Ermittlung der Personendosis aller Mitarbeiter des Kernforschungszentrums Karlsruhe zuständig. Eingeschlossen sind Dosismessungen mit Festkörperdosimetern in der Umgebung kerntechnischer Anlagen. Besondere Schwerpunkte sind Entwicklungsarbeiten in der Neutronendosimetrie, insbesondere die Anwendung von Albedo-Meßmethoden zur Ausmessung von Neutronenstreustrahlungsfeldern, die Anwendung und Weiterentwicklung von Kernspurätzmethoden und die Messung kleiner Dosen im Bereich des natürlichen Strahlenpegels.

Die Gruppe "Inkorporationsmessung" betreibt den Ganzkörperzähler zur routinemäßigen Inkorporationskontrolle aller Mitarbeiter, welche mit radioaktiven Stoffen umgehen. Außerdem stehen verschiedene Spezialzähler für Sondermessungen nach Zwischenfällen zur Verfügung. Weiterhin beschäftigt sich die Gruppe mit der Weiterentwicklung von Methoden zur Inkorporationsmessung. Im Vordergrund steht dabei die Messung von Radionukliden, die mit herkömmlichen Ganzkörperzählern nur schwer oder gar nicht nachgewiesen werden können, wie z.B. Radium, Uran, Plutonium und verschiedene Transplutone.

Die Gruppe "Strahlenschutzmeßgeräte" befaßt sich mit der Betreuung aller im Kernforschungszentrum Karlsruhe eingesetzten Strahlenschutzmeßgeräte, u.a. mit der regelmäßigen elektronischen Wartung, Reparatur und Kalibrierung der tragbaren Dosisleistungsmeßgeräte, aller Hand- und Fußkontaminationsmonitoren sowie der ortsfesten Meßstellen zur Pegel- und Abluftüberwachung. Weitere Aufgaben sind die Dichtigkeitsprüfung umschlossener radioaktiver Stoffe, die Eingangskontrolle neu angeschaffter Geräte, der Test von neu auf dem Markt angebotenen Meßgeräten sowie die Entwicklung kommerziell nicht erhältlicher Geräte für den Eigenbedarf.

Die Gruppe "Kalibrierung" betreibt Kalibrieranlagen zur routinemäßigen Kalibrierung von Festkörperdosimetersystemen und aller Arten von Dosis- und Dosisleistungsmeßgeräten für den Strahlenschutz. Die Anlagen werden von der amtlichen Eichabfertigungsstelle des Landes Baden-Württemberg auch zur Eichung von Personen- und Ortsdosimetern eingesetzt. Die Einhaltung der Meßgenauigkeit wird durch regelmäßige Teilnahme an verschiedenen nationalen/internationalen Kontrollbestrahlungen gewährleistet.

"Umweltmeteorologie"

In der Abteilung "Umweltmeteorologie" bearbeitet ein Team von Meteorologen, Physikern und Ingenieuren neben meteorologischen Routineaufgaben für den Umgebungsschutz die Probleme der Ausbreitung nuklearer Schadstoffe in der Atmosphäre. Die Gruppe "Meteorologie" führt die Messung meteorologischer Parameter durch. Dazu dient vor allem ein 200 m hoher Meßmast, der auf 10 Meßböden mit zahlreichen Meßinstrumenten ausgerüstet ist. Neben dem Meßmast gibt es noch weitere Meßstellen in der Umgebung. Die Meßwerte werden elektronisch gespeichert und liefern nicht nur Daten, die zu statistischen Zwecken aufbereitet werden, sondern sie dienen auch der Erarbeitung von Modelltheorien, welche die atmosphärische Ausbreitung beschreiben.

Die Gruppe "Atmosphärische Ausbreitung" führt u.a. Ausbreitungsversuche durch. Dabei wird eine Leitsubstanz - leicht nachweisbares Gas oder Aerosol, welches in der Natur möglichst nicht vorkommt - in die Atmosphäre freigesetzt und deren Konzentrationsverteilung auf der Leeseite der Quelle gemessen. Aus der Konzentrationsverteilung werden die gesuchten Ausbreitungsparameter ermittelt. Diese bilden wiederum die Grundlage für realistische Ausbreitungsrechnungen. Dem Studium der atmosphärischen Ausbreitung über größere Entfernungen dienen Ballone konstanten Volumens, sog. "Tetroons". Diese werden aufgelassen, fliegen in wenigen hundert Metern Höhe und werden mit Radar verfolgt. Die Flugbahn liefert Informationen über die Strömungs- und Turbulenzverhältnisse in dieser Luftschicht. Auf der Basis der meteorologischen Messungen und der Ergebnisse der Ausbreitungsexperimente wurde ein meteorologisches Informationssystem entwickelt, welches an einem Sichtgerät jederzeit die Ausbreitungsverhältnisse in der Umgebung des Kernforschungszentrums Karlsruhe darzustellen gestattet.

In der Gruppe "Risikoanalysen" werden die Strahlendosen, verursacht durch in die Atmosphäre abgeleitete nukleare Schadstoffe, ermittelt. Diese werden über die Expositionspfade "äußere Bestrahlung aus der Luft und vom Boden", "Inhalation" und "Ingestion" wirksam. In Risikoanalysen wird der Einfluß meteorologischer Parameter auf die Strahlenexposition bei angenommenen kerntechnischen Unfällen untersucht.

"Technisches Sicherheitsbüro"

Die Abteilung "Technisches Sicherheitsbüro" befaßt sich mit zentraler Planung und Administration. Sie regelt und überprüft Maßnahmen zur Erfüllung gesetzlicher Pflichten und Vorschriften im Rahmen der technischen Sicherheit und der Anlagensicherung des Kernforschungszentrums. Die Einberufung beratender Gremien für das Kernforschungszentrum und die Abwicklung der Sitzungen erfolgt zum Teil vom Technischen Sicherheitsbüro, das auch die Dokumentation aller sicherheitstechnisch relevanten Vorgänge besorgt.

Die Gruppe "Sicherheitsingenieur konventionelle Bereiche" prüft, kontrolliert und berät in allen Erfordernissen des Schutzes am Arbeitsplatz. Sie erledigt die Meldung, Registrierung und Berichterstattung von Arbeitsunfällen und ordnet vorsorgliche Maßnahmen an. Durch die Bestellung von sicherheitsbeauftragten Personen und eine Beratung und Ausbildung wird das Sicherheitsbewußtsein gefördert.

Die Gruppe "Sicherheitsingenieur Strahlenschutz" unterstützt die Tätigkeit der Strahlenschutzbeauftragten und der hauptamtlichen Strahlenschützer durch die erforderlichen Behördenkontakte. Er formuliert atomrechtliche Genehmigungsanträge und sorgt für die Einhaltung der sich ergebenden behördlichen Auflagen. Hierzu werden auch zentrale Karteien aller Strahlenexponierten ebenso wie ihre persönlichen Meßdaten geführt und die notwendigen Termine verfolgt. Gesetzlich vorgeschriebene Strahlenschutzbeauftragte werden bestellt und laufend informiert und beraten.

Die Gruppe "Sicherungskonzepte" plant Maßnahmen zur Erfüllung von Objektsicherungsaufgaben für einzelne Anlagen und das Gesamtzentrum unter Beachtung allgemeiner Richtlinien und dem Erfordernis des Schutzes am Arbeitsplatz, steuert ihre Durchführung und paßt sie den erkennbaren Entwicklungen an.

Die Gruppe "Spaltstoffflußkontrolle" gliedert sich in einen Bereich, der mit Forschungs- und Entwicklungsarbeiten zur Einführung und Durchführung der Spaltstoffflußkontrolle in der Bundesrepublik Deutschland planend und beratend tätig ist und in die Meldestelle, die alle Kernbrennstoffe und sonstigen radioaktiven Stoffe erfaßt, bilanziert, meldet und Inspektionen externer Stellen betreut.

"Sicherung"

Der Abteilung "Sicherung" obliegt mit ihren Gruppen Objektsicherungsdienst, technische Objektsicherung und Ermittlungsdienst, personelle und administrative Sicherungsfragen sowie Verschlusssachen die Gewährleistung der Basissicherung für das gesamte Kernforschungszentrum.

Der Objektsicherungsdienst ist für die Sicherung des Kernforschungszentrums Karlsruhe verantwortlich. Zu den Aufgaben gehört 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, er plant, beschafft und kontrolliert das Schließwesen und ist für den ordnungsgemäßen Ablauf des Straßenverkehrs im Bereich des Kernforschungszentrums Karlsruhe zuständig.

Die Gruppe "Technische Objektsicherung und Ermittlungsdienst" ist mitverantwortlich für Auswahl, Einsatz und Funktionssicherheit der technischen Sicherungssysteme. Das Hinwirken auf einheitliche Standards in dieser Technik und ihre Anschlusssicherheit hinsichtlich der Aufschaltung auf die Alarmzentrale sind weitere Aufgaben. Mit Hilfe des Ermittlungsdienstes werden die Einhaltung der Ordnungs- und Kontrollbestimmungen des Kernforschungszentrums, die Aufklärung von Schadensfällen mannigfaltiger Art sowie die Sicherung von Regreßansprüchen betrieben.

Die Gruppe "Personelle und administrative Sicherungsfragen" ist für die Ausstellung von Zutrittsberechtigungen nach aufsichtsbehördlichen Auflagen verantwortlich. Ihr obliegt die Klärung aller Fragen im Zusammenhang mit der von Personen möglicherweise ausgehenden Gefährdung des Kernforschungszentrums Karlsruhe. Dieser Gruppe untersteht auch der Betrieb des Ausweisbüros.

"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 jeweiligen 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 Stabdosismeter und die Registrierung der empfangenen Personendosis. Monatlich werden die amtlichen Filmdosismeter, sowie in Bereichen, wo mit einem größeren Anteil von β -Strahlung gerechnet werden muß, Thermolumineszenzdosismeter ausgegeben. In den Gebäuden und Anlagen werden nach vorgegebenem Plan routinemäßige Kontaminations- und Dosisleistungsmessungen durchgeführt. Die Abteilung stellt die Geräte zur Kontaminationskontrolle der Personen, die in den Gebäuden und Anlagen tätig sind. Strahlenschutzmitarbeiter veranlassen bei etwaigen Personenkontaminationen die Durchführung der Dekontamination.

Weiterhin wird die Aktivitätskonzentration in der Raumluft der Arbeitsräume überwacht. Bei erhöhten Raumluftaktivitäten werden zu ergreifende Schutzmaßnahmen empfohlen.

Die Mitarbeiter der Strahlenschutzüberwachung überwachen den Materialtransport aus den Kontrollbereichen in den betrieblichen Überwachungsbereich des Kernforschungszentrums und aus dem KfK. Sie ermitteln, ob die von der Strahlenschutzverordnung vorgegebenen Grenzwerte für die Oberflächenkontamination oder Aktivität von Gegenständen eingehalten sind und erteilen gegebenenfalls die Freigabe.

Die Abteilung gliedert sich nach der räumlichen Lage der zu überwachenden Gebäude in drei Gruppen: Nord, West und Süd mit insgesamt sieben Bereichen. Dieser Gliederung entsprechend werden drei Strahlenmeßtrupps bereitgestellt, die im Alarmfall zusammen mit zwei Ausrüstungs- und Meßfahrzeugen zur Verstärkung in einzelnen Bereichen eingesetzt werden können.

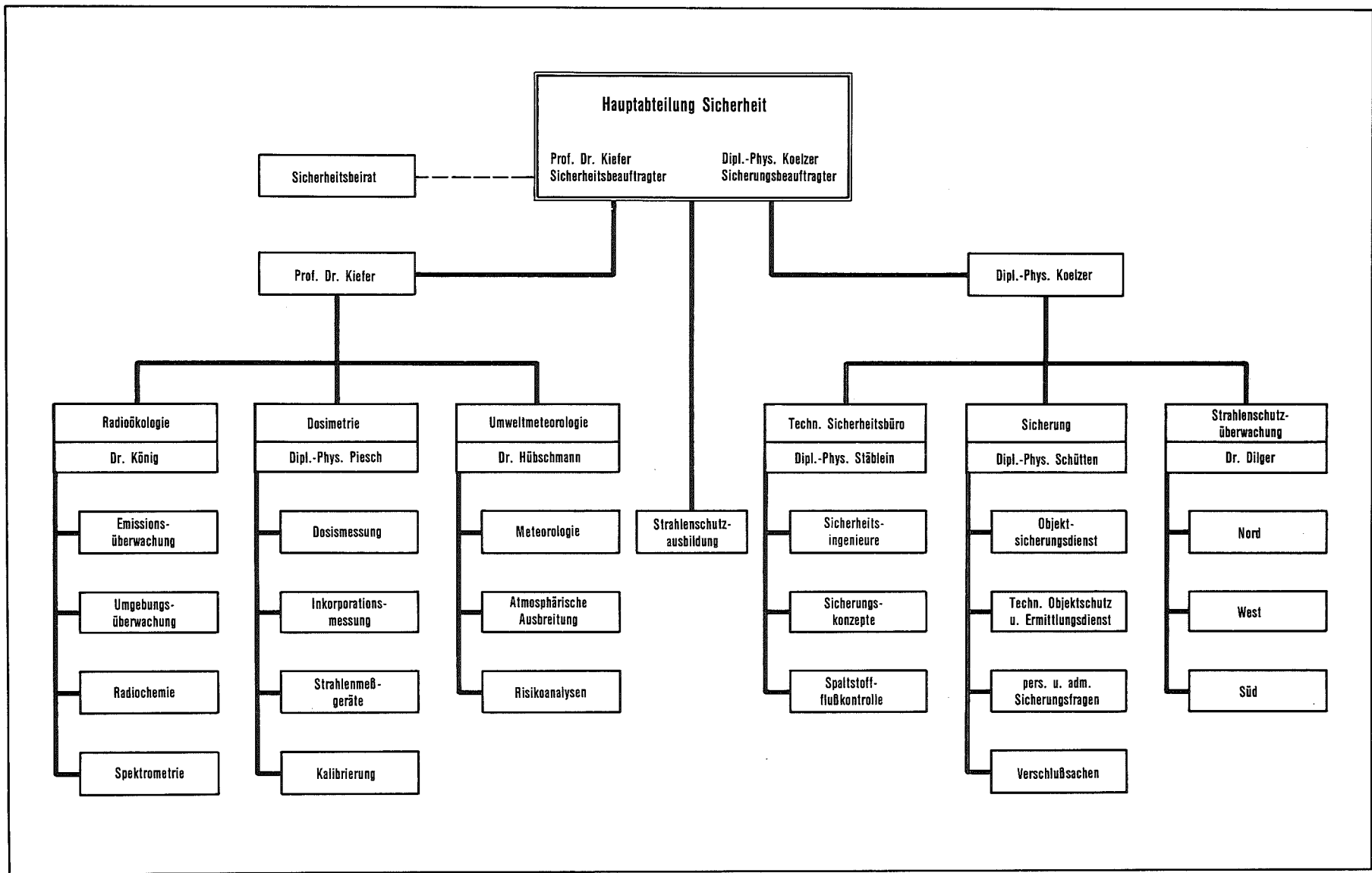


Abb. 1/1: Organisationsplan der Hauptabteilung Sicherheit

2. Technisches Sicherheitsbüro

G. Stäblein

Die Abteilung "Technisches Sicherheitsbüro" betreibt Planung, Kontrolle und Administration von Maßnahmen zur Erfüllung gesetzlicher Verpflichtungen und Vorschriften zur technischen Sicherheit und Anlagensicherung im Kernforschungszentrum Karlsruhe. Die Gruppe der "Sicherheitsingenieure" ist dabei zuständig für Behördenkontakte, interne Regelungen und Aufsicht zur konventionellen und Strahlensicherheit am Arbeitsplatz, sowie für die Störfallvorsorge. Sie führt die vorgeschriebene Personendosiskartei und Karteien über das Unfallgeschehen.

Die nach Atomgesetz nötigen Genehmigungsverfahren werden von hier aus beantragt und koordiniert.

Die Gruppe "Sicherungskonzepte" plant Maßnahmen zur Erfüllung von Objektsicherungsaufgaben für einzelne Anlagen und das Gesamtzentrum unter Beachtung allgemeiner Richtlinien und der Erfordernis des Schutzes am Arbeitsplatz, steuert ihre Durchführung und paßt sie den erkennbaren Entwicklungen an.

Die Gruppe "Spaltstoffflußkontrolle" gliedert sich in einen Bereich, der mit Forschungs- und Entwicklungsarbeiten zur Einführung und Durchführung der Spaltstoffflußkontrolle in der Bundesrepublik Deutschland planend und beratend tätig ist, und in die Meldestelle, die alle Kernbrennstoffe und sonstigen radioaktiven Stoffe erfaßt, bilanziert, meldet und Inspektionen externer Stellen betreut.

Technisches Sicherheitsbüro	<ul style="list-style-type: none"> - Leitung und Koordinierung - Behördenkontakte - Dokumentation - Datenverarbeitung
Sicherheitsingenieur-Strahlenschutz	<ul style="list-style-type: none"> - Genehmigungen, Auflagen, Bestellungen - Personendosiskartei - Durchführung der Röntgenverordnung - Sicherheitstechnische Unterlagen
Sicherheitsingenieur-konventionelle Bereiche	<ul style="list-style-type: none"> - Arbeitsschutzausschuß - Pflichtenübertragungen - Betriebsüberwachung - Unfallanalyse
Sicherungskonzepte	<ul style="list-style-type: none"> - Genehmigungsverfahren - Sicherungskonzepte - Technische Objektschutz-Koordination - Überwachungskonzepte
Spaltstoffflußkontrolle Meldestelle	<ul style="list-style-type: none"> - Erfassung von Kernbrennstoffen und radioaktiven Stoffen - Bestandsmeldungen - Begleitung behördlicher Inspektionen - Kernmaterialüberwachungskonzepte

2.1 Sicherheitsingenieur - Strahlenschutz

H. Roock

2.1.1 Strahlenschutzsicherheit

Sicherheitsüberwachung

Im Berichtsjahr wurden 43 Ortsbegehungen zur Überprüfung der getroffenen oder der bei Neueinrichtungen zusätzlich erforderlichen Maßnahmen in den Instituten und Abteilungen des Kernforschungszentrums Karlsruhe durchgeführt, in denen mit radioaktiven Stoffen umgegangen wird. Es ergaben sich 246 Einzelbeanstandungen, die insbesondere unzureichende Kennzeichnung, verbesserungsbedürftige Abschirmungen, ungünstige Aufbewahrung von Atemschutzgeräten und Überschreitungen von Strahlenschutzbelehrungsterminen betrafen.

Unterstützung der Strahlenschutzbeauftragten

Der in 204 Exemplaren verteilte Strahlenschutzordner wurde ergänzt u.a. durch:

- Überarbeitete Grundsätze für die Bestellung der für den Strahlenschutz verantwortlichen Personen
- eine Neufassung des Merkblattes über die Tätigkeit der Personendosiskartei
- ein Merkblatt über die Kleider- und Zonenordnung im KfK. Abhängig vom Umgang mit radioaktiven Stoffen und Grenzwerten für die Oberflächenkontamination werden hier die Zonen I bis V, ihre Farbcodebezeichnung und die jeweils erforderliche Schutzkleidung festgelegt
- eine Aufstellung der DIN-Normen für den Strahlenschutz
- ein Mustervertrag § 20 a StrlSchV
- eine überarbeitete Richtlinie für Arbeiten unter erhöhtem Strahlenrisiko und für Interventionsarbeiten
- eine Regelung für die Kontrollen bei der Ausfuhr von Material aus Kontrollbereichen und aus dem KfK
- eine Strahlenschutzregelung für KfK-Mitarbeiter, die in fremden kerntechnischen Anlagen tätig werden, gemäß der § 20 a StrlSchV-Genehmigung der KfK. Diese Regelung wird außerdem jedem Strahlenpaßinhaber ausgehändigt.

Im Berichtsjahr wurden 17 Anträge bei den zuständigen Behörden zur Genehmigungsänderung oder auf Erteilung einer neuen Genehmigung zum Umgang mit radioaktiven Stoffen oder deren Lagerung gestellt. Ferner erfolgten 2 Umgangsanzeigen gemäß § 4 StrlSchV.

Auf Grund von Umorganisationen wurden 13 Neubestellungen und 15 Änderungen der Zuständigkeiten von Strahlenschutzbeauftragten bzw. deren Stellvertreter erforderlich. Zur Zeit bestehen 52 Strahlenschutzbeauftragtenfunktionen und 127 Vertreterfunktionen.

Die Beantwortung telefonischer Anfragen über allgemeine Strahlenschutzfragen, Beratung bei der Neueinrichtung von Kontroll- und Sperrbereichen, sowie bei der Erfüllung von Behördenaufgaben und die Durchsicht von Sicherheitsbetrachtungen und Sicherheitsberichten sind ein Teil der Routineaufgaben, wie auch die Einschaltung bei neuen Bauvorhaben, die Teilnahme an den Sitzungen des Arbeitsschutzausschusses und des Sicherheitsausschusses der Hauptabteilung Dekontaminationsbetriebe.

Zwischenfallerfassung

Tabelle 2/1 zeigt die im Berichtsjahr gemeldeten Zwischenfälle, deren unterste Erfassungsgrenze Personenkontaminationen sind, bei denen die Dekontamination in der Medizinischen Abteilung erfolgte (z.B. auch bei geringfügigen Kopfkontaminationen wegen Inkorporationsverdachts), wobei nicht jede Einzelperson bei einem mehrere Personen betreffenden Zwischenfall gesondert aufgeführt wurde. Die Aufgliederung und Ursachenermittlung der insgesamt 39 erfaßten Zwischenfälle erfolgte unter den gleichen Voraussetzungen wie in den vergangenen Jahren.

Zwischenfallursache	
Technische Mängel	28 %
Organisatorische Mängel	5 %
Verhaltensmängel	62 %
Unbekannt	5 %
Betroffenes Objekt	
Personen	72 %
Gegenstände	20 %
Luft	8 %
Bei Personen überwiegend betroffen	
Kopf	43 %
Hände	36 %
Ganzkörper	21 %

Tab. 2/1: Zwischenfälle im Zusammenhang mit radioaktiven Stoffen

2.1.2 Personendosiskartei

Routineaufgaben

In der Personendosiskartei werden sowohl die von der amtlichen Meßstelle als auch alle in der Eigenüberwachung ermittelten Personendosen, einschließlich der Inkorporationsmeßergebnisse, registriert und 30 Jahre aufbewahrt. Bei festgestellten Grenzwertüberschreitungen erfolgen Meldungen, damit die jeweils erforderlichen Maßnahmen eingeleitet werden können. Ferner werden Belehrungs- und Untersuchungstermine registriert und auf Überschreitungen überwacht.

Zu den Aufgaben der Personendosiskartei gehören auch Ausgabe und Annahme der amtlichen Personendosimeter sowie deren Versand an die Meßstelle (Landesanstalt für Umweltschutz, Karlsruhe) unter Verwendung der "Überwachungsbogen zur Personendosis-Feststellung". Diese mit den zum jeweiligen Überwachungszeitraum mit den Dosimetern verteilten Formulare sind nach der Dosimetertragezeit mit diesen zusammen ausgefüllt (Name, Vorname, Dosimeter-Nr., Befestigungsort, Strahlenart) an die Personendosiskartei zurückzugeben.

Die interne Dosimetrie wird über die Abteilung Strahlenschutzüberwachung der Hauptabteilung Sicherheit abgewickelt. Der Personendosiskartei obliegt die Registrierungs- und Aufbewahrungspflicht der Meßwerte sowie die Überprüfung auf Grenzwertüberschreitungen.

Für die Institute und Abteilungen, die eine Verfolgung von Routineterminen wünschen, werden die Mitarbeiter in festgelegten regelmäßigen Abständen zur ärztlichen Untersuchung und gegebenenfalls zur Inkorporationsanalyse gemeldet. Ergeben sich bei der Untersuchung Einschränkungen für den Umgang mit radioaktiven Stoffen, so wird dies in der Kartei vermerkt, und der zuständige Strahlenschutzbeauftragte sowie der Betriebsrat werden hierüber umgehend unterrichtet. Die Ergebnisse von Inkorporationsmessungen gehen den Strahlenschutzbeauftragten direkt zu, sie werden ebenfalls in der Personendosiskartei verbucht.

Auf Grund der Genehmigung nach § 20 a StrlSchV werden für KfK-Mitarbeiter, die in fremden kerntechnischen Anlagen tätig werden müssen, Strahlenpässe ausgestellt und im Bedarfsfall auf den neuesten Stand ergänzt. Zur Zeit sind 63 KfK-Angehörige im Besitz eines Strahlenpasses.

Grundlagen der Personendosiskartei sind die nachfolgend aufgeführten Vorschriften und Verordnungen:

- StrlSchV § 49 : Überwachung auf Einhaltung der Dosisgrenzwerte für beruflich
und RöV §§ 32, 33 (1) strahlenexponierte Personen
- StrlSchV § 51 : Überwachung auf Einhaltung der Dosisgrenzwerte für Personen
und RöV § 34 im betrieblichen Überwachungsbereich
- StrlSchV § 52 : Überwachung auf Grenzwertüberschreitung bei Inkorporation
radioaktiver Stoffe
- StrlSchV § 66 : Erfüllung der Aufzeichnungs- und 30-jährigen Aufbewahrungspflicht,
und RöV § 40 gem. Absatz (1) § 66 StrlSchV bzw. Absatz (5) § 40 RöV
- StrlSchV § 67 : Überwachung auf Einhaltung der ärztlichen Untersuchungstermine
und RöV § 42 und deren Registrierung
- StrlSchV § 39 : Überwachung auf Einhaltung der Belehrungstermine, Registrierung
und RöV § 41 und Aufbewahrung der Aufzeichnungen, gem. § 39 (3) StrlSchV
bzw. gem. § 41 RöV

In der Kartei werden folgende Personengruppen erfaßt:

- Alle Mitarbeiter der KfK GmbH;
- diejenigen Fremdfirmenangehörigen, die aufgrund ihrer Tätigkeit in Kontrollbereichen mit KfK-eigenen Dosimetern ausgestattet werden;
- in Kontrollbereichen tätige Gäste;
- Einsatztruppmitglieder, die bei Einsätzen zusätzliche Dosimeter tragen.

Personendosimetrie

Die Anzahl der mit amtlichen Dosimetern überwachten Personen hat sich von 1913 im ersten Halbjahr (Stand Juni) auf 1688 bis Ende des Jahres (Stand Dezember) verringert, da gemäß § 20 a StrlSchV von Fremdfirmen in zunehmendem Umfang eigene amtliche Dosimeter gestellt werden. Die Überwachungsart und die prozentuale Einteilung in die jeweilige Dosimetergruppe sowie die Veränderungen in den Jahren 1972 bis 1979 sind aus den Tabellen 2/2 und 2/3 ersichtlich.

Dosimeterart	Meßstelle	Dosimetergruppe				
		Ia	Ib	II	III	IV
Filmdosimeter γ	LfU	X	X			
Filmdosimeter n	LfU		X			
Glasdosimeter, amtlich	LfU			X		
Glasdosimeter, intern	KfK	X	X		X	X
Stabdosimeter	KfK	X	X	X	X	
Kritikalitätsdosimeter	KfK	X	X	X	X	

Tab. 2/2: Dosimetergruppen

Jahr	Einstufungen in die Dosimetergruppen in Prozent				
	Ia	Ib	II	III	IV
1972	20,1	11,0	11,1	13,5	44,3
1973	22,7	10,2	10,9	11,3	44,9
1974	25,0	10,1	10,0	11,4	43,5
1975	22,5	9,4	9,6	10,3	48,2
1976	22,5	8,1	9,6	11,7	48,1
1977	24,5	8,1	10,4	13,2	43,8
1978	27,2	8,1	10,8	11,7	42,2
1979	23,8	10,0	12,7	17,2	36,3

Tab. 2/3: Einstufung in die Dosimetergruppen (Stand: Dezember 1979)

Die Tabellen 2/4 und 2/5 zeigen die Häufigkeitsverteilung von Strahlenbelastungen bezogen auf die durch Film- bzw. Glasdosimeter ermittelte Personendosis.

Überwachungs- zeitraum 1979	Amtliche Glasdosimetrie				
	Prozentuale Anzahl der Personendosiswerte (mrem)				
	<100	100-499	500-999	1000-2499	≥2500
I. Quartal	95,9	4,1	-	-	-
II. Quartal	82,1	17,9	-	-	-
III. Quartal	93,2	6,8	-	-	-
IV. Quartal	87,2	12,8	-	-	-

Tab. 2/4: Amtliche Dosimetrie: Dosimetergruppe II (vierteljährliche Auswertung)

Überwachungs- zeitraum 1979	Amtliche Filmdosimetrie					
	Prozentuale Anzahl der Personendosiswerte (mrem)					
	<100	100-499	500-999	1000-1499	1500-2499	≥2500
Januar	95,8	3,9	0,2	0,1	-	-
Februar	95,5	4,5	-	-	-	-
März	97,0	3,0	-	-	-	-
April	95,1	4,8	0,1	-	-	-
Mai	96,6	3,3	0,1	-	-	-
Juni	97,0	3,0	-	-	-	-
Juli	96,3	3,6	0,1	-	-	-
August	97,7	2,2	0,1	-	-	-
September	98,8	1,2	-	-	-	-
Oktober	96,8	3,0	0,2	-	-	-
November	98,0	2,0	-	-	-	-
Dezember	99,0	1,0	-	-	-	-

Tab 2/5: Amtliche Filmdosimetrie: Dosimetergruppe I (monatliche Auswertung)

2.2 Beschäftigung von Fremdfirmenangehörigen nach § 20 a - Strahlenschutzverordnung

G. Stäblein

Die Strahlenschutzverordnung verlangt in § 20 a der seit 1.4.1979 gültigen Fassung auch von den Fremdfirmen eine atomrechtliche Genehmigung, die, ohne selbst Inhaber einer Anlage zu sein, Personen unter ihrer Aufsicht beim Betreiber beschäftigen,

Nach anfänglicher Abwicklung der dadurch erforderlichen administrativen Maßnahmen durch die auftraggebenden internen Organisationseinheiten wurde in mehreren Gesprächen gemeinsam mit dem Gewerbeaufsichtsamt Karlsruhe, der Rechtsabteilung KfK und den betroffenen Stellen die Abteilung Technisches Sicherheitsbüro zur koordinierenden Stelle bestimmt.

Bis Ende 1979 wurden alle Adressaten erfaßt, die durch ihre Tätigkeit bei der KfK GmbH möglicherweise einen Genehmigungsbedarf nach § 20 a StrlSchV haben.

Der Entscheid bedurfte von Anfang an bei vielen Betroffenen einer fachlichen Beratung durch den zuständigen Strahlenschutzbeauftragten oder die Hauptabteilung Sicherheit.

So erlaubt die Strahlenschutzverordnung bei Anwendung des unbestimmten Rechtsbegriffs der "gelegentlichen" Tätigkeit eine Beschäftigung ohne § 20 a-Genehmigung. Außer eindeutigen Fällen sind andere Gruppen wie Hochschulangehörige, Firmendelegierte, Gastwissenschaftler, Ausländer, Lizenzfirmen und Subunternehmer nur schwer einzuordnen. Da für die Erteilung der Genehmigung im allgemeinen das am Firmensitz tätige Gewerbeaufsichtsamt zuständig ist, wird die Zahl der Kontaktstellen weiter erhöht.

Zusätzlich zu der jetzt fast durchweg in den Ländern nach einem einheitlichen Muster des Bundesministerium des Innern ausgestellten Genehmigung ist für jede Tätigkeit mit dem betreffenden Betreiber ein Abgrenzungsvertrag über Strahlenschutzmaßnahmen zu schließen.

Die Abteilung Technisches Sicherheitsbüro hat zusammen mit der Hauptabteilung Recht ein solches Vertragsmuster für die KfK erarbeitet und den Erfahrungswerten mehrfach angepaßt.

Der Vertrag sieht als Leistungen der Fremdfirma vor:

- Bestellung eines Strahlenschutzbeauftragten,
- Strahlenpässe,
- amtliche Dosimeter,
- ärztliche Überwachung für die Beschäftigten.

Die Fremdfirmen mußten erst allmählich an diese gesetzlich geforderten Notwendigkeiten herangeführt werden. So wurden in Zusammenarbeit mit der Schule für Kerntechnik mehrere Kurse zur Vermittlung der Strahlenschutzfachkunde für Strahlenschutzbeauftragte der Fremdfirmen und sonst tätige Personen durchgeführt, die großes Interesse fanden. Die Abteilung Technisches Sicherheitsbüro wirkte durch Aufsuchen der Adressaten, Einladung zu den Kursen und Fachvorträge mit. In zahlreichen Nach- und Einzeldiskussionen wurden Fremdfirmen auch individuell beraten.

Leistungen der KfK aus dem Abgrenzungsvertrag sind

- anlagenbezogener Strahlenschutz mit Stabdosismetrie, Kontaminationskontrolle und Schutzausrüstung,
- Prüfung der Dokumentation (Strahlenpässe),
- Übermittlung von Meßdaten (siehe auch Kapitel 2.7).

Zahl der Kontaktfirmen	187
davon	
im Zuständigkeitsbereich des Gewerbeaufsichtsamtes Karlsruhe	94
Genehmigung nach § 20 a im Original vorgelegt	13
im Besitz eines Abgrenzungsvertrages mit KfK	53
Kursbesuch zur Fachkundevermittlung	31
von KfK personendosisüberwacht (Stabdosis über Personendosisdatei)	61
Gesamtzahl der personendosisüberwachten Fremdfirmenangehörigen	562

Tab. 2/6: Erfassung von Fremdfirmen für § 20 a StrlSchV (Stand: Dezember 1979)

2.3 Durchführung der Röntgenverordnung

W. Reuble

Einrichtungen, die der Röntgenverordnung unterliegen, werden bei der Abteilung Technisches Sicherheitsbüro zentral erfaßt; Neuanmeldungen, Veränderungsanzeigen sowie Mitteilungen über Außerbetriebsetzungen sind der Aufsichtsbehörde zuzuleiten. In Zusammenarbeit mit der Landesanstalt für Umweltschutz, Karlsruhe, wurden die erforderlichen Abnahmeprüfungen durchgeführt und Prüfberichte erstellt. Nicht selten waren Beanstandungen an Sicherheitseinrichtungen der Grund für Nacharbeiten, Umbauten und damit verbundene Wiederholungsprüfungen.

Unabhängig von der Strahlenschutzverordnung konnten für die Röntgenstrahler, Hochschutz- und Vollschutzgeräte sowie für Störstrahler i.S. der RöV in 12 verschiedenen Institutionen insgesamt 32 Verantwortliche für den Strahlenschutz im Sinne von § 11 Abs.1 Nr. 2 der RöV neu bestellt und die jeweiligen Zuständigkeitsbereiche festgelegt werden.

Der größte Teil dieser Einrichtungen konnte bei Vorliegen der Voraussetzungen gemäß § 4 der RöV genehmigungsfrei betrieben werden. Wo diese Voraussetzungen nicht belegt werden konnten, mußte bei der Aufsichtsbehörde eine Genehmigung beantragt werden.

2.4 Sicherheitsingenieur - konventionelle Bereiche

E. Windbühl

2.4.1 Betriebsüberwachung

Im Rahmen der allgemeinen Betriebsüberwachung wurden im Berichtszeitraum 202 protokollierte Begehungen und Kontrollgänge in den baulichen Objekten und den Außenanlagen durchgeführt. In 158 Fällen mußten Beanstandungen ausgesprochen und in 90 Fällen Auflagen erteilt werden. Unabhängig hiervon konnten bei diesen Betriebsbegehungen 163 Empfehlungen und Hinweise gegeben werden. Die Routinebegehungen wurden im allgemeinen mit den jeweiligen Sicherheitsbeauftragten der Organisationseinheiten durchgeführt. An 14 Begehungen haben außerdem Vertreter des Betriebsrates teilgenommen.

Die Zusammenarbeit der konventionellen Arbeitssicherheit und des werksärztlichen Dienstes konnte im Berichtszeitraum entsprechend dem Arbeitssicherheitsgesetz intensiviert werden. Dies kommt u.a. zum Ausdruck durch 19 gemeinsame sicherheitstechnische und arbeitsmedizinische Begehungen.

Mit Vertretern des Gewerbeaufsichtsamtes erfolgten 10 örtliche Besichtigungen und Überprüfungen in Teilbereichen. Mit dem technischen Aufsichtsbeamten des Unfallversicherungsverbandes wurden 4 Einzelobjekte besichtigt.

2.4.2 Arbeitsschutzausschuß

Der Ausschuß wurde im Jahre 1979 am 9. März, 15. Mai und 18. Dezember 1979 zu ordentlichen Sitzungen einberufen. Hierbei wurden insbesondere folgende Themen behandelt:

- arbeitsmedizinische Vorsorgeuntersuchungen nach den berufsgenossenschaftlichen Grundsätzen G 25 - Gefährdung durch Fahr-, Steuer- und Überwachungstätigkeiten
- Alkohol im Betrieb, betrachtet aus der Sicht des Sicherheitsingenieurs, des Arbeitsmediziners, des Juristen und des Betriebsrates
- Vorverlegung der Arbeitszeit in Hitzeperioden
- Gestaltung und Ausstattung von Bildschirmarbeitsplätzen
- Qualitätsmängel an Arbeitskleidungen
- innerbetriebliche Verkehrsprobleme
- Meßtechnische Überwachung und Überprüfung von Arbeitsplätzen
- Meldewesen und -verfahren für arbeitsmedizinische Vorsorgeuntersuchungen
- Nachschulung für Benutzer von Atemschutzgeräten
- Arbeitsunfälle und Zwischenfälle.

Die bisherige Tätigkeit des Ausschusses und die erarbeiteten Empfehlungen haben sich positiv auf die Arbeitsbedingungen und die Schutzmaßnahmen an den Arbeitsplätzen ausgewirkt. In zahlreichen Fällen wurden durch Anstöße des Ausschusses größere Baumaßnahmen eingeleitet, um die Sicherheit zu verbessern und vorhandene erhöhte Belastungen von Mitarbeitern auf ein normales Maß zurückzuführen.

2.4.3 Durchführung von Fortbildungsmaßnahmen

Der Gefahrenabwehr durch Information und Ausbildung wurde auch im Berichtszeitraum besondere Bedeutung beigemessen. Sicherheitsfortbildung ist im Kernforschungszentrum integrierter Bestandteil des Arbeitsschutzes und der Unfallverhütung. Erwähnenswert ist hierbei ein Schwerpunktprogramm, das sich mit "Sicherheitsmaßnahmen bei Brand- und Explosionsgefahren" befaßte. Zweck dieser Fortbildung war es, die Mitarbeiter mit vorhandenen Gefahren an den Arbeitsplätzen vertraut zu machen und sie in die Lage zu versetzen, bei Störfällen erste Maßnahmen bis zum Eintreffen von Einsatzdiensten einleiten und durchführen zu können. Bekanntlich können die ersten Minuten eines Brandes über dessen Ausmaß und den weiteren Verlauf entscheiden. Die Information und Ausbildung von Mitarbeitern für Sofortmaßnahmen bedarf daher besonderer Beachtung.

Das Programm wurde mit Unterstützung der Berufsgenossenschaft der chemischen Industrie und der Landesfeuerwehrschule von Baden-Württemberg durchgeführt. Es wurde in fünf Blöcke eingeteilt: theoretische Einführung, Unterweisung durch Filme, experimenteller Teil, Vorführung durch ständige Einsatzdienste, praxisbezogener Teil. Im letzten Block wurde Gelegenheit gegeben, Löschmaßnahmen mit verschiedenen Löschmitteln unter Anleitung durchzuführen, um die Wirksamkeit und jeweilige Zweckmäßigkeit zu erkennen.

2.4.4 Pflichtenübertragungen im Arbeitsschutz

Organisatorische und personelle Veränderungen machten auch im Jahre 1979 zahlreiche Neubestellungen

erforderlich. Ende des Berichtszeitraumes stellte sich folgender Stand der Pflichtenübertragungen ein:

- 201 "Aufsichtspersonen" gemäß § 9, Abs. 2 des Gesetzes über Ordnungswidrigkeiten und § 708, Abs. 1 der Reichsversicherungsordnung,
- 60 "Sicherheitsbeauftragte" entsprechend § 719 der Reichsversicherungsordnung,
- 9 "Laserschutzbeauftragte" nach § 7, Ziff. 1 der Unfallverhütungsvorschrift Laserstrahlen.

2.4.5 Unfallgeschehen im Jahre 1979

Im Jahre 1979 wurden an den zuständigen Unfallversicherungsträger - den Badischen Gemeinde-Unfallversicherungsverband - 171 Arbeitsunfälle und Berufskrankheiten gemeldet. In diesen Unfallzahlen sind auch nicht meldepflichtige Unfälle, d.h. Unfälle ohne Ausfallzeiten oder mit Ausfallzeiten unter drei Tagen, sowie Wegeunfälle und Sportunfälle enthalten. Gegenüber dem Vorjahr ist ein Rückgang der Unfälle um 15 % zu verzeichnen. Damit wurde der niedrigste Stand seit 1964 erreicht.

Unfallarten	Jahr						
	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979
Betriebsunfälle	188	167	173	154	151	161	134
Wegeunfälle	20	14	23	27	21	23	21
Sportunfälle	5	5	2	11	10	11	12
Berufskrankheiten	3	1	-	2	4	6	4
insgesamt	216	187	198	194	186	201	171

Tab. 2/7: Statistik der Unfallarten

2.4.6 Abnahme von Baustelleneinrichtungen

F. Merschroth

Auf Grund bestehender Auflagen für Fremdfirmen auf dem Gelände des Kernforschungszentrums Karlsruhe wurden insgesamt 64 Baubaracken, Wagen und Container überprüft und abgenommen. Es wurden folgende Mängel dabei festgestellt:

- Bei 69 % war kein Feuerlöscher vorhanden oder die Prüffrist abgelaufen.
- Bei 25 % war die zugeteilte Nummernbezeichnung nicht angebracht.
- Bei 13 % mußten die vorhandenen Rohrheizkörper mit einer thermischen Isolierung versehen werden.
- Bei 11 % wurden Öle und Treibstoffe ohne Auffangwanne gelagert.
- Bei 6 % war die elektrische Einrichtung mangelhaft.

Nur bei 20 % aller Baustelleneinrichtungen waren die bestehenden Richtlinien erfüllt.

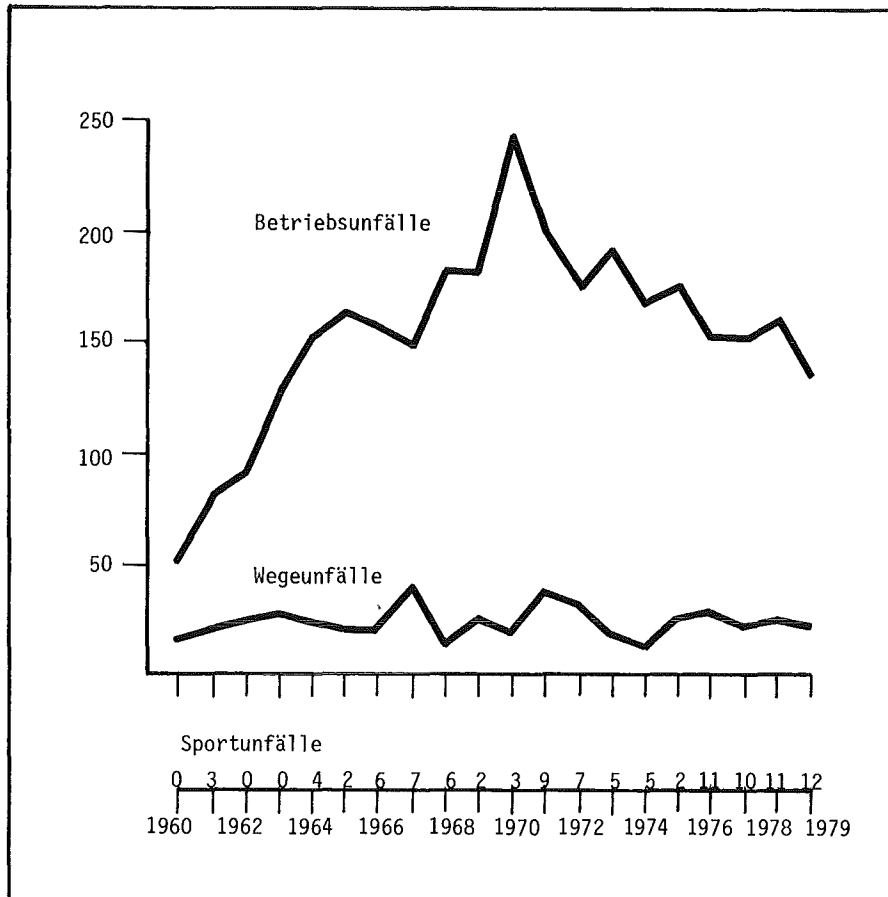


Abb. 2/1 : Arbeitsunfälle aufgeteilt in Betriebs-, Wege- und Sportunfälle 1960 - 1979

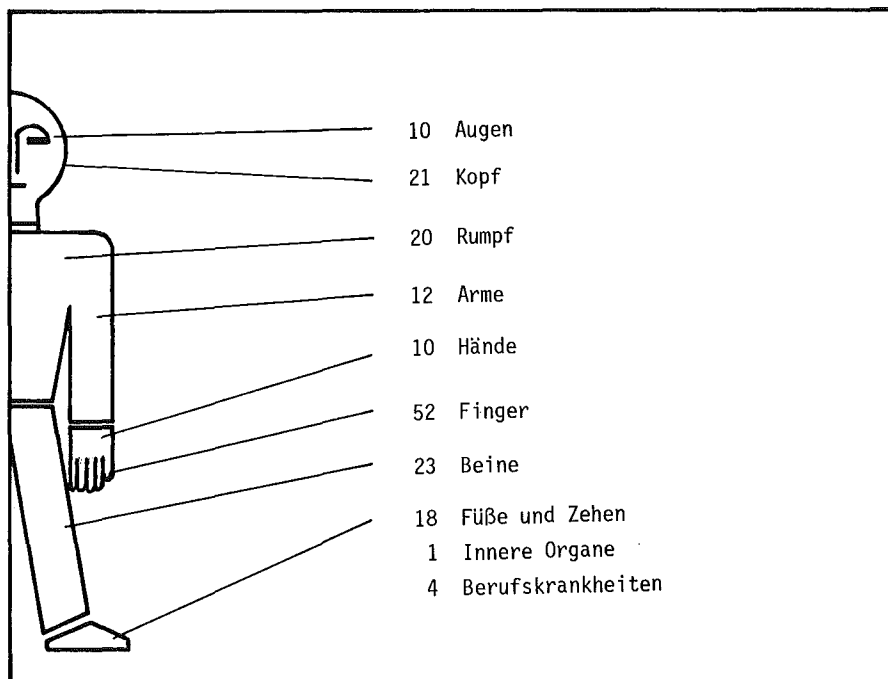


Abb. 2/2 : Analyse der Arbeitsunfälle nach verletzten Körperteilen - 1979 (einschließlich Wege- und Betriebssportunfällen)

2.4.7 Arbeitsplatzüberwachung

Arbeitsplatzüberwachungen bezüglich Licht, Lärm und Schadstoffen konnten an Schwerpunkten vorgenommen werden. Es wurden 23 Bereiche meßtechnisch erfaßt, ausgewertet und beurteilt. Die Messungen wurden in folgenden Instituten bzw. Abteilungen durchgeführt:

Inst./Abt.	Räume, Geräte	Art der Messung
HDI	Locherraum	Lärm/Licht
	Maschinenraum	Lärm/Licht
	Terminalraum	Lärm/Licht
EKS	Rechnerraum	Lärm
HS	Labor	Schadstoff
HS/TSB	Rechnerraum	Lärm
IKVT	Technikumshalle	Lärm/Licht
	Schweißerwerkstatt	Lärm/Schadstoff
	Schlosserwerkstatt	Lärm/Schadstoff
IK/ITP	Werkstattbereich	Lärm
	Elektro-Labor	Schadstoff
IMF	Technikumshalle	Lärm
	Labors	Schadstoff
IMF III	Pu-Labors	Lärm
IRB	Maschinenhalle	Lärm
EKM/MW	Kopiergerät, Schreibautomat und angrenzende Büroräume	Lärm
FIZ 4	Rechnerraum	Lärm
MED	Trainingsraum	Lärm
	Spiroergometer	Lärm
VBW	Maschinenhalle	Lärm
	Elektrohammer	Lärm
	Preßlufthammer	Lärm
	Atenschutzgerät	Lärm/akustische Warneinrichtung
	Filtergeräte für Raumluftüberwachung	Lärm

Tab. 2/8: Messungen am Arbeitsplatz

2.4.8 Ausbildung für Führer von Flurförderzeugen nach VBG 12 a

1979 wurden 31 Mitarbeiter aus verschiedenen Organisationseinheiten zu Führern von Flurförderzeugen ausgebildet und erhielten nach abgelegter Prüfung den Fahrerausweis für motorisch angetriebene Flurförderzeuge (nach DIN 15140) im innerbetrieblichen Werkverkehr.

2.4.9 Ausbildung für Kranführer und Anschläger nach VBG 9 und VBG 9a

Es wurde von 116 Mitarbeitern die theoretische Prüfung für Kranführer und Anschläger abgelegt. Die Ausbildung wurde in Gruppen von 15 - 20 Mitarbeitern durchgeführt. Die Unterrichtung erfolgte in jeweils zwei Doppelstunden/Gruppe mit nachfolgender schriftlicher Prüfung.

2.5 Dokumentation

G. Stäblein

Zur Durchführung seiner Aufgaben unterhält die Abteilung Technisches Sicherheitsbüro eine umfangreiche Dokumentation, die nach dem jeweiligen Stand aktualisiert, nach Grad der Vertraulichkeit gesichert und zugriffsbereit geordnet gehalten werden muß. Mehrfertigungen und Auszüge werden auf Anforderung an berechnigte Interessenten oder gezielt an bestimmte Informantengruppen (Strahlenschutzbeauftragte, Sicherheitsbeauftragte RVO) ausgegeben.

Hierzu gehören:

- die Personendosiskartei,
- die Bestandskartei von radioaktiven Stoffen und Kernmaterial,
- die Sicherheitsberichte einzelner Institutionen,
- die atomrechtlichen Genehmigungsurkunden der einzelnen Organisationseinheiten der KfK,
- behördliche Auflagen und Anordnungen,
- behördlicher Briefwechsel, insbesondere im Rahmen von Genehmigungsanträgen,
- Sachverständigengutachten zu einzelnen Projekten,
- Schadensakten über Zwischenfälle,
- Gebäude- und Anlagenbeschreibungen,
- Sicherheitsvereinbarungen,
- Alarm-, Räumungs- und Katastropheneinsatzpläne für das KfK,
- Allgemeine Sicherheitsregelung,
- gesetzliche und Verordnungstexte,
- Unfallverhütungsvorschriften,
- Normblätter aus dem Bereich der Sicherheit und des Strahlenschutzes.

2.6 Einsatzplanung und Organisation

W. Reuble

- Kommunikationsmittel

Ausbau und Funktion aller Kommunikationsmittel im Sicherheitsdienst der KfK werden von der Abteilung Technisches Sicherheitsbüro koordiniert. Insbesondere der verstärkte Einsatz von Funkgeräten und die Vorbereitungen zur Ausstattung der neuen Alarmzentrale brachten organisatorische und personelle Veränderungen im Wartungsdienst mit sich.

Die einzelnen Systeme wurden z.T. zusammen mit anderen Organisationseinheiten wie folgt betreut:

Lautsprecheranlage: Prüfung von Beanstandungen über mangelhafte Wiedergabequalität von Durchsagen, Veranlassung der Beseitigung von Störungen, Installation und Anschluß weiterer Lautsprecher.

Notrufvermittlung (Rotes Telefon): Anschluß- und Funktionsprüfungen, Erfassung der angeschlossenen Teilnehmer in neuem Verzeichnis, Festlegung neuer Zuordnungen.

Sprechfunk: Umrüstung aller Sprechfunkgeräte entsprechend den im Ausbaurkonzept festgelegten Anforderungen.

Personenrufanlage: Erweiterung und Ersatzbeschaffung veralteter Rufempfänger. Vorbereitung einer späteren Umstellung für vereinfachte Rufanforderung. Teilnehmer- und Geräteerfassung in neuem Verzeichnis.

- Allgemeine Sicherheitstechnische Unterlagen

Brandbekämpfungspläne: Gebäudepläne für die Einsatzdienste und zugehörige textliche Angaben zur Brandbekämpfung wurden teilweise ergänzt. Der damit verbundene Änderungsdienst beschränkte sich auf aktuelle Erfordernisse.

Ortsbegehungen: Für die Einsatzleiter vom Dienst (EvD), Angehörige der Werkfeuerwehr und der Wartungsdienste wurden Ortseinweisungen in verschiedenen Gebäuden und Anlagen durchgeführt.

Allgemeine Sicherheitsregelung des KfK: Neue Sicherheitsanforderungen und organisatorische Veränderungen machten es erforderlich, die Allgemeine Sicherheitsregelung des KfK (letztgültige 3. Auflage vom April 1977) den heutigen Verhältnissen anzupassen. Durch die starke Nachfrage nach dieser "Hausordnung", die allen Mitarbeitern, Gästen und Auftragsfirmen ausgehändigt wird, war ein unmittelbarer Anlaß für eine überarbeitete Neuauflage gegeben.

Alarmplan: Für den gültigen Alarmplan in der Fassung von 1973 liegen verschiedene Anregungen auch von seiten der Aufsichtsbehörde zur Neufassung vor. Durch einen Gutachtensauftrag an das Institut für Unfallforschung des TÜV-Rheinland wurde in zahlreichen Einzeldiskussionen mit den beteiligten internen und externen Stellen eine hierfür geeignete Leitlinie gesucht. Arbeitshilfen und Unterlagen wurden zur Verfügung gestellt. Das Gutachten wurde zum Jahresende abgeschlossen. Es wird Grundlage einer Neubearbeitung der gesamten Alarmfallregelung sein.

2.7 Elektronische Datenverarbeitung

A. Antoni, G. Stäblein

2.7.1 Hardware

Die zur Verfügung stehende Datenverarbeitungsanlage wurde 1979 so ergänzt, daß durch 2 Terminals eine gleichzeitige Bearbeitung von 2 unabhängigen Jobs (Eingabe, Ausgabe, Programmmodifikation) möglich wird. Die Verwendung der Minidiskette als Datenträger wurde im Hinblick auf eine interne Weitergabe automatisch bei der Messung gespeicherter Dosiswerte von Stabdosisimetern eingerichtet. Wie Versuche bestätigen (Programm DIALOG), können auf diese Weise Monatswerte ohne Schriftverkehr in die Zentraldatei übernommen werden.

2.7.2 Software

Die Programmbibliothek wurde um weitere Programme ergänzt, die unter anderem für administrative Textverarbeitung der Sekretariate aktualisiert und zur Erstellung von Auswahladressenlisten eingesetzt werden.

Beispiel: - Adressen von Fremdfirmen

- Behörden
- Sachverständige
- Fachkollegen
- Arbeitskreise
- interne Personenkreise unterschiedlicher Verantwortlichkeit.

Der zeitlich umfangreichste Job liegt bei der Personendosisdatei, die inzwischen für alle Organisationseinheiten der KfK GmbH mit großem Datensatz durch EDV abgewickelt werden kann.

2.7.3 Personendosisdatei

In der EDV-Datei erfaßt:	Mitarbeiter HDB	125
	Mitarbeiter IRCH	68
	Mitarbeiter HS/O	64
	Fremdfirmen	61
	Fremdfirmenangehörige	562
	Einzeldaten je Person	80

Tab. 2/9: Datenbestand (Stand: Dezember 1979)

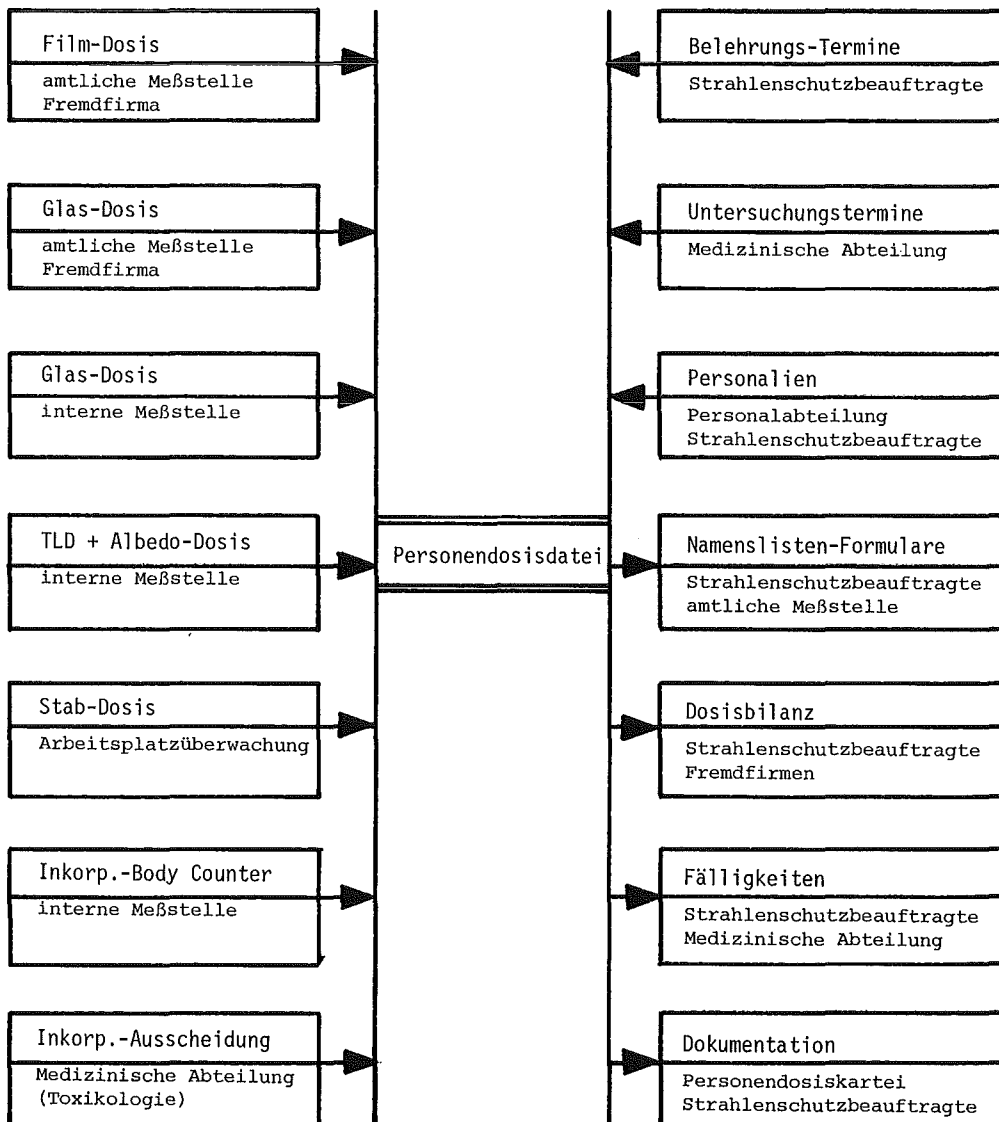


Abb. 2/3 Datenarten und Kontaktstellen der Personendosisdatei

Programm	Leistung	Umgang	Frequenz
DOKAR	Gesamtliste HDB	3 . 40 Blatt	monatlich
	Gesamtliste IRCH	2 . 20 Blatt	"
	Fälligkeit Untersuchung HDB, IRCH, HS/0	3 . 1 Blatt	"
	Fälligkeit Belehrung HDB, IRCH, HS/0	9 . 1 Blatt	"
DOF	Gesamtliste Fremdfirmen	2 . 60 Blatt	monatlich
	Gesamtliste Fremdfirmen (ausgeschiedene Mitarbeiter)	2 . 70 Blatt	jährlich
	Fälligkeit Belehrung	3 . 1 Blatt	monatlich
	Namensliste	1 . 8 Blatt	"
	Liste nach Fremdfirmen sortiert	2 . 8 Blatt	"
	Liste für Fremdfirmen (§ 20 a - Genehmigungen)	14 . 3 Blatt	"
UEBO	Überwachungsbogen-Filmdosimeter	90 Bogen	monatlich
	Überwachungsbogen-Glasdosimeter	7 Bogen	vierteljährlich
	Überwachungsbogen-Glasdosimeter	10 Bogen	halbjährlich
	Personalbogen-interne Dosimeter	35 Bogen	monatlich
	Alphabetisch sortierte Fremdfirmenliste	2 . 4 Blatt	"
HS	Gesamtliste alphabetisch (Personaldaten)	1 . 10 Blatt	monatlich
	Gesamtliste alphabetisch (Anschriften)	1 . 10 Blatt	"
	Liste nach Abteilungen sortiert (Personaldaten)	1 . 15 Blatt	"
	Liste nach Abteilungen sortiert (Anschriften)	1 . 15 Blatt	"

Tab. 2/10: Ausgaberroutinen verschiedener Programme

2.8 Meldestelle für Kernbrennstoffe

W. Stock

Die Meldestelle ist zuständig für die Erfassung, Überwachung und Meldung des Kernmaterials, sonstiger radioaktiver Stoffe und Schwerwasser zentral für die Anlagen der KfK GmbH.

Grundlage für diese Tätigkeit sind Gesetze, Verordnungen und Anordnungen deutscher sowie internationaler Behörden.

- Artikel 72 des NV-Vertrages
- Artikel 81 Abs. 2 des EURATOM-Vertrages
- Verordnung (EURATOM) Nr. 3227/76 der EURATOM-Kommission
- Strahlenschutzverordnung
- sowie Umgangs-, Lager-, Betriebs- und Beförderungsgenehmigungen.

1979 waren die Anlagen der KfK von der EURATOM-Kommission in 9 Materialbilanzonen (MBZ) eingeteilt.

Anlage	MBZ (EURATOM-Code)	Anlage	MBZ (EURATOM-Code)
KTB/FR 2	WFZK	INR	WKVS
KTB/SNEAK	WSNK	IKVT	WIKV
KTB/HZ	WHZK	IRCH	WRCH
SUA	WSUA		
SUR 100	WSUR	Laboratorien	WCRK

Tab. 2/11: Einteilung in Materialbilanzzonen

In der Materialbilanzzone Code WCRK waren 20 Institute bzw. Teilinstitute zusammen erfaßt.

Entsprechend den Richtlinien der Verordnung (EURATOM) Nr. 3227/76 sowie den besonderen Kontrollbestimmungen der einzelnen Anlagen hat die Meldestelle das Kernmaterial in computergerechter Form getrennt nach Anlagen, Kategorie, Chargenbezeichnung, Materialbeschreibung und der jeweiligen Verpflichtung in insgesamt 28 Bestandsverzeichnissen erfaßt.

Die Codierung der Chargenbezeichnung wurde für die Anlagen so gewählt, daß innerhalb der KfK ein einheitliches System besteht. Inspektoren der IAEA und EURATOM haben die erstellten Unterlagen sehr begrüßt, da sie die Inspektionen in den einzelnen Anlagen wesentlich erleichtern und beschleunigen. Für die einzelnen Anlagen bedeuten diese Unterlagen eine Erleichterung bei der Aufnahme des realen Bestandes.

Bei der Vielzahl von Besprechungen, die mit Vertretern der EURATOM-Kommission und den einzelnen Betreibern stattfanden, wurden alle Richtlinien der genannten Verordnung und der besonderen Kontrollbestimmungen besprochen. Die Meldestelle hat außer der Verordnung (EURATOM) Nr. 3227/76 Erläuterungen, Merkblätter und Formblätter jeder Anlage der KfK zur Verfügung gestellt, so daß das Meldewesen nach neuem System seit Monaten zwischen der KfK (HS/TSB) und EURATOM reibungslos verläuft.

Für die Erstellung der monatlichen Bestandsänderungsberichte wurden 1979 475 Institutsmeldungen an die Abteilung Technisches Sicherheitsbüro überprüft und 618 Belege (Lieferscheine) gebucht.

EURATOM Luxemburg	BAW Eschborn	SM Stuttgart
1003	987	987

Tab. 2/12: Bestandsänderungsberichte an Behörden

Kernmaterialtransporte

Alle KfK-externen Transporte wurden bei Eingängen vom Objektsicherungsdienst und bei Ausgängen vom Absender der Meldestelle gemeldet.

Kategorie	KfK-intern	KfK-extern	Gesamt
Natururan	116	72	188
abger. Uran	138	40	178
Thorium	14	18	32
anger. Uran	106	76	182
Plutonium	192	140	332
Gesamt	566	346	912

Tab. 2/13: Kernmaterialbewegungen - nach Kategorien - 1979

Inspektionen des Kernmaterials durch IAEO und EURATOM

1979 haben die Internationale Atomenergie-Organisation (IAEO) in Anwendung von Artikel 72 des NV-Vertrages und die EURATOM-Kommission Luxemburg in Anwendung von Artikel 82 Abs. 2 des EURATOM-Vertrages die in der Tabelle 2/14 angegebenen Inspektionen in der KfK durchgeführt. Zur Durchführung dieser Inspektionen wurden von der IAEO 41 und der EURATOM-Kommission 65 Inspektoren eingesetzt.

An den insgesamt 162 Inspektionstagen ergaben sich für die einzelnen Anlagen folgende Inspektionsbesuche:

HS/TSB	KTB/SNEAK	KTB/FR 2	KTB/HZ	IMF III	IMF I	IHCH	IAK
38	147	4	1	2	1	2	1

Alle Inspektionen wurden von der Meldestelle vorbereitet, die Inspektoren - außer bei Messungen in der SNEAK - durch die kontrollierten Anlagen begleitet und über die Inspektionen Abschlußberichte erstellt.

Erfassung und Meldung sonstiger radioaktiver Stoffe

Aus den Unterlagen der Buchführung wurden die in Tabelle 2/15 aufgelisteten Meldungen erstellt und den Behörden zugeleitet.

	EURATOM	SM	GAA	Lfu	Gesamt
Monatsberichte					
- KfK-externe Bewegungen			36		36
Quartalsberichte					
- Schwerwasser	16				16
Halbjahresberichte					
- Erzeugung radioaktiver Stoffe		4	4		8
- umschl. radioaktive Stoffe				36	36
- Anfall von radioaktivem Abfall		2			2
Jahresberichte					
- Bestand an radioaktiven Stoffen		18	18		36
- Bestand an radioaktivem Abfall		2	2		4
Gesamt	16	26	60	36	138

Tab. 2/14: Erfassung und Meldung sonstiger radioaktiver Stoffe

Buchprüfung	Anlage	MBZ	Zeitraum	Manntage	
				IAEO	EURATOM
HS/TSB	Laboratorien IMF I IMF II IHCH	WCRK	7. bis 9. 3.79	6	6
HS/TSB	KTB/SNEAK	WSNK	19. bis 23. 3.79	-	10
	KTB/SNEAK	WSNK	26. bis 30. 3.79	-	10
	KTB/SNEAK	WSNK	2. bis 3. 4.79	-	2
HS/TSB	KTB/SNEAK	WSNK	9. bis 12. 4.79	4	4
	KTB/SNEAK	WSNK	17. bis 20. 4.79	-	4
HS/TSB	KTB/SNEAK	WSNK	23. bis 27. 4.79	15	10
HS/TSB	KTB/FR 2	WFZK	25. bis 26. 4.79	-	2
	KTB/SNEAK	WSNK	2. bis 4. 5.79	-	3
HS/TSB	KTB/SNEAK	WSNK	7. bis 11. 5.79	20	20
	KTB/SNEAK	WSNK	21. bis 23. 5.79	-	9
HS/TSB	KTB/SNEAK	WSNK	28.5. bis 1. 6.79	5	10
HS/TSB	KTB/SNEAK	WSNK	11. bis 13. 6.79	9	9
	KTB/SNEAK	WSNK	18. bis 22. 6.79	-	10
HS/TSB	KTB/SNEAK	WSNK	25. bis 29. 6.79	5	10
HS/TSB	KTB/SNEAK	WSNK	2. bis 6. 7.79	10	10
HS/TSB	KTB/SNEAK	WSNK	9. bis 13. 7.79	15	10
	KTB/SNEAK	WSNK	16. bis 20. 7.79	-	5
	KTB/SNEAK	WSNK	30.7. bis 3.8.79	5	10
HS/TSB	KTB/SNEAK	WSNK	6. bis 10. 8.79	5	-
HS/TSB	KTB/SNEAK	WSNK	13. bis 17. 8.79	10	10
	KTB/SNEAK	WSNK	20. bis 24. 8.79	-	10
HS/TSB	KTB/SNEAK	WSNK	27. bis 31. 8.79	5	10
HS/TSB	KTB/SNEAK	WSNK	17. bis 21. 9.79	10	10
HS/TSB	KTB/SNEAK	WSNK	24. bis 28. 9.79	5	5
HS/TSB	KTB/HZ Laboratorien IMF III	WHZK WCRK	1. bis 5.10.79	-	10
	KTB/SNEAK	WSNK	8. bis 12.10.79	-	10
HS/TSB	KTB/SNEAK	WSNK	15. bis 19.10.79	10	10
HS/TSB	KTB/SNEAK	WSNK	22. bis 26.10.79	5	10
HS/TSB	KTB/SNEAK	WSNK	5. bis 9.11.79	10	10
	KTB/SNEAK	WSNK	12. bis 16.11.79	10	10
	KTB/SNEAK	WSNK	26. bis 30.11.79	-	10
HS/TSB	KTB/SNEAK	WSNK	3. bis 7.12.79	15	5
HS/TSB	KTB/FR 2 Laboratorien IHCH IAK	WFZK WCRK	10. bis 11.12.79	-	4
	KTB/SNEAK	WSNK	17. bis 21.12.79	5	5
Gesamt-Manntage				194	293

Tab. 2/15: Inspektionen des Kernmaterials durch IAEO und EURATOM

2.9 Entwicklung von Überwachungssystemen

- Abzweigungsscenarios für den SNR 300

Chr. Brückner

Das für den SNR 300 ausgearbeitete Konzept für die Durchführung der internationalen Kernmaterialüberwachung weist eine Reihe von Unterschieden zum klassischen Konzept auf. Das klassische Konzept sieht die Verifikation von Kernmaterialein- und -ausgängen und, in Zeitabständen, die von der Art des Kernmaterials abhängen, die Verifikation des Kernmaterialbestandes vor. An mit schwach angereichertem Uran betriebenen Leistungsreaktoren muß der gesamte Bestand einmal im Jahr einer Bestandsprüfung zugänglich sein, zusätzlich werden die abgebrannten, Plutonium enthaltenden Brennelemente im Naßlager alle drei Monate überprüft und auch das Coreinventar - indirekt über die Prüfung eines Siegels an einem Abdeckriegel - verifiziert. In Anlagen, die unbestrahltes Plutonium im Bestand haben, wären Inventarprüfungen in noch kürzeren Zeitabständen gefordert.

Es ist klar, daß in einem natriumgekühlten Brutreaktor insbesondere eine Bestandsverifikation wegen der Unzugänglichkeit des Kernmaterials im Natrium-Schutzgas-Bereich im klassischen Sinne nicht möglich ist beziehungsweise zu hohen gravierenden Betriebsbehinderungen führen würde. Das für den SNR 300 ausgearbeitete Überwachungskonzept sieht deshalb vor, daß das Kernmaterial im Natrium-Schutzgas-Bereich vor dem Eingeben in diesen Bereich bis zur Entnahme durch ein in der Wechselmaschine angeordnetes, unabhängig und gegen Eingriff des Betreibers abgesichertes Detektionssystem verfolgt wird, in der Weise, daß bei allen Kernmaterialtransfers die Art des transferierten Kernelements, die Entnahmeposition und die Absetzposition festgestellt, aufgezeichnet und auf die Bestände der einzelnen Positionen aufgerechnet wird. Ein zusätzliches Beobachtungssystem mit Kamera stellt sicher, daß andere Transfers als die mit der Wechselmaschine nicht durchgeführt werden. Das im Lager für frische Brennelemente vorhandene Kernmaterial hingegen ist zugänglich und kann Bestandsverifikationen zum Beispiel durch Versiegelung der Lagerpositionen unterworfen werden.

Beim abweichenden Konzept für den SNR 300 ist nachzuweisen, daß die Abzweigung "signifikanter Mengen" von Kernmaterial tatsächlich "rechtzeitig" und ausreichend sicher aufgedeckt werden kann. Eine wesentliche Voraussetzung für einen solchen Nachweis bildet die Zusammenstellung aller technisch möglichen Verfahrenswesen für eine Kernmaterialabzweigung (Abzweigungsscenarios). An ihnen ist dann in weiteren Schritten zu prüfen, ob das vorgesehene Konzept die Abzweigungsaufdeckung gewährleisten kann, beziehungsweise welchen Anforderungen das Überwachungssystem mit seinen einzelnen Elementen für eine hinreichend wahrscheinliche Aufdeckung von Abzweigungen genügen muß.

Das Kernmaterial liegt in der Reaktoranlage des SNR 300 in jedem Falle eingeschlossen in Kernelementen vor, die in der Reaktoranlage selbst nicht demontiert werden können. Handhabung von Kernmaterial bedeutet also immer Handhabung ganzer Kernelemente. Eine Ausnahme bilden Materialtestelemente, in die Materialproben, gegebenenfalls auch Kernmaterialproben in der Anlage selbst eingesetzt oder entnommen werden können.

Eine Abzweigung von Kernmaterial in den beiden Grundarten

- Abzweigung großer Mengen auf einmal
- fortgesetzte Abzweigung kleiner Mengen

bedeutet demnach immer die Abzweigung ganzer Kernelemente oder doch wenigstens die Handhabung ganzer Kernelemente in der Anlage.

2.10 Neuere Ansätze zur internationalen Kernmaterialüberwachung in Wiederaufarbeitungsanlagen mit erweiterten Containment-Surveillance-Systemen

Chr. Brückner

2.10.1 Vorbemerkungen

Bei der Kernmaterialüberwachung nach dem Verifikationsabkommen gilt die Kernmaterialbilanzierung als Überwachungsmaßnahme von grundsätzlicher Bedeutung, den Verfahren zur räumlichen Einschließung und Beobachtung (Containment und Surveillance, abgekürzt CS) ist die Rolle wichtiger ergänzender Maßnahmen zugewiesen. Es ist wichtig, festzuhalten, daß "ergänzend" hierbei im Sinne einer komplementären Ergänzung gemeint ist. Das heißt, daß Einschließungs- und Beobachtungsmaßnahmen zum Erreichen des Überwachungszieles anstelle bestimmter Bilanzierungsmaßnahmen herangezogen werden können, wenn diese sich als zu aufwendig oder als unzureichend erweisen, ihnen jedoch nicht additiv hinzuzufügen sind.

Bereits beim Beginn der Überlegungen über Konzepte zur Kernmaterialüberwachung ist die Einschließung von Kernmaterial und die Überwachung solcher Einschließungen - wobei als eingeschlossener Bereich durchaus eine ganze Anlage oder Anlagenteile angenommen wurde - als alternatives Verfahren zur Kernmaterialbilanzierung betrachtet worden. Der Bilanzierung wurde seinerzeit der Vorzug gegeben, weil Zweifel an der Realisierbarkeit dichter Containment-Surveillance-Systeme bestanden.

Eine Reihe von Ursachen haben jedoch nun zu neuen Überlegungen über Kernmaterialüberwachungskonzepte, insbesondere für Wiederaufarbeitungsanlagen, und der Anwendung von CS-Verfahren hierbei geführt:

- Die klassischen Bilanzierungssysteme sind unzureichend, um bei den bestehenden Bilanzierungsunsicherheiten und angesichts der neuen Anforderungen hinsichtlich der signifikanten Mengen die Überwachungsziele bei erträglicher Betriebsbelastung zu erreichen.
- Mit den klassischen Bilanzierungsverfahren kann die abrupte Abzweigung signifikanter Mengen von Kernmaterial nicht rechtzeitig aufgedeckt werden.

Für die stärkere Hinwendung zu CS-Konzepten dürften außerdem zwei weitere Gründe eine Rolle gespielt haben:

- Moderne Wiederaufarbeitungsanlagen sind stärker als bisher für einen kontinuierlichen Betrieb konzipiert. Hier würden die nach dem Bilanzierungskonzept erforderlichen Inventuren mit Ausräumungen der Anlage also besonders betriebsstörend sein.
- Wiederaufarbeitungsanlagen sind aus Sicherheitsgründen mit umfangreichen baulichen Umschließungen ausgestattet, die für CS-Maßnahmen zum Zweck der Kernmaterialüberwachung genutzt werden können. Es besteht hier also durchaus die Chance, ein dichtes Containment-Surveillance-System zu realisieren.

Die erwähnten Gründe und die notwendigen Konsequenzen für künftige Entwicklungen werden offensichtlich auch von der Internationalen Atomenergie-Organisation (IAEO) gesehen. Im Beitrag der IAEO zur International Nuclear Fuel Cycle Evaluation (INFCE/SEC/11 vom 1. Februar 1979) wird für die Überwachung großer Wiederaufarbeitungsanlagen die Feststellung getroffen: "It is suggested that safeguards would not be based mainly on traditional material accountancy methods. Safeguards would, instead, be based primarily on the concept of containment, complemented by human and instrumented surveillance and monitoring."

2.10.2 Das Konzept einer Überwachung mit CS-Maßnahmen

Das Konzept der Kernmaterialüberwachung in einer Anlage oder einem Anlagenteil mit erweiterter Anwendung von CS-Maßnahmen geht von dem Grundmodell aus, daß das Kernmaterial umschlossen und

- jeder reguläre Kernmaterialtransfer durch die Umschließung hindurch quantitativ erfaßt und überprüft und
- die Umschließung ansonsten auf Dichtheit kontrolliert, das heißt, jeder nichtreguläre Kernmaterialtransfer durch die Umschließung unterbunden oder aber aufgedeckt und quantitativ festgestellt

wird. Die Einrichtung der Umschließungen richtet sich weitgehend nach den baulichen Gegebenheiten (Handhabungszellen mit überwachten Materialschleusen, Betriebsräume mit überwachten Personenschleusen o.ä.).

Die Entdeckung von Abzweigungen ist identisch mit der Aufdeckung und quantitativen Bestimmung nichtregulärer Transfers durch die Umschließung. Die Anzahl der zu überwachenden möglichen Abzweigungswege ist zu minimieren, um Abzweigungen mit der erforderlichen Genauigkeit feststellen zu können. Die erforderliche Sicherheit, mit der Entdeckung zu gewährleisten ist, muß durch redundante Auslegung der Instrumentierung erreicht werden.

Die Angabe von Entdeckungswahrscheinlichkeiten für das CS-System setzt die Analyse der Abzweigungspfade und die Kenntnis der Entdeckungswahrscheinlichkeiten für die Überwachungseinrichtungen voraus, mit denen die Pfade bestückt sind.

Grundsätzlich lassen sich Überwachungseinrichtungen mit einer von der Menge des abgezweigten Materials unabhängigen und solche mit einer von dieser Menge abhängigen Entdeckungswahrscheinlichkeit unterscheiden. Beispiel für den ersten Fall ist das Siegel: Die Entdeckungswahrscheinlichkeit ist mengenunabhängig und wird bestimmt von der Wahrscheinlichkeit, das versiegelte Containment ohne nachweisbare Verletzung des Siegels zu öffnen. Beispiel für den zweiten Fall ist der Strahlungsmonitor: Die Entdeckungswahrscheinlichkeit steigt mit der Menge des abgezweigten Materials.

Die rechtliche Grundlage der Kernmaterialüberwachung bildet das Verifikationsabkommen. Das Problem, ein CS-Konzept auf dieser Grundlage abzustützen, wird an zwei Punkten deutlich:

- Grundsätzlich erscheint es möglich, mit CS-Maßnahmen allein das Ziel der Kernmaterialüberwachung nach dem Verifikationsabkommen zu erreichen, die Abzweigung signifikanter Mengen von Kernmaterial zu entdecken.
- Das Verifikationsabkommen gibt nun aber nicht nur dieses Überwachungsziel, sondern auch Wege an, die zum Erreichen des Zieles zu beschreiten sind. Unter anderem besteht das Recht der IAEA, Informationen über Kernmaterialbestände zu erhalten und diese zu verifizieren, d.h., Bestandsaufnahmen und -prüfungen zu fordern und durchzuführen.

Die Anwendung eines CS-Konzeptes, das heißt, eines Überwachungskonzeptes, das nicht Bilanzierungsmaßnahmen verwendet und Bestandsinformationen deshalb auch nicht als Auswertungsgrundlage für die Feststellung von Abzweigungen benötigt, setzt wegen dieser Situation Überlegungen über seine formale Anbindung an die Regelungen des Verifikationsabkommens voraus. Es wird vorgeschlagen, an veränderbaren Kernmaterialbeständen dann, wenn diese Bestandsveränderungen nur auf meßbare und verifizierbare Weise erfolgen und andere Bestandsveränderungen durch CS-Maßnahmen ausgeschlossen oder entdeckbar gemacht sind, die direkte Bestandsverifikation durch die Verifikation der Eingänge und Ausgänge und die Auswertung der CS-Informationen zu ersetzen (Modell der "erweiterten Anwendung von CS-Maßnahmen"). Daß für einen solchen Bestand der Realwert gleich dem Buchwert wäre, d.h., $MUF = 0$, würde formal der Tatsache äquivalent sein, daß die Aussage der Überwachungsbehörde über das Erreichen des Überwachungszieles anstelle auf Datenverifikation und MUF-Auswertung auf Datenverifikation (Eingang/Ausgang) und CS-Auswertung beruht.

2.10.3 Modellkonzept für eine Wiederaufarbeitungsanlage

Die Anlage wird in drei Materialbilanzzonen (MBA) eingeteilt:

MBA 1 umfaßt Brennelementlager, Schneidezelle und Auflösetank. Es wird vorausgesetzt, daß die Brennelemente versiegelt angeliefert werden (mit den vom Reaktorbetreiber bestimmten Kernmaterialgehalten). Die Kernmaterialüberwachung der Elemente geschieht in MBA 1 dann durch Bilanzierung nach Stückzahl unter Fortschreibung der Reaktorbetreiber-Daten. Auf dem Wege in die Schneidezelle und den Auflösetank wird das Material durch Beobachtungsmaßnahmen überwacht. Eine Messung des Kernmaterialgehaltes erfolgt im Auflöser bzw. im Accountability-Tank sowie an Hülsen und anderen Rückständen. Damit kann die Shipper-Receiver-Differenz für die Brennelemente kampagnenweise ermittelt und der Materialtransfer in die MBA 2 angegeben werden. Die Messungen sind verifizierbar.

MBA 2 besteht aus Prozeßbereich und analytischen Labors. Hier soll das "erweiterte" CS-Konzept mit Materialmessung und -verifikation an Eingängen (Accountability-Tank) und Ausgängen (Produkte nach MBA 3, Abfälle), Bestimmung des Bestandes hieraus und Überwachung der MBA-Grenzen mit CS-Maßnahmen angewandt werden.

MBA 3 wird vom Endproduktlager gebildet. Der Kernmaterialeingang (an MBA 3) wird gemessen, im übrigen werden CS-Maßnahmen (Versiegelungen) an den Endproduktlagertanks konventionell nach Messung angewandt, so daß Bestandsprüfungen durch Prüfung dieser Maßnahmen erfolgen können.

3. Sicherung

Die allgemeine Sicherungslage und der hieraus von den Behörden für das Kernforschungszentrum Karlsruhe abgeleitete Gefährdungsgrad führte zu einer Aufrechterhaltung der verschärften Sicherungsmaßnahmen und Anfang des Jahres 1979 zur Schließung der neuen Außenanlagen. Neben dieser auffälligsten Maßnahme wurden bauliche Ertüchtigungen an den sensitiven Anlagen des Zentrums vorbereitet bzw. eingeleitet. Dabei mußten Lösungen gefunden werden, die den divergierenden Belangen von Sicherheit im Sinne der Arbeitsstättenverordnung als auch der Sicherung genügen. Die Maßnahmen im Bereich der präventiven Grundsicherung im Kernforschungszentrum wurden im Berichtszeitraum bedeutend verbessert.

3.1 Objektsicherungsdienst

R. Schütten, E. Ringel

Trotz intensiver Bemühungen konnte der Objektsicherungsdienst der Abteilung Sicherung personell nicht so verstärkt werden, wie es für die Durchführung von Objektsicherungsaufgaben im Kernforschungszentrum nötig wäre. Daher mußten weiterhin Fremdfirmen für Sicherungsaufgaben im Kernforschungszentrum Karlsruhe herangezogen werden. Neben der erforderlichen Schulung des Eigenpersonals wurde auch regelmäßig das Personal der Fremdfirmen in den wichtigsten Sicherheitsbelangen unterwiesen. In der Weiterbildung des Objektsicherungsdienstes besteht insofern ein Engpaß, als es bisher nicht gelungen ist, eine geeignete Persönlichkeit zu gewinnen, die die gesamte Ausbildung zu organisieren und zu leiten vermag. Neben der waffenspezifischen Ausbildung des Objektsicherungspersonals und den Speziallehrgängen für Betriebs- und Objektsicherungspersonal war das Ausbildungsprogramm geprägt durch die praktische Waffenausbildung und die theoretische Unterweisung; insgesamt 85 Mitarbeiter des Objektsicherungsdienstes haben die Sachkundeprüfung für den Erwerb des Waffenscheines mit Erfolg abgelegt.

An den Toren des Kernforschungszentrums Karlsruhe wurden auch 1979 entsprechend bestehender Auflagen Sicherheitskontrollen (Kraftfahrzeuge) durchgeführt. Davon waren Mitarbeiter, Fremdfirmenangehörige und Besucher betroffen. Die überprüften Personen haben sich in der Regel einsichtig gezeigt und die Notwendigkeit dieser Kontrollen eingesehen.

Der Objektsicherungsdienst verfügt zur Zeit über 18 Diensthunde. An den Ausbildungslehrgängen der Landespolizei-Hundeschule in Karlsruhe-Durlach haben 3 Mitarbeiter des Objektsicherungsdienstes mit den ihnen persönlich zugewiesenen Diensthunden teilgenommen, zwei Mitarbeiter sind als Schutzhundeführer und ein Mitarbeiter als Fährtenhundeführer ausgebildet worden. Die planmäßige Fortbildung wird innerhalb der eigenen Zwingeranlage sowie im KfK-Gelände und bei den örtlichen Hundesportvereinen in der näheren Umgebung betrieben. Bei den örtlichen Hundesportvereinen haben unsere Diensthundeführer an 49 Schutzhundeprüfungen teilgenommen. Im September 1979 wurde die erste Schutzhundeprüfung im Kernforschungszentrum Karlsruhe in eigener Regie durchgeführt. An dieser Prüfung haben 13 KfK-Diensthundeführer und 5 Gäste von Hundesportvereinen teilgenommen. Mit der baulichen Erweiterung der Zwingeranlage wurde begonnen.

Im Jahre 1979 sind in der Alarmzentrale folgende Alarm- und Störmeldungen eingegangen und weiterbearbeitet worden:

Gruppe	Anzahl
Objektsicherung	117
Feuer	88
Störung (Aufzüge, Stromausfall usw.)	308
allg. Störmeldungen	1200

Tab. 3/1: Alarm- und Störmeldungen

Abgesehen von den Störungen betreffend Aufzüge und Stromausfall ist in den anderen Positionen ein deutlicher Anstieg gegenüber dem Vorjahr zu verzeichnen. Insgesamt wurden 1979 mit 1198 Einsätzen (Tab. 3/2) eine um 120 % höhere Einsatzfrequenz registriert.

Einsatzleiter vom Dienst	137 Einsätze
Feuerwehr	109 Einsätze
Wartung	665 Einsätze
Versuchsleiter	65 Einsätze
Rufbereitschaft	222 Einsätze

Tab. 3/2: Registrierte Einsätze 1979

Im Jahr 1979 wurden bei leicht rückläufiger Tendenz 37 200 Besucher des Kernforschungszentrums Karlsruhe vom Empfangsdienst registriert. Die Zahl der ausländischen Gäste lag im Berichtszeitraum mit 4 147 etwas niedriger als im Vorjahr. Von den insgesamt ausgegebenen Besucherscheinen und den befristeten Ausweisen wurden lediglich 278 bei Verlassen des Zentrums nicht zurückgegeben.

3.2 Ermittlungsdienst

A. Baumgärtner

Bei leicht rückläufiger Tendenz wurden im Jahr 1979 221 Verstöße gegen die Ordnungs- und Kontrollbestimmungen registriert und bearbeitet (siehe Abb. 3/1). Es mußten u.a. 32 Sicherstellungen von Material vorgenommen werden, da zum Zeitpunkt der Ausfuhr kein Eigentumsnachweis erbracht werden konnte.

Die Anzahl der gemeldeten oder bekanntgewordenen Sachbeschädigungen belief sich im Berichtszeitraum auf 71 (siehe Abb. 3/2). In allen Fällen konnte der Verursacher ermittelt und dem Versicherungsreferat mitgeteilt werden. Der bei diesen Schadensfällen ermittelte Gesamtschaden beträgt DM 178 500,-- (siehe Tab. 3/3).

Im Jahre 1979 wurden 40 Diebstähle gemeldet oder sind auf andere Weise bekanntgeworden (siehe Abb. 3/3). Die Anzahl der Diebstähle entspricht etwa der der Vorjahre bei leicht abnehmender Tendenz. Die Aufklärungsquote war mit 51 % unter dem Aufklärungsdurchschnitt der vergangenen Jahre, was darin begründet ist, daß ein Großteil der Diebstähle nicht sofort dem Ermittlungsdienst gemeldet wurde.

Vom Ermittlungsdienst wurden zum Teil zusammen mit anderen Abteilungen 388 Betriebsunfälle und sonstige Unfälle, an denen 209 KfK-Mitarbeiter und 179 Fremdfirmenangehörige beteiligt waren, untersucht. Die Tendenz ist weiter rückläufig (Unfallstatistik, siehe Kapitel 2.4.5).

3.3 Güterkontrolle

A. Baumgärtner, F. Paltian

Die Güterkontrolle stellte im Jahre 1979 für Fremdfirmen und Anlieferer insgesamt 29 084 Warendurchlaßscheine aus. Für Anlieferer oder Abholer von radioaktiven Materialien oder Kernbrennstoffen wurden im gleichen Zeitraum 984 Durchlaß-Passierscheine ausgestellt.

Bei den Ein- und Ausfuhrkontrollen hielten sich die im Zentrum eingesetzten Fremdfirmen - von wenigen Ausnahmen abgesehen - an die geltenden Ordnungs- und Kontrollbestimmungen, wodurch größere Beanstandungen vermieden werden konnten. Diese positive Entwicklung ist auf das seit Jahren praktizierte Verfahren der Belehrung von Fremdfirmen zurückzuführen.

Nach den bestehenden Sicherungsaufgaben sind Warensendungen, die für sensitive Bereiche bestimmt sind, einer besonderen Kontrolle zu unterziehen und in diese Bereiche zu begleiten. Im Jahre 1979 wurden rund 10 000 Warensendungen einer Kontrolle unterzogen und rund 1 500 Transport- und Warenbegleitungen durchgeführt.

3.4 Verkehrsdienst

W. Hauth

Mit 86 Verkehrsunfällen - davon 63 im Kernforschungszentrum Karlsruhe -, die im Berichtszeitraum aufgenommen wurden, entsprach die Zahl der vom Verkehrsdienst aufgenommenen Verkehrsunfälle etwa der Zahl der vergangenen Jahre. Es waren 59 Unfälle mit leichten Sachschäden, 16 Unfälle mit Schäden jeweils über DM 1 000,- sowie 11 Unfälle mit Personenschaden zu bearbeiten (siehe Tab. 3/4). Die häufigsten Unfallursachen waren:

- Nichtbeachten der Vorfahrt,
- zu geringer Sicherheitsabstand,
- Unachtsamkeit beim Rückwärtsfahren.

Belehrungen im Sinne der Strahlenverkehrsordnung wurden im Jahre 1979 insgesamt 502 Personen im Kernforschungszentrum Karlsruhe erteilt (1978: 472; 1977: 628).

Bei den Verkehrszählungen am 31.05.1979 und 27.06.1979 wurden die in den Tabellen 3/5 bis 3/8 wiedergegebenen Daten ermittelt.

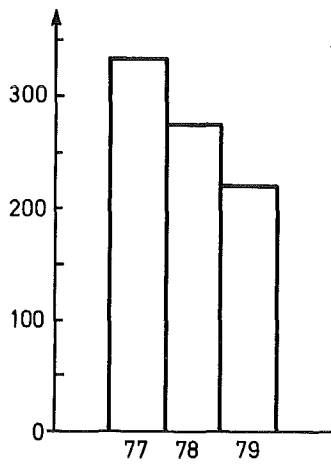


Abb. 3/1: Verstöße gegen die Ordnungs- und Kontrollbestimmungen

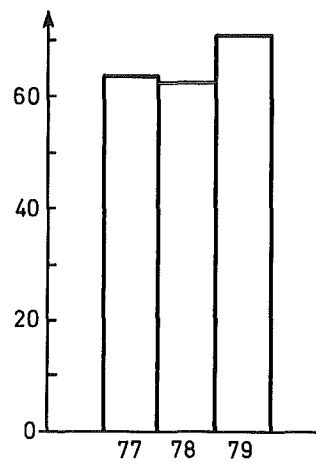


Abb. 3/2: Sachbeschädigungen

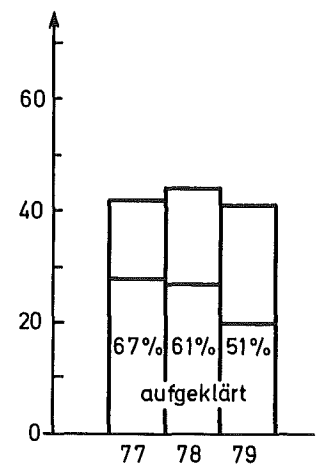


Abb. 3/3: Diebstähle

beschädigte Gegenstände	Jahr	bekanntgewordene Fälle	aufgeklärte Fälle	Geschätzter Schaden in DM
Kabelschäden	1979	3	3	3 000
	1978	4	4	15 000
	1977	1	1	1 000
Lichtmasten	1979	2	2	2 000
	1978	7	7	3 500
	1977	3	3	3 000
Tore, Einzäunungen	1979	15	15	6 000
	1978	11	10	10 000
	1977	6	6	5 000
Brände, Explosionen, Gebäudeschäden	1979	14	14	142 000
	1978	4	4	20 000
	1977	3	3	10 000
Dienst-Kfz	1979	8	8	7 500
	1978	11	11	27 000
	1977	8	8	10 500
Verschiedenes (Fenster, Bedachungen)	1979	29	29	18 000
	1978	26	26	28 000
	1977	43	43	18 000
S u m m e	1979	71	71	178 500
	1978	63	62	103 500
	1977	64	64	47 500

Tab. 3/3: Sachbeschädigungen; Einsatz des Ermittlungsdienstes

Monat	Anzahl der Verkehrsunfälle (einschl. Wegeunfälle)			leichter Sachschaden	davon		Beteiligte				
	1977	1978	1979		Sachschaden > 1 TDM	Personenschaden	Personen Mit- arbeiter	sonst. Pers.	Pkw	Fahrzeuge Lkw	sonst. Fahrz.
Januar	7	8	12	7	5	-	7	10	16	1	1
Februar	5	16	9	5	2	2	9	4	9	1	3
März	11	6	4	3	-	1	3	4	4	2	1
April	9	3	8	7	1	-	9	2	9	1	3
Mai	2	5	2	2	-	-	1	1	2	-	1
Juni	10	6	7	3	2	2	10	3	5	1	4
Juli	10	4	6	3	2	1	7	4	5	-	5
August	8	6	4	1	1	2	1	4	4	-	2
Sept.	10	10	6	5	-	1	9	8	5	2	4
Okt.	5	9	13	12	-	1	10	8	10	1	10
Nov.	8	8	11	8	2	1	10	8	12	3	4
Dez.	6	8	4	3	1	-	4	2	3	-	3
Summe	91	89	86	59	16	11	80	58	84	12	41

Tab. 3/4: Verkehrsunfälle

Uhrzeit	Pkw		Lkw, Kombi, Busse		Kräder, Mopeds		Fahrräder	
	Ein	Aus	Ein	Aus	Ein	Aus	Ein	Aus
00.00 - 05.00	7	2	-	4	-	-	-	-
05.00 - 06.00	46	9	3	-	-	-	2	-
06.00 - 07.00	142	37	16	7	5	1	11	-
07.00 - 08.00	637	42	48	27	18	2	157	2
08.00 - 09.00	851	93	60	54	17	6	218	22
09.00 - 10.00	182	95	43	26	9	5	32	21
10.00 - 11.00	151	143	27	42	3	5	20	26
11.00 - 12.00	119	358	43	31	5	6	15	58
12.00 - 13.00	232	288	16	33	11	13	71	101
13.00 - 14.00	305	129	35	29	9	2	112	32
14.00 - 15.00	120	190	21	26	3	6	23	20
15.00 - 16.00	89	263	16	30	7	6	14	40
16.00 - 17.00	134	1043	35	41	1	28	4	274
17.00 - 18.00	31	232	2	8	-	7	2	28
18.00 - 19.00	25	95	1	1	-	-	-	-
19.00 - 20.00	12	41	-	3	-	-	-	7
20.00 - 21.00	13	17	-	2	-	-	-	-
21.00 - 24.00	52	71	12	9	2	1	2	5
Insgesamt	3148	3148	378	373	90	88	683	636

Tab. 3/5: Verkehrszählung am 31.05.1979 von 00.00 Uhr bis 24.00 Uhr, Ein- und Ausfahrt Südtor

Uhrzeit	Pkw		Lkw, Kombi, Busse		Kräder, Mopeds		Fahrräder	
	Ein	Aus	Ein	Aus	Ein	Aus	Ein	Aus
00.00 - 05.00	2	4	1	-	1	-	-	-
05.00 - 06.00	39	4	3	1	1	-	5	-
06.00 - 07.00	145	44	8	4	12	-	20	1
07.00 - 08.00	350	3	20	2	24	-	70	-
08.00 - 09.00	268	23	13	7	2	1	36	1
09.00 - 10.00	39	14	2	3	-	-	1	-
10.00 - 11.00	23	35	3	10	-	-	-	-
11.00 - 12.00	29	100	5	9	1	1	1	11
12.00 - 13.00	44	84	5	4	3	1	9	6
13.00 - 14.00	168	33	9	11	3	1	12	1
14.00 - 15.00	42	78	8	6	1	1	1	5
15.00 - 16.00	15	126	6	7	-	11	-	27
16.00 - 17.00	10	479	8	21	1	29	-	87
17.00 - 18.00	8	81	2	4	-	-	-	11
18.00 - 19.00	9	40	1	3	-	-	-	4
19.00 - 20.00	7	14	3	6	-	-	-	-
20.00 - 21.00	3	7	-	-	-	-	-	1
21.00 - 24.00	38	51	2	2	4	1	-	21
Insgesamt	1239	1220	99	100	53	46	155	176

Tab. 3/6: Verkehrszählung am 31.05.1979 von 00.00 Uhr bis 24.00 Uhr, Ein- und Ausfahrt Nordtor

Uhrzeit	Pkw		Lkw, Kombi, Busse		Kräder, Mopeds		Fahrräder		Personen	
	Ein	Aus	Ein	Aus	Ein	Aus	Ein	Aus	Ein	Aus
00.00 - 01.00	1	1	-	-	-	-	-	-	1	1
01.00 - 02.00	-	2	-	-	-	-	-	-	-	2
02.00 - 03.00	1	3	-	-	-	-	-	-	1	3
03.00 - 04.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
04.00 - 05.00	2	-	-	4	-	-	-	-	3	4
05.00 - 06.00	48	6	3	-	1	1	6	-	71	7
06.00 - 06.30	29	26	4	4	-	-	-	-	33	38
06.30 - 06.40	17	3	3	1	-	-	2	-	39	4
06.40 - 06.50	36	4	4	-	-	-	2	-	65	4
06.50 - 07.00	64	3	8	-	1	1	3	-	132	4
07.00 - 07.10	29	3	6	1	1	-	2	-	55	4
07.10 - 07.20	37	4	7	1	-	-	4	-	64	5
07.20 - 07.30	54	8	8	2	1	-	12	-	91	11
07.30 - 07.40	87	9	5	9	1	-	25	-	144	18
07.40 - 07.50	174	14	11	12	4	-	27	1	373	27
07.50 - 08.00	237	7	27	15	11	1	122	11	781	34
08.00 - 08.10	267	11	16	11	5	1	90	1	465	25
08.10 - 08.20	147	8	8	4	1	1	55	3	276	21
08.20 - 08.30	115	13	4	6	1	1	42	2	173	28
08.30 - 08.40	76	13	8	3	2	-	18	8	98	40
08.40 - 08.50	63	17	8	7	1	1	11	1	93	31
08.50 - 09.00	45	11	6	7	-	-	17	2	99	27
09.00 - 10.00	198	88	40	31	4	3	31	19	323	173

Tab. 3/7: Verkehrszählung am 27.06.1979 von 00.00 Uhr bis 24.00 Uhr, Ein- und Ausgang Südtor

Uhrzeit	Pkw		Lkw, Kombi, Busse		Kräder, Mopeds		Fahrräder		Personen	
	Ein	Aus	Ein	Aus	Ein	Aus	Ein	Aus	Ein	Aus
10.00 - 11.00	144	111	35	30	3	4	14	15	240	199
11.00 - 11.15	21	26	15	13	3	1	2	-	55	52
11.15 - 11.45	37	142	16	20	-	2	2	22	60	272
11.45 - 12.15	58	200	10	18	3	2	13	64	129	418
12.15 - 12.45	99	163	5	12	2	1	55	59	232	414
12.45 - 13.15	156	67	11	9	-	-	60	34	341	214
13.15 - 13.45	185	38	23	19	4	2	40	16	354	81
13.45 - 14.00	66	14	8	8	1	1	3	2	114	26
14.00 - 15.00	103	130	30	31	4	-	10	13	195	283
15.00 - 15.30	33	102	11	14	1	1	6	10	54	159
15.30 - 15.40	17	55	4	4	-	-	1	9	31	78
15.40 - 15.50	5	40	3	7	-	-	2	3	10	56
15.50 - 16.00	10	43	4	6	-	-	-	6	46	70
16.00 - 16.10	6	56	6	4	-	4	-	11	12	82
16.10 - 16.20	12	128	6	14	-	5	6	28	28	175
16.20 - 16.30	4	302	2	9	-	8	2	110	10	627
16.30 - 16.40	17	261	19	27	-	3	1	82	42	890
16.40 - 16.50	8	150	7	4	-	-	1	48	20	236
16.50 - 17.00	1	108	3	7	-	1	1	24	12	137
17.00 - 17.10	6	51	1	9	-	3	-	21	9	161
17.10 - 17.20	1	50	1	7	-	-	-	8	2	93
17.20 - 17.30	4	42	-	-	-	-	-	11	5	62
17.30 - 18.00	11	98	-	3	-	-	-	22	13	153
18.00 - 19.00	10	118	4	16	1	3	1	33	23	247
19.00 - 20.00	18	56	2	2	-	1	-	6	26	97
20.00 - 21.00	9	28	2	3	-	-	-	3	15	50
21.00 - 22.00	45	9	5	-	1	-	2	4	69	19
22.00 - 23.00	8	56	3	6	-	2	-	4	14	105
23.00 - 24.00	-	5	-	1	-	-	-	-	-	8
Insgesamt	2821	2903	412	421	57	54	691	716	5541	5975

Tab. 3/7: Fortsetzung

Uhrzeit	Pkw		Lkw, Kombi, Busse		Kräder, Mopeds		Fahrräder		Personen	
	Ein	Aus	Ein	Aus	Ein	Aus	Ein	Aus	Ein	Aus
00.00 - 01.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
01.00 - 02.00	-	1	-	-	-	-	-	-	-	1
02.00 - 03.00	-	1	-	-	-	-	-	-	-	1
03.00 - 04.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
04.00 - 05.00	2	-	-	-	-	-	-	-	3	-
05.00 - 06.00	45	2	3	1	2	-	4	-	78	4
06.00 - 06.30	19	39	1	-	-	-	1	1	25	52
06.30 - 06.40	11	7	1	1	-	-	5	-	27	21
06.40 - 06.50	21	-	3	-	1	-	8	-	78	-
06.50 - 07.00	47	1	3	1	1	-	3	-	93	2
07.00 - 07.10	21	1	3	-	-	-	1	-	29	1
07.10 - 07.20	16	-	-	-	-	-	3	-	23	-
07.20 - 07.30	22	-	2	-	-	-	5	-	36	-
07.30 - 07.40	39	-	2	-	1	1	18	-	86	2
07.40 - 07.50	91	-	8	2	6	-	19	-	349	2
07.50 - 08.00	182	7	10	1	7	-	37	-	407	8
08.00 - 08.10	108	1	2	2	3	1	23	-	176	7
08.10 - 08.20	65	2	5	1	1	-	12	-	91	3
08.20 - 08.30	27	-	3	2	-	-	7	-	46	2
08.30 - 08.40	16	4	-	1	-	-	1	-	22	6
08.40 - 08.50	9	3	1	1	-	-	2	-	13	4
08.50 - 09.00	9	2	2	-	-	-	-	-	29	2
09.00 - 10.00	28	16	6	6	-	-	-	-	47	27
10.00 - 11.00	8	23	8	5	-	-	-	-	30	35
11.00 - 11.15	2	4	1	1	-	-	-	-	3	5
11.15 - 11.45	5	19	3	2	-	-	-	3	8	31

Tab. 3/8: Verkehrszählung am 27.06.1979 von 00.00 Uhr bis 24.00 Uhr, Ein- und Ausgang Nordtor

Uhrzeit	Pkw		Lkw, Kombi, Busse		Kräder, Mopeds		Fahrräder		Personen	
	Ein	Aus	Ein	Aus	Ein	Aus	Ein	Aus	Ein	
11.45 - 12.15	6	69	1	4	-	1	-	13	7	118
12.15 - 12.45	14	54	1	2	-	1	-	8	16	100
12.45 - 13.15	64	28	5	1	-	1	14	-	125	41
13.15 - 13.45	63	6	3	2	2	-	5	1	116	10
13.45 - 14.00	33	7	2	-	1	-	4	1	78	8
14.00 - 15.00	21	62	3	8	-	1	6	3	40	135
15.00 - 15.30	11	59	4	4	-	2	-	13	24	86
15.30 - 15.40	4	29	-	-	-	1	-	6	6	39
15.40 - 15.50	1	15	2	1	-	1	-	1	21	23
15.50 - 16.00	1	16	1	1	-	-	-	1	4	26
16.00 - 16.10	1	23	-	1	-	1	-	4	2	32
16.10 - 16.20	-	38	1	1	-	6	-	8	4	71
16.20 - 16.30	-	168	1	4	-	6	-	25	8	271
16.30 - 16.40	1	137	-	6	-	4	-	38	1	248
16.40 - 16.50	1	40	-	11	-	1	-	11	1	249
16.50 - 17.00	-	29	1	2	-	5	-	4	6	47
17.00 - 17.10	1	20	1	-	-	-	-	6	5	30
17.10 - 17.20	1	12	-	4	-	-	-	6	2	32
17.20 - 17.30	-	6	-	1	-	-	-	4	-	12
17.30 - 18.00	3	33	-	2	-	-	-	3	4	43
18.00 - 19.00	4	45	-	-	-	-	-	3	9	67
19.00 - 20.00	-	13	2	6	-	1	-	1	4	54
20.00 - 21.00	3	14	-	-	-	-	1	1	4	23
21.00 - 22.00	40	4	2	-	1	-	2	-	71	6
22.00 - 23.00	7	44	-	-	-	4	-	3	7	78
23.00 - 24.00	-	-	-	-	-	1	-	-	-	1
Insgesamt	1073	1104	97	88	26	39	181	168	2264	2066

Tab. 3/8: Fortsetzung

3.5 Ausweisbüro

E. Schleicher

Das Ausweisbüro verwaltete zum Ende des Berichtszeitraumes rund 86 000 Ausweiskarteikarten. Es stellte im 1. Halbjahr 1979 für neue Mitarbeiter im Kernforschungszentrum 159 Lichtbildausweise aus. Für Fremdfirmenangehörige, einschl. der Angehörigen von Universitäten und Hochschulen, die im Kernforschungszentrum Karlsruhe tätig sind, wurden im 1. Halbjahr 1979 2 050 Ausweise gefertigt. Während im 1. Halbjahr 1979 das Schwergewicht der Arbeiten bei der Bearbeitung von Anträgen für in Verlust geratene Ausweise und dem Ausstellen von Sonderausweisen für den HDB-Bereich lag, wurde im 2. Halbjahr 1979 mit der Ausgabe der rund 6 000 neuen Lichtbildausweise für alle im Kernforschungszentrum Karlsruhe tätigen Personen - Mitarbeiter, Universitätsangehörige und Fremdfirmenmitarbeiter - begonnen und bis auf einen Rest der Fremdfirmenangehörigen abgeschlossen. Die Mitarbeiter des Objektsicherungsdienstes erhielten einen Sonderausweis, der sie als Mitglied der Sicherheitsorganisation ausweist.

4. Strahlenschutzüberwachung

D. Beier, H.-U. Berger, H. Dilger, H. Schüler

Die Strahlenschutzüberwachung ist vor allem für den Schutz der mit radioaktiven Stoffen umgehenden oder ionisierender Strahlung ausgesetzten Personen des Kernforschungszentrums Karlsruhe zuständig. 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. In Tab. 4/1 ist der Personalstand in den einzelnen Bereichen und Gruppen sowie die Anzahl der überwachten Personen und die Größe des überwachten Bereiches aufgeführt. Abb. 4/1 zeigt die Aufteilung des Geländes des Kernforschungszentrums Karlsruhe auf die einzelnen Bereiche.

Gruppe	Bereich	Anzahl der Mitarbeiter der Strahlenschutzüberwachung	Anzahl der überwachten Personen (Dezember 1979)	Fläche des überwachten Bereiches in m ²
Nord	1. IHCh, INE (Geb. 712)	8 [°]	188	12 100
	2. KTB/HZ, IMF, VBW/E	8 + 1* + 1	280	12 900
	3. KTB/FR 2, IT, IRE	11 ⁺	356	23 500
West	4. HDB, INE (Geb. 547), VBW/BW, VBW/VB, EKM/TAB-FK	14 [#] + 4* + 1	535	31 800
	5. IRCh	6 + 1*	112	7 400
Süd	6. KTB/SNEAK, EKS, HDI I, INR, IAK, LIT, IRB, LAF, KTB/EA, IK, ITP	6	412	18 000
	7. HS, P/AV, VBW/VB, VBW/HW, IKVT, MPI, MED, LA, IGT, BAU, SKT, HDI II, IAK/Zykl., Zentralgebäude	5 + 1	683	5 900

*Leihpersonal; ⁺Wechselschichtdienst, [#]Schichtdienst, [°]zeitweise Schichtdienst

Tab. 4/1: Personalstand, überwachte Personen und Bereichsgröße

Eine wichtige Aufgabe ist die Durchführung der Personendosimetrie. Neben den amtlichen Film- oder Phosphatglasdosimetern (vgl. Kapitel 2) werden Taschenionisationskammern ausgegeben. Die Anzahl der Personen, die mit selbstablesbaren Taschenionisationskammern ausgerüstet wurden (Stichmonat Dezember 1979), ist in Spalte 4 von Tab. 4/1 aufgeführt. Hierin sind auch die Angehörigen von Fremdfirmen enthalten. Über diese Meßergebnisse wird in Kapitel 4.1.1 berichtet. Darüber hinaus werden, je nach der möglichen Strahlenart und Strahlenexposition, weitere Dosimetertypen verwendet, wie Thermolumineszenzdosimeter oder Albedodosimeter. Über die Ergebnisse dieser Messungen wird in Kapitel 6 berichtet.

Die Gebäude und Anlagen werden durch Wischteste, Kontaminations-, Dosisleistungs- und Raumluftmessungen überwacht. Die Fläche der jeweiligen betrieblichen Überwachungs-, Kontroll- und Sperrbereiche ist in Spalte 5 von Tab. 4/1 angegeben.

Die Mitarbeiter der Strahlenschutzüberwachung kontrollieren strahlenschutzmäßig den Materialtransport aus den Kontrollbereichen in den das ganze Gelände des KfK umfassenden betrieblichen Überwachungsbereich und aus dem KfK in das allgemeine Staatsgebiet. Die Abteilung unterhält ein zentrales Meßlabor, in dem die Aktivität von Luftfiltern ausgemessen und nuklidspezifische Analysen durchgeführt werden (siehe Kapitel 4.3). Hier werden alle Geräte der Abteilung Strahlenschutzüberwachung verwaltet und Neubestellungen vorgenommen.

Das im vergangenen Jahr in Angriff genommene Arbeitsprogramm zur Bestimmung der Korngrößenverteilung radioaktiver Aerosole wurde 1979 fortgesetzt und auf die Verdampferanlage der Hauptabteilung Dekontaminationsbetriebe ausgedehnt (siehe Kapitel 4.4).

4.1 Arbeitsplatzüberwachung

H. Dilger

Die Art und Menge der gehandhabten radioaktiven Stoffe und Strahlenarten sind in den einzelnen Institutionen unterschiedlich. Bei der folgenden Aufstellung werden die Einrichtungen des KfK in sechs Gruppen zusammengefaßt, die sich nicht mit den in Tab. 4/1 aufgeführten Bereichen decken. Dabei werden die Meßergebnisse des Jahres 1979 denen von 1978 gegenübergestellt. Über die Gruppe 5, Dekontamination und Abfallbehandlung, wird in Kapitel 4.2 auch gesondert berichtet.

4.1.1 Personendosimetrie mit Taschenionisationskammern

Die Tab. 4/2 zeigt, daß auch 1979 in der Dekontamination und Abfallbeseitigung die Anzahl der Personen mit einer Jahresdosis > 1500 mrem sowohl absolut als auch im Verhältnis zu den überwachten Personen am höchsten liegt. Gegenüber dem Jahr 1978 ging die Anzahl auf ein Drittel zurück. Insgesamt erhielten in den Einrichtungen des Kernforschungszentrums Karlsruhe 1979 nur 16 Personen eine Jahresdosis von mehr als 1500 mrem gegenüber 56 im Jahr 1978; d.h., nur noch 0,6 % der überwachten Personen sind als strahlenexponierte Personen der Kategorie A zu betrachten. Auch die Anzahl der Personen mit einer Jahresdosis zwischen 501 und 1500 mrem ging von 205 im Jahr 1978 auf 160 im Jahr 1979 zurück. Somit sind insgesamt nur 6,8 % der überwachten Personen im Kernforschungszentrum strahlenexponierte Personen gemäß der Strahlenschutzverordnung.

4.1.2 Oberflächenkontaminationen

In Tab. 4/2 sind weiterhin die gemessenen Oberflächenkontaminationen aufgeführt. Oberflächenaktivitäten oberhalb der Grenzwerte für den betrieblichen Überwachungsbereich werden dabei als Kontaminationen bezeichnet. Es werden hierbei sowohl Kontaminationen von Gebäudeoberflächen und Arbeitsplätzen als auch von Arbeitsgegenständen und Material angegeben. Auch im Jahr 1979 traten in der Gruppe 3 die meisten α - und β -Kontaminationen im Kernforschungszentrum auf. Dabei ging die Anzahl der Kontaminationen gegenüber 1978 zurück oder verschob sich zu geringeren Werten. Der gleiche Trend zeigt sich auch bei den Kontaminationen in der Gruppe 5. In den Reaktoren ist der Anstieg der Anzahl von β -Kontaminationen auf eine große Menge aus dem Kontrollbereich ausgeschleuster Gegenstände zurückzuführen. Die Häufigkeit der Tritiumkontaminationen in den Beschleunigeranlagen ist im Jahr 1979 stark zurückgegangen.

Gruppe	1		2		3		4		5		6		
	Reaktoren (KTB/FR 2, KTB/SNEAK)		Beschleuniger (IAK, INR)		Einrichtungen mit hoher Aktivität (INCh, JRCh, KTB/HZ, IMF III)		Einrichtungen mit niedriger Aktivität (IMF I, IMF II, IT, LAF II, LIT, INE)		Dekontamina- tion, Abfall- behandlung (HDB)		sonstige Einrichtungen		
Personendosis, ermittelt mit Taschen- ionisations- kammer, in mrem	Anzahl der Personen												
	1978	1979	1978	1979	1978	1979	1978	1979	1978	1979	1978	1979	
	0 - 500	162	198	185	238	368	403	468	423	221	225	1031	903
	501 - 1500	17	12	13	15	50	33	2	-	119	99	4	1
1501 - 5000	1	1	2	-	6	2	-	-	44	13	3	-	
Oberflächen- kontaminationen α in $\mu\text{Ci}/\text{cm}^2$	Anzahl der Fälle												
	10^{-4} - 10^{-5}	4	4	2	5	328	321	-	1	368	251	-	-
	10^{-3} - 10^{-4}	1	6	1	1	209	108	1	1	153	68	-	-
	10^{-2} - 10^{-3}	4	-	-	1	73	35	-	-	31	17	-	-
	10^{-1} - 10^{-2}	1	-	-	-	16	1	-	-	7	4	-	-
	β in $\mu\text{Ci}/\text{cm}^2$												
	10^{-3} - 10^{-4}	48	9	43	48	334	503	2	19	271	197	-	3
	10^{-2} - 10^{-3}	94	167	5	6	555	214	2	4	100	101	-	1
	10^{-1} - 10^{-2}	45	83	-	1	271	76	-	-	73	24	-	-
	10^0 - 10^{-1}	20	3	-	-	86	12	-	1	21	5	-	-
^3H in $\mu\text{Ci}/\text{cm}^2$													
	10^{-2} - 10^{-3}	1	-	17	26	-	-	-	-	-	-	-	-
	10^{-1} - 10^{-2}	2	-	156	13	-	-	-	-	-	-	-	-
	10^0 - 10^{-1}	-	-	42	3	-	1	-	-	-	-	-	-
	10^1 - 10^0	1	-	14	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Raumluft- kontaminationen α in Ci/m^3	Anzahl der Fälle												
	10^{-11} - 10^{-12}	-	-	-	-	1	7	-	-	274	257	-	-
	10^{-10} - 10^{-11}	-	-	-	-	1	-	-	-	83	72	-	-
	10^{-9} - 10^{-10}	1	-	-	-	1	3	-	-	6	17	-	-
	β in Ci/m^3												
	10^{-10} - 10^{-11}	-	-	-	-	4	4	-	-	117	89	-	-
	10^{-9} - 10^{-10}	1	2	-	-	2	1	-	4	112	78	-	-
	10^{-8} - 10^{-9}	5	-	-	-	2	1	-	-	13	12	-	-
	^3H in Ci/m^3												
	10^{-4} - 10^{-5}	2	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10^{-3} - 10^{-4}	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
10^{-2} - 10^{-3}	1	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

Tab. 4/2: Strahlenschutzmeßergebnisse in den verschiedenen Organisationseinheiten des Kernforschungszentrums Karlsruhe

4.1.3 Raumlufthkontaminationen

Raumluftaktivitätskonzentrationen oberhalb $1 \cdot 10^{-12}$ Ci/m³ für nicht identifizierte α -Aktivitätsgemische und $4 \cdot 10^{-11}$ Ci/m³ für nicht identifizierte β -Aktivitätsgemische werden als Raumlufthkontaminationen angesehen. Diese Grenzwerte werden aus der maximal zulässigen Jahresaktivitätszufuhr gemäß Strahlenschutzverordnung Anhang IV, Tab. IV 1 für strahlenexponierte Personen der Kategorie A für Pu-239 und Ra-228 als den unter den herrschenden Anlagenverhältnissen ungünstigsten Nukliden bei einem Jahresinhalationsvolumen von 2500 m³ abgeleitet. Für bekannte Nuklide werden die Grenzwerte entsprechend errechnet. Die weitaus meisten Raumlufthkontaminationen traten auch 1979 in der Dekontamination und Abfallbehandlung auf. Die Anzahl der α -Kontaminationen blieb gegenüber dem Vorjahr etwa gleich, während bei den β -Kontaminationen ein Rückgang zu verzeichnen war. In den übrigen Einrichtungen traten nur vereinzelt Raumlufthkontaminationen auf.

4.2 Arbeitsplatzüberwachung in der Hauptabteilung Dekontaminationsbetriebe

H. Schüler

Die Hauptabteilung Dekontaminationsbetriebe dient der Entsorgung des Kernforschungszentrums Karlsruhe sowie der Wiederaufarbeitungsanlage Karlsruhe.

Bedingt durch die zur Zeit laufenden Um- und Neubauarbeiten, die ohne Beeinträchtigung der Entsorgung durchgeführt werden müssen, ist eine besonders intensive Strahlenschutzüberwachung dieser Anlagen erforderlich. Die laufende Dokumentation des dabei anfallenden Datenmaterials lieferte den entsprechenden Abteilungen Entscheidungshilfen. In wöchentlich stattfindenden Besprechungen wurden die betrieblichen sowie die strahlenschutzmäßigen Probleme besprochen und koordiniert.

Einen besonderen Platz nimmt die Personenüberwachung ein. Hierzu gehört die tägliche Auswertung der Taschenionisationskammern, deren Werte die am schnellsten verfügbare Information über die individuelle Dosisbelastung des Betriebs- und Einsatzpersonals darstellen.

Diese Dosen werden zu Wochen-, Monats- und Jahreswerten addiert und bei der Einsatzplanung berücksichtigt.

Ein wesentlicher Bestandteil der Strahlenschutzmaßnahmen war 1979 die Bearbeitung von ca. 1600 Interventionserlaubnisscheinen. Hierbei werden vor Beginn der Arbeit Ort, auszuführende Arbeit sowie die aus den gegebenen Zuständen resultierenden Strahlenschutzmaßnahmen festgelegt und von autorisierten Mitarbeitern des Strahlenschutzes sowie dem zuständigen Strahlenschutzbeauftragten unterschrieben. Die aufgeführten Schutzmaßnahmen sind für die betroffenen Mitarbeiter bindend.

Die Um- und Neubauarbeiten zur Ertüchtigung der Anlagen auf den Stand der Technik und zur Reduzierung der Strahlenbelastung wurden 1979 fortgesetzt.

In Tab. 4/3 sind neben der mittleren Einzeldosis die Gruppendosen der einzelnen Abteilungen der Hauptabteilung Dekontaminationsbetriebe sowie die des eingesetzten Fremdpersonals dargestellt.

Da die Gruppendosen im Gegensatz zu der mittleren Dosis von der Zahl der eingesetzten Personen unabhängig die Gesamtdosisbelastung durch eine Anlage dokumentieren, lassen sich von ihr direkt die Erfolge der Abschirmmaßnahmen und sonstigen Verbesserungen ablesen.

Die nachfolgenden Betrachtungen beziehen sich auf die Taschenionisationskammerwerte. Der Rückgang der Gruppendosen bei einzelnen Abteilungen auf zum Teil weniger als 50 % der Vorjahreswerte ist unter anderem die Folge verbesserter Arbeitsbedingungen. Besonders deutlich wird dies bei der Abteilung 1, wo die Dekontamination stark strahlender Räume, der Ausbau hochkontaminierter Anlagenteile und der Einbau reparaturfreundlicher Komponenten die Belastung drastisch reduzierte.

Abteilung	Gruppe	Jahr	Anzahl der über- wachten Personen	Gruppendosis		mittlere Einzeldosis	
				Film rem	TIK rem	Film rem	TIK rem
1	1,1 LAW-Eindampfung IIAW-Eindampfung Bituminierung	1975	30	65,6	82,2	2,2	2,7
		1976	32	50,8	69,4	1,6	2,0
		1977	28	36,9	50,2	1,3	1,8
		1978	37	24,3	38,8	0,66	1,0
		1979	33	9,0	15,1	0,27	0,46
2	2,1 Verbrennung Paketierung Kerosinreinigung	1975	13	18,7	24,8	1,4	1,9
		1976	16	14,4	17,7	0,90	1,1
		1977	13	10,0	13,2	0,77	1,0
		1978	22	13,9	19,5	0,63	0,89
		1979	20	9,5	14,9	0,48	0,75
2	2,2 Geräte- dekontamination LAW-Verschrottung	1975	19	26,4	36,8	1,4	1,9
		1976	23	23,7	30,2	1,0	1,3
		1977	28	20,1	27,4	0,72	0,98
		1978	30	11,0	22,5	0,37	0,75
		1979	29	10,0	16,6	0,34	0,57
2	2,3 MAW-Verschrottung Zementierung Lager und Transport	1975	12	23,2	28,4	1,9	2,4
		1976	15	21,1	22,4	1,4	1,5
		1977	16	20,4	23,2	1,3	1,5
		1978	32	29,1	30,6	0,91	0,96
		1979	31	13,2	15,3	0,43	0,49
3	3,1 - 3,4 Planung Qualitätssicherung Betriebsbüro Reparaturwerkstatt	1975	16	20,1	24,6	1,3	1,5
		1976	23	17,0	20,2	0,74	0,88
		1977	12	9,8	12,9	0,81	1,0
		1978	13	3,8	7,5	0,30	0,58
		1979	21	1,1	4,3	0,05	0,21

HDB-Personal	1975	90	154	197	1,7	2,2
	1976	109	127	156	1,2	1,4
	1977	97	97	129	1,0	1,3
	1978	134	82	119	0,61	0,89
	1979	134	43	66	0,32	0,49
Fremdpersonal	1975	138	221	249	1,6	1,8
	1976	456	156	161	0,34	0,35
	1977	431	157	157	0,36	0,37
	1978	415	102	142	0,25	0,34
	1979	429	*	109	*	0,25

Tab. 4/3: Gruppendosen und mittlere Einzeldosen in der Hauptabteilung Dekontaminationsbetriebe (Monatsdosen auf Filmen unterhalb der Nachweisgrenze von 40 mrem wurden dabei nicht berücksichtigt; TIK = Taschenionisationskammer)

*Daten werden infolge der Anwendung von § 20 a StrlSchV von KfK nicht mehr erfaßt.

Die weniger starke Abnahme der Gruppendosis der Gruppe 2,2 ist durch den Betrieb der Pilotanlage für die Kerosinreinigung bedingt, in der erst im letzten Jahresdrittel des Berichtszeitraumes durch den Einbau einer Fernsehkamera zur Fernüberwachung des Betriebsablaufes Erfolge zu verzeichnen waren.

Die Gruppe 2,2 ist bezüglich der Gruppendosis noch weitgehend von der Strahlendosis des zur Dekontamination angelieferten Materials abhängig. Eine deutliche Reduzierung wird hier durch den geplanten Einbau einer Anlage zur vollautomatischen Vordekontamination von Manipulatoren erwartet.

Bei den Fremdfirmenangehörigen hat die Abnahme der Gruppendosis im wesentlichen die gleiche Ursache wie bei der Gruppe 1,1, bei der ein großer Teil des Personals beschäftigt ist.

Abb. 4/2 zeigt den Verlauf der Kollektivdosis für das Personal der Hauptabteilung Dekontaminationsbetriebe sowie für das Fremdfirmenpersonal in den Jahren 1975 bis 1979. Daraus ist eine kontinuierliche Abnahme der Kollektivdosen zu ersehen. Aus Tab. 4/3 folgt, daß diese Abnahme vor allem auf den Rückgang der Kollektivdosis beim Bedienungspersonal der Hauptabteilung Dekontaminationsbetriebe für den MAW- und die beiden LAW-Verdampfer zurückzuführen ist. Es ist anzunehmen, daß sich dieser Trend mit dem weiteren Fortschritt der Anlagenertüchtigung fortsetzen wird.

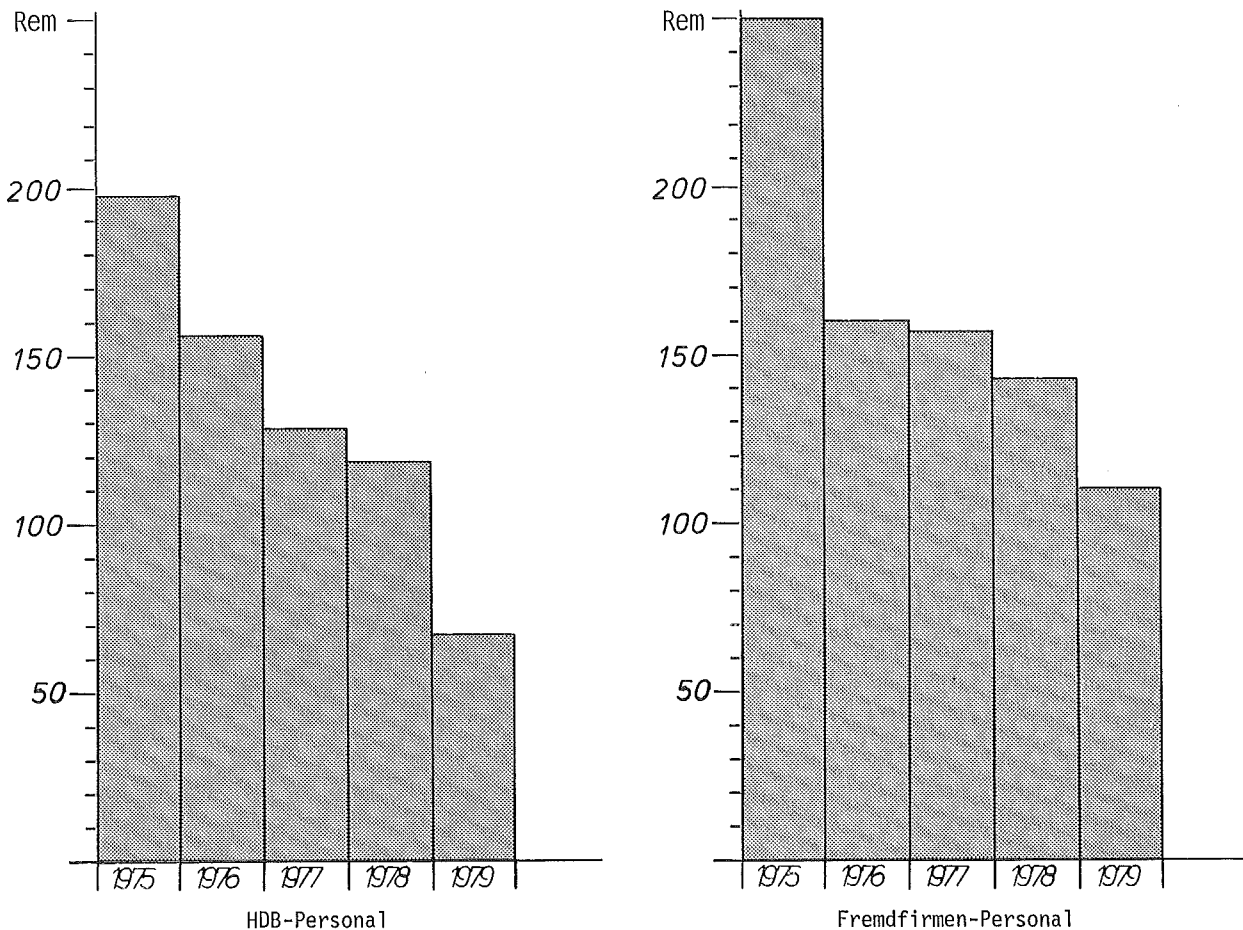


Abb. 4/2: Kollektivdosis für das Personal der Hauptabteilung Dekontaminationsbetriebe und Fremdfirmenpersonal in den Jahren 1975 bis 1979

Bei den Fremdfirmenangehörigen zeigt eine Feinauswertung der Einzeldosen, daß ca. 6 % des Personals mehr als ein Drittel der Kollektivdosis erbringen. Hierin spiegelt sich die Belastung einiger weniger Leute wider, die in stark kontaminierten Räumen die notwendigen Vorarbeiten für die Anlagenertüchtigung leisten.

Einen weiteren Überblick über die Belastung des Personals gibt die Auswertung der Inkorporationsüberwachung. Wie schon im Vorjahr ist durch die Senkung des Kontaminationspegels ein weiterer Rückgang der bei den regelmäßig durchgeführten Bodycounter-Messungen gefundenen Inkorporationen festzustellen (siehe Tab. 4/4). Ein großer Teil der beim Fremdfirmenpersonal festgestellten Inkorporationen rührt von Tätigkeiten in anderen kerntechnischen Anlagen her. Da diese Werte in keiner Beziehung zur HDB stehen, wurde auf ihre Darstellung verzichtet.

Jahr	Anzahl der gesamten Messungen	ohne Befund %	Anzahl der Inkorporationen in % der "body burden"	
			< 1	> 1
1975	146	55	66	0
1976	182	85	27	0
1977	285	95	13	0
1978	330	96	14	0
1979	362	99	4	0

Tab. 4/4: Inkorporationsüberwachung des Personals der Hauptabteilung Dekontaminationsbetriebe im Bodycounter

Ein wesentlicher Bestandteil der Strahlenschutzüberwachung ist die routinemäßige Messung der Boden- sowie der Raumluftkontamination. Ziel der Ertüchtigungsarbeiten ist unter anderem, die Kontamination soweit als möglich herabzusetzen. Für die Bodenkontamination sollen möglichst 1/10 der in der Strahlenschutzverordnung für Kontrollbereiche angeführten Grenzwerte von $A_{\alpha} \leq 10^{-4} \mu\text{Ci}/\text{cm}^2$ und $A_{\beta} \leq 10^{-3} \mu\text{Ci}/\text{cm}^2$ nicht überschritten werden.

In den entsprechenden Räumen wurde eine der Raumgröße angemessene Zahl von Wischproben routinemäßig genommen und ausgemessen. Die zu wischende Fläche betrug $100 \text{ cm}^2/\text{Wischtest}$. Der Abnahmefaktor wurde mit 10 % angesetzt.

Die Grenzwerte für die Raumluftkontamination, ab denen Atemschutz getragen werden muß, wurden aus den Grenzwerten für die Jahresaktivitätszufuhr durch Inhalation ermittelt, wie sie für Radionuklide unbekannter Zusammensetzung in der Strahlenschutzverordnung angegeben sind. Sie wurden für $A_{\alpha} \leq 1 \cdot 10^{-12} \text{ Ci}/\text{m}^3$ und $A_{\beta} \leq 4 \cdot 10^{-11} \text{ Ci}/\text{m}^3$ festgelegt.

Die gemessenen Boden- und Raumluftkontaminationswerte wurden als Wochenmittelwerte in Diagrammen aufgezeichnet, von denen einige in Abb. 4/3 bis 4/9 dargestellt sind. Die gestrichelten waagerechten Linien stellen darin die entsprechenden Grenzwerte dar.

Aus diesen Diagrammen ist für den zuständigen Personenkreis der Erfolg der Umbau- und Ertüchtigungsarbeiten bezüglich des Kontaminationsgrades ersichtlich. Man sieht, daß einige Räume wegen des Kontaminationspegels zur Zeit nur mit Atemschutz betreten werden können, während andere, in denen die Ertüchtigungsarbeiten abgeschlossen sind, ganzjährig als "frei" betrachtet werden konnten.

Des weiteren wurden im Bereich der Hauptabteilung Dekontaminationsbetriebe regelmäßig Gammapegelmessungen durchgeführt und protokolliert. Es zeigte sich, daß an allen Stellen im betrieblichen Überwachungsbereich der entsprechende Grenzwert von $0,25 \text{ mrem}/\text{h}$ eingehalten werden konnte.

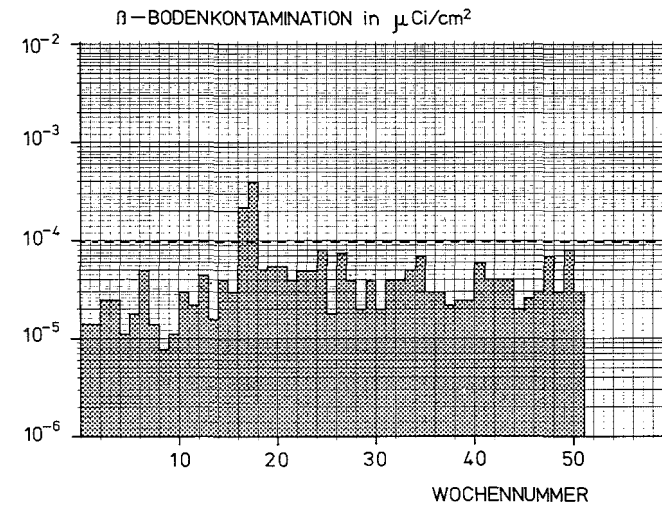
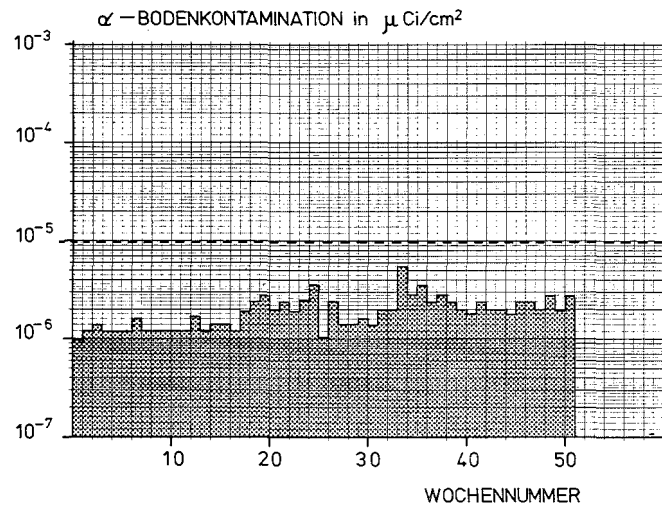
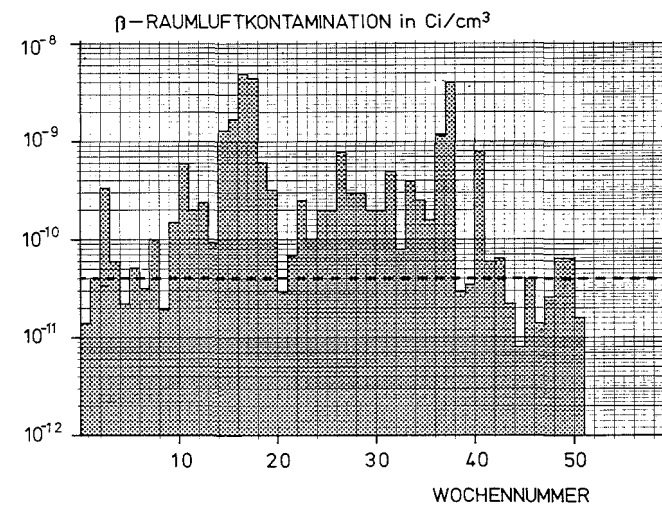
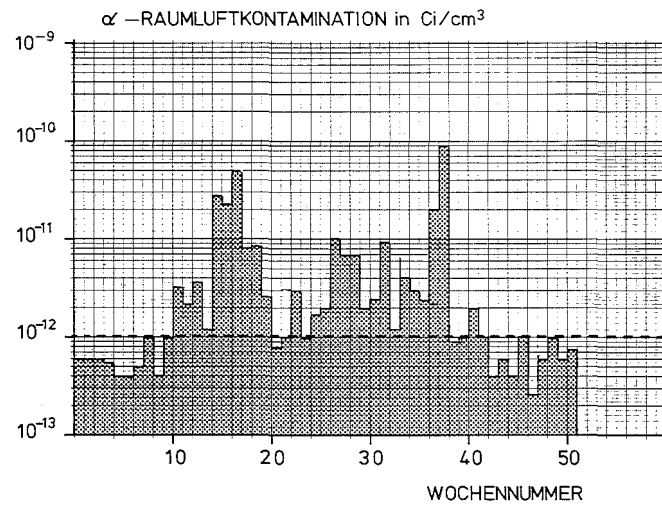


Abb. 4/3: Boden- und Raumlufkontamination 1979, Geb. 545, Transport-/Bedienungsgang

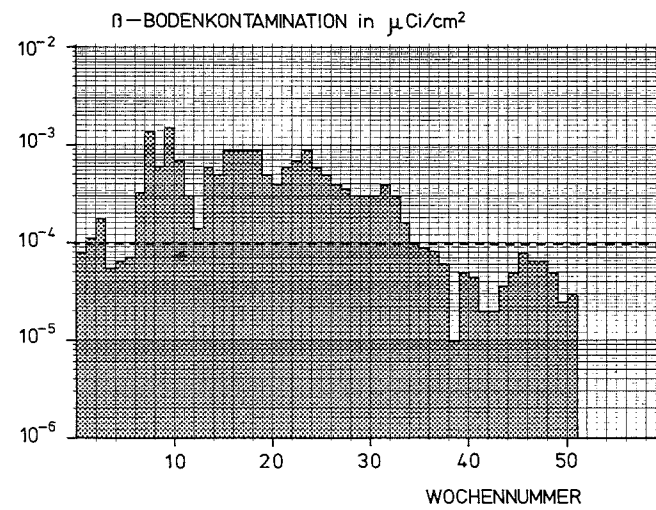
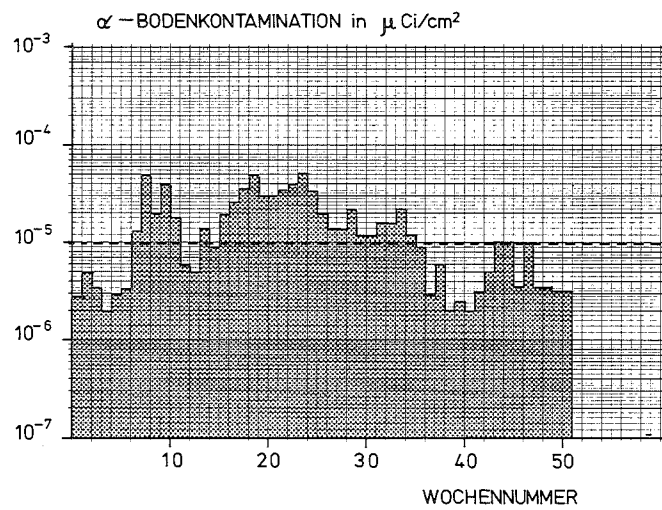
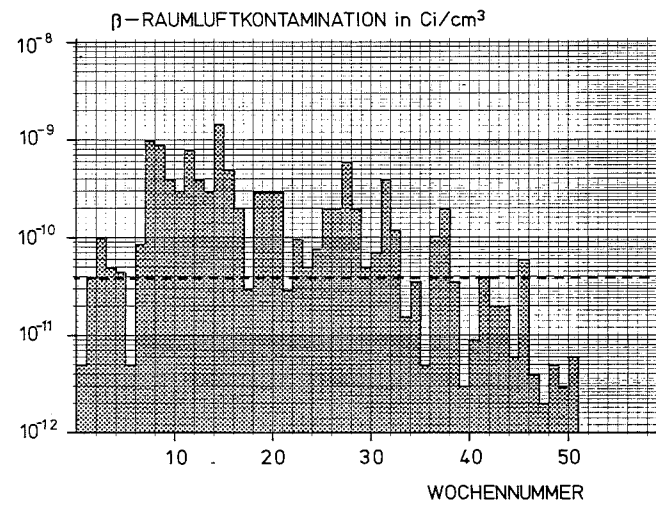
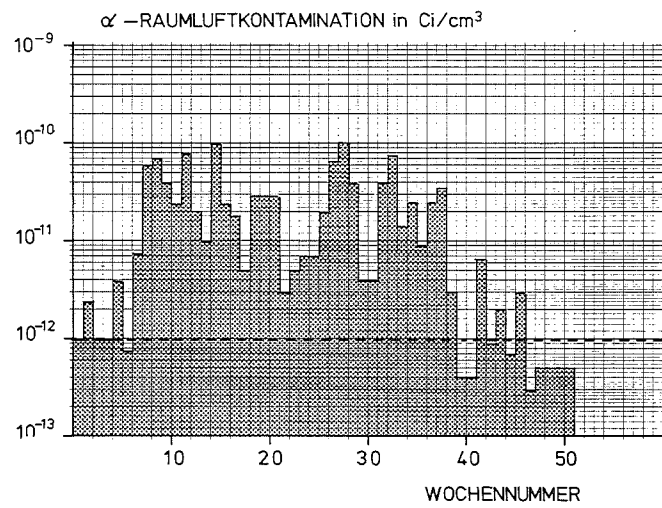


Abb. 4/4: Boden- und Raumluftkontamination 1979, Geb. 545, Maschinenraum West

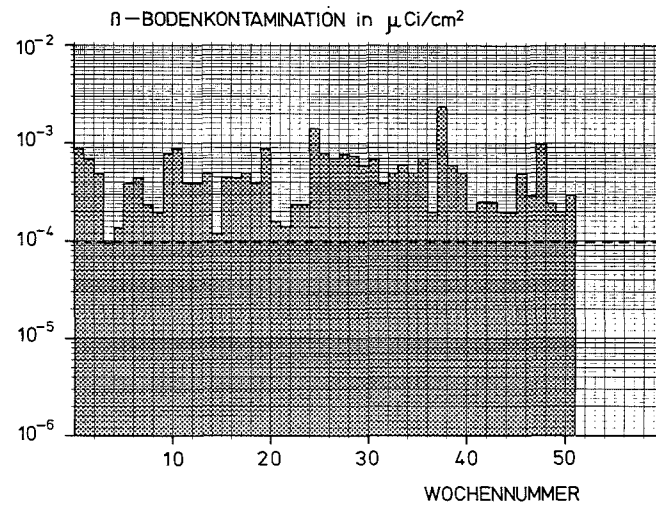
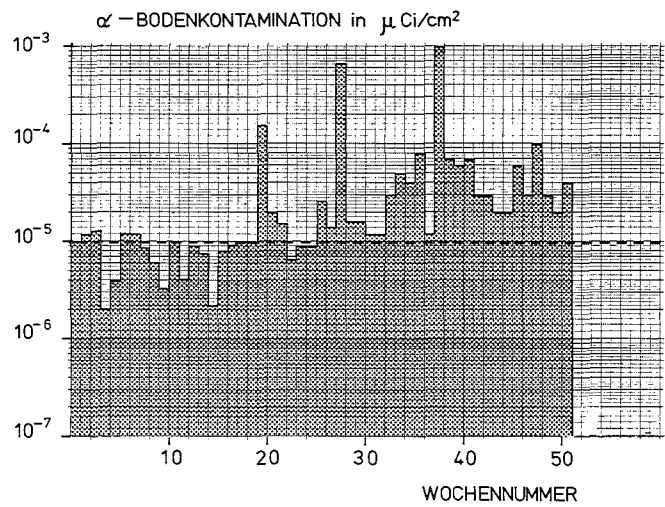
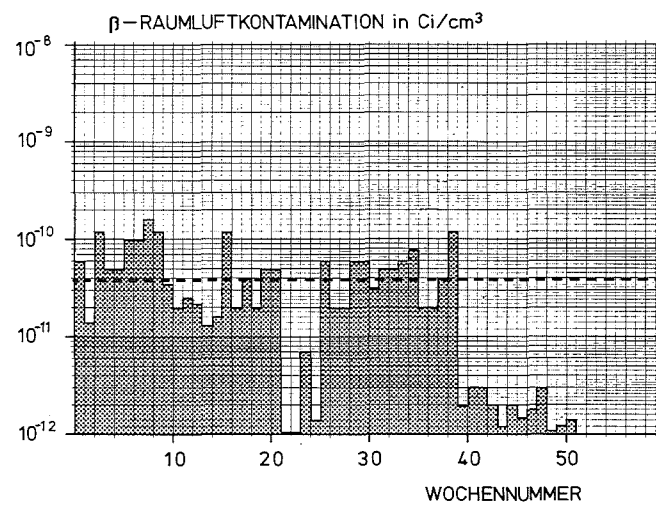
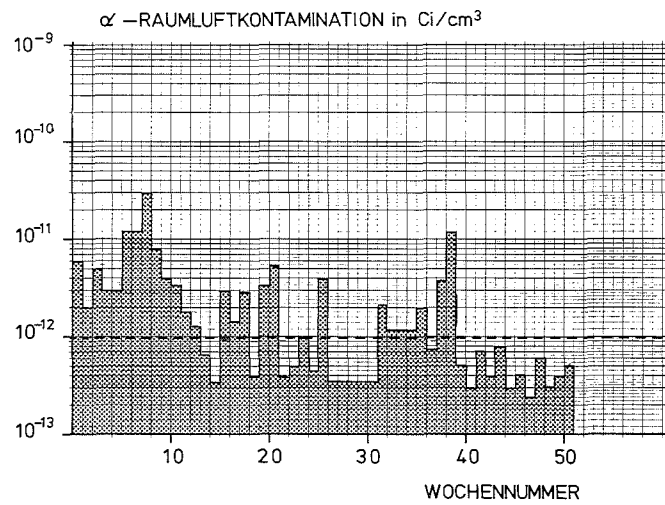


Abb. 4/5: Boden- und Raumlufthkontamination 1979, Geb. 545, A-Behälterhalle

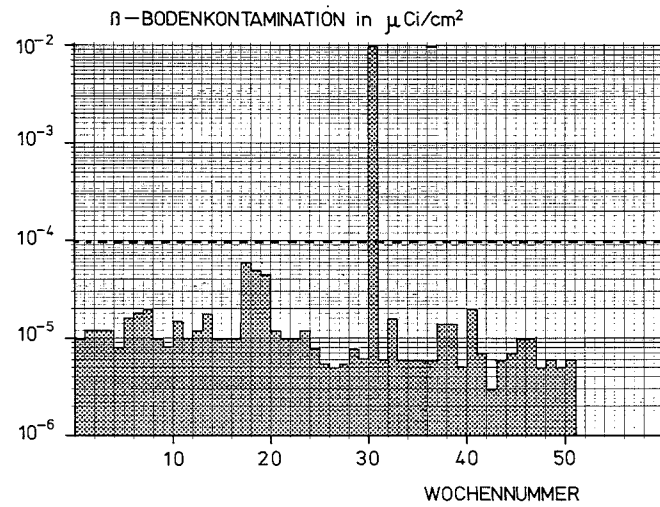
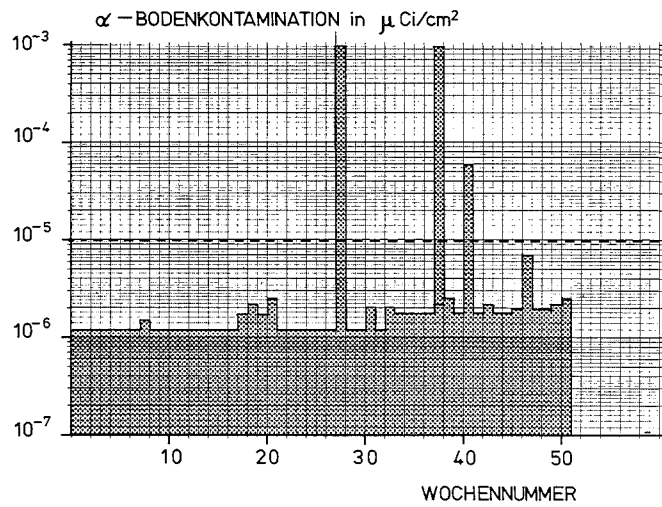
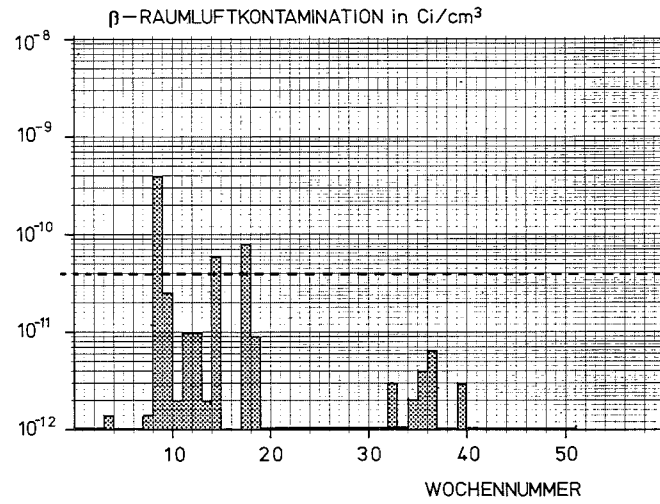
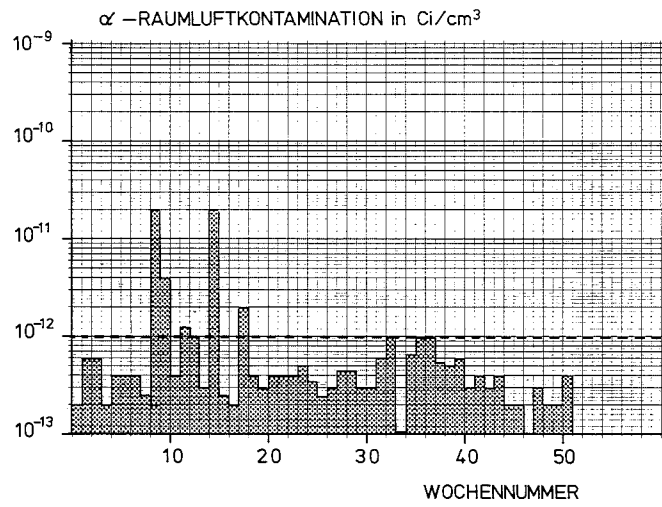


Abb. 4/6: Boden- und Raumluftkontamination 1979, Geb. 545, Dosierstation

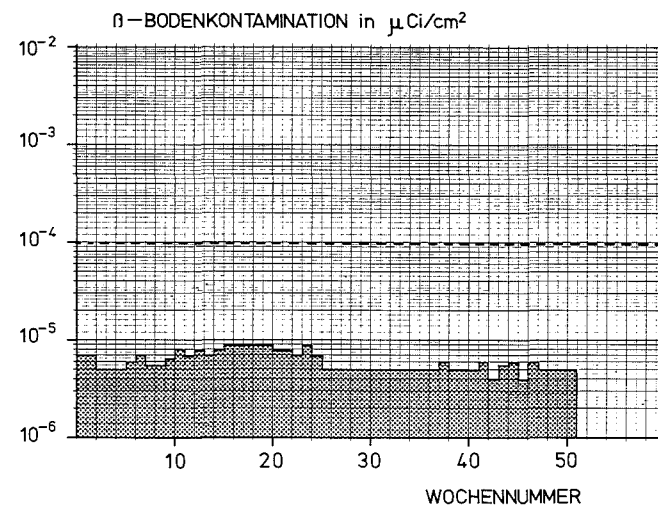
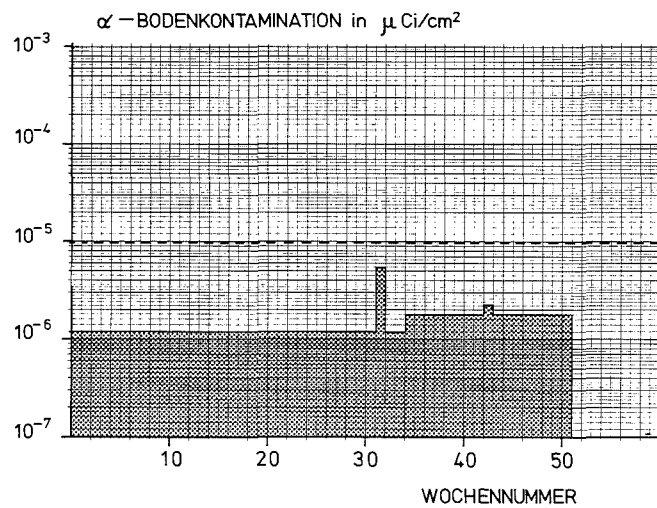
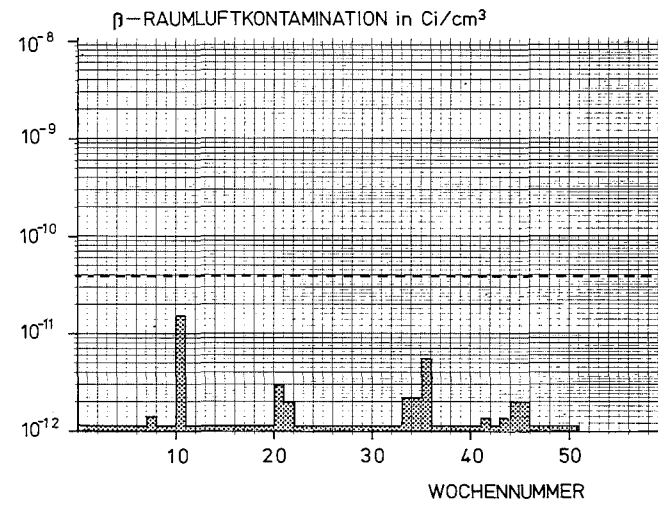
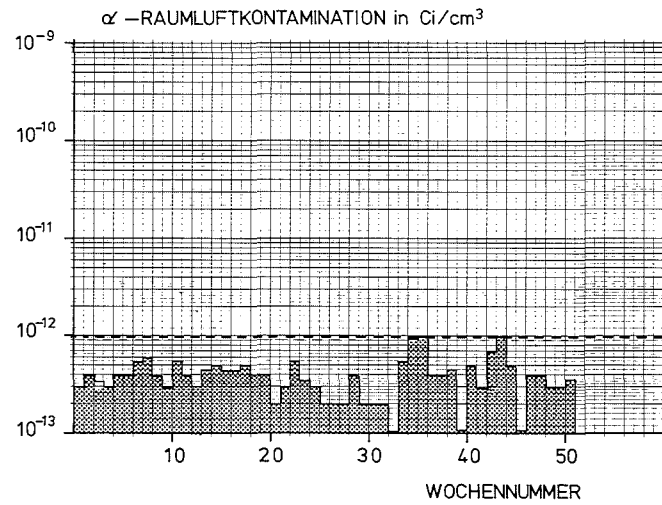


Abb. 4/7: Boden- und Raumluftkontamination 1979, Geb. 545, G-Behälterhalle

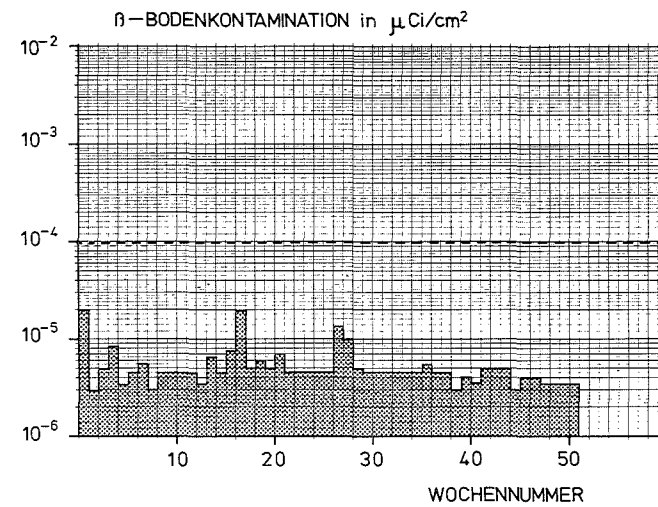
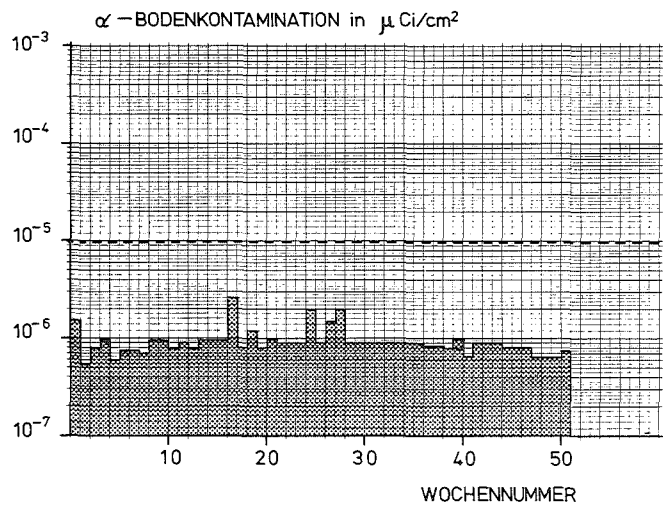
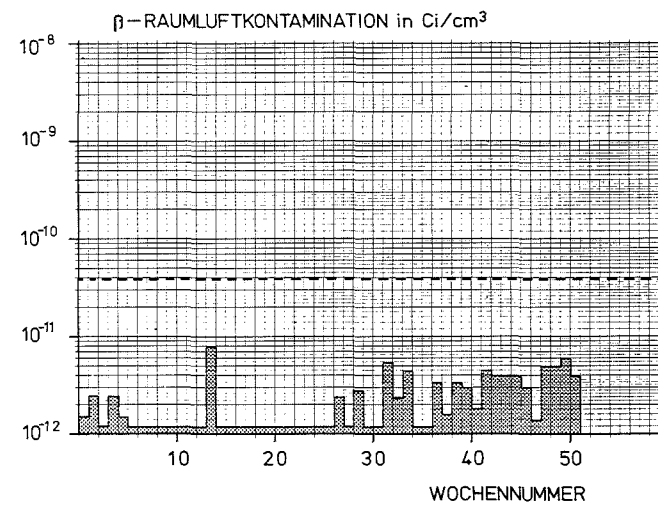
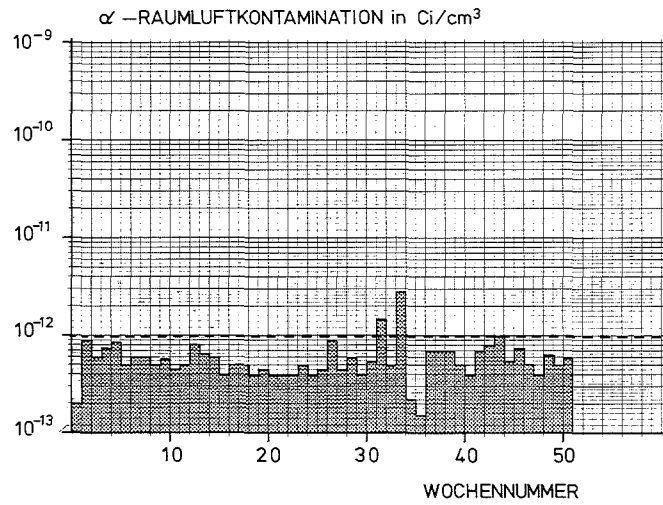


Abb. 4/8: Boden- und Raumluftkontamination 1979, Geb. 548, Große Halle

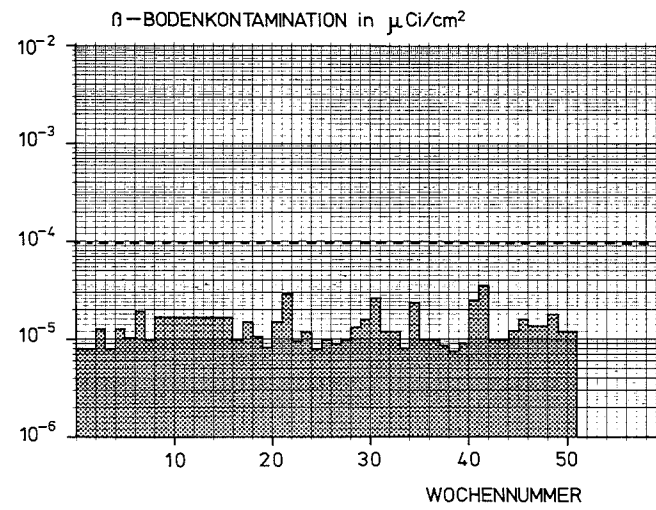
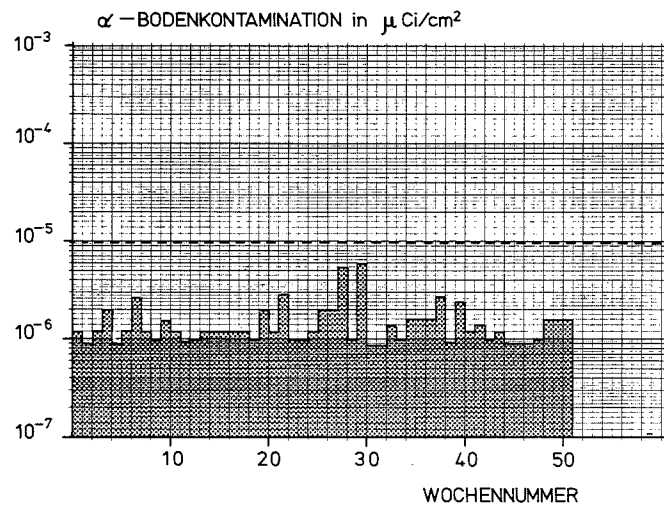
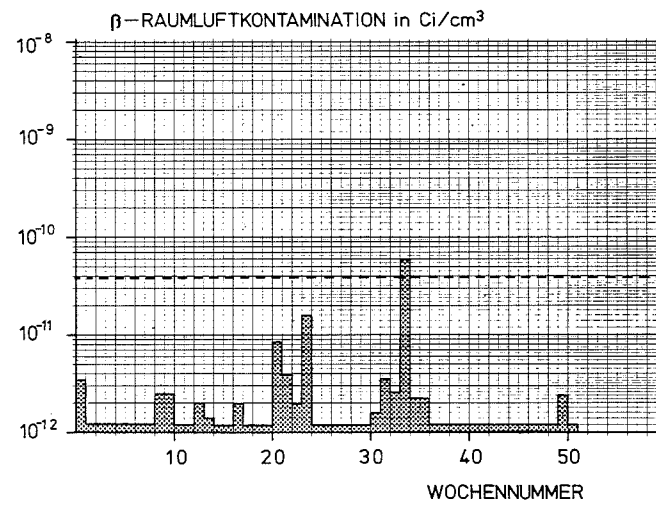
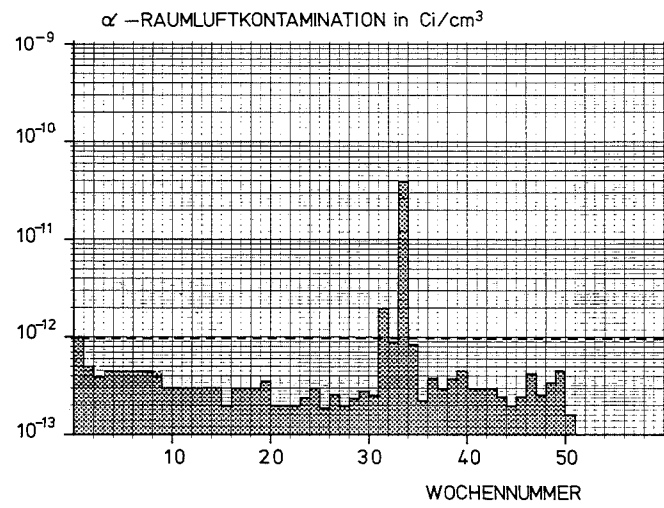


Abb. 4/9: Boden- und Raumlufthkontamination 1979, Geb. 536, Betriebsraum 2. OG (am Verbrennungsofen)

4.3 Messungen im Strahlenschutzmeßlabor

D. Beier

Im Berichtszeitraum wurden im Strahlenschutzmeßlabor 34 200 Raumluftfilter auf künstliche α - und β -Aktivität untersucht. Die Anzahl der Messungen war beträchtlich höher, da die Filter zum Teil bis zu dreimal gemessen werden mußten, um die Grenze der Aktivitätskonzentration in Luft von $1 \cdot 10^{-12}$ Ci/m³ für α -Strahler und von $4 \cdot 10^{-11}$ Ci/m³ für β -Strahler zu erreichen. Etwa 20 % der Filter wurden nach einer Abklingzeit von etwa drei Tagen zusätzlich einer Langzeitmessung unterzogen, um die Nachweisgrenze unter $1 \cdot 10^{-13}$ Ci/m³ für α -Strahler und unter $4 \cdot 10^{-12}$ Ci/m³ für β -Strahler zu drücken. Bei den Messungen wurden auf 228 Filtern α -Aktivität gefunden, die einer Raumluftkonzentration von $\geq 1 \cdot 10^{-12}$ Ci/m³ entspricht, auf 336 Filtern β -Aktivität $\geq 4 \cdot 10^{-11}$ Ci/m³, auf 285 Filtern α -Aktivität $< 1 \cdot 10^{-12}$ Ci/m³ und auf 625 Filtern β -Aktivität $< 4 \cdot 10^{-11}$ Ci/m³.

Mittels γ -Spektroskopie wurden im Strahlenschutzmeßlabor 422 Proben untersucht. Davon entfielen auf Kohlefilter 338, auf Luftfilter 28, auf Wischteste 24 und auf kontaminierte bzw. aktivierte Gegenstände 32 Proben. Die identifizierten Nuklide sind in Tab. 4/5 aufgeführt.

Alpha-spektroskopisch wurden 23 Proben untersucht. Davon entfielen 15 Proben auf Wischteste, 6 Proben auf Luftfilter und 2 Proben auf kontaminierte Gegenstände. Die identifizierten Nuklide sind in Tab. 4/6 aufgeführt.

Nuklid	Reaktoren	Beschleuniger	Einrichtungen mit hoher Aktivität	Einrichtungen mit niedriger Aktivität	HDB	S u m m e
Am-241 und/oder Pu-238	2	-	11	1	4	18
Pu-239	2	-	7	-	4	13
Cm-243 und/oder Cm-244	-	-	5	1	1	7
Cm-242 und/oder Cf-252	-	-	3	-	1	4
Pa-231 + Folgeprodukte	-	-	1	-	-	1
U-nat	-	-	-	1	-	1

Tab. 4/6: Häufigkeit der α -spektroskopisch im Strahlenschutzmeßlabor identifizierten Radionuklide

Nuklid	Reaktoren	Beschleuniger	Einrichtungen mit hoher Aktivität	Einrichtungen mit niedriger Aktivität	HDB	S u m m e
J-131	-	-	209	4	-	213
Cs-137/Ba-137m	6	-	11	2	15	34
Cs-134	4	-	10	1	11	26
Ru-106/Rh-106	4	-	11	1	7	23
Ce-144/Pr-144	4	-	11	1	3	19
Co-60	7	-	2	-	7	16
J-123	-	12	-	-	-	12
Sb-125/Te-125m	-	-	-	1	5	6
Zr-95/Nb-95	4	-	1	-	-	5
Mo-99/Tc-99m	-	-	5	-	-	5
U-nat	1	-	2	2	-	5
U-/Th-Folgepr.	2	-	2	1	-	5
Ce-141	-	-	3	-	-	3
Na-24	-	1	1	-	-	2
Co-57	-	-	-	2	-	2
Ru-103/Rh-103m	1	-	1	-	-	2
Be-7	-	1	-	-	-	1
Cl-39	-	1	-	-	-	1
K-40	-	-	1	-	-	1
Cr-51	1	-	-	-	-	1
Mn-54	1	-	-	-	-	1
Mn-56	1	-	-	-	-	1
Co-56	-	-	-	1	-	1
Co-58	1	-	-	-	-	1
Fe-59	1	-	-	-	-	1
Br-82	-	-	1	-	-	1
Sb-124	1	-	-	-	-	1
Eu-154	-	-	-	-	1	1
Eu-155	-	-	-	-	1	1
Yb-169	-	-	1	-	-	1
Ta-182	-	-	-	1	-	1
Hg-203	-	-	-	1	-	1
Ra-244 + Folgepr.	-	-	-	-	1	1
Ra-226 + Folgepr.	1	-	-	-	-	1
U-Erz	1	-	-	-	-	1

Tab. 4/5: Häufigkeit der γ -spektroskopisch im Strahlenschutzmeßlabor identifizierten Radionuklide

4.4 Untersuchung der Aktivitätsverteilung auf fünf Korngrößenfraktionen des aktivitätstragenden Aerosols

H.-U. Berger

Die Untersuchungen über die Verteilung der Raumluftaktivität auf fünf Korngrößenfraktionen des aktivitätstragenden Aerosols wurden fortgesetzt. Ein Impaktor wurde für den Einsatz in Situationen, in denen nach zwischenfallsbedingter Inkorporation eine nachträgliche Bestimmung der Korngrößenverteilung sinnvoll erscheint, bereitgehalten.

Es wurden 27 Untersuchungen der Korngrößenverteilung in Räumen der Gebäude 536, 545 und 548 - alle Hauptabteilung Dekontaminationsbetriebe - durchgeführt. Davon waren 17 Messungen auswertbar. Bei zehn Messungen war für die α -Aktivität, die β -Aktivität oder für beide Aktivitätsarten keine Bestimmung des Zentralwertes des aerodynamisch äquivalenten Durchmessers der tragenden Aerosolpartikel möglich, da die zählstatistisch bedingten Meßfehler zu groß waren.

Die Ergebnisse der Untersuchungen sind in den Tabellen 4/7 bis 4/9 zusammengestellt.

Probenahme von bis	Sammel- zeit h	α -Aktivität			β -Aktivität		
		A_{ges} pCi	d_z μm	σ	A_{ges} nCi	d_z μm	σ
22.09.1978-20.10.1979	667	198	20*	0,8*	4,75	0,5*	1,0*
20.10.1978-30.11.1978	979	208	40*	1,0*	3,54	0,5*	2,0*
01.12.1978-21.12.1978	475	25,2	(3)	-	1,85	$5 \cdot 10^{-3}$	4*
21.12.1978-31.01.1979	979	243	-	-	2,71	0,6*	0,7*
01.02.1979-01.03.1979	667	50,4	-	-	9,34	0,2*	1,2*
01.03.1979-30.03.1979	690	75,7	8,1*	0,8*	10,1	0,2*	1,4*
02.04.1979-20.04.1979	426	149	5,0	0,51	2,15	1,0	1,45
23.04.1979-27.04.1979	89	710	40*	1,6*	1,56	40*	1,4*
27.04.1979-04.05.1979	161	527	6,9	0,65	2,07	10*	1,2*
07.05.1979-11.05.1979	94	90,1	7,4*	0,9*	1,33	0,5*	1,6*
14.05.1979-18.05.1979	90	424	20*	1,1*	12,5	2,8	0,9*
21.05.1979-31.05.1979	234	73,7	-	-	4,16	$6 \cdot 10^{-3}$ *	1,5*
01.06.1979-29.06.1979	667	33,7	-	-	3,32	$1 \cdot 10^{-2}$ *	2,0*
29.06.1979-01.08.1979	787	33,1	-	-	1,56	10*	0,9*
02.08.1979-31.08.1979	691	171	7,6*	0,6*	0,65	0,3*	2,4*
05.09.1979-13.09.1979	188	33,9	-	-	0,59	7	200*

Tab. 4/7: Zentralwert der Äquivalentdurchmesser d_z und Streuung σ der Durchmesser-Verteilung in der Raumluft des Ofenbeschickungsraumes in Geb. 536 (*extrapolierter Wert)

Über die Aktivitätsverteilung in der Raumluft von Geb. 548 (Gerätedekontamination) läßt sich noch keine zuverlässige Aussage machen, da angesichts des geringen Umfanges der Raumluftkontamination noch nicht genügend auswertbare Ergebnisse vorliegen. Es deutet sich jedoch an, daß hier ähnlich starke Schwankungen der Zentralwerte auftreten, wie sie in Geb. 536 beobachtet wurden.

Probenahme von bis	Sammel- zeit h	α-Aktivität			β-Aktivität		
		A _{ges} pCi	d _z µm	σ	A _{ges} nCi	d _z µm	σ
20.09.1979-27.09.1979	169	397	5,2	0,53	2,92	10*	0,6*
28.09.1979-28.09.1979	2	5 550	8,1*	0,6*	58,1	13*	0,7*
15.10.1979-31.10.1979	384	1 240	9*	0,7*	599	12*	0,6*
12.12.1979-17.12.1979	120	98,9	4,87	0,52	0,67	12*	0,5*
17.12.1979-02.01.1980	384	207	5,1	0,60	2,52	13*	0,7*

Tab. 4/8: Zentralwert der Äquivalentdurchmesser d_z und Streuung σ der Durchmesser-Verteilung der Raumluft von Geb. 545, Bedienungsgang (*extrapolierter Wert)

Probenahme von bis	Sammel- zeit h	α-Aktivität			β-Aktivität		
		A _{ges} pCi	d _z µm	σ	A _{ges} nCi	d _z µm	σ
01.10.1979-08.10.1979	168	28,5	-	-	-	-	-
10.10.1979-17.10.1979	168	23,6	-	-	-	-	-
22.10.1979-29.10.1979	168	46,9	3,7	0,04	-	-	-
31.10.1979-07.11.1979	168	11,1	(4)	-	-	-	-
12.11.1979-19.11.1979	168	35,7	3,9	0,44	-	-	-
05.12.1979-12.12.1979	168	11,3	-	-	-	-	-

Tab. 4/9: Zentralwert der Äquivalentdurchmesser d_z und Streuung σ der Durchmesser-Verteilung in der Raumluft von Geb. 548

In der Raumluft von Geb. 545 (Abwasserdekontamination) scheint eine relativ geringe zeitliche Schwankung der Zentralwerte des Korndurchmessers aufzutreten: Für α-Aktivität schwankt der aerodynamische äquivalente Durchmesser zwischen 5 und 9 µm um einen Mittelwert von 6,6 µm und für β-Strahlung zwischen 10 und 13 µm um einen Mittelwert von 12 µm.

In der Raumluft von Geb. 536 (Abfallveraschung) wurden, wie auch 1978, starke Schwankungen der Zentralwerte des Durchmessers beobachtet. Zwischen dem 23.04.1979 und dem 18.05.1979 wurde darauf geachtet, daß die Sammelperioden sich nur über Zeiten erstreckten, in denen gleichartige Abfallstoffe verbrannt wurden. Die großen Schwankungen der Durchmesser-Zentralwerte von Sammelperiode zu Sammelperiode sprechen für die Vermutung, daß die Korngrößenverteilung in den Räumen, in denen feste Abfälle behandelt werden, stark von der Art der zu bearbeitenden Abfälle abhängt und daher immer starken zeitlichen Schwankungen ausgesetzt sein wird.

5. Radioökologie

L.A. König

Die Aufgabengebiete der Abteilung Radioökologie sind in Kap. 1 dieses Berichtes beschrieben. In Kap. 5 werden Umfang bzw. Ergebnisse der Emissionsüberwachung (Abluft 5.1, Abwasser 5.2), der Umgebungsüberwachung (5.3), der spektrometrischen (5.4) und der radiochemischen Untersuchungen (5.5) sowie Ergebnisse radioökologischer Forschungsarbeiten (5.6) berichtet.

5.1 Abluftüberwachung

L.A. König, S. Rinn

Die Ableitung radioaktiver Stoffe aus dem Kernforschungszentrum Karlsruhe in die Atmosphäre wird gemäß Grundsätzen, die mit den Aufsichtsbehörden vereinbart sind, in einem für ein Jahr gültigen "Abluftplan" vorgeplant. Dieser Abluftplan enthält für die einzelnen Emittenten des Kernforschungszentrums die höchstzulässigen Jahres-, Monats- und Wochenwerte, aufgeschlüsselt nach Radionukliden bzw. Radionuklidgruppen.

Die Ableitungen werden in den von der KfK (Kernforschungszentrum Karlsruhe GmbH) betriebenen Anlagen teils von den Mitarbeitern der HS/Ü in Zusammenarbeit mit HS/R, teils in Zusammenarbeit mit den überwachenden Institutionen ermittelt. Die Meßwerte aus den Anlagen des Kernforschungszentrums, die nicht von der KfK betrieben werden, werden von den zuständigen Betriebsgesellschaften festgestellt.

Tab. 5/1 enthält die dem Abluftplan 1980 zugrundeliegenden Definitionen der Nuklidgruppen. In Tab. 5/2 wird eine Übersicht über die im Jahr 1979 von den einzelnen Anlagen des Kernforschungszentrums Karlsruhe abgeleitete Aktivität gegeben. Bei den Jahressummen wurden in jenen Fällen, in denen zu einzelnen größeren Werten kleine Werte unter der Nachweisgrenze zu addieren waren, die weniger als 20 % zur Gesamtsumme beitragen, die <-Zeichen weggelassen. Bei den Radiojodableitungen werden nicht nur die Ableitungen der einzelnen Radiojodisotopen angegeben, sondern auch in der mit J bezeichneten Spalte die Summe der ^{131}J -Äquivalent-Werte. Die Faktoren f_i , mit deren Hilfe die Ableitungen an Radiojodisotopen auf ^{131}J -Äquivalent umgerechnet werden, sind aus Tab. 5/3 ersichtlich. f_i ist durch die Beziehung

$$A_i^{\text{zul}} = f_i A_{131}^{\text{zul}}$$

definiert. Hierin ist A_i^{zul} die für Jodisotop i zulässige Ableitung, A_{131}^{zul} jene für ^{131}J . Die für das Jodisotop i gemessene Ableitung ist also durch f_i zu dividieren, um das ^{131}J -Äquivalent zu erhalten. Überschreitungen zulässiger Werte sind durch Einrahmen der Zahlenwerte kenntlich gemacht. Zum Vergleich werden die Jahressummen für das Vorjahr wiederholt. Die ^{41}Ar -Ableitungen des FR 2 und die ^{85}Kr -Ableitungen der WAK stellen die vorherrschenden Ableitungen dar, wenn man nur Aktivitätswerte vergleicht.

In Tab. 5/4 sind die insgesamt aus dem Kernforschungszentrum Karlsruhe in die Atmosphäre abgeleiteten Aktivitäten zusammengestellt. Da die Standorte der einzelnen Ermittlenden zum Teil weit auseinanderliegen, werden im Nahbereich bei gleichzeitiger Emission verschiedene Gebiete beaufschlagt. Daher dürfen diese Daten für den Nahbereich nicht als Emissionsdaten einer Quelle angesehen werden. Zum Vergleich werden die Vorjahreswerte angegeben.

Gruppe	Nuklide
A	Beliebige Mischung von α -, β - und γ -Strahlern.
B	Beliebige Mischung von β - und γ -Strahlern, wenn die α -Strahler sowie Radiojodisotope ^{a)} , Pb-210, Ac-227, Ra-228, Pu-241, Am-242m und Cf-254 unberücksichtigt bleiben können ^{b,c)} .
C	H-3, N-13, C-14 ^{d)} , S-37, O-15, Cl-38, Ar-41, Spaltedelgase.
J	J-131-Äquivalent (siehe Anlage 2).

- a) Die Radiojodisotope müssen gesondert gemeldet werden.
- b) "Unberücksichtigt bleiben" können diese Radionuklide nur dann, wenn die Konzentration in der Luft nur einen geringfügigen Teil der in Tabelle A des Anhangs 3 der Euratom-Strahlenschutznormen angegebenen höchstzulässigen Konzentration darstellt. Die Ableitungen an ^{90}Sr dürfen $\frac{1}{10}$ des für Nuklidgruppe B zugelassenen Aktivitätswertes nicht überschreiten.
- c) Für WAK, FERAB, IHCh und TU werden die Ableitungen an ^{241}Pu auf maximal 10 % des in Nuklidgruppe B zugelassenen Aktivitätswertes beschränkt.
- d) Die ^{14}C -Ableitung in Gruppe C wird auf jeweils 10 % der in dieser Gruppe zulässigen Ableitung, aber nicht mehr als 10 Ci/a bzw. 1 Ci/Monat beschränkt.

Tab. 5/1: Definition der Nuklidgruppen (Stand Ende 1979)

Jodisotop	f_i
123	5 900
124	2
125	1,4
126	0,6
129	0,264
130	2 050
131	1
132	1 220
133	63
134	2 900
135	16 000

Tab. 5/3: Umrechnungsfaktoren auf ^{131}J -Äquivalent (Stand Ende 1979)

Nuklid		^{41}Ar	^{85}Kr	^3H	J	A	B	C
Ableitung in Ci	1978	65 069	33 596	2 212	$3,3 \cdot 10^{-2}$	$5,1 \cdot 10^{-3}$	0,2	920
	1979	70 531	50 560	1 488	$<2,2 \cdot 10^{-2}$	$1,0 \cdot 10^{-3}$	0,2	1 421

Tab. 5/4: Gesamtableitungen aus dem Kernforschungszentrum Karlsruhe in die Atmosphäre in den Jahren 1978 und 1979 (Diese Tabelle darf nicht für die Dosisberechnung verwendet werden, da darin Emissionen von verschiedenen Emissionsorten aufsummiert sind).

Anlage	HDB, Geb. 534			HDB (FERAB), Geb. 536						
	A	B	³ H	A	B	³ H	¹³¹ J	¹²⁹ J	¹²⁵ J	J
nach Abluftplan zul. Monatswert	1 E-6	1 E-3	0,1	2 E-4	5 E-2	100				1 E-3
Januar	< 3,8 E-9	< 6,0 E-8		< 7,7 E-6	8,0 E-4	0,2	< 3,7 E-6	< 1,4 E-5	2,1 E-4	< 2,1 E-4
Februar	< 4,1 E-9	1,5 E-7	0,002	8,0 E-6	7,5 E-3	15,5	5,4 E-5	< 3,2 E-5	3,7 E-4	< 4,3 E-4
März	< 6,8 E-9	< 1,0 E-7	0,003	< 6,5 E-6	1,1 E-2	1,8	< 2,7 E-5	< 3,7 E-5	8,5 E-4	< 7,8 E-4
April	< 5,7 E-9	< 7,4 E-8	0,002	2,1 E-5	2,9 E-3	0,1	< 9,5 E-6	< 1,9 E-5	8,3 E-4	6,7 E-4
Mai	< 7,8 E-9	< 8,4 E-8	0,005	2,8 E-5	1,2 E-2	2,1	< 1,5 E-5	< 5,6 E-5	9,5 E-4	< 9,1 E-4
Juni	< 6,3 E-9	< 9,7 E-8	0,003	4,7 E-5	9,1 E-3	4,8	< 1,1 E-5	< 4,0 E-5	4,6 E-4	< 4,9 E-4
Juli	< 3,3 E-9	< 3,5 E-8	0,006	7,8 E-6	2,0 E-3	117,3	< 3,7 E-6	< 8,0 E-6	1,1 E-4	< 1,1 E-4
August	< 7,2 E-9	< 8,1 E-8	0,006	5,1 E-6	1,8 E-3	9,2	< 4,5 E-6	< 9,7 E-6	3,0 E-4	2,5 E-4
September	< 4,6 E-9	< 3,8 E-8	0,004	< 5,9 E-6	1,6 E-2	2,3	1,6 E-4	< 2,1 E-5	1,7 E-3	1,4 E-3
Oktober	< 6,0 E-9	< 4,0 E-8	0,011	< 5,8 E-6	9,9 E-3	10,1	9,3 E-4	< 5,4 E-5	1,9 E-3	2,5 E-3
November	< 9,4 E-9	< 7,7 E-8	0,022	5,0 E-5	8,3 E-3	1,2	1,1 E-5	< 1,4 E-5	1,9 E-3	1,5 E-3
Dezember	< 3,6 E-9	< 2,7 E-8	0,01	2,1 E-5	7,4 E-3	1,8	< 3,4 E-6	< 4,0 E-6	4,5 E-5	< 5,0 E-5
Summe 1979	< 6,9 E-8	< 8,6 E-7	0,074	2,1 E-4	8,9 E-2	166,4	1,2 E-3	< 3,1 E-4	9,6 E-3	< 9,3 E-3
nach Abluftplan zul. Jahreswert	1 E-5	1 E-2	1	2 E-3	0,4	1000				1 E-2
Vorjahreswert	< 1,4 E-7	< 1,4 E-6	0,114	4,5 E-4	4,9 E-2	882,9	< 2,7 E-4	< 3,6 E-4	9,2 E-3	< 8,3 E-3

Tab. 5/2 : Ableitung radioaktiver Stoffe im Jahre 1979 aus dem Kernforschungszentrum Karlsruhe in die Atmosphäre (Aktivität in Ci;
1 E-6 = 1 · 10⁻⁶)

Anlage	HDB, Geb. 545 / 555, Deko-flüssig							HDB, Geb. 548, Deko-fest			
	A	B	³ H	¹³¹ J	¹²⁹ J	¹²⁵ J	J	A	B	³ H	¹³¹ J
nach Abluftplan zul. Monatswert	4 E-6	2 E-3	30				4 E-4	8 E-6	2 E-3	15	
Januar	< 6,2 E-8	2,6 E-6		<2,3 E-6	< 1,6 E-5	3,0 E-5	< 8,3 E-5	<4,9 E-8	<3,3 E-7	0,001	<4,9 E-6
Februar	< 9,2 E-8	1,5 E-6	0,06	<2,5 E-6	< 1,9 E-5	7,5 E-5	< 1,3 E-4	<4,4 E-8	<1,2 E-6	0,004	<4,9 E-6
März	< 5,9 E-8	2,3 E-6	0,08	<2,6 E-6	< 2,0 E-5	3,7 E-5	< 1,1 E-4	<1,3 E-7	<5,7 E-7	0,03	<5,6 E-6
April	3,9 E-7	4,2 E-6	0,04	<2,3 E-6	< 2,5 E-5	< 7,5 E-6	< 1,0 E-4	<5,5 E-8	<1,9 E-6	0,02	<5,7 E-6
Mai	< 1,2 E-7	2,3 E-6	0,12	<3,1 E-6	< 2,4 E-5	1,4 E-4	< 1,9 E-4	<9,2 E-8	4,5 E-6	0,08	<7,8 E-6
Juni	< 6,5 E-7	< 6,4 E-6	0,46	<2,2 E-6	< 1,7 E-5	1,1 E-4	< 1,5 E-4	<4,2 E-8	<4,3 E-7	0,004	<5,4 E-6
Juli	< 5,7 E-8	9,1 E-7	0,55	<2,2 E-6	< 9,4 E-6	1,2 E-5	< 4,7 E-5	<3,0 E-8	<3,0 E-7	0,05	<4,5 E-6
August	< 5,7 E-8	< 7,0 E-7	0,14	<2,1 E-6	< 1,5 E-5		< 5,9 E-5	<3,8 E-8	<4,0 E-7	0,02	<5,1 E-6
September	< 7,2 E-8	1,0 E-6	0,32	<2,0 E-6	< 1,3 E-5		< 5,1 E-5	<6,3 E-8	<4,0 E-7	0,01	<4,4 E-6
Oktober	< 6,0 E-8	< 6,6 E-7	0,34	<1,9 E-6	< 1,6 E-5	2,7 E-5	< 8,2 E-5	4,0 E-7	5,5 E-6	0,01	<3,8 E-6
November	< 7,3 E-8	< 6,6 E-7	0,77	<2,4 E-6	< 2,1 E-5	2,2 E-5	< 9,8 E-5	2,1 E-7	9,3 E-7	0,02	<5,1 E-6
Dezember	< 5,3 E-8	6,6 E-7	0,59	1,5 E-5	< 1,3 E-5	9,1 E-6	< 7,1 E-5	1,0 E-6	<7,2 E-7	0,005	<3,5 E-6
Summe 1979	< 1,7 E-6	< 2,4 E-5	3,47	<4,1 E-5	< 2,1 E-4	4,7 E-4	< 1,2 E-3	<2,2 E-6	<1,7 E-5	0,25	<6,1 E-5
nach Abluftplan zul. Jahreswert	3 E-5	1,5 E-2	100				4 E-3	2,5 E-5	7 E-3	30	2 E-4
Vorjahreswert	< 2,5 E-6	8,8 E-5	20,8	<1,6 E-4	< 3,6 E-4	3,9 E-4	< 1,8 E-3	<1,1 E-6	<8,6 E-6	1,8	<8,7 E-5

Tab. 5/2: Fortsetzung

Anlage	KTB / FR 2											
	Nuklid	A	B	C	⁴¹ Ar	³ H	¹³¹ J	¹³² J	¹³³ J	¹³⁴ J	¹³⁵ J	J
nach Abluftplan zul. Monatswert	3 E-5	1,5 E-2	200	1200	120							5 E-3
Januar	< 5,2 E-8	5,3 E-5	8,1 E-2	2980	24,1	< 2,2 E-5	3,2 E-4	2,3 E-4	1,6 E-3	3,1 E-4	< 2,7 E-5	
Februar	< 5,6 E-8	1,2 E-4	2,6 E-1	9600	5,7	8,8 E-5	1,6 E-3	5,8 E-4	6,5 E-3	1,2 E-3	1,0 E-4	
März	< 5,3 E-8	6,4 E-5	1,4 E-1	5303	25,8	4,3 E-5	9,8 E-4	3,2 E-4	3,2 E-3	9,7 E-4	5,0 E-5	
April	< 5,6 E-8	7,2 E-5	2,0 E-1	7337	5,2	6,0 E-5	4,3 E-4	4,0 E-4	8,8 E-4	5,9 E-4	6,7 E-5	
Mai	< 8,9 E-8	7,7 E-5	1,8 E-1	6678	17,0	6,9 E-4	7,5 E-4	3,5 E-4	1,0 E-3	5,7 E-4	7,0 E-4	
Juni	< 6,2 E-8	5,7 E-5	1,5 E-1	5360	17,4	4,2 E-5	6,8 E-4	2,5 E-4	5,0 E-4	6,1 E-4	4,7 E-5	
Juli	< 4,9 E-8	8,0 E-5	2,3 E-1	8300	5,8	8,4 E-5	9,3 E-4	6,1 E-4	3,5 E-4	2,9 E-4	9,5 E-5	
August	< 1,2 E-7	1,3 E-5			9,0	3,8 E-5					3,8 E-5	
September	< 5,9 E-8	6,1 E-5	1,4 E-1	3153	11,7	5,2 E-5	8,8 E-4	4,9 E-4	2,9 E-3	6,4 E-4	6,2 E-5	
Oktober	< 6,0 E-8	1,7 E-5	2,0 E-1	7327	7,7	8,7 E-5	1,7 E-3	6,4 E-4	6,7 E-3	9,4 E-4	1,0 E-4	
November	< 4,0 E-8	5,8 E-5	1,5 E-1	5578	21,5	3,5 E-5	3,6 E-4	4,3 E-4	4,2 E-4	2,0 E-3	4,2 E-5	
Dezember	< 2,5 E-8	7,1 E-5	1,9 E-1	6915	5,9	4,3 E-5	2,9 E-4	2,3 E-4		2,5 E-4	4,7 E-5	
Summe 1979	< 7,2 E-7	7,4 E-4	1,92	70531	156,8	1,3 E-3	8,9 E-3	4,5 E-3	2,4 E-2	8,4 E-3	1,4 E-3	
nach Abluftplan zul. Jahreswert	3 E-4	0,15	2000	80000	1000							5 E-2
Vorjahreswert	< 3,6 E-6	2,0 E-2	1,56	65069	143,3	1,2 E-2	1,3 E-2	6,0 E-3	0,12	8,5 E-3	1,3 E-3	

Tab. 5/2: Fortsetzung

Anlage	KTB / HZ				KTB / SNEAK				INE (ABRA), 547	
Nuklid	A	B	C	¹³¹ J	A	B	C	¹³¹ J	A	B
nach Abluftplan zul. Monatswert	1 E-4	5 E-2	500	1 E-3	3 E-5	1,5 E-2	30	3 E-4	1,3 E-6	2 E-6
Januar	1,6 E-7	1,5 E-5		< 2,4 E-6	< 3,7 E-8	< 2,7 E-7		< 2,5 E-6	< 2,3 E-8	< 2,0 E-7
Februar	< 4,2 E-8	3,4 E-5	0,6	< 2,9 E-6	< 4,4 E-8	< 3,0 E-7		< 3,3 E-6	< 2,3 E-8	< 1,8 E-7
März	< 2,8 E-8	9,2 E-6		< 3,3 E-6	< 5,3 E-8	< 6,2 E-7	2,9 E-2	< 2,9 E-6	< 3,1 E-8	< 2,9 E-7
April	< 3,1 E-8	3,2 E-6		< 2,4 E-6	< 5,5 E-8	< 6,1 E-7	5,0 E-3	< 2,7 E-6	< 2,2 E-8	< 2,1 E-7
Mai	< 4,4 E-8	7,2 E-6	0,2	< 3,5 E-6	< 7,6 E-8	< 7,9 E-7		< 3,7 E-6	< 3,8 E-8	< 3,4 E-7
Juni	< 2,2 E-8	1,1 E-5	0,4	< 2,5 E-6	< 4,4 E-8	< 4,8 E-7		< 2,6 E-6	< 2,5 E-8	< 2,1 E-7
Juli	< 1,6 E-8	9,8 E-6		< 2,2 E-6	< 4,3 E-8	< 4,4 E-7		< 2,3 E-6	< 1,9 E-8	< 2,5 E-7
August	< 2,1 E-8	1,9 E-5	0,03	< 4,4 E-6	< 4,6 E-8	< 4,6 E-7		< 3,3 E-6	< 2,3 E-8	< 2,2 E-7
September	< 2,3 E-8	1,2 E-6		1,2 E-4	< 5,4 E-8	< 3,9 E-7		< 2,6 E-6	< 2,3 E-8	< 1,4 E-7
Oktober	< 2,2 E-8	3,7 E-6		1,0 E-4	< 5,2 E-8	< 3,7 E-7		< 2,4 E-6	< 2,3 E-8	< 1,6 E-7
November	< 9,1 E-8	3,9 E-5		1,1 E-5	< 6,6 E-8	< 6,4 E-7		< 2,8 E-6	< 2,9 E-8	< 2,3 E-7
Dezember	< 1,5 E-8	4,7 E-5		< 2,1 E-6	< 2,5 E-8	< 2,6 E-7		< 2,0 E-6	< 1,5 E-8	< 1,2 E-7
Summe 1979	< 5,2 E-7	2,0 E-4	1,2	2,6 E-4	< 6,0 E-7	< 5,6 E-6	3,4 E-2	< 3,3 E-5	< 2,9 E-7	< 2,6 E-6
nach Abluftplan zul. Jahreswert	8 E-4	0,4	1000	1 E-2	2 E-4	0,1	200	3 E-3	1,5 E-5	2,5 E-5
Vorjahreswert	< 3,2 E-6	4,1 E-4	1,1	< 6,2 E-5	< 1,1 E-6	< 5,3 E-6		< 2,9 E-5	< 5,6 E-7	< 3,1 E-6

Tab. 5/2: Fortsetzung

Anlage	IRCh							IMF I		IMF III			
	Nuklid	A	B	C	¹³¹ J	¹³² J	¹³³ J	J	A	B	A	B	
nach Abluftplan zul. Monatswert	1 E-6	1 E-4	15					2 E-4	2 E-6		4 E-6		
Januar	< 5,3 E-9	< 5,2 E-8	1,2	3,3 E-6				3,3 E-6	< 3,4 E-8	< 3,1 E-7	< 2,6 E-8	< 2,7 E-7	
Februar	< 5,5 E-9	4,3 E-6	8,4	2,3 E-4	1,3 E-1	9,3 E-5	3,4 E-4		< 3,6 E-8	< 3,5 E-7	< 3,3 E-8	< 2,6 E-7	
März	< 4,4 E-9	< 8,5 E-8	1,7	1,3 E-4	6,7 E-7			1,3 E-4	< 4,5 E-8	< 5,1 E-7	< 3,3 E-8	< 3,8 E-7	
April	< 8,9 E-9	1,5 E-6	8,4	2,6 E-5	2,1 E-6	6,4 E-6	2,6 E-5		< 5,3 E-8	< 5,6 E-7	< 3,6 E-8	< 3,9 E-7	
Mai	< 5,2 E-8	1,0 E-7	2,8	1,4 E-4				6,4 E-5	1,4 E-4	< 7,0 E-8	< 7,2 E-7	< 4,9 E-8	< 5,4 E-7
Juni	< 7,4 E-7	8,2 E-3	3,6	5,3 E-5				5,6 E-6	5,3 E-5	< 3,9 E-8	< 4,1 E-7	< 2,9 E-8	< 3,3 E-7
Juli	< 2,4 E-8	8,5 E-7	0,9	4,2 E-5					4,2 E-5	< 2,9 E-8	< 3,0 E-7	< 2,3 E-8	< 2,4 E-7
August	< 4,0 E-9	< 5,9 E-8	1,4	1,6 E-5					1,6 E-5	< 3,9 E-8	< 4,0 E-7	< 3,1 E-8	< 3,3 E-7
September	< 4,9 E-9	6,8 E-8	1,2	2,2 E-5					2,2 E-5	< 4,0 E-8	< 3,4 E-7	< 3,4 E-8	< 2,8 E-7
Oktober	< 7,1 E-9	1,6 E-6	0,4	6,2 E-5					6,2 E-5	< 3,8 E-8	< 3,1 E-7	< 2,8 E-8	< 1,1 E-6
November	< 5,0 E-9	< 4,7 E-8	1,5	9,7 E-6					9,7 E-6	< 4,0 E-8	< 4,1 E-7	< 3,4 E-8	< 3,5 E-7
Dezember	3,7 E-8	5,6 E-8	0,5	8,0 E-6					8,0 E-6	< 2,1 E-8	< 2,3 E-7	< 1,9 E-8	< 1,9 E-7
Summe 1979	< 9,0 E-7	8,2 E-3	32	7,4 E-4	1,3 E-1	1,7 E-4	8,5 E-4		< 4,8 E-7	< 4,9 E-6	< 3,8 E-7	< 4,7 E-6	
nach Abluftplan zul. Jahreswert	1 E-5	1 E-3	90					2 E-3	1,6 E-5		3 E-6		
Vorjahreswert	< 1,5 E-7	< 1,9 E-6	20,7	6,7 E-4				6,7 E-4	< 1,1 E-6	< 9,5 E-6	< 5,3 E-7	< 4,3 E-6	

Anlage	HIT					LIT		LAF II
	A	B	C	³ H	¹³¹ I	A	B	¹³¹ I
nach Abluftplan zul. Monatswert	9 E-6	2,1 E-5	1	0,3	1,5 E-5		2,0 E-3	8 E-5
Januar	< 1,5 E-8	< 1,8 E-7	5,5 E-6	6,2 E-2	< 1,3 E-6	< 3,6 E-9	< 3,0 E-8	< 4,3 E-6
Februar	< 1,9 E-8	< 1,5 E-7	4,5 E-6	5,5 E-2	< 4,4 E-6	< 3,5 E-9	< 3,0 E-8	< 2,8 E-6
März	< 2,3 E-8	< 2,2 E-7	3,7 E-6	4,4 E-2	< 2,5 E-6	< 4,1 E-9	< 4,7 E-8	< 7,6 E-6
April	< 2,6 E-8	< 2,0 E-7	4,1 E-6	5,0 E-2	< 1,3 E-6	< 4,6 E-9	< 4,8 E-8	< 1,1 E-5
Mai	< 4,1 E-8	< 3,4 E-7	5,0 E-6	6,0 E-2	< 2,0 E-6	< 7,3 E-9	< 6,8 E-8	< 5,6 E-6
Juni	< 2,1 E-8	< 1,8 E-7	3,7 E-6	4,4 E-2	< 1,3 E-6	< 3,6 E-9	< 4,0 E-8	< 3,3 E-6
Juli	< 1,6 E-8	< 1,3 E-7	3,7 E-6	4,4 E-6	< 1,4 E-6	< 2,7 E-9	< 2,9 E-8	< 9,2 E-6
August	< 2,0 E-8	< 1,5 E-7	4,1 E-6	5,0 E-2	< 1,6 E-6	< 3,7 E-9	< 4,0 E-8	< 5,4 E-6
September	< 2,0 E-8	< 1,6 E-7	2,7 E-6	3,3 E-2	< 1,2 E-6	< 4,6 E-9	< 3,6 E-8	< 3,5 E-6
Oktober	< 1,7 E-8	< 1,5 E-7	3,7 E-6	4,4 E-2	< 1,2 E-6	< 4,4 E-9	< 5,0 E-8	< 4,1 E-6
November	< 1,8 E-8	< 1,7 E-7	3,7 E-6	4,4 E-2	< 1,4 E-6	< 4,0 E-9	< 3,9 E-8	< 4,4 E-6
Dezember	< 1,2 E-8	< 9,6 E-8	2,7 E-6	3,3 E-2	< 1,0 E-6	< 2,3 E-9	< 2,2 E-8	< 2,8 E-6
Summe 1979	< 2,5 E-7	< 2,1 E-6	4,7 E-5	0,6	< 2,1 E-5	< 4,8 E-8	< 4,8 E-7	< 6,4 E-5
nach Abluftplan zul. Jahreswert	7 E-5	2,1 E-4	12	3	1,5 E-4		1,5 E-2	8 E-4
Vorjahreswert	< 1,4 E-6	< 4,0 E-6	5,5 E-5	0,6	< 2,1 E-5	< 9,0 E-8	< 5,1 E-7	< 1,2 E-4

Tab. 5/2: Fortsetzung

Anlage	IHCh, Geb. 721 / 724 / 726						IHCh, Geb. 725			INR
	A	B	C	¹²⁹ J	¹³¹ J	J	A	B	¹³¹ J	
nach Abluftplan zul. Monatswert	1 E-4	2 E-2	100			1 E-3	1 E-6	1 E-3	1 E-5	5
Januar	< 2,5 E-8	< 3,4 E-7		< 2,0 E-5	< 1,1 E-5	< 8,7 E-5	< 2,5 E-9	1,6 E-7	< 2,0 E-6	
Februar	< 1,4 E-8	< 1,5 E-7		< 1,0 E-5	< 1,0 E-5	< 4,8 E-5	< 1,7 E-9	< 1,4 E-8	< 1,9 E-6	
März	< 3,5 E-8	< 4,1 E-7	3,4	1,9 E-5	< 1,5 E-5	8,7 E-5	< 3,7 E-9	< 4,3 E-8	< 2,3 E-6	
April	< 2,3 E-8	< 2,9 E-7		4,8 E-5	< 1,2 E-5	1,9 E-4	< 2,6 E-9	< 3,0 E-8	< 2,1 E-6	
Mai	< 2,8 E-8	< 3,2 E-7		2,0 E-5	< 1,6 E-5	9,2 E-5	< 1,9 E-9	< 2,2 E-8	< 2,8 E-6	
Juni	< 4,5 E-8	< 3,3 E-7		< 8,0 E-6	< 1,3 E-5	< 4,3 E-5	< 2,1 E-9	< 2,2 E-8	< 1,9 E-6	0,5
Juli	< 1,9 E-8	< 2,2 E-7		4,1 E-6	< 1,3 E-5	< 2,9 E-5	< 1,9 E-9	< 2,1 E-8	< 2,0 E-6	0,5
August	< 3,1 E-8	< 2,7 E-7		5,0 E-6	< 9,6 E-6	< 2,9 E-5	< 4,2 E-9	< 3,1 E-8	< 2,4 E-6	
September	< 2,1 E-8	< 2,8 E-7		< 2,0 E-5	< 1,2 E-5	< 8,8 E-5	< 2,5 E-9	< 2,2 E-8	< 1,8 E-6	1,3 E-2
Oktober	< 1,3 E-8	2,1 E-6		< 1,0 E-5	< 1,2 E-5	< 5,0 E-5	< 1,4 E-9	< 1,4 E-8	< 1,8 E-6	1,0
November	< 2,3 E-8	< 1,8 E-7		< 9,0 E-6	< 2,0 E-5	< 5,4 E-5	< 2,0 E-9	< 2,2 E-8	< 2,2 E-6	
Dezember	< 1,9 E-8	< 2,1 E-7		< 1,0 E-5	< 9,0 E-6	< 4,7 E-5	< 2,4 E-9	< 2,2 E-8	< 1,4 E-6	0,8
Summe 1979	< 3,0 E-7	< 5,1 E-6	3,4	< 1,8 E-4	< 1,5 E-4	< 8,4 E-4	< 2,9 E-8	< 4,2 E-7	< 2,5 E-5	2,8
nach Abluftplan zul. Jahreswert	8 E-4	0,1	800			1 E-2	1 E-5	1 E-2	1 E-4	50
Vorjahreswert	< 6,0 E-7	< 4,7 E-6	48,6	< 4,5 E-4	< 1,5 E-4	< 1,9 E-3	< 3,3 E-8	< 3,1 E-7	< 3,1 E-5	0,8

Tab. 5/2: Fortsetzung

Anlage	Zyklotron					KNK		MZFR			
Nuklid	C	¹²³ J	¹²⁴ J	¹³¹ J	J	B	C	B	C	³ H	¹³¹ J
nach Abluftplan zul. Monatswert	100				2 E-5	1,5 E-2	2000	1,5 E-2	300	500	5 E-3
Januar	11,3	5,2 E-8	3,4 E-9	< 3,2 E-9	< 4,9 E-9	7,0 E-5	18,6	6,0 E-6	20,4	73,7	
Februar	50,1	5,0 E-5	3,6 E-7	< 3,2 E-9	1,9 E-7	6,2 E-5	33,6	7,1 E-5	44,7	51,4	
März	83,1	3,4 E-8	6,7 E-10	< 2,0 E-9	< 2,3 E-9	6,4 E-5	52,5	6,1 E-5	32,2	30,8	
April	18,7	5,5 E-8	1,6 E-9	< 2,5 E-9	< 3,3 E-9	6,4 E-5	133,0	9,0 E-5	24,1	42,1	
Mai	43,9	1,0 E-6	5,4 E-8	< 4,4 E-9	3,2 E-8	6,6 E-5	12,4	1,1 E-4	40,4	46,8	
Juni	30,3	1,1 E-7	8,2 E-9	< 3,2 E-9	< 7,3 E-9	6,6 E-5	13,0	9,5 E-5	78,6	119,1	
Juli	52,2	7,7 E-9		< 1,7 E-9	< 1,7 E-9	1,3 E-4	42,2	7,9 E-5	35,9	69,3	
August	29,0	4,4 E-8		< 3,7 E-9	< 3,7 E-9	1,3 E-4	37,0	7,0 E-5	34,2	77,2	3,2 E-5
September	25,7	1,1 E-8		< 1,7 E-9	< 1,7 E-9	7,3 E-5	15,7	1,2 E-4	60,3	211,0	
Oktober	75,3	2,2 E-9		< 6,0 E-10	< 6,0 E-10	1,3 E-4	16,5	9,5 E-5	33,6	148,6	
November	12,7	7,1 E-9		< 1,6 E-9	< 1,6 E-9	1,2 E-4	13,1	3,3 E-5	77,4	43,8	
Dezember	10,8	5,8 E-9		< 1,2 E-9	< 1,2 E-9	1,1 E-4	14,3	5,1 E-5	55,9	76,5	
Summe 1979	443,1	5,1 E-5	4,3 E-7	< 2,9 E-8	2,5 E-7	1,1 E-3	401,9	8,8 E-4	537,7	990,3	3,2 E-5
nach Abluftplan zul. Jahreswert	500				2 E-4	0,15	8000	0,15	3000	4000	5 E-2
Vorjahreswert	205,8	3,4 E-6	1,2 E-7	< 3,6 E-8	< 9,6 E-8	< 1,2 E-3	230,5	9,3 E-4	411,6	1037	3,2 E-5

Tab. 5/2: Fortsetzung

Anlage	WAK							TU		BFE
	A	B	B* ⁹⁰ Sr	³ H	⁸⁵ Kr	¹²⁹ I	J	A	B	C
nach Abluftplan zul. Monatswert	2 E-3	0,5		200	45000		4 E-3	4 E-6	2 E-3	1,5 E-2
Januar	2,4 E-5	8,7 E-4	5,5 E-5	1,1		6,9 E-5	2,6 E-4	8,0 E-9	2,0 E-7	
Februar	2,2 E-5	1,2 E-3	1,3 E-4	1,2		8,3 E-5	3,1 E-4		1,0 E-7	
März	2,3 E-5	1,5 E-3	1,4 E-4	1,5		6,1 E-5	2,3 E-4		1,0 E-7	
April	4,7 E-5	8,0 E-4	5,3 E-5	1,2		4,9 E-5	1,9 E-4		1,0 E-7	5,6 E-5
Mai	7,1 E-5	3,9 E-3	3,0 E-4	13,8	3320	1,3 E-4	4,9 E-4	3,0 E-8	7,0 E-7	
Juni	1,5 E-4	8,4 E-3	7,4 E-4	25,3	9990	1,8 E-4	6,8 E-4	2,0 E-8	5,0 E-7	5,3 E-5
Juli	4,4 E-5	2,6 E-3	2,1 E-4	14,6	5080	1,4 E-4	5,3 E-4		6,0 E-7	
August	2,5 E-5	4,7 E-4	3,9 E-5	2,1		5,8 E-5	2,2 E-4	6,0 E-9	2,0 E-6	
September	1,0 E-4	5,2 E-3	3,7 E-4	19,2	6490	3,1 E-4	1,2 E-3	9,0 E-8	3,0 E-6	
Oktober	1,7 E-4	2,8 E-2	1,7 E-3	44,3	15000	3,4 E-4	1,3 E-3		2,0 E-7	
November	1,0 E-4	1,1 E-2	4,6 E-4	35,2	8220	4,4 E-4	1,7 E-3		2,0 E-7	1,3 E-5
Dezember	3,4 E-5	2,1 E-3	1,3 E-4	7,4	2460	1,6 E-4	6,1 E-4		1,0 E-7	5,3 E-5
Summe 1979	8,1 E-4	6,6 E-2	4,3 E-3	166,9	50560	2,0 E-3	7,7 E-3	1,5 E-7	7,8 E-6	1,8 E-4
nach Abluftplan zul. Jahreswert	1 E-2	2	0,1	1000	350000		4 E-2	3 E-5	1 E-2	3 E-2
Vorjahreswert	4,6 E-3	8,4 E-2	6,7 E-3	125,4	33596	4,7 E-3	1,8 E-2	8,2 E-8	6,1 E-6	2,3 E-4

Tab. 5/2: Fortsetzung

5.2 Abwasserüberwachung

K.-G. Langguth

Die Überwachung der radioaktiven Abwässer wird von der Hauptabteilung Sicherheit des KfK im Rahmen der ihr vom Innenministerium des Landes Baden-Württemberg erteilten wasserrechtlichen Erlaubnis durchgeführt. Das durch diese Erlaubnis vorgegebene Überwachungskonzept behandelt die zahlreichen kerntechnischen Anlagen des Kernforschungszentrums Karlsruhe als ein Ganzes. Dies ist auch sinnvoll, da sich alle kerntechnischen Anlagen und Institute des KfK, einschließlich der WAK, derselben Service-Einrichtungen des KfK (Dekontaminationsbetriebe, Kläranlage, Emissions- und Umgebungsüberwachung durch die Hauptabteilung Sicherheit) bedienen.

Am Kernforschungszentrum Karlsruhe fielen 1979 insgesamt $5 \cdot 10^5 \text{ m}^3$ Abwasser an. Diese Abwassermenge setzt sich zusammen aus den sogenannten Regenerierabwässern der Reaktoren (FR 2, MZFR, KNK), aus den sogenannten Chemieabwässern der verschiedenen Institute und Reaktoren und der Wiederaufbereitungsanlage und aus den häuslichen Abwässern. Regenerier- und Fäkalabwässer sind als "aktivitätsfrei" anzusehen und werden deshalb der Kläranlage ohne vorangehende Aktivitätskontrollmessung zugeführt. Abb. 5/1 zeigt ein vereinfachtes Flußschema der Abwässer des Kernforschungszentrums. Die Kühlwässer fließen zusammen mit dem Regenwasser in den unmittelbar an das KfK angrenzenden Hirschkanal, dessen Aktivitätskonzentration durch kontinuierliche Probenahme überwacht wird (siehe Kap. 5.3).

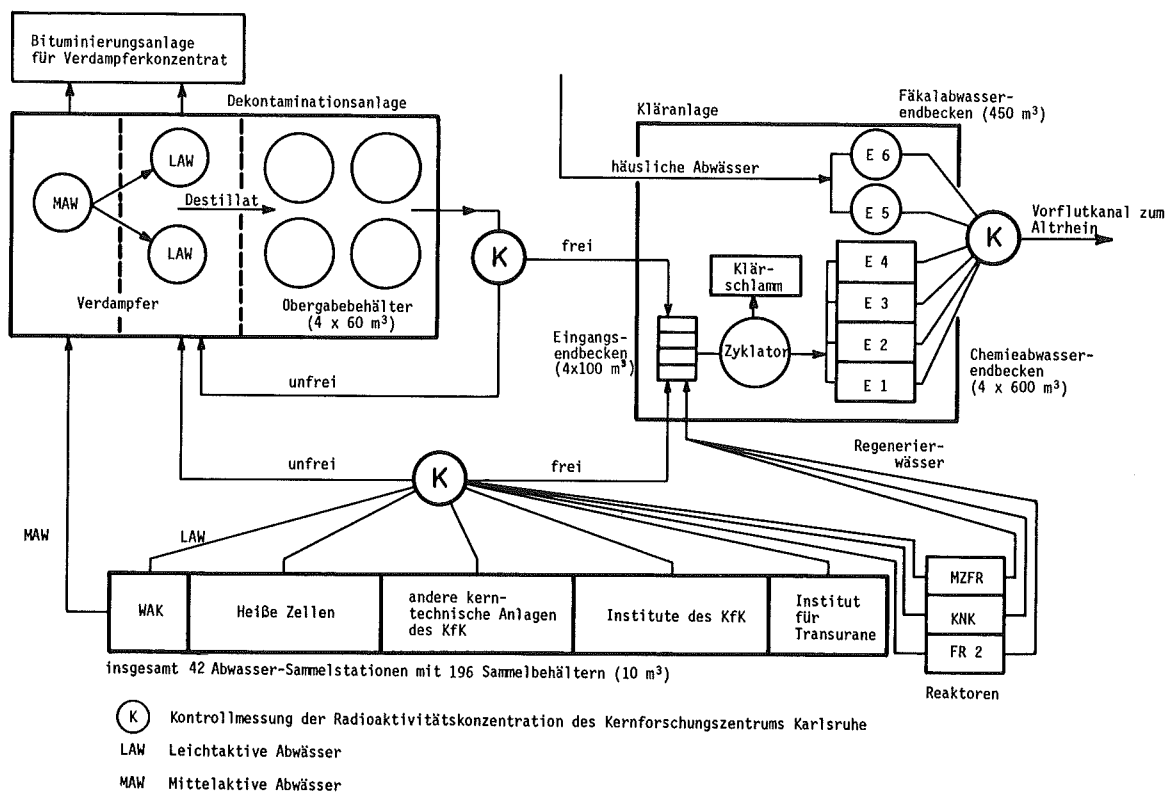


Abb. 5/1: Vereinfachtes Flußschema der Abwässer des Kernforschungszentrums Karlsruhe

Die im Kernforschungszentrum anfallenden Chemieabwässer - Sammelbegriff für mehr oder weniger radioaktive Labor- und Prozeßabwässer - lassen sich hinsichtlich ihrer Aktivitätskonzentration in 2 Klassen einteilen: in "leichtaktive" Abwässer (LAW) mit Konzentrationen bis zu maximal 10^{-1} Ci/m³ und "mittelaktive" Abwässer (MAW) mit Konzentrationen bis zu 10^3 Ci/m³. Geringe Mengen "hochaktiver" Abwässer mit Konzentrationen $> 10^3$ Ci/m³ werden bei der WAK bis zu einer späteren Verfestigung zwischengelagert. Diese grobe Einteilung der Abwässer nach Konzentrationsbereichen ist zwar willkürlich, doch für die Praxis unentbehrlich. Mittelaktive Abwässer werden aufgrund dieser Einstufung sofort, d. h. ohne vorherige Kontrollmessung, in die Dekontaminationsanlage für flüssige radioaktive Abfälle überführt. Die leichtaktiven oder als leichtaktiv eingeschätzten Chemieabwässer werden zunächst in 42 Abwasserstationen mit 196 Abwassertanks gesammelt (siehe Abb. 5/1). Erst die von der Gruppe Emissionsüberwachung der Hauptabteilung Sicherheit durchgeführten Kontrollmessungen entscheiden über die Freigabe dieser Abwässer im Sinne der geltenden wasserrechtlichen Erlaubnis. Danach "unfreie" Abwässer werden mit abgeschirmten Tankfahrzeugen zu den LAW-Verdampfern der Dekontaminationsanlage gebracht, in die auch die Destillate des MAW-Verdampfers überführt werden. Die relativ kleinen Mengen der MAW- und LAW-Verdampferkonzentrate, welche die angereicherte Abwasserradioaktivität enthalten, gelangen in die Bituminierungs- oder in die Zementierungsanlage, wo sie in eine endlagerungsfähige Form überführt werden.

Leichtaktive Chemieabwässer, die sich aufgrund der Kontrollmessung als "frei" erwiesen haben und die "freien" Destillate der Dekontaminationsanlage sowie die Regenerierabwässer gelangen über das Kanalisationsnetz von den Abwassersammelstationen direkt in die Eingangsbecken (siehe Abb. 5/1) der Kläranlage und schließlich in die 4 Endpufferbecken für Chemieabwässer mit je 600 m³ Fassungsvermögen. Die häuslichen Abwässer werden in die 2 Endpufferbecken für Fäkalabwässer mit je 450 m³ Inhalt eingeleitet. Vor der Ableitung aller Abwässer in den Vorfluter erfolgt eine Endkontrollmessung im Sinne einer Entscheidungsmessung über die Freigabe. Über einen 2,9 km langen Rohrkanal gelangen die Abwässer in einen als Vorfluter dienenden Altrheinarm, ehe sie - über eine Distanz von 23,6 km gemischt mit Oberflächenwasser - den Rhein erreichen. Die Überwachung der mit dem Abwasser abgeleiteten Restradioaktivität wird durch Maßnahmen der Umgebungsüberwachung ergänzt (siehe Kap. 5.3).

Zur Überwachung der Chemieabwässer aus den einzelnen Sammelstationen waren 1979 insgesamt 14 043 Proben zu untersuchen, um im Sinne der geltenden wasserrechtlichen Bestimmungen über ihre Freigabe zu entscheiden. Rund 4,4 % dieser Proben erwiesen sich als "unfrei".

Außerdem waren entsprechend der Zahl der 1979 insgesamt abgeleiteten Endbeckenfüllungen 898 Endkontrollmessungen durchzuführen. Ungeachtet der für das KfK geltenden speziellen wasserrechtlichen Bestimmungen waren zusätzlich aufgrund einer Auflage des MAGS Baden-Württemberg die vom Länderausschuß für Atomkernenergie am 8.10.1974 verabschiedeten "Regeln für Messung und Kontrolle von Ableitungen radioaktiver Wässer aus Kernkraftwerken" (siehe Bundesgesundheitsblatt 16 (1973), S. 230) anzuwenden. Diese Regeln verlangen nuklidspezifische Aktivitätsbestimmungen durch Analyse von Wochen- und Monatsmischproben, die mengenproportional aus Teilmengen der einzelnen abgeleiteten Abwasserchargen herzustellen sind.

Die Endbecken-Einzelproben und die 64 Wochen- und Monatsmischproben erhöhen die Gesamtzahl der ausgemessenen Abwasserproben auf 15 005. Diese Zahl liegt um 15,7 % über der Probenzahl für 1978. Abb. 5/2 zeigt die Entwicklung der jährlich untersuchten Abwasserprobenzahl seit 1964.

Wegen der hohen Betriebskosten zur Dekontamination unfreier Abwässer (1979: ca. 1 200 DM/m³ für LAW und ca. 11 300 DM/m³ für MAW) besteht die Aufgabe der Abwasserüberwachung nicht nur darin, die Einhaltung zulässiger Konzentrationen zu kontrollieren, sondern auch in dem Bemühen, die Freigabemöglichkeiten der geltenden wasserrechtlichen Erlaubnis durch Nuklididentifizierungen, falls möglich, zu nutzen. Dabei geht es um jene Proben aus den innerbetrieblichen Sammelstationen, die nicht bereits aufgrund einer einfachen α - und β -Bruttoaktivitätsmessung als unanalysierte Gemische freigegeben werden können bzw. nicht bereits aufgrund dieser einfachen Messung als unfrei bezeichnet werden müssen. Das betrifft im wesentlichen Abwässer im Konzentrationsbereich um $1 \cdot 10^{-6}$ Ci/m³. Der Umfang der Anwendung von Methoden zur Nuklididentifizierung wird allein durch die Zeit begrenzt, innerhalb der die Messungen im Abwasserlabor ausgeführt werden müssen, da nur Abwasserproben von bereits vollen Sammelbehältern eingeliefert werden. Die Entscheidung über die Freigabe einer Abwassercharge muß binnen 1 bis 2 Stunden nach Einlieferung der Probe erfolgen.

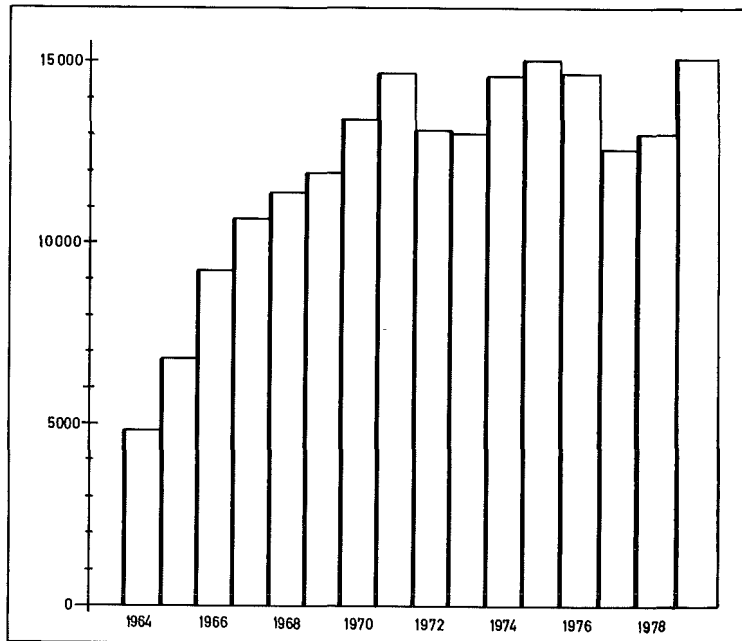


Abb. 5/2: Jährliche Anzahl der untersuchten Abwasserproben

Eine Übersicht über die 1979 im Abwasserlabor durchgeführten Einzelmessungen und über die Herkunft der Proben gibt Tab. 5/5. Der Jahressumme von rund 22 000 Proben stehen rund 50 600 Einzelmessungen gegenüber, die entweder zum Freigabeentscheid oder zum Erhalt der gewünschten Informationen erforderlich waren. Im Mittel waren 1979 im Abwasserlabor arbeitstäglich 90 Proben auszumessen bzw. 200 Einzelmessungen durchzuführen.

Art der Proben	Zahl der Proben 1979	Zahl der durchgeführten Messungen						Summe der Einzelmessungen
		α	β	^3H	α -Spektr.	γ -Spektr.	β -Energiebestimmung	
Abwasser	15 005	15 005	15 005	5 042	622	3 737	1 458	40 869
Schlamm aus Zyklator und Abwasserstationen	323	323	323	-	-	1	-	647
Wasserproben FR 2 (Kühlkreislauf und Absetzbecken)	503	503	503	503	-	503	-	2 012
Luftfeuchteproben zur Abluftüberwachung (FR 2, Abwasserdekontaminationsanl. u. FERAB)	2 353	183	183	2 353	-	183	-	2 902
Sonderproben und Auftragsmessungen	1 764	303	303	1 074	24	751	1	2 456
Proben im Rahmen des Tritiummeßprogramms *	1 726	-	-	1 726	-	-	-	1 726
Jahressumme	21 674	16 317	16 317	10 698	646	5 175	1 459	50 612

*siehe Kapitel 5.3.3

Tab. 5/5: Art und Zahl der Proben und der 1979 durchgeführten Einzelmessungen

31 % aller Proben waren keine Abwasserproben. Auch 1979 machten Institute und Abteilungen des KfK von der Möglichkeit Gebrauch, Wasser- und Feststoffproben verschiedenster Art und Herkunft im Abwasserlabor untersuchen zu lassen (Auftragsmessungen). Hier sind insbesondere zu nennen die Kontrollmessungen von Wasserproben aus Kühlkreislauf und Absetzbecken des FR 2 und zur Überwachung der Tritiumemissionen mit der Abluft des FR 2, der FERAB und der Dekontaminationsanlage für radioaktive Abwässer. Schließlich wurden auch alle Tritiummessungen im Rahmen der Umgebungsüberwachung im Abwasserlabor durchgeführt.

Die in den 42 Abwassersammelstationen des KfK 1979 angefallene Gesamtmenge an Chemieabwasser lag mit rund 166 732 m³ (siehe Tab. 5/6) um 17 % über dem Wert für 1978.

Die insgesamt 1979 in den leichtaktiven Chemieabwässern angefallene α -Aktivität hat sich gegenüber dem Vorjahr um den Faktor 4,5 auf 2 990,6 mCi erhöht, während die angefallene β -Aktivität von 17,3 Ci nahezu konstant geblieben ist.

Die Verteilung der angefallenen Abwasseraktivität auf die verschiedenen Anlagen und Institute des KfK zeigt, geordnet nach abnehmender β -Aktivität, Tab. 5/6. Den Hauptbeitrag zur insgesamt in den leichtaktiven Abwässern angefallenen β -Aktivität lieferten 1979 mit 44,4 % die WAK, gefolgt von der Gerätedekontaminationsanlage mit 26,8 % und dem MZFR mit 22,9 %. Diese drei Anlagen lieferten damit zusammen 94,1 % der gesamten β -Aktivität bei einem Volumenanteil ihrer Abwässer von nur 4,6 %.

Der Hauptbeitrag zur α -Aktivität der leichtaktiven Abwässer stammte in diesem Jahr ebenfalls von der WAK. Er betrug 1979 rund 49 %. Es folgen die Gerätedekontaminationsanlage mit rund 48 % und - in größerem Abstand - das Institut für Transurane mit ca. 1,9 %.

Abwassersammelstationen des KfK	Nachgewiesene α -Aktivität		Nachgewiesene β -Aktivität (ohne ³ H)		Abwassermenge	
	mCi	%	mCi	%	m ³	%
WAK	1 468,8	49,1	7 680,1	44,4	5 690	3,4
Gerätedekontaminationsanlage	1 443,9	48,3	4 630,6	26,8	513	0,3
MZFR	1,5	<0,1	3 952,6	22,9	1 418	0,9
Heiße Zellen	1,5	<0,1	599,0	3,5	1 420	0,9
FERAB	12,0	0,4	239,4	1,4	446	0,3
TU	56,3	1,9	123,7	0,7	6	<0,1
restliche Abwassersammelstationen	6,6	0,2	56,0	0,3	157 239	93,2
Summe	2 990,6	100,0	17 281,3	100,0	166 732	100,0

Tab. 5/6: Herkunft und Aktivitätsanteil der 1979 im Kernforschungszentrum angefallenen leichtaktiven Abwässer

In Tab. 5/6 wurden nur solche Anlagen oder Institute einzeln aufgeführt, deren Beitrag zur Abwasseraktivität über 1 % lag. Daraus ergibt sich, daß 1979 mehr als 99 % sowohl der α -Aktivität als auch der β -Aktivität in nur 6 der insgesamt 42 Abwassersammelstationen des KfK angefallen sind. Der Mengenanteil der Abwässer von diesen 6 Stationen lag mit 9 493 m³ bei rund 6 % der Gesamtmenge der angefallenen leichtaktiven Abwässer.

Von besonderer Bedeutung ist die Überwachung der Endpufferbecken, weil sie den Endpunkt des Überwachungssystems vor der Ableitung der Abwässer in öffentliche Gewässer markiert. Überwachungsziel ist auch hier, die Einhaltung wasserrechtlicher Bestimmungen und Freigrenzen sicherzustellen und nachzuweisen. Darüber hinaus geht es um die quantitative Erfassung der mit dem Abwasser insgesamt aus dem Kernforschungszentrum abgeleiteten Radioaktivität (siehe Tab. 5/7).

Aus dem KfK abgeleitete Abwassermenge in m ³		502 650
Anzahl der abgeleiteten Endbeckenfüllungen		898
Aus dem KfK abgeleitete Abwasseraktivität	Art der Aktivität	
	durch Integration der Einzelab- leitungen ermittelte Aktivität	α β
	aus mengenproportionalen monat- lichen Mischproben ermittelte nuklidspezifische Aktivität	³ H ⁸⁹ Sr ⁹⁰ Sr ¹³⁷ Cs ²³⁸ Pu ²³⁹ Pu ²⁴⁰ Pu
		Nachgewiesene Aktivität in mCi
		2,3* 17,4
		3,3·10 ⁶ 0,6 3,4 0,7 0,12 0,14

* Bei 97,9 % der abgeleiteten Endbeckenfüllungen lag die spezifische α-Gesamtaktivität unter der Nachweisgrenze von $1 \cdot 10^{-8}$ Ci/m³

Tab. 5/7: 1979 aus dem KfK in den Altrhein bei Leopoldshafen abgeleitete Abwassermenge und Abwasseraktivität

Bei der Aktivitätsüberwachung der Abwassermischungen aus den Endpufferbecken werden auch jene Abwässer mitüberwacht, die a priori als "frei" anzusehen und deshalb vor ihrer Einleitung in die Kläranlage noch keiner Aktivitätskontrollmessung unterworfen worden sind. Es sind dies die sogenannten Regenerierabwässer der Reaktoren und die häuslichen Abwässer (siehe Abb. 5/1).

Die Ermittlung der Nuklidzusammensetzung der abgeleiteten Abwässer wurde an mengenproportionalen Monatsmischproben durchgeführt. Die abgeleitete Tritiumaktivität von 3 300 Ci übersteigt den Vorjahreswert um 44 %. Zur Tritiumgesamtabgabe haben die WAK mit rund 64 % und der MZFR mit rund 33 % beigetragen. Außer den Nukliden ⁸⁹Sr und ⁹⁰Sr mit zusammen 23,0 % und ¹³⁷Cs mit 4,2 % der β-Aktivität konnten in den Monatsmischproben trotz Anreicherung und langen Meßzeiten keine weiteren Einzelnuclide nachgewiesen werden.

Einen Überblick über die Entwicklung der mit den Abwässern des KfK in den letzten 10 Jahren in den Vorfluter abgeleiteten Radioaktivität gibt Abb. 5/3.

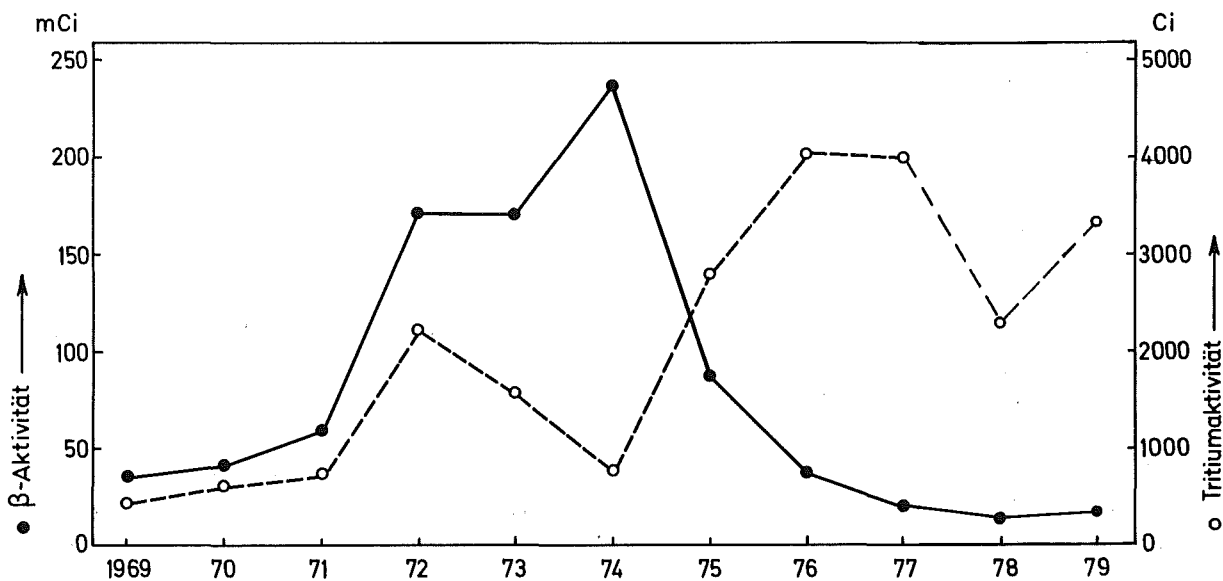


Abb. 5/3: Entwicklung der mit dem Abwasser aus dem KfK jährlich abgeleiteten β-Aktivität und der abgeleiteten Tritiumaktivität seit 1969.

5.3 Umgebungsüberwachung

M. Winter, W. Tachlinski

Die Umgebungsüberwachung des Kernforschungszentrums Karlsruhe umfaßt ein von der Aufsichtsbehörde festgelegtes Gebiet mit einer Fläche von knapp 300 km², die im Westen vom Rhein und sonst von der Peripherie eines Kreises von 10 km Radius um das Kernforschungszentrum begrenzt wird. In diesem Gebiet wohnen, verteilt auf 20 Ortschaften, rund 100 000 Menschen.

Die der routinemäßigen Umgebungsüberwachung des Kernforschungszentrums Karlsruhe dienenden Meß- und Probenahmestellen, die ebenfalls von der Aufsichtsbehörde festgelegt wurden, liegen jedoch bis auf wenige Ausnahmen innerhalb eines Kreises von ca. 5 km Radius um das Kernforschungszentrum. Die Konzentrierung der routinemäßigen Umgebungsüberwachung - d. h. der Umgebungsüberwachung bei bestimmungsgemäßem Betrieb der kerntechnischen Anlagen des Kernforschungszentrums - auf diesen Entfernungsbereich trägt der Erfahrung Rechnung, daß außerhalb dieses Gebietes meßbare Immissionen nicht zu erwarten sind. Die aufgrund der atmosphärischen Ausbreitungsverhältnisse für den "Luftpfad" berechneten Immissionsmaxima, die sogenannten ungünstigsten Einwirkungsstellen, sind maximal 1,5 km vom Mittelpunkt des Kernforschungszentrums (FR 2-Kamin) entfernt. Auch die Immissionsmaxima des "Wasserpfades" im Bereich des Linkenheimer Altrheins unterhalb der Einleitungsstelle der Abwässer des Kernforschungszentrums liegen innerhalb des routinemäßig überwachten Entfernungsbereiches. Die Gestalt des bestehenden Überwachungsnetzes von Meß- und Probenahmestellen wird weitgehend durch die meteorologischen Verhältnisse, die Lage der benachbarten Ortschaften, der natürlichen und künstlichen Wasserwege und der landwirtschaftlichen Nutzflächen bestimmt (siehe Lageplan nach S. 78).

Innerhalb des gesamten Überwachungsbereiches bildet der sogenannte betriebliche Überwachungsbereich des Kernforschungszentrums selbst - das ist die rund 2 km² große Fläche innerhalb des Zaunes - einen besonderen Bereich, da hier schon im normalen Betriebszustand der Anlagen eine erhöhte Ortsdosisleistung herrschen kann. Das Meßstellennetz ist deshalb hier (siehe Lageplan nach S. 80) wesentlich dichter als in der eigentlichen Umgebung.

Der Routineteil der Umgebungsüberwachung des Kernforschungszentrums Karlsruhe wurde 1979 nach der am 24. Mai 1978 vom Ministerium für Arbeit, Gesundheit und Sozialordnung Baden-Württemberg gebilligten und am 1. Juni 1978 in Kraft getretenen Neufassung des Umgebungsüberwachungsprogrammes durchgeführt. Das neue Überwachungsprogramm trägt sowohl durch erhöhte Probenahmefrequenzen als auch durch mehr nuklidspezifische Aktivitätsbestimmungen in den Medien relevanter Belastungspfade den gestiegenen Anforderungen an die Überwachungsqualität Rechnung.

Darüber hinaus wurde auch 1979 eine Vielzahl von Probenahmen und Messungen durchgeführt, die entweder das Routineprogramm direkt ergänzten (siehe 5.3.3) oder Untersuchungen zur Radioökologie des Tritiums (siehe 5.6.5) dienten.

5.3.1 Das Überwachungsprogramm

Neben der eingangs erwähnten räumlichen Aufteilung des Überwachungsprogrammes in betrieblichen Überwachungsbereich und äußeres Überwachungsgebiet gibt es eine meßtechnische Gliederung, der zufolge das Programm zweigeteilt ist: I. Direktmessung der Strahlung und II. Aktivitätsmessungen. Während Teil I der Erfassung möglicher Gefahren für den Menschen durch direkte Strahleneinwirkung von außen dient und Dosisgrößen ermittelt, dient Teil II der Erfassung einer möglichen Inkorporationsgefahr für den Menschen, indem der Radioaktivitätsgehalt von Probenmaterialien aus verschiedenen Umweltmedien bestimmt wird, die vom Menschen direkt oder indirekt aufgenommen werden können. Das auflagebedingte Routineüberwachungsprogramm des Kernforschungszentrums Karlsruhe erhielt dementsprechend folgende Struktur:

- I. Direktmessung der Strahlung
 - I.1 Zählrohraußenstationen
 - I.2 Zählrohr-Monitor-Anlage zur Überwachung des Betriebsgeländes
 - I.2.1 Betriebsgelände des KfK (ohne WAK)
 - I.2.2 Betriebsgelände der WAK
 - I.3 Festkörperdosimeter
- II. Radioaktivitätsmessungen
 - II.1 Aerosole
 - II.2 Niederschlag
 - II.3 Wasser
 - II.3.1 Oberflächenwasser
 - II.3.2 Grund- und Trinkwasser
 - II.4 Biologisches Material
 - II.4.1 Schlamm
 - II.4.2 Seston
 - II.4.3 Fisch
 - II.4.4 Wasserpflanzen
 - II.4.5 Bewuchs
 - II.4.6 Pflanzliche Nahrungsmittel
 - II.4.7 Boden

Eine vollständige und detaillierte Beschreibung des neuen Überwachungsprogrammes wurde in KfK 2897 B gegeben. Im folgenden wird deshalb das Überwachungsprogramm nur in groben Zügen skizziert.

Die an den 8 Zählrohrstationen - eine Station im Kernforschungszentrum und 7 Außenstationen in den benachbarten Ortschaften (siehe Lageplan nach S. 78) - registrierten Meßwerte des ($\alpha + \beta$)-Strahlungspegels können von der Zentralstation im KfK telefonisch abgefragt werden. Eine Information über den Strahlungspegel in einem Umkreis von 2 bis 8 km stünde damit auch in einer Unfallsituation innerhalb weniger Minuten zur Verfügung.

Auf dem Betriebsgelände des Kernforschungszentrums befinden sich außer den beiden Meßhütten mit Sammeleinrichtungen für Niederschläge und Luftstaub insgesamt 31 Meßstellen einer Zählrohr-Monitor-Anlage (siehe Lageplan nach S. 80) zur kontinuierlichen Messung der γ -Ortsdosisleistung. Zur Erfassung von Nieder- und Hochdosismeßbereichen werden zwei unterschiedliche Zählrohrtypen verwendet. 13 dieser Meßstellen gestatten im Hinblick auf Unfallsituationen mit starken Strahlungsfeldern eine Registrierung der γ -Dosisleistung bis zu 10^3 rem/h. 14 Meßstellen erfassen den unteren Meßbereich vom Nullpegel bis zu 10 mrem/h und sind damit empfindlich genug, um auch das Auftreten geringfügiger Dosisleistungserhöhungen, z.B. als Folge von Transporten radioaktiver Abfälle, durch Warnschwellenüberschreitungen anzuzeigen. 4 Detektoren an der Grenze des Betriebsgeländes der Wiederaufarbeitungsanlage (WAK) sind im Gegensatz zu allen anderen Meßstellen der Zählrohr-Monitor-Anlage nicht mit Energiekompensationsfiltern ausgerüstet, um die β -Empfindlichkeit dieser Zählrohre im Hinblick auf eine Erfassung der ^{85}Kr -Emissionen zu erhalten.

Die Verfügbarkeit meteorologischer Daten in der Umgebungsüberwachungszentrale wurde 1979 durch Installation eines CALAS-Sichtgerätes (Computer Aided Laboratory Automation System) verbessert. Damit stehen nunmehr die meteorologischen CALAS-Benutzerprogramme zur Darstellung aktueller Wetter- und Ausbreitungsdaten und der aus ihnen berechneten Isolinien der Konzentrationsintegrale in der Umgebung (siehe auch Kap. 7.2) und, als rechnerunabhängige Mindestinformation, weiterhin die Anzeigeinstrumente je einer Windfahne und eines Anemometers in 40 m und 80 m Meßmasthöhe zur Verfügung.

Die Anzeige- und Registriergeräte aller hier genannten Meßstellen befinden sich in der Umgebungsüberwachungszentrale im Gebäude der Hauptabteilung Sicherheit. Die Meßwertübertragung von den Meßstellen erfolgt über Meßleitungen von insgesamt mehr als 30 km Länge.

Zur Messung der örtlichen Verteilung der akkumulierten γ -Äquivalentdosis werden im Betriebsgelände, entlang der Grenze des betrieblichen Überwachungsbereiches und in der näheren Umgebung bis zu rund 3 km Entfernung Festkörperdosimeter eingesetzt. Dabei handelt es sich um dieselben Dosimetersysteme, die auch zur Personenüberwachung verwendet werden. Das Meßstellennetz umfaßt insgesamt 310 Meßstellen. Das äußere Meßstellennetz besteht aus 90 Meßstellen, die in 2 konzentrischen Ringen um das Kernforschungszentrum mit Durchmessern von 4 km und 6 km angeordnet sind, ergänzt durch 7 Meßstellen in den nächstbenachbarten Ortschaften (siehe Lageplan nach S. 78). 129 Grenzmeßstellen entlang des rund 6,5 km langen Zaunes bilden eine annähernd äquidistante Folge mit Abständen von ca. 50 m (siehe Lageplan nach S. 80). Weitere 40 Meßstellen sind annähernd nach einem Rechteck-Raster über das Betriebsgelände verteilt. Die restlichen Dosimeterstellen dienen der Überwachung im Bereich der Dekontaminationsbetriebe und der Wiederaufarbeitungsanlage. Auflagebedingt sind insgesamt 232 Meßstellen (siehe 5.2.3.2) und ihre Ausstattung mit je 2 Thermolumineszenzdosimetern. Die Unterhaltung der übrigen 78 Meßstellen und der teilweise parallele Einsatz anderer Dosimetertypen dienen der Durchführung von Vergleichsmessungen, Testprogrammen oder innerbetrieblichen Überwachungszwecken.

Der zweite Teil des Umgebungsüberwachungsprogrammes betrifft die Radioaktivitätsmessungen. Die Lage der Probenahmeeinrichtungen innerhalb des betrieblichen Überwachungsbereiches zeigt der Lageplan nach S. 80. Die Probenahmestellen in der Umgebung des Kernforschungszentrums zeigt die topographische Karte nach S. 78.

Der Umfang der für das Routineprogramm, für besondere Überwachungsmaßnahmen (siehe Kapitel 5.3.3) und für das Meßprogramm zur Untersuchung der Tritiumkontamination in der Umwelt (siehe Kapitel 5.6.5) erforderlichen Probenahmen und auszuführenden Aktivitätsmessungen geht aus Tab. 5/8 hervor.

Art der Proben	Zahl der Proben 1979
Aerosole auf feststehenden Einzelfiltern	315
Aerosole auf Schrittfilterband	1 460
Niederschlag	72
Grund- und Trinkwasser	232
Oberflächenwasser aus dem Hirschkanal	52
Schlamm aus dem Hirschkanal und Sedimente aus den 6 Sandfängen des Kanalisationsnetzes für Regen- und Kühlwasser	366
Proben von Schlamm, Seston, Fisch und Wasserpflanzen aus dem Altrhein unterhalb und oberhalb der Abwassereinleitung des KfK	35
Landwirtschaftliche Produkte, Bewuchs- und Bodenproben	77
Niederschlag, Trink- und Oberflächenwasser und pflanzliche Nahrungsmittel zur Bestimmung der Tritiumkontamination der Umwelt	1 980
Sonstige Proben	126
S u m m e	4 715

Tab. 5/8: Art und Anzahl der Proben zur Bestimmung der Umweltradioaktivität

Für die Betreuung des ausgedehnten Meßstellennetzes der Umgebungsüberwachung (Kontrollen, Wartungsarbeiten, Kalibrierungen) und für die Probenahmen stand ein mit Funk ausgerüsteter VW-Bus zur Verfügung, der 1979 insgesamt rund 12 000 km zurücklegte.

5.3.2 Meßergebnisse des Routineprogrammes

Die Vermittlung einer Übersicht über die Fülle von Einzelmeßergebnissen des Überwachungsprogrammes ist, soweit dadurch interessante Details nicht verdeckt werden, nur durch Bildung von Mittelwerten oder Angabe von Schwankungsbereichen möglich. Die folgende zusammenfassende Darstellung der Meßergebnisse folgt der Gliederung des Überwachungsprogrammes und benutzt dabei die einzelnen Programmpunkte als Zwischenüberschriften.

I. Direktmessung der Strahlung

I.1 Zählrohraußenstationen

Tab. 5/9 zeigt die Jahresmittelwerte der $(\beta+\gamma)$ -Impulsrate und die Schwankungsbereiche der telefonischen Abfrageergebnisse. Die telefonische Abfrage aller Zählrohrstationen erfolgt seit der Einführung eines neuen Datenübertragungssystems Ende Mai 1979 automatisch alle 6 Stunden. Die Zentralstation in der Umgebungsüberwachungszentrale steuert diese Abfrage der Zählrohrstationen und registriert alle einlaufenden Meßwerte. Darüber hinaus können von der Zentralstation aus im Bedarfsfall zu jeder Zeit Einzelabfragen der Zählrohrstationen vorgenommen werden.

Meßstellenstandorte	$(\beta+\gamma)$ -Strahlungspegel in Ipm		
	Jahresmittel	minimaler Abfragewert	maximaler Abfragewert
KfK	478	290	1084
Leopoldshafen	444	294	1252
Linkenheim	440	250	1570
Meßhütte "Forsthaus"	407	273	1510
Friedrichstal (9 Betriebsmonate)	461	341	1462
Blankenloch	498	339	1705
Karlsruhe	411	303	1508
Eggenstein	443	314	1473

Tab. 5/9: Meßergebnisse der Zählrohraußenstationen 1979

Die Monatsmittelwerte des Jahres 1979 der 7 Außenstationen streuen insgesamt zwischen rund 320 Ipm und 560 Ipm. Die Jahresmittelwerte liegen hingegen enger beieinander, so daß es gerechtfertigt erscheint, für diese Stationen einen Gesamtmittelwert für 1979 zu bilden. Er ergibt sich zu 443 Ipm.

Der Jahresmittelwert für die KfK-Station liegt mit 478 Ipm im Streubereich der Meßwerte von den Außenstationen. Die Bestrahlungen von Dosimetern, die mit unterschiedlicher Stärke und Dauer in der nur 140 m entfernten Eichhalle durchgeführt wurden, führten 1979 zu keiner signifikanten Erhöhung des Jahresmittelwertes der KfK-Station.

I.2 Zählrohr-Monitor-Anlage zur Überwachung des Betriebsgeländes

I.2.1 Überwachung der γ -Ortsdosisleistung innerhalb des KfK (siehe Lageplan nach S. 80)

Der Nullpegel der γ -Ortsdosisleistung im KfK lag wie im Vorjahr an der unteren Meßbereichsgrenze von 10 μ rem/h. Von den 14 Niederdosisleistungsmeßstellen mit einem Meßbereich von 10 μ rem/h bis 10 mrem/h befindet sich eine (Meßstelle Nr. 15) in der Eichhalle der HS/D. Die Registrierungen der γ -Dosisleistung dieser Meßstelle entsprechen zeitlich und dem Betrage nach den in der Eichhalle durchgeführten routinemäßigen Bestrahlungen.

1979 kam es lediglich an einer der übrigen 13 Meßstellen zu knappen Überschreitungen der eingestellten Warnschwelle von 1 mrem/h. Dabei handelte es sich um die Meßstelle Nr. 5 im Bereich des MZFR. Die Warnschwellenüberschreitungen ereigneten sich aufgrund von Röntgenarbeiten im Betriebsgelände des MZFR am 16. und 27. Januar 1979 und dauerten insgesamt 7,8 Stunden an. Die registrierten Höchstwerte lagen noch unter 1,1 mrem/h.

An den 11 Hochdosisleistungsmeßstellen der Zählrohr-Monitor-Anlage mit einem Meßbereich von 10 mrem/h bis 1000 rem/h wurde 1979 in keinem Fall - auch nicht kurzzeitig - eine γ -Ortsdosisleistung oberhalb der unteren Meßbereichsgrenze dieser Detektoren registriert.

Eine quantitative Auswertung der Registrierungen der Zählrohr-Monitor-Anlage erfolgt nicht. Die Registrierstreifen (rund 400 m pro Jahr) werden nach arbeitstäglicher Sichtkontrolle zur Dokumentation abgelegt.

I.2.2 Überwachung an der Betriebsgeländegrenze der WAK (siehe Lageplan nach S. 80)

Zwei der insgesamt 6 Meßstellen sind Hochdosisleistungsmeßstellen. Im Meßbereich dieser Detektoren (siehe Programmpunkt I.2.1) wurden auch 1979 keine Meßwerte registriert. Der Streubereich des an den 4 anderen Meßstellen kontinuierlich gemessenen ($\beta+\gamma$)-Strahlungspegels reichte 1979 von Meßwerten im Bereich des Nullpegels (ca. $4 \cdot 10^2$ Ipm) bis zu einem Höchstwert von $1,8 \cdot 10^5$ Ipm.

An allen 4 Meßstellen ereigneten sich 1979 Warnschwellenüberschreitungen. Die Ursachen waren entweder Röntgenarbeiten, die auf dem Betriebsgelände der WAK - z.B. zu Schweißnahtprüfungen - durchgeführt wurden, ^{85}Kr -Freisetzungen im Zusammenhang mit Brennelementauflösungen oder Direktstrahlung aus Transportfahrzeugen mit abgebrannten Brennelementen.

Zählt man die Warnschwellenüberschreitungen an den einzelnen Meßstellen ohne Berücksichtigung der zum Teil identischen Ursachen, so ergibt sich eine Summe von 72 Ereignissen (1978: 66 Ereignisse).

I.3 Festkörperdosimeter zur Überwachung der akkumulierten Strahlungsdosis

Das innere Meßstellennetz einschließlich der Dosimetermeßstellen entlang der Grenze des betrieblichen Überwachungsbereiches zeigt der Lageplan nach S.80. Von den hier gezeigten Standorten gehören jedoch nur die 5 Meßstellen an der Betriebsgeländegrenze der WAK und die 129 Meßstellen entlang des betrieblichen Überwachungsbereiches (der Lageplan zeigt nur jede zweite Meßstelle!) zum auftragsbedingten Überwachungsprogramm. Alle anderen in diesem Lageplan verzeichneten Meßstellen dienen besonderen Überwachungsmaßnahmen (siehe Kap. 5.2.3.3).

Die topographische Karte nach S. 78 zeigt das äußere Dosimeter-Meßstellennetz. Das Meßstellennetz besteht aus 2 konzentrischen Ringen um das KfK mit Durchmessern von 4 km (36 Meßstellen) und 6 km (54 Meßstellen). Ferner gehören dazu 7 der 8 Dosimetermeßstellen an den Zählrohrstationen (siehe Programmpunkt I.1) in den nächstbenachbarten Ortschaften.

Das Meßstellennetz ist insgesamt so dicht, daß von einer praktisch lückenlosen Überwachung der Dosisbelastung der Umgebung gesprochen werden kann.

Alle Meßstellen wurden einheitlich mit je einem Paar Thermolumineszenzdosimeter (LiF-Preßlinge, gekapselt mit 500 mg/cm² Plexiglas) ausgerüstet. Mit Ausnahme der 90 Meßstellen der beiden äußeren Meßstellenringe wurden alle Meßstellen zusätzlich mit je einem Paar kugelgekapselter Phosphatglasdosimeter bestückt. Die Möglichkeit von Mehrfachauswertungen der Glasdosimeter innerhalb längerer Expositionszeiträume erlaubt damit bei den Meßstellen des inneren Meßstellennetzes bei Bedarf auch rasch ausführbare Zwischenauswertungen.

Die routinemäßigen Expositionsintervalle betragen für alle Festkörperdosimeter jeweils rund 6 Monate. Alle Dosimeter, zum Schutz vor Witterungseinflüssen in Plastikbeutel eingeschweißt, werden jeweils im Mai und im November zur Ausmessung eingeholt. Zur Vermeidung einer zeitlichen Überwachungslücke werden gleichzeitig neue Dosimeter aufgehängt. Die Aufhängung erfolgt entweder an Bäumen oder an galgenförmig gebogenen Drähten, die an den oberen Enden von Aluminiumstandrohren 3 m über dem Boden befestigt sind.

Für den Expositionszeitraum von November 1978 bis November 1979 ergaben sich die in Tab. 5/10 zusammengestellten Jahresdosiswerte. Die mit Phosphatglas- und Thermolumineszenzdosimetern gemessenen Jahreswerte zeigen eine sehr gute Übereinstimmung. Die Jahresdosismittelwerte für die verschiedenen Meßstellengruppen lassen für beide Dosimetersysteme keine signifikanten Unterschiede erkennen. Die mit TL-Dosimetern ermittelte γ -Ortsdosis ergibt sich sowohl für die Grenze des betrieblichen Überwachungsbereiches als auch für den äußeren Überwachungsbereich zu rund 61 mrem.

Meßstellen		Jahresortsdosiswerte H in mrem					
		Glasdosimeter			TL-Dosimeter		
Gruppe	Zahl	\bar{H}	H _{min}	H _{max}	\bar{H}	H _{min}	H _{max}
Grenze des betrieblichen Überwachungsbereiches des KfK	129	64	52	84	61	51	80
Betriebsgeländegrenze der WAK	5	60	55	66	58	57	61
Meßstellenring um das KfK mit 4 km Durchmesser	36	-	-	-	57	53	63
Meßstellenring um das KfK mit 6 km Durchmesser	54	-	-	-	62	49	85
Zählrohrstationen (benachbarte Ortschaften und KfK)	8	63	57	71	64	60	68

Tab. 5/10: Mittelwerte und Streubereich der mit Glas- und TL-Dosimetern gemessenen Jahresortsdosiswerte (Expositionszeit: November 1978 bis November 1979)

Signifikante Unterschiede der Jahresdosiswerte lassen sich nur bei den Dosismaxima für die Meßstellengruppen feststellen. Für den inneren Meßstellenring um das KfK und für die Betriebsgeländegrenze der WAK wurden mit TL-Dosimetern Höchstwerte von 63 mrem/a und 61 mrem/a ermittelt. Die Meßstellen dieser beiden Gruppen liegen dominant in bewaldetem Gebiet (s. Lageplan nach S.78). Das an der Grenze des betrieblichen Überwachungsbereiches des KfK gefundene und um rund 20 mrem/a höhere Ortsdosismaximum liegt jedoch noch unter dem Ortsdosismaximum von 85 mrem/a für den äußeren Meßstellenring, der die benachbarten Ortschaften schneidet.

II. Radioaktivitätsmessungen

II.1 Aerosole

Mit Hilfe einer sogenannten Schrittfilteranlage in der Umgebungsüberwachungszentrale wird die Aerosolaktivität kontinuierlich überwacht. Die Luftansaugvorrichtung befindet sich auf dem Gebäudedach der HS (Gebäude Nr. 123). Der Filterbandtransport erfolgt schrittweise alle 6 Stunden. Die Messung der spezifischen β -Aktivität erfolgt während der 6-stündigen Bestäubung des Filterbandes und ein zweites Mal während des sich unmittelbar anschließenden 6-Stunden-Intervalles. Die mit 2 Endfensterzählrohren gemessenen β -Impulsraten werden kontinuierlich registriert, um eine rasche Beurteilung des Abklingverhaltens der β -Aktivität zu ermöglichen. Zur Bestimmung der langlebigen α -Aktivität dient eine Verzögerungsstrecke, die einer Zeit von 5 Tagen entspricht. Zur Messung der spezifischen α -Aktivität dient ein Methandurchflußzählrohr.

Eine Berichterstattung von Einzelmeßwerten erfolgt nur, wenn die folgenden Grenzwerte für die langlebige α -Aktivität (nach 5 Tagen) und die β -Aktivität (am Ende des zweiten 6-Stunden-Intervalles) überschritten wurden:

$$a_{\alpha} = 0,4 \text{ pCi/m}^3 \quad \text{und} \quad a_{\beta} = 100 \text{ pCi/m}^3.$$

Überschreitungen der entsprechenden Impulsratenschwellwerte werden automatisch angezeigt. 1979 wurden diese Schwellwerte nie überschritten.

Zur Überwachung der Aerosolaktivität werden außerdem in den Meßhütten "West", "Nordost" und "Forsthaus" feststehende Einzelfilter eingesetzt. Die Meßhütten "West" und "Nordost" befinden sich innerhalb des betrieblichen Überwachungsbereiches innerhalb der beiden Hauptausbreitungssektoren bezüglich der wichtigsten Emittenten des KfK (siehe Lageplan nach S. 80). Die Meßhütte "Forsthaus" ist identisch mit der Zählrohr Außenstation gleicher Bezeichnung. Ihr Standort liegt nordnordöstlich der WAK (siehe Lageplan nach S. 78) und damit am Rande des Hauptausbreitungssektors, bezogen auf den Abluftkamin der WAK.

Die Luftstaubmessung erfolgt auf Filtern von 20 cm Durchmesser mit Hilfe von Aggregaten mit einer Saugleistung von ca. 25 m³/h. Der Filterwechsel erfolgt 2 x wöchentlich, jeweils montags und donnerstags. Die Bestimmung der langlebigen α - und β -Aktivität erfolgt jeweils ca. 7 Tage nach der Filterentnahme. Darüber hinaus werden monatlich eine γ -spektrometrische Analyse der Aerosolaktivität und eine radiochemische Bestimmung von ²³⁸Pu und (²³⁸Pu + ²³⁹Pu) durchgeführt. Dazu werden aus den Stapeln der übereinandergelegten Originalfilter eines Monats mehrere kleine Stapel von Filterscheiben mit 5 cm Durchmesser ausgestanzt. Die auf diese Weise entstehenden zylindrischen Filterpäckchen werden γ -spektrometrisch untersucht und anschließend zur Plutoniumbestimmung radiochemisch aufbereitet. Die durch γ -Spektrometrie dieser Proben ermittelten Aktivitätskonzentrationen von Einzelnucliden werden auf die Mitte des jeweiligen Sammelintervalles, also auf die Monatsmitte, als fiktivem Probenahmezeitpunkt bezogen.

Die Ergebnisse der Überwachung der Aerosolaktivität wurden in Tab. 5/11 zusammengestellt.

Die Einzelmeßwerte der α -Aktivitätskonzentration der Luft lagen 1979 zwischen 0,4 fCi/m³ und 3,2 fCi/m³, ihr Mittelwert liegt knapp unter dem Vorjahreswert. Die Jahresmittelwerte der langlebigen Gesamt- β -Aktivitätskonzentration der Luft stimmen 1979 für die 3 Meßhütten fast genau überein. An den beiden Meßhütten "West" und "Nordost" wurden mit 26,6 fCi/m³ nur rund 40 % der Vorjahresmittelwerte erreicht.

Als Ergebnis der γ -spektroskopischen Untersuchung der monatlichen Filterpäckchen wurden in die Tab. 5/11 nur die Radionuklide aufgenommen, für die sich mindestens einmal bei der Ausmessung der Monatsfilterstapel von den 3 Meßhütten ein Meßwert oberhalb der Nachweisgrenze ergeben hat. Lag umgekehrt auch nur einmal die Aktivitätskonzentration eines Nuklides unterhalb der erreichten Nachweisgrenze, so mußte deshalb der angegebene

Mittelwert mit dem Zeichen "<" versehen werden. Im übrigen schwanken die bei den einzelnen Messungen für die Einzelnuclide erreichten Nachweisgrenzen allein aufgrund unterschiedlicher Luftdurchsätze, Halbleiterdetektoren und Meßzeiten erheblich.

Die Jahresmittelwerte der 1979 gemessenen ($^{239}\text{Pu}+^{240}\text{Pu}$)-Konzentrationen erreichten nur 25 % bis 50 % der Mittelwerte für 1978.

Art der Aktivität bzw. Nuklid	Meßhütte "Nordost"			Meßhütte "West"			Meßhütte "Forsthaus"		
	Aktivitätskonzentration in fCi/m ³								
	\bar{a}	a_{\min}	a_{\max}	\bar{a}	a_{\min}	a_{\max}	\bar{a}	a_{\min}	a_{\max}
langlebige α - Aktivität (bezogen auf ^{239}Pu)	1,0	0,4	3,2	1,2	0,4	2,6	1,3	0,6	3,1
langlebige β - Aktivität (bezogen auf ^{40}K)	26,6	11,0	67,0	26,5	10,0	69,0	26,7	7,0	57,0
^{60}Co	< 0,4	< 0,2	< 0,5	< 0,4	< 0,2	0,6	< 0,3	< 0,2	< 0,4
^{106}Ru	< 3,2	< 1,9	4,0	< 3,6	< 1,7	< 6,4	< 2,6	< 1,7	< 4,3
^{125}Sb	< 0,9	< 0,5	1,2	< 0,9	< 0,2	1,5	< 0,7	< 0,5	< 1,1
^{134}Cs	< 0,3	< 0,2	0,6	< 0,4	< 0,2	< 0,6	< 0,3	< 0,2	< 0,4
^{137}Cs	2,1	0,4	5,9	1,5	0,4	3,9	< 1,0	0,2	1,4
^{144}Ce	< 1,9	< 0,8	3,8	< 2,0	< 1,1	3,5	< 1,6	< 0,8	3,1
^7Be	73,3	39,6	98,5	80,0	40,2	121,7	68,1	30,9	117,3
($^{239}\text{Pu}+^{240}\text{Pu}$)	0,014	0,004	0,028	0,018	0,010	0,032	0,020	0,008	0,050
^{238}Pu	< 0,006	< 0,001	0,011	< 0,011	< 0,004	0,024	< 0,014	< 0,003	0,043

Tab. 5/11: Mittelwerte und Schwankungsbereiche der Einzelmeßwerte der Aerosolaktivitätskonzentration 1979

II.2 Überwachung des Niederschlags

Auf den Meßhütten "Nordost" und "West" und nordöstlich der Wiederaufarbeitungsanlage (siehe Lageplan nach S. 80) werden Niederschläge gesammelt und zweimal monatlich ihre α - und β -Aktivitätskonzentration und ihre Tritiumkonzentration gemessen. Eine radiochemische Strontiumbestimmung und eine γ -spektrometrische Untersuchung werden nur bei Überschreitung des vorgegebenen Grenzwertes von 200 pCi/l für die β -Gesamtaktivitätskonzentration vorgenommen.

Eine Übersicht über die 1979 mit dem Niederschlag der Flächeneinheit des Bodens zugeführte Radioaktivität gibt Tab. 5/12.

Sammelort	Niederschlags- menge in mm	Jahres-Flächenbelastung 1979 in nCi/m ²		
		A _α	A _β	A _{3H}
Meßhütte "West"	736	< 2,38	5,5	254
Meßhütte "Nordost"	733	< 2,44	5,4	449
WAK	742	< 2,37	5,6	685

Tab. 5/12: Radioaktivität im Niederschlag 1979

Die 72 Einzelmeßwerte der α -Aktivitätskonzentration lagen mit 2 Ausnahmen 1979 unter der Nachweisgrenze (des- halb auch das Zeichen "<" vor den Flächenbelastungen in Tab. 5/12). So kann nur ausgesagt werden, daß für alle drei Sammelstellen die Jahresmittelwerte der α -Aktivitätskonzentration unter 3,3 pCi/l und die α -Flächenbe- lastungen unter 2,5 nCi/m² lagen.

Die Jahresflächenbelastung durch die β -Bruttoaktivität im Niederschlag ist an den 3 Sammelstellen gegenüber dem Vorjahr deutlich - und zwar um 60 bis 70 % - zurückgegangen, obwohl die Niederschlagsmengen 1979 nur um 9 bis 13 % unter denen des Vorjahres lagen. Die mittlere β -Aktivitätskonzentration an den drei Sammelstellen hat gegenüber 1978 entsprechend um rund 60 % abgenommen. Zum Vergleich wurden in Tab. 5/13 Meßwerte des Deutschen Wetterdienstes aufgenommen. Die β -Aktivitätskonzentration hat demnach sowohl in Stuttgart als auch bundesweit (Mittelwerte für 19 Orte in der Bundesrepublik) gegenüber 1978 um 56 % abgenommen. Bundesweit ergab sich jedoch für 1979 ein mittlerer Wert für die β -Aktivitätsflächenbelastung, der um rund 50 % über dem Mittelwert für den betrieb- lichen Überwachungsbereich des KfK lag.

Sammelort	Jahresmittel- wert der β - Aktivitäts- konzentration	β -Aktivitäts- flächen- belastung	$\frac{\bar{a}_\beta(79)}{\bar{a}_\beta(78)}$	$\frac{A_\beta(79)}{A_\beta(78)}$	Verhältnis der Niederschlags- mengen
	$\bar{a}_\beta(79)$ in pCi/l	A _β (79) in nCi/m ²	f**	p	$\frac{M(79)}{M(78)}$ q
Meßhütte "West"	7,4	5,5	0,34	0,30	0,87
Meßhütte "Nordost"	7,3	5,4	0,45	0,39	0,87
WAK	7,5	5,6	0,38	0,35	0,91
Stuttgart*	6,6	3,9	0,44	0,30	0,68
Mittelwerte für 19 Orte auf dem Gebiet der BRD *	8,4	8,2	0,44	0,50	1,15

* Meßwerte des DWD **f= $\frac{p}{q}$

Tab. 5/ 13: Vergleich der Gesamt- β -Aktivität des Niederschlages 1979/1978

Im Falle der Tritiumflächenbelastung (siehe Tab. 5/12) wird der atmosphärische Tritiumanteil stark von Tritium- immissionen überlagert, deren Ursache in den Tritiumableitungen mit der Abluft der beiden schwerwassermoderier- ten Reaktoren MZFR und FR 2, der WAK und der FERAB-Anlage liegt. Die mittlere Tritiumflächenbelastung für das Betriebsgelände des KfK betrug 1979 rund 670 nCi/m², für die nähere Umgebung des KfK bis zu Entfernungen von rund 12 km hingegen nur rund 170 nCi/m² (siehe Kapitel 5.6.5). Die Jahresmittelwerte der Tritiumkonzentration des Niederschlages lagen 1979 an den Sammelstellen innerhalb des KfK zwischen 0,35 nCi/l und 1,6 nCi/l, außerhalb des KfK im Mittel bei 0,24 nCi/l.

Die Tritiumflächenbelastung innerhalb des Kernforschungszentrums hat gegenüber dem Vorjahr um rund 38 % abgenommen. Diese Abnahme entspricht dem Rückgang der Tritiumemissionen. Die gesamte, mit der Abluft freigesetzte Tritiumaktivität lag 1979 mit 1 488 Ci um rund ein Drittel unter der des Vorjahres. Allein die FERAB-Anlage hat 1979 rund 717 Ci Tritium weniger emittiert als 1978.

II.3 Überwachung des Wassers (siehe Lageplan nach S. 78)

II.3.1 Oberflächenwasser

Die α - und β -Bruttoaktivität und die Tritiumaktivität des Hirschkanals werden durch kontinuierliche Probenahme von Oberflächenwasser nahe der NO-Ecke des Kernforschungszentrums überwacht. Die Probenahmestelle liegt unterhalb der Wasserausläufe der 6 Sandfänge des Kernforschungszentrums, über die alle Regen- und Kühlwässer des KfK (ca. $3 \cdot 10^6$ m³/a) in den Hirschkanal eingeleitet werden. Die Aktivität wird wöchentlich in kontinuierlich entnommenen Mischproben bestimmt. Die nach dem Überwachungsprogramm bei β -Aktivitätskonzentrationen der Wochenmischproben von > 20 pCi/l vorgesehenen γ -spektrometrischen Untersuchungen mußten in keinem Fall durchgeführt werden, da die Meßwerte aller Wochenmischproben deutlich unter diesem Grenzwert lagen.

Die Meßergebnisse für 1979 wurden in Tab. 5/14 zusammengefaßt.

72 % der Wochenmittelwerte der α -Aktivitätskonzentration und 26 % der Wochenmittelwerte der β -Aktivitätskonzentration lagen unter der jeweiligen Nachweisgrenze.

langlebige Aktivität	Schwankungsbereich der 52 Wochenmittelwerte	Jahresmittelwert
α	< 1,3 bis 3,1 pCi/l	< 1,9 pCi/l
Rest- β	< 0,9 bis 6,0 pCi/l	< 1,6 pCi/l
³ H	0,18 bis 4,4 nCi/l	0,75 nCi/l

Tab. 5/14: Radioaktivität des Oberflächenwassers im Hirschkanal 1979

II.3.2 Grund- und Trinkwasser

Überwacht wurden die Wasserwerke "Süd" und "Tiefgestade" des Kernforschungszentrums, die Wasserwerke Leopoldshafen, Linkenheim-Hochstetten und Karlsruhe-Hardtswald, die beiden Schluckbrunnen der WAK sowie der Beobachtungsbrunnen P zwischen dem KfK und Linkenheim (siehe Lageplan nach S. 78). Einen Überblick über die Ergebnisse der Überwachung vermittelt Tab. 5/15. Auch hier erreichten die β -Aktivitätskonzentrationen nie den Grenzwert von 20 pCi/l, so daß eine γ -spektrometrische Analyse der Proben in einem Fall erforderlich war.

83 %, 80 % bzw. 6,7 % der insgesamt 30 untersuchten Grundwasserstichproben lieferten Meßwerte unterhalb der jeweiligen Nachweisgrenze für die α -, β - bzw. Tritiumaktivität. Alle gebildeten Jahresmittelwerte waren deshalb mit dem Zeichen "<" zu versehen.

langlebige Aktivität	Schwankungsbereich der Einzelmeßwerte (Stichproben von 8 Stellen)	Jahresmittelwerte
α	< 1,4 bis 2,6 pCi/l	< 1,9 pCi/l
Rest- β	< 0,9 bis 1,7 pCi/l	< 0,94 pCi/l
^3H	< 0,14 bis 0,6 nCi/l	< 0,33 nCi/l

Tab. 5/15: Radioaktivität in Grund- und Trinkwasser 1979

II.4 Überwachung von biologischem Material (siehe Lageplan nach S. 78)

Dem Altrhein, einem früheren Seitenarm des Rheines, der für die Abwässer des Kernforschungszentrums als Vorfluter dient, werden in größeren zeitlichen Abständen Schlamm- und Sestonproben sowie Fische und Wasserpflanzen entnommen. Für die Kühl- und Regenwässer aus dem KfK dient der Hirschkanal als Vorfluter. Der Radioaktivitätsgehalt von Schlammproben aus dem Hirschkanal wird wöchentlich überwacht. Den Verlauf der beiden als Vorfluter dienenden Oberflächengewässer zeigt der Lageplan nach S. 78.

Die Überwachung von Bodenproben, Futterpflanzen und landwirtschaftlichen Produkten wie Weizen, Blatt- und Wurzelgemüse wird stichprobenartig durchgeführt. Die Probenahmen erfolgen in den beiden Hauptausbreitungssektoren.

Alle hier genannten Probenmaterialien werden auf ihren Gehalt an langlebiger α - und β -Aktivität untersucht. Für die meisten Proben wird die spezifische Aktivität von Einzelnucliden durch γ -Spektrometrie ermittelt. An einer begrenzten Anzahl von Proben werden außerdem radiochemische Analysen zur Bestimmung ihres Strontium- und Plutoniumgehaltes durchgeführt.

II.4.1 Schlamm

Die Überwachung der Radioaktivität des Schlamms im Hirschkanal erfolgt anhand von wöchentlich geschöpften Stichproben. Die Probenahmestelle liegt in der Nähe der NO-Ecke des KfK und damit unterhalb der 6 Kühl- und Regenwassereinleitungsstellen hinter den sogenannten Sandfängen (siehe Lageplan nach S.80). Darüber hinaus ist die spezifische Aktivität von Einzelnucliden durch γ -Spektrometrie zu ermitteln, wenn die spezifische α -Gesamtaktivität der Proben 10 pCi/g Tr. oder die spezifische β -Gesamtaktivität 30 pCi/g Tr. übersteigt. Dies war 1979 mit Ausnahme von 12 Wochen stets der Fall.

Tab. 5/16 zeigt die aus den Ergebnissen der Wochenproben ermittelten Jahresmittelwerte \bar{a} und die Schwankungsbereiche $a_{\min} \dots a_{\max}$ der Meßwerte der α - und β -Gesamtaktivität und der nachgewiesenen Einzelnuclide. Sowohl die Mittelwerte als auch die Streubreite der Einzelmeßwerte der spezifischen α - und β -Gesamtaktivität entsprechen den Vorjahreswerten.

Unter den 8 nachgewiesenen Einzelnucliden dominiert ^{137}Cs , das auch als einziges Nuklid in allen Proben gefunden wurde. Für das Verhältnis $a(^{137}\text{Cs})/a(^{134}\text{Cs})$ ergibt sich für 1979 ein Mittelwert von 15,9.

Art der Aktivität bzw. Nuklid	spezifische Aktivität in pCi/g Tr.		
	\bar{a}	a_{\min}	a_{\max}
langlebige α -Aktivität (bezogen auf ^{239}Pu)	7,7	2,2	17,4
langlebige β -Aktivität (bezogen auf ^{40}K)	40,9	18,6	96,7
^{54}Mn	< 0,14	< 0,05	1,3
^{60}Co	< 0,38	< 0,1	1,5
^{106}Ru	< 1,6	< 0,4	4,0
^{125}Sb	< 1,2	< 0,3	32,0
^{134}Cs	< 1,5	0,4	4,2
^{137}Cs	23,2	1,6	61,0
^{144}Ce	< 1,4	< 0,14	3,8
^{241}Am	< 0,81	0,35	1,5

Tab. 5/16: Spezifische Aktivität der 1979 wöchentlich aus dem Hirschkanal geschöpften Schlammproben

Zur Überwachung des Altrheins, dem Vorfluter für die geklärten Chemie- und Fäkalabwässer des KfK, sind monatlich Schlammproben im Altrhein bei Leopoldshafen, ca. 80 m unterhalb der Abwassereinleitungsstelle, zu entnehmen (siehe Lageplan nach S. 78). Die Plutoniumüberwachung erfolgt an vierteljährlichen Stichproben. Jahresmittelwerte und Streubreite der Meßergebnisse wurden in Tab. 5/17 zusammengestellt.

Art der Aktivität	spezifische Aktivität in pCi/g Tr.				
	"unterhalb"			"oberhalb"	
	\bar{a}_{79}	a_{\min}	a_{\max}	a (16.3.1979)	a (14.9.1979)
langlebige α -Aktivität (bezogen auf ^{239}Pu)	8,0	4,8	13,5	10,9	6,5
langlebige β -Aktivität (bezogen auf ^{40}K)	23,6	20,0	29,5	25,9	24,0
$^{239}\text{Pu}+^{240}\text{Pu}$	0,1	0,03	0,18	-	-
^{238}Pu	< 0,07	0,02	0,15	-	-

Tab. 5/17: Spezifische Aktivität der Schlammproben aus dem Altrhein bei Leopoldshafen 1979, unterhalb und oberhalb der Einleitungsstelle der KfK-Abwässer

Das Überwachungsprogramm fordert außerdem halbjährlich die Entnahme einer Schlammprobe oberhalb der Abwassereinleitungsstelle und die Bestimmung ihrer spezifischen α - und β -Gesamtaktivität. Die geforderten Probenahmen erfolgten im März und September 1979 an der Altrheinbrücke in Leopoldshafen. Die Meßergebnisse wurden ebenfalls in Tab. 5/17 eingetragen.

Das neue Überwachungsprogramm sieht, wie für die Schlammproben aus dem Hirschkanal, eine γ -spektrometrische Untersuchung des Altrheinschlammes für den Fall vor, daß die spezifische α -Aktivität 10 pCi/g Tr. oder die spezifische β -Aktivität 30 pCi/g Tr. übersteigt. Dies war 1979 nur zweimal der Fall. Bei der γ -spektrometrischen Untersuchung dieser beiden Proben konnten außer ^{137}Cs keine künstlichen Radionuklide nachgewiesen werden. Die spezifische ^{137}Cs -Aktivität beider Proben lag bei rund 1 pCi/g Tr.

II.4.2 Seston

Die Sestonprobenahmen im Altrhein unterhalb der Einleitungsstelle der Abwässer aus dem KfK (siehe Lageplan nach S. 78) wurden 1979 auflagegemäß vierteljährlich durchgeführt.

Eine Übersicht über die Seston-Meßergebnisse vermittelt Tab. 5/18.

Altrhein bei Leopoldshafen, <u>unterhalb</u> der Abwassereinleitung					
1979 Quartal	Probenahmedatum	spezif. Aktivität a nach ca. 7 Tagen in pCi/g Tr.		spezifische Plutoniumaktivität in pCi/g Tr.	
		a_{α}	a_{β}	$^{239}\text{Pu}+^{240}\text{Pu}$	^{238}Pu
1.	12.02.	8,6	21,0	0,04	< 0,02
2.	18.05.	17,1	48,9	0,63	0,68
3.	24.08.	7,5	32,0	0,26	0,27
4.	26.11.	13,2	29,6	0,21	0,19
Mittelwerte		11,6	32,9	0,29	< 0,29

Tab. 5/18: Spezifische Aktivität der Sestonproben aus dem Altrhein bei Leopoldshafen 1979 unterhalb der Einleitungsstelle für die KfK-Abwässer

II.4.3 Fisch

Der Überwachung des Vorfluters dienen vor allem die halbjährlichen Probenahmen von Fisch. Nach dem Überwachungsprogramm sollen möglichst Fried- und Raubfische untersucht werden, wobei die Bestimmung der spezifischen α - und Rest- β -Aktivität durch nuklidspezifische Bestimmungen des ^{40}K - und ^{90}Sr -Gehaltes und durch γ -spektrometrische Messungen zu ergänzen sind. Die Meßergebnisse für 1980 wurden in Tab. 5/19 zusammengefaßt. Gemessen wurde der Aktivitätsgehalt des allein für die Ingestionsdosis relevanten Fischfleisches.

Fischart	Karpfen	Hecht	Rotaugen	Brachse	Barsch
Probenahmedatum	1. Halbjahr 1979 22.4.		2. Halbjahr 1979 29.10.		
Nuklid bzw. Art der Aktivität	spezifische Aktivität in pCi/kg Frischsubstanz				
langlebige Rest- β -Aktivität (bezogen auf ^{40}K)	< 770	< 830	< 590	< 670	< 680
^{40}K	2 950 \pm 440	2 990 \pm 450	2 000 \pm 300	2 220 \pm 330	2 300 \pm 350
^{90}Sr	-	< 30	4,1 *		
^{137}Cs	55	76	25	32	62

*Mischprobe aus den 3 Fischarten (Frischgewichtverhältnis: 1,0:2,4:2,8)

Tab. 5/19: Radioaktivitätsgehalt von Fisch aus dem Altrhein bei Leopoldshafen 1979

II.4.4 Wasserpflanzen

Die Ergebnisse der halbjährlich durchgeführten Überwachung des Aktivitätsgehaltes von Wasserpflanzen aus dem Altrhein wurden in Tab. 5/20 dargestellt. Die Werte für die spezifische Rest- β -Aktivität liegen im Mittel um rund 60 % unter den Vorjahreswerten. Bei der γ -spektrometrischen Untersuchung konnte nur das künstliche Radionuklid ^{137}Cs nachgewiesen werden.

Pflanzenart	Schilf	Wasserschwertlilien	Schilf	Sumpfschilf
Probenahmedatum	1. Halbjahr 1979 14.5.		2. Halbjahr 1979 13.11.	
Nuklid bzw. Art der Aktivität	spezifische Aktivität in pCi/g Trockensubstanz			
Rest- β (nach ca. 7 Tagen)	< 4,5	< 7,8	2,7 \pm 1,8	7,1 \pm 5,2
^{40}K	16,7 \pm 2,5	31,0 \pm 4,7	5,3 \pm 0,8	15,8 \pm 2,4
^{137}Cs	0,03	0,05	0,06	< 0,04

Tab. 5/20: Ergebnisse der halbjährlichen Untersuchung des Radioaktivitätsgehaltes von Wasserpflanzen aus dem Altrhein bei Leopoldshafen unterhalb der Einleitungsstelle der KfK-Abwässer

II.4.5 Bewuchs

Die Probenahmebereiche für landwirtschaftliche Produkte wie Futterpflanzen und pflanzliche Nahrungsmittel (Programmpunkte II.4.5 und II.4.6) entsprechen den beiden Hauptwindrichtungssektoren. Diese Bereiche (siehe Lageplan nach S. 78) wurden auf folgende Weise ermittelt:

Die am meteorologischen Meßmast des KfK über einen Zeitraum von 10 Jahren ermittelte Häufigkeitsverteilung der Windrichtungen weist zwei Hauptsektoren aus: 1. Wind aus $245^{\circ} - 205^{\circ}$ und 2. Wind aus $75^{\circ} - 45^{\circ}$. Diesen beiden Hauptwindrichtungssektoren entsprechen die beiden Hauptausbreitungssektoren $\Delta\phi_1 = 65^{\circ} - 25^{\circ}$ nordöstlich des KfK und $\Delta\phi_2 = 255^{\circ} - 225^{\circ}$ westsüdwestlich des KfK. Die Winkel $\Delta\phi_1$ und $\Delta\phi_2$ wurden an den Standorten der Abluftkamine der sieben wichtigsten Emittenten des KfK mit Emissionshöhen zwischen 60 m und 100 m angetragen.

Als innere radiale Begrenzung der verschiedenen Hauptausbreitungssektoren wurde der Grenzzaun des betrieblichen Überwachungsbereiches gewählt, als äußere radiale Begrenzung ein Radius von jeweils 5 km, was bei Zugrundelegung einer mittleren Diffusionskategorie etwa jener Entfernung vom Emittenten entspricht, in der noch ca. 10 % der maximalen Immissionskonzentration zu erwarten sind. Als Probenahmebereiche wurden nun jene beiden quasi einhüllenden Sektorstücke festgelegt, die sich aus den jeweils äußersten Winkelstrahlen und den am weitesten entfernten Bogenstücken ergaben. Die tatsächlichen Probenahmebereiche für Futterpflanzen und zum Verzehr bestimmte landwirtschaftliche Produkte werden jedoch durch bewaldete und bebaute Gebiete innerhalb der schmetterlingsähnlichen Figur der beiden Hauptsektoren weiter eingeeengt.

Das Überwachungsprogramm für Bewuchs sieht eine halbjährliche Probenahme von Gras oder anderen Futterpflanzen in den beiden Hauptausbreitungssektoren (Raum Eggenstein-Leopoldshafen und Raum Friedrichstal) und bei Durlach (Landwirtschaftliche Versuchsanstalt Grötzingen, als Referenzstelle) vor. Zu bestimmen sind jeweils die spezifische β -Gesamt- und ^{40}K -Aktivität. Eine γ -spektrometrische Untersuchung wird nur dann vorgenommen, wenn die spezifische β -Aktivität 50 pCi/g Tr. übersteigt, was 1979 nie der Fall war. Die spezifische β -Gesamtkaktivität betrug 1979 an diesen drei Stellen im Mittel 20 pCi/g Tr. Der Schwankungsbereich der Meßwerte war gering. Er reichte von 16 pCi/g Tr. bis 23 pCi/g Tr.

II.4.6 Pflanzliche Nahrungsmittel

Dieser Programmpunkt sieht Probenahmen von Weizen, Blattgemüse und Spargel jeweils jährlich zur Erntezeit in den beiden Hauptausbreitungssektoren (siehe Beschreibung unter Programmpunkt II.4.5) vor. Zu messen sind jeweils die spezifische β -Gesamt- und ^{40}K -Aktivität. Ferner sind γ -spektrometrische Analysen durchzuführen. Über das auftragsbedingte Programm hinausgehend wurden Proben verschiedener Kohl- und Wurzelgemüse ausgemessen. Insgesamt wurden 15 verschiedene landwirtschaftliche Produkte untersucht. Die Meßergebnisse der insgesamt 25 Proben wurden in Tab. 5/21 zusammengestellt. Außer ^{137}Cs konnten in keiner der 25 Proben andere künstliche Radionuklide nachgewiesen werden.

Die prozentualen 3-fachen Standardabweichungen (3 σ -Fehler) der durch Differenzbildung zwischen β -Bruttoaktivität und ^{40}K -Aktivität ermittelten Werte für die Rest- β -Aktivität schwanken zwischen 50 % und 95 %. Der Mittelwert des relativen 3 σ -Fehlers ergab sich zu 0,75. Das bedeutet, daß die in Tab. 5/21 angegebenen Werte der langlebigen Rest- β -Aktivität im Durchschnitt nur um 33 % über der jeweiligen Nachweisgrenze liegen. In Anbetracht dieser großen Fehlerbreite lassen sich zwischen den Meßwerten für die Proben aus den beiden Hauptausbreitungssektoren keine signifikanten Unterschiede feststellen.

Pflanzliche Nahrungsmittel	1. Hauptausbreitungssektor (Raum Friedrichstal)				2. Hauptausbreitungssektor (Raum Eggenstein-Leopoldshafen)			
	Datum der Probenahme	spezif. Aktivität in pCi/kg Frischsubstanz			Datum der Probenahme	spezif. Aktivität in pCi/kg Frischsubstanz		
		langleb. Rest-β	⁴⁰ K	¹³⁷ Cs		langleb. Rest-β	⁴⁰ K	¹³⁷ Cs
GETREIDE:								
- Weizen	26.07.1979	1 260	2 330	9	27.07.1979	1 080	2 340	4
- Roggen	02.08.1979	1 140	2 610	8	31.07.1979	1 390	3 050	12
BLATTGEMÜSE:								
- Kopfsalat	28.06.1979	990	1 270	3	01.06.1979	< 480	1 630	2
- Feldsalat	-	-	-	-	07.11.1979	< 500	1 780	< 3
KOHLGEMÜSE:								
- Weißkohl	28.08.1979	610	1 320	< 2	03.07.1979	380	990	< 1
- Rotkohl	11.09.1979	850	1 810	< 2	10.07.1979	< 330	1 110	< 1
- Wirsingkohl	28.08.1979	680	1 550	< 2	03.09.1979	660	1 680	< 2
- Rosenkohl	-	-	-	-	07.11.1979	< 950	3 260	6
- Blumenkohl	-	-	-	-	03.07.1979	640	1 510	< 2
- Kohlrabi	-	-	-	-	03.07.1979	610	1 880	1
WURZEL- UND KNOLLENGEMÜSE:								
- Kartoffeln	11.09.1979	1 190	2 850	3	03.09.1979	750	1 830	< 2
- Möhren	26.07.1979	1 050	2 140	< 3	10.07.1979	450	1 120	1
- Rote Rüben	11.09.1979	< 790	2 680	< 3	03.09.1979	540	1 420	< 2
AUSDAUERENDE GEMÜSE:								
- Spargel	29.05.1979	300	780	< 1	05.06.1979	390	1 160	< 1
OBST:								
- Erdbeeren	-	-	-	-	20.06.1979	440	690	< 1

Tab. 5/21: Radioaktivitätsgehalt typischer landwirtschaftlicher Produkte aus den beiden Hauptausbreitungssektoren in der Umgebung des KfK.

II.4.7 Boden

Eine Überwachung des Radioaktivitätsgehaltes von Bodenproben (ca. 5 cm der obersten Bodenschicht) ist einmal jährlich Ende September an insgesamt fünf Orten durchzuführen. Zwei Probenahmegebiete liegen noch innerhalb des betrieblichen Überwachungsbereiches des KfK. Das eine erstreckt sich über die drei Planquadrate nördlich und nordöstlich des Europäischen Institutes für Transurane, das andere liegt etwa im Bereich zwischen dem Flugkanal des Zyklotrons und dem nördlichen Bahngleisbogen am westlichen Grenzzaun des betrieblichen Überwachungsbereiches (siehe Lageplan nach S. 78).

Von den jährlichen Proben aus diesen beiden Gebieten werden die spezifische α - und β -Gesamtaktivität bestimmt. Eine γ -spektrometrische Untersuchung erfolgt nur, wenn die spezifische β -Aktivität den Wert von 50 pCi/g Tr. übersteigt. Für die beiden Proben vom 27. September 1979 ergaben sich für die spezifische α -Aktivität rund 4 pCi/g Tr. und 6 pCi/g Tr. und für die spezifische β -Aktivität rund 20 pCi/g Tr. und 25 pCi/g Tr.

Zwei weitere Bodenproben sind in den beiden Hauptausbreitungssektoren in je 300 m bis 800 m Entfernung vom Abluftkamin der WAK zu nehmen. Eine Referenzprobe wird jeweils im Raum Durlach (siehe Lageplan nach S. 78) genommen. Die Meßergebnisse dieser drei Proben zeigt Tab. 5/22.

Probenahme- datum	Probenahmegebiet	spezifische Aktivität in pCi/g Tr.				
		α	β	($^{239}\text{Pu}+^{240}\text{Pu}$)	^{238}Pu	^{90}Sr
27.09.1979	1. Hauptausbreitungs- sektor (nordöstl. der WAK)	5	21	0,004	< 0,001	0,017
27.09.1979	2. Hauptausbreitungs- sektor (südwestl. der WAK)	3	18	0,012	0,003	0,009
28.09.1979	Referenzstelle Durlach	9	27	0,012	0,0007	0,21

Tab. 5/22: Radioaktivitätsgehalt von Bodenproben 1979

5.3.3 Besondere Überwachungsmaßnahmen

Für eine wirksame Umgebungsüberwachung, die insbesondere den betrieblichen Überwachungsbereich selbst miteinschließt, reicht das Routineprogramm allein nicht immer aus. Vielmehr muß es je nach Anlaß und oft schon bei Hinweisen auf geringste Unregelmäßigkeiten in den Betriebszuständen der kerntechnischen Anlagen durch gezielte Überwachungsmaßnahmen ergänzt werden. Tab. 5/24 vermittelt eine Übersicht über die wichtigsten Überwachungsmaßnahmen, die 1979 aufgrund verschiedener Anlässe notwendig erschienen.

Die im Rahmen der zulässigen Aktivitätsemissionen mit der Abluft erfolgenden Ableitungen von Aerosolen führen auf Dächern und Straßen innerhalb des KfK zu nachweisbaren Aktivitätsablagerungen. Die dort abgelagerten Aerosolpartikel werden vom Regen in das Kanalisationsnetz für die Kühl- und Regenwässer gespült und gelangen auf diese Weise in die sogenannten Sandfänge, die den Einleitungsbauwerken in den Hirschkanal vorgelagert sind. Da alle Kühl- und Regenwässer aus dem KfK kontinuierlich in den Hirschkanal abgeleitet werden, wurden auch 1979 - zusätzlich zu der vom Routineprogramm geforderten Überwachung von Schlamm und Wasser im Hirschkanal - die in den 6 Sandfängen (siehe Lageplan nach S. 80) abgeschiedenen Feststoffe wöchentlich überwacht. Der bei den regelmäßigen Reinigungen der Sandfänge anfallende Schlamm wird auf die Schlammbeete der Kläranlage gebracht und somit als Sondermüll behandelt. Eine Übersicht über die β -Aktivitätsmeßergebnisse wird in Tab.5/23 gegeben.

Quartal 1979	Sandfang I			Sandfang II			Sandfang III			Sandfang IV			Sandfang V			Sandfang VI		
	\bar{a}_β	$a_{\beta\min}$	$a_{\beta\max}$	\bar{a}_β	$a_{\beta\min}$	$a_{\beta\max}$	\bar{a}_β	$a_{\beta\min}$	$a_{\beta\max}$	\bar{a}_β	$a_{\beta\min}$	$a_{\beta\max}$	\bar{a}_β	$a_{\beta\min}$	$a_{\beta\max}$	\bar{a}_β	$a_{\beta\min}$	$a_{\beta\max}$
I	24	15	31	26	14	57	77	18	312	121	32	357	409	188	703	33	11	115
II	41	19	100	36	12	140	33	13	93	106	26	196	314	148	478	43	12	143
III	33	15	34	26	11	64	58	16	128	104	18	203	222	57	346	22	14	37
IV	23	19	46	25	16	78	35	12	91	152	11	203	254	16	339	22	9	24

Tab. 5/23: Spezifische β -Aktivität des Schlammes aus den 6 Sandfängen des KfK in pCi/g Tr.; Quartalsmittelwerte (\bar{a}_β), Minima ($a_{\beta\min}$) und Maxima ($a_{\beta\max}$) 1979

Die in Tab. 5/23 wiedergegebenen Meßwerte für die in den Sandfängen abgeschiedenen Feststoffe machen es verständlich, daß auch die aus dem Hirschkanal unterhalb der 6 Einleitungsbauwerke für die Kühl- und Regenwässer wöchentlich geschöpften Schlammproben schwach kontaminiert sind (siehe Tab. 5/16 unter Programmpunkt II.4.1), da leichtere Feststoffe vom abfließenden Wasser über die Ablaufschwellen der Sandfänge mitgerissen werden.

Im Dezember 1978 waren im Bereich der HDB stark erhöhte Ortsdosiswerte festgestellt worden, die ihre Ursache in dem im 4. Quartal 1978 verstärkten Abtransport radioaktiver Abfälle hatten. Daraufhin wurden zur besseren zeitlichen Auflösung die TL-Dosimeter an 8 ausgewählten Meßstellen monatlich ausgewertet. Nachdem im Laufe des Jahres 1979 an diesen Stellen die Ortsdosisleistung infolge geeigneter Maßnahmen der HDB deutlich zurückgegangen war, wurde die Auswertefrequenz im Dezember 1979 auf 1/4-jährlich reduziert.

Mit der am 22.10.1979 erteilten Genehmigung zur Nutzung von Geb. 519 als Zwischenlager für LAW-Endabfälle war die Auflage zur Überwachung der Ortsdosis in unmittelbarer Umgebung dieses Gebäudes verbunden. Im Dezember 1979 wurden deshalb 6 Meßstellen eingerichtet, die jeweils mit 2 Phosphatglas- und 2 TL-Dosimetern ausgestattet wurden. Ihre Auswertung wird 1/4-jährlich erfolgen.

Im Zusammenhang mit der Planung einer Übergabe der ungeklärten Fäkalabwässer des KfK an die Kläranlage der Gemeinde Leopoldshafen wurden im Januar 1979 Radioaktivitätsanalysen an einer Fäkalabwasser-Monatsmischprobe und 2 Fäkalschlamm-Mischproben von 2 Schlamm-trockenbeeten der Kläranlage des KfK durchgeführt. Im September und Oktober 1979 wurden zum Vergleich 2 Fäkalschlamm-Mischproben aus dem Schlamm-silo der Kläranlage der Stadt Karlsruhe untersucht. Die wichtigsten Ergebnisse wurden in Tab. 5/24 zusammengefaßt. Dabei fiel insbesondere die Höhe der spezifischen ^{131}J -Aktivität auf. In der Fäkalabwasser-Mischprobe konnten außer Tritium (0,63 nCi/l) und Spuren von Plutonium (0,2 pCi/l) keine künstlichen Radionuklide nachgewiesen werden. Allerdings betrug der Feststoffgehalt, der als Hauptträger der Radioaktivität angesehen werden muß, nur 0,8 g Tr/l.

Neben diesen und anderen besonderen Maßnahmen zur Umgebungsüberwachung des KfK, über die in Tab. 5/24 in stark geraffter Form berichtet wird, waren 1979 noch zahlreiche Sondermessungen durchzuführen. So machten z.B. die anhaltende Bautätigkeit im KfK und der damit verbundene Anfall von Erdaushub bzw. Abbruchmaterial bei 38 Einzelvorgängen die Ausmessung von 290 Proben notwendig. Alle Proben wurden γ -spektroskopisch untersucht, an einer Auswahl wurde zusätzlich die spezifische α - und β -Bruttoaktivität bestimmt.

Überwachungszeitraum	Anlaß	Überwachungsmaßnahme	Art und Zahl der untersuchten Proben bzw. Meßstellen	Meßergebnisse																														
ganzjährig	kontinuierliche Ableitung der Kühl- u. Regenwässer in den Hirschkanal	Wöchentliche Probenahme aus den 6 Sandfängen der Regenwasserkanalisation (s. Lageplan nach S.80)	312 Schlammproben	spezifische α - u. β -Bruttoaktivität s. Tab. 5/23 nachgewiesene Nuklide: ^{137}Cs , ^{134}Cs , ^{106}Ru , ^{95}Nb , ^{95}Zr , ^{60}Co , ^{144}Ce , ^{125}Sb , ^7Be																														
ganzjährig	1974 erfolgter Austritt schwachaktiver Chemieabwässer ins Erdreich aufgrund von Undichtigkeiten im Rohrleitungssystem der Kläranlage	Weiterführung der intensiven Tritiumüberwachung des Grundwassers aus 13 Beobachtungsbrunnen (s. Lageplan nach S.80), Probenahmefrequenz zwischen 14-tägig und 1/4-jährlich	144 Grundwasserproben	Streubereich der Jahresmittelwerte der Tritiumkonzentration des Grundwassers von 12 Brunnen innerhalb des betrieblichen Überwachungsbereiches im Bereich der Kläranlage: 0,5 nCi/l bis 21,1 nCi/l Referenzstelle südöstlich des KfK: <0,19nCi/l																														
ganzjährig	Geplante Tief Lagerung tritiumhaltiger Abwässer in stillgelegten Erdölbohrungen	Monatliche Probenahme aus den Beobachtungsbrunnen Nr. 16 und Nr. 20	24 Grundwasserproben	Tritiumkonzentration in nCi/l <table border="1"> <thead> <tr> <th>Brunnen</th> <th>\bar{a}</th> <th>a_{\min}</th> <th>a_{\max}</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Nr. 16</td> <td>0,32</td> <td>< 0,08</td> <td>0,47</td> </tr> <tr> <td>Nr. 20</td> <td>0,41</td> <td>0,26</td> <td>0,53</td> </tr> </tbody> </table>	Brunnen	\bar{a}	a_{\min}	a_{\max}	Nr. 16	0,32	< 0,08	0,47	Nr. 20	0,41	0,26	0,53																		
Brunnen	\bar{a}	a_{\min}	a_{\max}																															
Nr. 16	0,32	< 0,08	0,47																															
Nr. 20	0,41	0,26	0,53																															
ganzjährig	Erhöhte Ortsdosiswerte innerhalb des Betriebsgeländes des KfK	Festkörper-Dosimetermeßstellen innerhalb des KfK Raster alter Westzaun Betriebszaun HDB	40 Meßstellen 13 Meßstellen 20 Meßstellen	Ortsdosis H (Nov. 78 - Nov. 79) in mrem <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="3">Glasdosimeter</th> <th colspan="3">TL-Dosimeter</th> </tr> <tr> <th>\bar{H}</th> <th>H_{\min}</th> <th>H_{\max}</th> <th>\bar{H}</th> <th>H_{\min}</th> <th>H_{\max}</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>95</td> <td>62</td> <td>275</td> <td>98</td> <td>62</td> <td>296</td> </tr> <tr> <td>127</td> <td>82</td> <td>351</td> <td>139</td> <td>80</td> <td>198</td> </tr> <tr> <td>331</td> <td>102</td> <td>1576</td> <td>392</td> <td>118</td> <td>1785</td> </tr> </tbody> </table>	Glasdosimeter			TL-Dosimeter			\bar{H}	H_{\min}	H_{\max}	\bar{H}	H_{\min}	H_{\max}	95	62	275	98	62	296	127	82	351	139	80	198	331	102	1576	392	118	1785
Glasdosimeter			TL-Dosimeter																															
\bar{H}	H_{\min}	H_{\max}	\bar{H}	H_{\min}	H_{\max}																													
95	62	275	98	62	296																													
127	82	351	139	80	198																													
331	102	1576	392	118	1785																													
Januar und Oktober	Planung zur Übergabe der ungeklärten Fäkalabwässer des KfK in die Kläranlage der Gemeinde Leopoldshafen	Radioaktivitätsanalysen von Mischproben von Fäkalschlämmen des KfK und der Stadt Karlsruhe	Fäkalschlamm Kläranl. KfK (2 Proben vom 19.1.) Fäkalschlamm Kläranl. K'he (Proben v. 7.9. u. 16.10.)	Maxima der spezif. Aktivität in pCi/gTS <table border="1"> <thead> <tr> <th>^{60}Co</th> <th>^{106}Ru</th> <th>^{131}I</th> <th>^{134}Cs</th> <th>^{137}Cs</th> <th>^{144}Ce</th> <th>^{90}Sr</th> <th>^{238}Pu</th> <th>^{239}Pu</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2,6</td> <td>4,4</td> <td><0,13</td> <td><0,13</td> <td>3,0</td> <td><0,3</td> <td>1,12</td> <td>0,93</td> <td>0,66</td> </tr> <tr> <td><0,03</td> <td>0,3</td> <td>14,3</td> <td>0,07</td> <td>0,6</td> <td>1,3</td> <td>0,08</td> <td>0,006</td> <td>0,01</td> </tr> </tbody> </table>	^{60}Co	^{106}Ru	^{131}I	^{134}Cs	^{137}Cs	^{144}Ce	^{90}Sr	^{238}Pu	^{239}Pu	2,6	4,4	<0,13	<0,13	3,0	<0,3	1,12	0,93	0,66	<0,03	0,3	14,3	0,07	0,6	1,3	0,08	0,006	0,01			
^{60}Co	^{106}Ru	^{131}I	^{134}Cs	^{137}Cs	^{144}Ce	^{90}Sr	^{238}Pu	^{239}Pu																										
2,6	4,4	<0,13	<0,13	3,0	<0,3	1,12	0,93	0,66																										
<0,03	0,3	14,3	0,07	0,6	1,3	0,08	0,006	0,01																										
21. April	Bei der Beseitigung eines Blindrohrstückes der Abwasserleitung zwischen Zyklator und Endbecken entleerte sich der enthaltene Schlamm auf eine asphaltierte Fläche	Schlammprobenahme, Überwachung der Dekontaminationsarbeiten	1 Schlammprobe 1 Asphaltprobe	Spezif. Aktivität in pCi/gTS <table border="1"> <thead> <tr> <th>α</th> <th>β</th> <th>identifizierte Radionuklide</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>90</td> <td>1200</td> <td>^{241}Am, ^{125}Sb, ^{134}Cs, ^{137}Cs, ^{60}Co</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>28</td> <td>---</td> </tr> </tbody> </table>	α	β	identifizierte Radionuklide	90	1200	^{241}Am , ^{125}Sb , ^{134}Cs , ^{137}Cs , ^{60}Co	6	28	---																					
α	β	identifizierte Radionuklide																																
90	1200	^{241}Am , ^{125}Sb , ^{134}Cs , ^{137}Cs , ^{60}Co																																
6	28	---																																
Mai bis Dezember	Befristete Auflage des Landratsamtes Karlsruhe im Zusammenhang mit der Baugenehmigung für die Schlamm Trocknungsanlage (Geb. 720)	Monatliche Untersuchung des Grundwassers aus dem in Fließrichtung gelegenen Beobachtungsbrunnen I	8 Grundwasserproben	Art der Aktivität Konzentrationen in pCi/l <table border="1"> <thead> <tr> <th>Art der Aktivität</th> <th>\bar{a}</th> <th>a_{\min}</th> <th>a_{\max}</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Tritium</td> <td>410</td> <td>310</td> <td>480</td> </tr> <tr> <td>α-Brutto</td> <td>< 1,7</td> <td>< 1,5</td> <td>< 2,1</td> </tr> <tr> <td>Rest-β-Brutto</td> <td>< 1,0</td> <td>< 0,9</td> <td>1,2</td> </tr> </tbody> </table>	Art der Aktivität	\bar{a}	a_{\min}	a_{\max}	Tritium	410	310	480	α -Brutto	< 1,7	< 1,5	< 2,1	Rest- β -Brutto	< 1,0	< 0,9	1,2														
Art der Aktivität	\bar{a}	a_{\min}	a_{\max}																															
Tritium	410	310	480																															
α -Brutto	< 1,7	< 1,5	< 2,1																															
Rest- β -Brutto	< 1,0	< 0,9	1,2																															
27. Juni	Überschreitung des Abluftgrenzwertes des IRCh durch Ableitung von ^{99}Mo u. $^{99\text{m}}\text{Tc}$	Entnahme von Grasnarben (30 cm x 30 cm, 5 cm tief)	3 Bodenproben	γ -spektroskopisch konnten weder ^{99}Mo noch $^{99\text{m}}\text{Tc}$ nachgewiesen werden (Meßzeit 1000 min) Nachweisgrenzen für $^{99\text{m}}\text{Tc}$: 5,0 nCi/m ² 0,5 nCi/m ²																														
28. September	Pu-Inkorporationsverdacht nach Arbeiten am LAVA-Kamin bei zwei Arbeitern	Auf Wunsch der Landesanstalt für Umweltschutz gemeinsame Probenahme in Baumkronen im Hauptimmissionsgebiet	1 Kiefern-nadelprobe aus 14 m Höhe	1. γ -Spektrometrie des frischen Probenmaterials im body counter: Keine künstlichen Radionuklide feststellbar. 2. Pu-Analyse: ^{238}Pu : 2,5 fCi/gTS $^{239+240}\text{Pu}$: 4,3 fCi/gTS entspricht dem erwarteten Grundpegel																														
2. Dezember	Austritt von Chemieabwasser aufgrund des Bruches einer Schachtdeckeleinfassung während einer Dichtheitsprüfung	Entnahme von Proben an der Versickerungsstelle und Entnahme einer Probe des austretenden Wassers	1 Bodenprobe 1 Wasserprobe	Spezif. Aktivität in pCi/gTS <table border="1"> <thead> <tr> <th>α</th> <th>β</th> <th>^{125}Sb</th> <th>^{137}Cs</th> <th>^{144}Ce</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>8</td> <td>21</td> <td>0,05</td> <td>0,53</td> <td>0,13</td> </tr> </tbody> </table> Aktivitätskonzentration in pCi/l <table border="1"> <thead> <tr> <th>α</th> <th>Rest-β</th> <th>^3H</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>3</td> <td>4</td> <td>700</td> </tr> </tbody> </table>	α	β	^{125}Sb	^{137}Cs	^{144}Ce	8	21	0,05	0,53	0,13	α	Rest- β	^3H	3	4	700														
α	β	^{125}Sb	^{137}Cs	^{144}Ce																														
8	21	0,05	0,53	0,13																														
α	Rest- β	^3H																																
3	4	700																																
6. Dezember	Explosion im Labor für Nuklearmedizin des IRCh. Die Versuchsapparatur enthielt 5 g angereichertes Uran in Form einer Uran-Aluminium-Legierung.	Entnahme von Boden- und Grasproben in der Umgebung des geborstenen Fensters, sowie 2 Referenzprobenahmen am Turmberg in Durlach	Bodenproben Gras-/Laubproben	^{235}U -Aktivitätsflächenbelegung in nCi/m ² <table border="1"> <thead> <tr> <th>Zwischenfallsgebiet</th> <th>Referenzgebiet</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1,9</td> <td>0,14</td> </tr> <tr> <td>0,06</td> <td>< 0,003</td> </tr> </tbody> </table>	Zwischenfallsgebiet	Referenzgebiet	1,9	0,14	0,06	< 0,003																								
Zwischenfallsgebiet	Referenzgebiet																																	
1,9	0,14																																	
0,06	< 0,003																																	
12. Dezember	Auftreten von Ülschlamm im Sandfang I und im Hirschkanal	Auf Wunsch des Wasserwirtschaftsamtes Karlsruhe Probenahmen und Messung des Radioaktivitätsgehaltes	2 Wasserproben (Hirschkanal) 1 Wasserprobe (Sandfang I) 1 Feststoffprobe (Sandfang)	Bruttoaktivität der Wasserproben: Keine Meßwerte oberhalb der Nachweisgrenzen. Tritium: < 0,2 bis 0,4 nCi/l Bruttoaktivität des Feststoffes: a_{α} = 3 pCi/gTS; a_{β} = 26 pCi/gTS																														

Tab. 5/24: Übersicht über besondere Überwachungsmaßnahmen 1979

5.4 Spektrometrie

H. Fessler

Im Jahre 1979 wurde die bisher benutzte rechnergesteuerte Vielkanalanalysatoranlage ND 4420 durch die weiter ausbaufähige Anlage ND 6620 ersetzt. Diese Anschaffung wurde notwendig infolge erhöhtem Probenanfall von α -Spektroskopieproben, der mit der alten Anlage nicht ohne erhebliche Einschränkung der γ -spektrometrischen Messungen hätte bewältigt werden können.

Die ND 6620-Meßanlage hat zur Zeit 8 Anschlußstellen für ADC's. Sie wird von 2 Bildschirm- und 2 KSR 430 Terminals aus bedient und gestattet somit simultane Benutzung der Anlage durch 4 Benutzer unterschiedlicher Priorität. Die Anlage kann im Prinzip auf 3 Bildschirmterminals ausgebaut werden. Jedem dieser Terminals können bei maximalem Ausbau 8 ADC's zugeordnet werden, so daß insgesamt bis zu 24 ADC's an dieser Anlage betrieben werden können.

In Abb. 5/4 ist der prinzipielle Aufbau der jetzigen Anlage dargestellt.

An dieser Anlage werden zur Zeit 4 koaxiale Ge(Li)-Detektoren für γ -Spektroskopie über 60 keV, 2 planare Ge-Detektoren für γ - und Röntgenspektroskopie unter 150 keV und 8 Oberflächensperrschicht-Detektoren zur α -Spektroskopie betrieben.

Diese Detektoren wurden im Laufe des Jahres für Messungen einer Vielzahl unterschiedlicher Proben eingesetzt. Darüber hinaus wurden bei Low-Level-Messungen für die Kernkraftwerke Obrigheim, Gundremmingen und Niederaichbach α - und β -Brutto-Aktivitätsmessungen an Wasserproben sowie Tritiumbestimmungen durchgeführt, die in der Tabelle 5/8 mit aufgeführt werden.

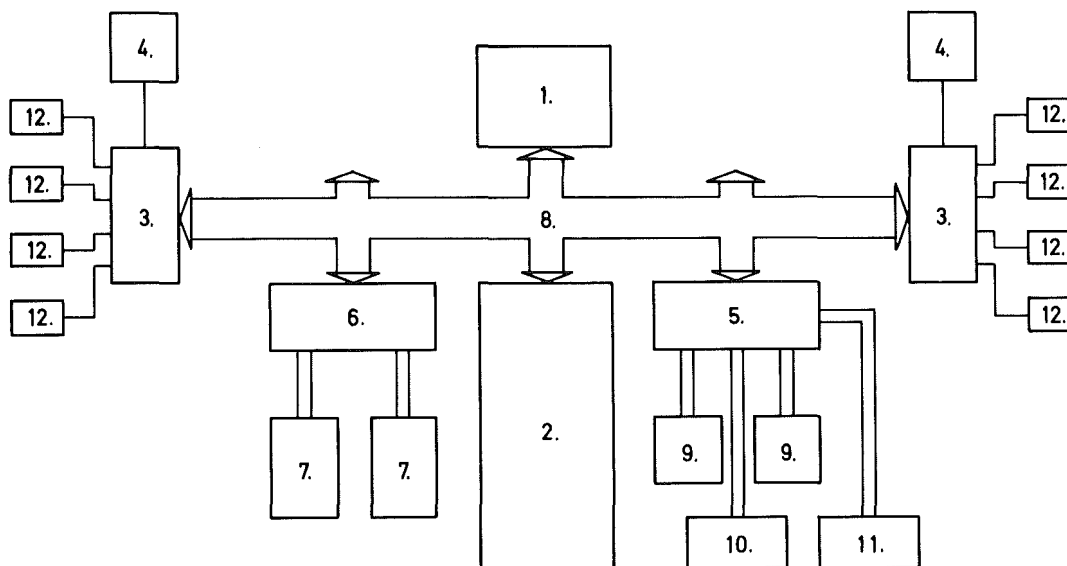


Abb. 5/4: Blockschaltbild der derzeitigen Vielkanalanalysatoranlage

- | | |
|--|---|
| 1. Zentrale Speicherverwaltung
(Central Processing Unit) | 6. Steuer- und Formatwandlereinheit
(Hard Disk Controller Formatter) |
| 2. Speichereinheit (Memory) | 7. Einzelmagnetplattenspeicher
(Single Hard Disk Drive) |
| 3. Teilsystem zur Steuerung der Aufnahme
und Darstellung von Spektren | 8. Interne Leiterplatte mit 100 parallelen Leitungen
und 23/100-poligen Steckverbindungen (Combus) |
| 4. Bildschirm-Terminal
(CRT-Terminal with Dual-Keyboard) | 9. Terminal-Drucker (TTY) |
| 5. Vielzweckschnittstelleneinheit
(Multipurpose Input/Output Interface) | 10. Magnetbandeinheit (MTU) |
| | 11. Schnelldrucker (Line Printer) |
| | 12. Analog-Digital-Wandler (ADC) |

Meßgut	Meßmethode	Anzahl der Proben	eingesetzte Detektoren	Bemerkungen
Wasserproben	$\alpha+\beta$ -Bruttomessung Flüssigszintillation	228 42	Großflächendurchflußzähler Flüssigszint. Spektrometer	Im Auftrag von Kernkraftwerken
Biologische und Bodenproben	β -Bruttomessung γ -Spektroskopie	2 58	Großflächendurchflußzähler Koaxiale Ge(Li)-Detektoren	
Aerosol- bzw. Jodfilter	$\alpha+\beta$ -Bruttomessung γ -Spektroskopie	132 20	Großflächendurchflußzähler Koaxiale Ge(Li)-Detektoren	
Abluftfilter aufgearbeitet	γ -Spektroskopie α -Spektroskopie auf Pu	21 38	Koaxiale Ge(Li)-Detektoren Si-Sperrschichtdetektoren	Messungen für Emissionsüberwachung
Endbecken-Mischproben	γ -Spektroskopie α -Spektroskopie auf Pu	56 12	Koaxiale Ge(Li)-Detektoren Si-Sperrschichtdetektoren	
Aktivkohleproben (Abluftüberwachung)	γ -Spektroskopie γ - und Röntgenspektroskopie	932 146	Koaxiale Ge(Li)-Detektoren Planarer Ge(Li)-Detektor	
Schlammproben	γ -Spektroskopie	50	Koaxiale Ge(Li)-Detektoren	
Aerosolfilter aus Meßhütten	γ -Spektroskopie α -Spektroskopie	55 40	Koaxiale Ge(Li)-Detektoren Si-Sperrschichtdetektoren	
Biologische und Bodenproben	γ -Spektroskopie α -Spektroskopie	23 15	Koaxiale Ge(Li)-Detektoren Si-Sperrschichtdetektoren	Messungen für Umgebungsüberwachung
Sonderproben	γ -Spektroskopie α -Spektroskopie	18 4	Koaxiale Ge(Li)-Detektoren Si-Sperrschichtdetektoren	
Proben für Pu-ökologie Programm	α -Spektroskopie	203	Si-Sperrschichtdetektoren	
Radium-Programm	γ -Spektroskopie	154	Koaxiale Ge(Li)-Detektoren	Messungen für Forschungsprogramme, Vergleichsmessungen usw.
Sonderproben	α -Spektroskopie γ - und Röntgenspektroskopie	343 7	Si-Sperrschichtdetektoren Planarer Ge(Li)-Detektor	
	γ -Spektroskopie	593	Koaxiale Ge(Li)-Detektoren	

Tab. 5/8: Spektrometrische Messungen 1979

5.5 Arbeiten der Gruppe Radiochemie

H. Schüttelkopf, M. Pimpl

Die radiochemischen Arbeiten der HS/R umfassen die folgenden Bereiche: die Bestimmung von Radionukliden im Low-Level-Bereich für die Umgebungsüberwachung, die Bestimmung von Radionukliden in kontaminierten Probenmaterialien und die für die Durchführung dieser Messungen notwendigen Entwicklungsarbeiten. Die Forschungsarbeiten, die in der Gruppe Radiochemie durchgeführt werden, befassen sich mit dem Verhalten wichtiger Radionuklide in der Umwelt und mit der Entwicklung hochempfindlicher Analysentechniken zur Erfassung wichtiger Radionuklide in Umweltproben.

Die Messung von Radionukliden im Low-level-Bereich erfolgt im Rahmen der Umgebungsüberwachung des KfK, der WAK und der Kernkraftwerke Gundremmingen und Obrigheim. Die wichtigsten gemessenen Radionuklide sind Pu-239+240, Pu-238, Sr-90, Sr-89, J-131 und K-40. Die angegebenen Radionuklide werden bestimmt in Pflanzen-, Boden-, Luft-, Niederschlags-, Oberflächenwasser-, Milch-, Sediment-, Plankton- und Fischproben.

In den monatlich gesammelten Mischproben aus den Endpufferbecken der Abwasserbehandlungsanlage des KfK werden die Radiostrontium- und Plutoniumgehalte bestimmt. Für die Kernkraftwerke GKN und KWO wird Sr-90 und Sr-89 in monatlich gelieferten Abwasserproben bestimmt. Eine große Zahl von Radiostrontiumbestimmungen wurde in Abwasserproben des Kernkraftwerkes Biblis durchgeführt. J-129 wurde in aufbereiteten Prozeßlösungen der WAK gemessen. In der Abluft der FERAB und der WAK werden monatlich Proben genommen und auf Sr-90, Pu-238 und Pu-239+240 analysiert. Es wurde an bundesdeutschen Vergleichsmessungen und an Vergleichsmessungen der IAEA für eine Reihe wichtiger Radionuklide teilgenommen.

Im Forschungsprogramm zur Radioökologie der Aktiniden wurde die Verteilung der Plutoniumaktivität in den Sedimenten des Altrheins untersucht und umfangreiche Messungen von Plutonium in Wasser-, Schwebstoff-, Pflanzen-, Fisch- und anderen Proben des Altrheins durchgeführt. Die Verteilung von Plutonium und Americium zwischen Erde und wäßrigen Lösungen wichtiger Komplexbildungsmittel wurden in Abhängigkeit von der Kontaktzeit untersucht. Eine große Zahl von Bodenproben wurde in Richtung der zweiten Hauptwindrichtung, von der WAK aus gesehen, genommen. Die Untersuchungen am Hochdruckflüssigchromatographen zur Trennung von Plutonium, Americium und Curium wurden fortgesetzt. Eine naßchemische Analysenmethode für große Probenmengen und die Bestimmung von Americium und Curium wurde weitgehend fertiggestellt.

1979 wurde ein Forschungsprogramm zur Radioökologie von Ra-226 in der Umgebung von Baden-Baden aufgenommen und abgeschlossen. Die Ra-226-Emissionen aus einem Uranversuchsbergwerk wurden gemessen. Ra-226 wurde außerdem in der Umgebung in einer großen Zahl von Bächen, Quellen, im Trinkwasser, in Milch, Gras, Fisch und anderen Nahrungsmitteln und in Boden- und Sedimentproben gemessen. Transferfaktoren für Ra-226 wurden berechnet. Um derartige Untersuchungen im folgenden Jahr auch mit Pb-210 und Po-210 durchführen zu können, wurden einfache analytische Methoden zur schnellen Bestimmung dieser Radionuklide in beliebigen Umweltmaterialien entwickelt. Die notwendige Ausrüstung für die Bestimmung von Natururan in verschiedenen Umweltmaterialien wurde beschafft.

1979 wurden vier Ausbreitungsexperimente durchgeführt. Da Schwierigkeiten durch Untergrundkontaminationen mit CFCl_3 auftraten, wurden mehrere Sonderexperimente zur Untersuchung dieses Problems durchgeführt. Die Ursachen wurden identifiziert und beseitigt. 50 weitere Probenahmegeräte wurden 1979 eingesetzt, und damit stehen z.Zt. 150 Probenahmegeräte für Ausbreitungsexperimente zur Verfügung.

Die große Zahl von Sr-90-Analysen, die 1979 durchgeführt werden mußten, machten es notwendig, eine Automatisierung der Sr-90-Analytik anzustrengen. Erste Arbeiten auf diesem Gebiet wurden durchgeführt. Um die Ursachen der niedrigen J-129-Deposition auf Gras zu untersuchen, wurden erste Messungen von J-129 in der Umgebungsluft auf im LAF II entwickelten Adsorbentmaterialien für verschiedene J-Komponenten durchgeführt. Eine sorgfältige Untersuchung der chemischen Eigenschaften von Technetium, die bei der Analytik dieses Elements

Forschung und Entwicklung	Art der Arbeit/Probematerial	Zahl der Arbeiten
Probenvorbereitung	Probenahme	1340
	Eindampfen ≥ 10 l	501
	Trocknen und Wiegen	801
	Veraschen und Wiegen	831
	Mahlen, Sieben, Wiegen	424
	Meßpräparate Herstellen	146
	Geräte zur automatischen Wasserprobenahme	11
Radioökologie von Plutonium, Americium, Curium	Pu-238, Pu-239+240 in Sedimenten-, Oberflächenwasser-, Pflanzen- und Fischproben	504
	Experimente zur Adsorption von Pu und Am an Bodenproben	104
	Experimente zur Plutonium-Analytik	15
	Experimente zur Am/Cm-Analytik	95
	Experimente zur Hochdruckflüssigchromatographie von Pu, Am und Cm	287
Radioökologie von Ra, Po und Pb	Ra-226 in Wasser-, Boden-, Sediment-, Nahrungsmittel-, Pflanzen- und Luftstaubproben	244
	Po-210 in Umweltproben und Nahrungsmitteln	40
	Experimente zur Po-210-Analytik	143
	Pb-210 in Umweltproben und Nahrungsmitteln	57
	Experimente zur Pb-210-Analytik	24
Ausbreitungsexperimente	Ausbreitungsexperimente	4
	Sonderexperimente	3
	Neue Probenahmegeräte geeicht	50
	Ausfälle repariert	30
	Gaschromatographische Analysen von CFCl_3 und CF_2Br_2 in Umgebungsluft	1108
Tc-Analytik	Experimente zur Tc-Analytik	90
Sr-90-Analytik	Experimente zur Sr-90-Analytik	25
	Messungen zur Sr-90-Analytik	134

Tabelle 5/27: 1979 in der Gruppe Radiochemie der HS/R durchgeführte Arbeiten für Forschung und Entwicklung

5.6 Radioökologische Forschungsarbeiten

5.6.1 Radioökologie von Plutonium - Die Pu-Kontamination der Sedimente im Altrhein

M. Pimpl, H. Schüttelkopf

Im Rahmen der Umgebungsüberwachung des Kernforschungszentrums Karlsruhe wird seit 1973 die Abgabe von Radionukliden mit den Abwässern des Kernforschungszentrums überwacht. Die geklärten Abwässer werden in den Altrhein, einen Teil des früheren Rheins, eingeleitet und gelangen erst nach etwa 23 km in den Rhein. Auf dieser Wegstrecke sedimentiert der größte Teil der im Abwasser suspendierten Feststoffpartikel.

Plutonium, das in Spuren als PuO_2 mit dem Abwasser emittiert wird, wird zusammen mit diesen Schwebstoffen sedimentiert. Bestimmt man die Plutoniumverteilung in den Sedimenten und setzt sie in Relation zu den gewässerspezifischen Parametern wie Breite, Abstand von der Einleitungsstelle, Fließgeschwindigkeit usw., so kann das Sedimentationsverhalten von Plutonium abgeschätzt werden.

In zwei Vorversuchen wurden entlang des gesamten Vorfluters Längsprofile der Sedimentkontamination aufgenommen (Abb. 5/5). Dabei wurde festgestellt, daß in den ersten 3,5 km nach der Einleitung die höchste Plutoniumkontamination - maximal 250 fCi/g trocken - vorlag. Dieser Teil des Vorfluters wurde daraufhin genauer

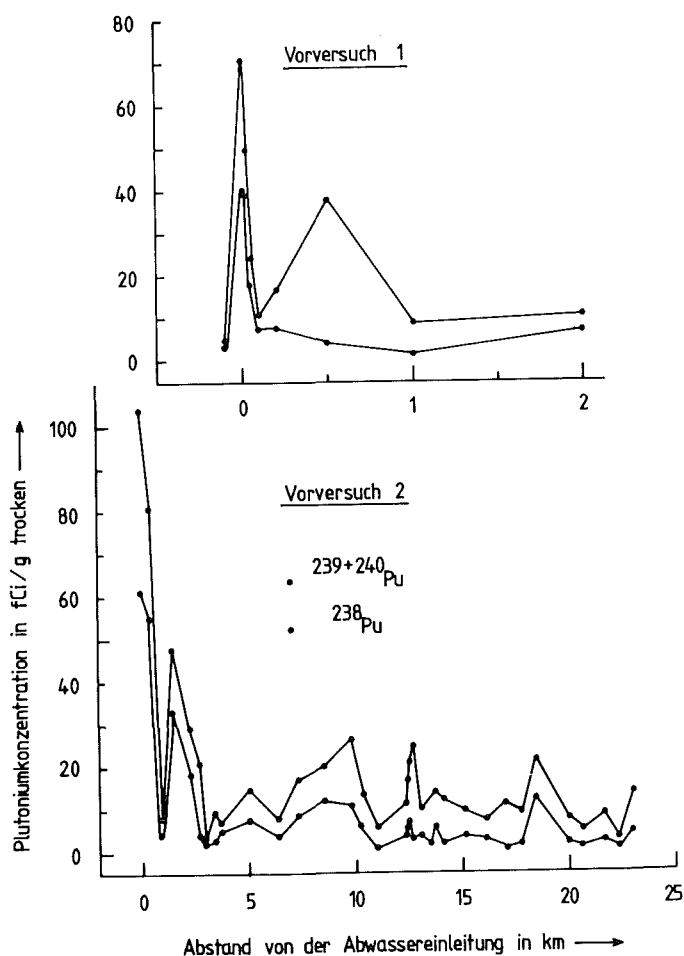


Abb. 5/5: $^{239+240}\text{Pu}$ - und ^{238}Pu -Konzentrationen in den Sedimenten des Altrheines, genommen bei den Vorversuchen im Juni 1977 und im November 1978. --Nullpegel entsprechend dem Waffenfallout.

untersucht. In 23 Probenahmepositionen längs des Altrheins wurden drei bis neun Einzelproben der obersten Sedimentschicht auf Querprofilen zur Flußrichtung entnommen. Neben der Breite des Altrheins an den einzelnen Positionen wurde an jeder Entnahmestelle zusätzlich bestimmt: Wassertiefe, Strömungsgeschwindigkeit, Dicke der Sedimentschicht und Dichte der Sedimente. An einer Probenahmeposition wurden drei Tiefenprofile bis zu 70 cm Tiefe aufgenommen, an 14 weiteren Positionen wurden insgesamt 24 Sedimentproben aus der untersten Sedimentschicht entnommen.

Es wurde festgestellt, daß die Verteilung des Plutoniums in den Sedimenten abhängig ist von der Entfernung der jeweils betrachteten Stelle von der Einleitungsstelle, von der Breite des Altrheins und damit von der Fließgeschwindigkeit, die wiederum die Sedimentdichte beeinflußt. An Stellen hoher Fließgeschwindigkeit wurden stets geringe Plutoniumdepositionen gemessen. Die Plutoniumkontamination ist der Sedimentdichte umgekehrt proportional, da der Plutoniumgehalt in den Sedimenten mit zunehmender Sedimentdichte rasch abnimmt. Das mittlere Isotopenverhältnis $^{238}\text{Pu}/^{239+240}\text{Pu}$ von 0,62 in den Abwässern des Kernforschungszentrums Karlsruhe wird in den obersten Sedimentschichten der ersten 3,5 km wiedergefunden. Es nimmt auf den folgenden 10 km stark ab, bleibt aber deutlich über dem Fallout-Wert.

Das Längsprofil, also die Plutoniumverteilung in den Sedimenten des Flußlaufs mit zunehmendem Abstand von der Einleitungsstelle, wird sehr stark geprägt von vier Verengungen im Flußlauf. Auf diese Weise entstehen vier hintereinanderliegende Sedimentierbecken, in denen Plutonium in Abhängigkeit von den oben genannten Parametern sedimentiert. Damit wird verständlich, daß im Längsprofil die Sedimentkontamination nicht stetig mit der Entfernung von der Einleitung abnimmt, sondern an den Verengungen Minima und an den breiten Stellen der einzelnen Sedimentierbecken Maxima der Plutoniumkontamination auftreten müssen.

Die Plutoniumverteilung in den Querprofilen, also senkrecht zur Flußrichtung, war gleichverteilt, wenn der Flußlauf in der Mitte des Flußbettes lag. In einer langgezogenen Linkskurve, in der sich der Wasserlauf am äußeren Radius des Flußbettes befindet, wurden jeweils am Rand des Wasserlaufes Kontaminationsmaxima in den Sedimenten gemessen (Abb. 5/6).

Die an drei Stellen aufgenommenen Tiefenprofile (Abb. 5/7) und die Analyse der untersten Sedimentschicht an 24 weiteren Stellen zeigten, daß die Plutoniumkontamination bis in die unterste Schicht der Sedimente reicht, wobei die Plutoniumkonzentration in pCi/l Sediment über die Tiefe der Sedimente in etwa gleich verteilt ist.

Das Isotopenverhältnis $^{238}\text{Pu}/^{239+240}\text{Pu}$ entspricht in der obersten Sedimentschicht dem in den Abwässern 1978 des Kernforschungszentrums, nimmt aber mit zunehmender Sedimenttiefe ab und erreicht in der untersten Sedimentschicht den Wert, den die Abwässer 1973 aufwiesen. Da anzunehmen ist, daß die gesamte Sedimentschicht bereits vorlag, als die Plutoniumemissionen aus dem Kernforschungszentrum begannen, ist dieser Befund so zu interpretieren, daß die an der Oberfläche des Schlicks abgelagerte Plutoniumaktivität in die Sedimente eindringt und in diesen absinkt.

Aus den Sedimentkontaminationen und den Sedimentmengen wurde die insgesamt im Vorfluter abgelagerte Plutoniummenge abgeschätzt und in Beziehung gesetzt zu der insgesamt vom Kernforschungszentrum seit 1973 mit dem Abwasser abgegebenen Plutoniummenge. In den unter der Wasseroberfläche liegenden Sedimenten wurden 94 % des vom Kernforschungszentrum in den Altrhein abgegebenen Plutoniums wiedergefunden (Tab. 5/28).

Dies bedeutet, daß der größte Teil des Plutoniums sich im ersten 3 km-Teil des Altrheins befindet.

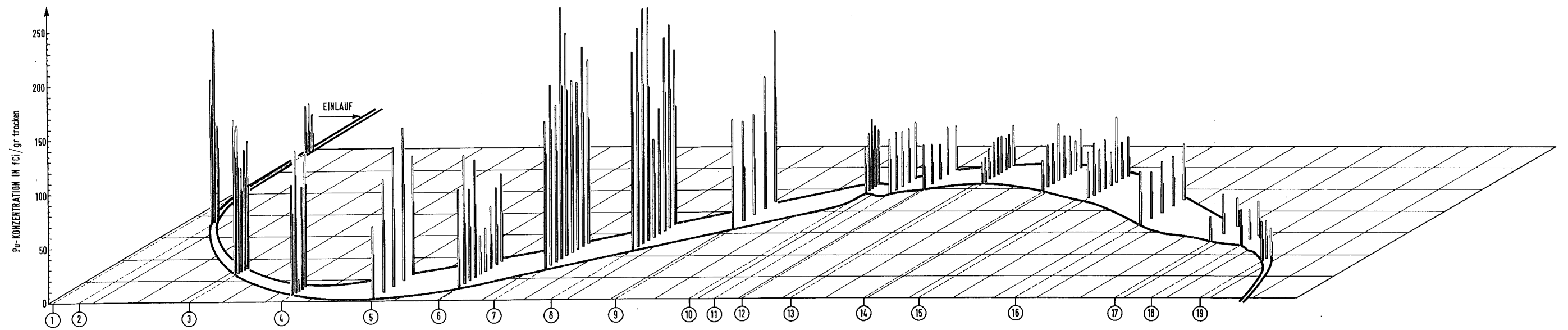


Abb. 5/6: Schematische Darstellung der $^{239+240}\text{Pu}$ - und ^{238}Pu -Konzentrationen in Proben der obersten Sedimentschicht des Linkenheimer Altrheins
 Weiße Säulen: $^{239+240}\text{Pu}$
 Schwarze Säulen: ^{238}Pu

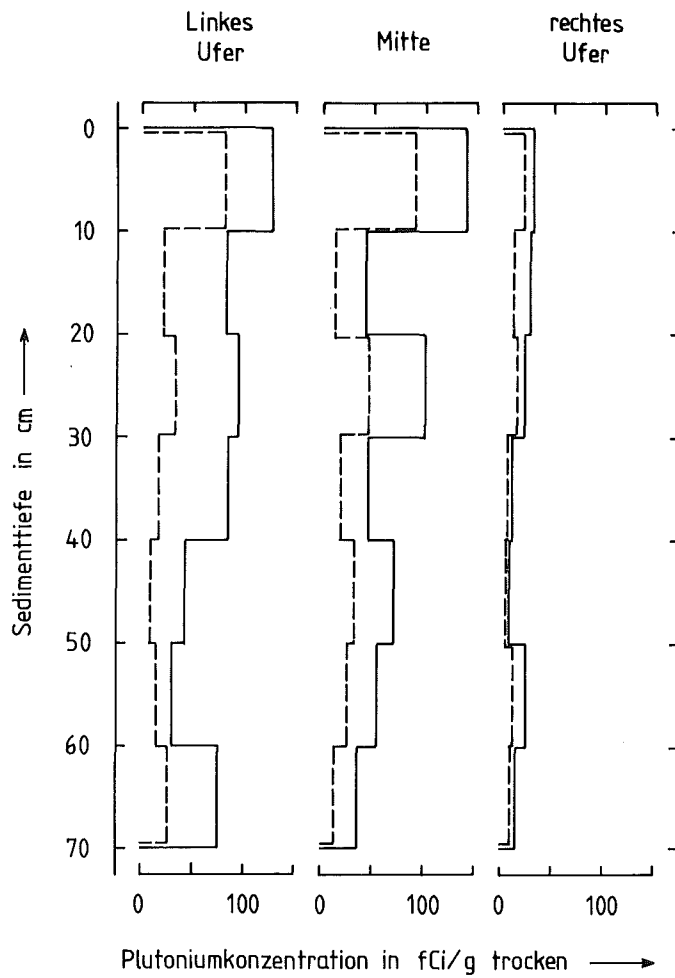


Abb. 5/7: Die $^{239+240}\text{Pu}$ - und ^{238}Pu -Konzentrationen in den Sedimenten der Probenahmestelle 8 des Altrheins in Abhängigkeit von der Sedimenttiefe.

Plutonium gefunden im	Anteil des mit dem Abwasser abgegebenen Plutoniums in %	
	unter der Wasseroberfläche	im Flußbett
Altrhein oberhalb der Einleitungsstelle	3	18
Linkenheimer Altrhein	67	128
Kanalsystem bis Philippsburg	24	24

Tab. 5/28: Plutonium, gefunden in den Sedimenten der verschiedenen Teile des Altrheins, verglichen mit der Gesamtemission mit dem Abwasser.

5.6.2 Radioökologie von Radium

H. Schüttelkopf

Die Ergebnisse der Untersuchungen zur Radioökologie von Ra-226, die 1978 im Südschwarzwald, Menzenschwand, durchgeführt wurden, wurden als KfK 2866 publiziert. Ein kleiner Teil der Analysenergebnisse, die nicht mehr in diesen Bericht aufgenommen werden konnten, wird hier wiedergegeben.

Die hohen Ra-226-Konzentrationen im Getreide ließen vermuten, daß auch das lokal produzierte Bier höhere Ra-226-Konzentrationen aufwies. Eine Untersuchung einer solchen Bierprobe zeigte, daß es den mittleren lokalen Ra-226-Gehalt des Oberflächenwassers nicht überschritt. Daraus wurde geschlossen, daß entweder das Radium aus dem Malz nicht ausgelaugt werden kann, oder daß die im Raume Menzenschwand untersuchten Getreidearten besonders hohe Kontaminationen mit Ra-226 aufwiesen und diese in der interessierenden Brauerei mengenmäßig keine Bedeutung haben. Eine Forellenprobe, die am 28.8.1979 im Krunkelbach genommen wurde, enthielt 33 pCi Ra-226/kg Frischgewicht. Dieser Wert entspricht durchaus den Ergebnissen des Jahres 1978. Da 1978 keine Pilze untersucht werden konnten, wurden zum gleichen Datum Mischpilze gesammelt und auf Radium untersucht. 1 kg Frischgewicht enthielt 2 pCi Ra-226 und damit gehört dieses Nahrungsmittel zu den niedrigstkontaminierten des Raumes Menzenschwand. Die gleiche Probe enthielt 760 pCi Cs-137/kg Frischgewicht.

Ebenfalls Mitte 1979 wurden 6 Getreideproben und die zugehörigen Bodenproben aus Grafenhausen auf Ra-226 analysiert. Die Werte sind in Tab. 5/29 wiedergegeben. Die Transferfaktoren sind wesentlich niedriger als die in Menzenschwand gemessenen Werte. Sie streuen zwischen 0,0045 und 0,011.

Art des Getreides/ Probenahme	Ra-226-Konzentration im		Transfer- faktor
	Getreide in pCi/kg frisch	Boden in pCi/kg trocken	
Gerste:			
S-12.10.1979	18	1660	0,011
L-12.10.1979	8,5	1900	0,0045
Weizen:			
S-12.10.1979	16	1700	0,0094
Roggen:			
L-12.10.1979	13	2000	0,0065
Hafer			
S-12.10.1979	14	1800	0,0078
L-12.10.1979	18	1700	0,011

Tabelle 5/29: Ra-226-Gehalt von Getreide und Bodenproben aus Grafenhausen und Transferfaktoren für Boden-Getreide

Ebenso wurden Mitte 1979 bei zwei verschiedenen Bauern Milch- und Grasproben genommen und die Ra-226-Konzentrationen gemessen. Die Ergebnisse sind in Tabelle 5/30 wiedergegeben. Die Transferfaktoren für Ra-226 von Gras zu Milch, angegeben in % der Tagesaufnahme pro Liter Milch, stimmen sehr gut mit den ein Jahr vorher gemessenen Werten überein.

Es wurde vermutet, daß die teilweise sehr hohen Ra-226-Gehalte von Getreide nicht im Mehlkörper, sondern in der äußeren Kleieschicht enthalten waren. Daher wurde Mitte 1979 eine Roggenprobe, die Kleie von Roggen und das Roggenmehl auf Ra-226 untersucht. Die Ergebnisse sind in Tabelle 5/31 wiedergegeben. Die Ergebnisse zeigen keinerlei Beziehung untereinander. Weder ist die Summe von Mehl und Kleie vergleichbar mit dem Ra-226 Gehalt des Gesamtgetreides, noch ist die Kontamination der Kleie höher als die des Mehles, und dies ist wegen des etwa 6-fach höheren Aschengehaltes der Kleie durchaus wahrscheinlich. Eine Erklärung dürfte sein, daß bei der Produktion von Roggenmehl und Kleie zwei verschiedene Getreidesorten, eine aus dem Südschwarzwald und eine aus Kanada, gemeinsam verarbeitet wurden. Da die Einführung in die Mühle nicht kontinuierlich erfolgt, könnten bei der Probenahme die beobachteten Abweichungen hervorgerufen worden sein. Mit Getreide aus dem Südschwarzwald und einer speziellen für kleine Getreidemengen vorgesehenen Mühle wird die Frage der Verteilung von Ra-226 auf Kleie und Mehl Gegenstand weiterer Untersuchungen sein.

Probenahme	Ra-226-Konzentration in		Transfer von Ra-226 in % Tagesaufnahme/l
	Heu in pCi/g trocken	Milch in pCi/l	
S-28.8.1979	0,31	5,5	0,16
B-28.8.1979	0,26	9,0	0,32

Tabelle 5/30: Ra-226 in Milch und Heu aus Menzenschwand

Probematerial	Ra-226-Konzentration in pCi/kg frisch
Roggen, Körner	17
Roggen, Kleie	≤1,4
Roggen, Mehl	4,3

Tabelle 5/31: Ra-226-Konzentration in Roggen

5.6.3 Analytische Vorarbeiten zur Untersuchung des Verhaltens von Pb-210 in der Umwelt

H. Schüttelkopf, B. Blum

Eine Analysenmethode von Pb-210 wurde mit bekannten Pb-210-Aktivitäten untersucht. Das Radioblei wird mit Trioctylamin aus HBr extrahiert, das Trioctylamin gewaschen und das Blei rückextrahiert. Das nicht vollständig abgetrennte Bi-210 wird durch Mitfällung mit BiOCl quantitativ abgetrennt. Eine partielle Gleichgewichtseinstellung zwischen Pb-210 und Bi-210 wird abgewartet. Die β -Strahlung des Bi-210 wird gemessen. Die chemische Ausbeute von Blei wird durch Atomabsorptionsspektrometrie untersucht und die chemische Ausbeute von Wismut wird gravimetrisch gemessen. Die chemische Ausbeute von Blei liegt im allgemeinen bei 80 % und die von Wismut bei 75 %. Die Abschirmung des Präparates zur Absorption des α -Strahlung von Po-210 mit einer geeigneten Aluminiumfolie war ausnahmslos nicht notwendig, da durch den chemischen Prozeß das vorhandene Po-210 quantitativ abgetrennt wurde. Die Messung erfolgt in einem Low-level- β -Meßplatz mit 1,7 Impulsen pro Minute Null-effekt. Der Wirkungsgrad beträgt 28 %.

Ohne Schwierigkeiten war die Probenvorbereitung von Wasser-, Pflanzen-, Nahrungsmittel- und Milchproben. Nicht sicher war, daß das Auskochen von Boden- und Sedimentproben mit HNO_3 das Pb-210 quantitativ extrahiert. Eine diesbezügliche Untersuchung zeigte, daß durch einmaliges Auskochen ein Meßwert von 0,67 pCi/g Bodenprobe gemessen wurde. Bei einem zweiten und einem dritten Auskochen wurden jeweils 0,02 pCi/g Bodenprobe gemessen. Wurde die ausgekochte Bodenprobe mit HNO_3/HF behandelt, wurden aber 0,13 pCi/g Bodenprobe freigesetzt. Daher wurde entschieden, Boden- und Sedimentproben grundsätzlich vollständig aufzuschließen.

Da die Flüchtigkeit von Blei sehr stark abhängt von der Zusammensetzung des Probenmaterials, wurde eine Milchprobe bei 550, 650 und 750 °C verascht. Bei 650 °C wurden etwa 25 % des vorhandenen Pb-210 verloren; bei 750 °C waren in der Probe nur noch etwa 40 % des Pb-210 wiedergefunden worden. Daher wurde entschieden, alle Proben im Bereich von 550 °C zu veraschen und, falls eine quantitative Veraschung nicht erreicht werden konnte, diese durch Anfeuchten mit HNO_3 zu erzwingen.

Probematerial	Pb-210-Konzentration in pCi/kg frisch
Rheinwasser	0,11
Trinkwasser	0,08
Milch	0,72 1,85 0,08 2,00 16 1,02 0,84
Fisch	10 13 10 8
Lupinen	70
Schafgarbe	131
Kohlrabi	7

Tab. 5/32: Pb-210 in verschiedenen Probematerialien der Umgebung des KfK und aus dem Südschwarzwald

In Tabelle 5/32 werden die Analysenergebnisse für Pb-210 und Probematerialien aus der Umgebung des Kernforschungszentrums Karlsruhe und aus dem Südschwarzwald angegeben. Ein Teil der zu veraschenden Proben wurde bei höheren Temperaturen verascht als oben angegeben. Es muß daher damit gerechnet werden, daß die Werte maximal bis zum Faktor 2 unter den wirklichen Pb-210 Gehalten liegen.

5.6.4 Radiochemische Vorarbeiten zur Untersuchung des Verhaltens von Po-210 in der Umwelt

J. M. Godoy, H. Schüttelkopf

Die durch 1 pCi mit der Nahrung aufgenommenes Po-210 hervorgerufene Dosis ist wesentlich kleiner als die durch die gleiche Aktivität Pb-210 oder Ra-226 hervorgerufene Dosis. Da aber die Transferfaktoren Boden/Pflanze für Pb-210 und Po-210 wesentlich höher sind als die für Ra-226, erreichen die beiden genannten

Radionuklide eine vergleichbare Radiotoxizität wie das Ra-226. Um das Verhalten von Po-210 in der Umwelt genauer studieren zu können, wurde eine analytische Methode zur Bestimmung dieses Radionuklids in verschiedenen Probematerialien der Umwelt entwickelt.

Die eigentliche radiochemische Abtrennung von Po-210 erfolgt durch Deposition des Poloniums auf Silber. Die Abscheidung erfolgt aus HCl-saurer Lösung, wird bei 85 - 90 °C durchgeführt und dauert 1 1/2 Stunden. Für die Abscheidung von Polonium ist der Zusatz eines Reduktionsmittels notwendig und von den untersuchten Reduktionsmitteln hat Hydroxylaminhydrochlorid sich als bestes erwiesen. Zur Ausbeutenbestimmung wird Po-208 zugesetzt, das eine von Po-210 unterschiedliche α -Energie hat und daher für die Ausbeutenbestimmung durch α -Spektrometrie hervorragend geeignet ist.

Da Polonium bei höheren Temperaturen flüchtig ist, war es notwendig, eine Oxidationsmethode zu entwickeln, welche die Verflüchtigung von Po-210 vermeidet. Dies wurde durch Verwendung von Königswasser als Oxidationsmittel erreicht. Die Bestimmung von Po-210 in Erd-, Sediment- und Glasfilterproben setzt voraus, daß die Probematerialien mit HF vollständig aufgeschlossen werden. Aus Boden- und Sedimentproben scheidet sich während der Deposition des Poloniums eine bisher nicht bekannte Substanz auf der Silberoberfläche ab. Da dadurch das α -Spektrum der Probe wesentlich verschlechtert wird, wurde aus den Lösungen dieser Proben Polonium durch eine Mitfällung mit Te vom größten Teil der in Lösung gebrachten Salze abgetrennt. Nach einer Abtrennung des Te wird Polonium ohne Schwierigkeiten auf Silberfolie abgeschieden.

In Tabelle 5/33 werden erste Ergebnisse der Po-210 Konzentrationen in Umweltproben wiedergegeben.

Probematerial	Po-210-Konzentration
Oberflächenwasser:	in pCi/l:
Baggersee L.	0,046
Pfinz	0,035
Murg	0,032
Rhein	1,68
Erde	in pCi/g trocken
H2D	1,39
H2E	0,73
M9G	0,97
H3E	0,59
Nahrungsmittel und Pflanzen	in pCi/kg frisch
Kopfsalat	3,9
Kohl	3,9
Brot	2,2
Fleisch	1,5
Gras	39
Schafgarbe	29
Kiefernnadeln	254
Hufblattich	145

Tab. 5/33: Po-210-Gehalte verschiedener Probematerialien

5.6.5 Zur Radioökologie des Tritiums

5.6.5.1 Die Tritiumkonzentration von Niederschlägen, Oberflächen-, Grund- und Trinkwasser

M. Winter, K.-G. Langguth

Das seit 1971 laufende Meßprogramm zur langfristigen Beobachtung der Tritiumkonzentration von Niederschlägen, Oberflächen-, Grund- und Trinkwasser ist auch 1979 fortgeführt worden. Der Umfang des Probenahmeprogramms war Anfang 1978 auf 67 Probeentnahmestellen reduziert worden, die auch 1979 beibehalten wurden. Die Grund- und Trinkwasserproben stammen aus der näheren Umgebung des Kernforschungszentrums. Proben aus Brunnen und Bohrungen wurden als "Grundwasserproben" bezeichnet; "Trinkwasserproben" stammen aus Leitungswassernetzen. Das Tritiumprogramm für Oberflächenwasser beschränkte sich im wesentlichen auf die Ausmessung der uns vom Institut für Wasser- und Abfallwirtschaft der Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg 14-tägig zur Verfügung gestellten Rhein- und Neckar-Wasserproben. Tritiumbestimmungen in Niederschlägen erfolgten an Proben aus dem betrieblichen Überwachungsbereich des KfK, an Proben aus der näheren Umgebung bis zu rund 11 km Entfernung vom KfK und zum Vergleich an Proben aus der Umgebung der Kernkraftwerke Gundremmingen und Neckarwestheim.

Die Struktur des Probenahmeprogramms wird in Tab. 5/34 wiedergegeben.

Probenart	Zahl der Probe- nahmestellen		Probenahme- häufigkeit	Zahl der unter- suchten Proben
Grundwasser	9	4 4 1	1 x monatlich 1/4-jährlich 1/2-jährlich	66
Trinkwasser	9	9	1 x monatlich	93
Oberflächenwasser	33	9 24	1 x monatlich kontinuierlich	710
Niederschlag		5 6 5	arbeitstägl. nach Niederschlag 2 x monatlich 1 x monatlich	857
Summe	67			1 726

Tab. 5/34 : Art und Zahl der 1979 untersuchten Proben, Zahl der Probenahmestellen und Häufigkeit der Probenahme

Tritium im Niederschlag

Niederschlagsproben sind von besonderem Interesse, da ihre Tritiumkonzentration in Verbindung mit der Niederschlagsmenge die dem Boden zugeführte Tritiumaktivität bestimmt und sich so auf alle anderen Medien auswirkt. In Tab. 5/35 wurden die Meßergebnisse der Jahre 1978 und 1979 einander gegenübergestellt.

Standorte der Niederschlagssammler	1978			1979		
	M in mm	\bar{a} in nCi/l	A_F in nCi/m ²	M in mm	\bar{a} in nCi/l	A_F in nCi/m ²
<u>innerhalb KfK*</u>						
Meßhütte West	845	0,51	433	736	0,35	254
Meßhütte Nordost	839	2,10	1 769	733	0,61	449
WAK	819	1,49	1 226	742	0,94	685
Nordtor des KfK	791	1,63	1 290	719	1,59	1 141
am Sandfang V	828	0,62	511	753	0,53	397
nördlich Wasserwerk Nord	748	1,62	1 209	715	1,53	1 095
Mittelwert	811	1,32	1 073	733	0,93	670
<u>außerhalb KfK</u>						
Augustenberg (Grötzingen)	775	0,26	201	804	0,21	167
Bruchsal	893	0,36	321	617	0,25***	151
Eggenstein	854	0,33	281	727	0,25	180
WW Tiefgestade (Leopoldshafen)	803	0,33	263	653	0,24	157
Leopoldshafen	835	0,32	264	756	0,25	192
Mittelwert	832	0,32	266	711	0,24	169
<u>Kernkraftwerk Gundremmingen</u>						
Niederstotzingen	658	0,27	178	562	0,21***	118
Dischingen (Buchmühle)	649	0,30	193	532	0,20***	108
Mittelwert	653	0,28	185	547	0,21	113
<u>Gemeinschaftskernkraftwerk Neckarwestheim (GKN)</u>						
Meßhütte I, Neckarwestheim	769	0,30	232	587	0,20	115
Meßhütte II, Lauffen	769	0,32	243	587	0,22	127
Meßhütte III, Kirchheim	769	0,29	226	587	0,19	113
Mittelwert	769**	0,30	234	587**	0,20	118

*Lage der Sammelstellen siehe Plan nach S. 80

**Messung der Niederschlagsmenge auf dem Betriebsgelände des GKN

***Bei der Bildung der Jahresmittelwerte wurde ein fehlender Monatswert durch den Mittelwert des Restjahres ersetzt.

Tab. 5/35 : Niederschlagsmenge M, mittlere Tritiumkonzentration \bar{a} und Tritiumflächenbelastung A_F für Sammelstellen innerhalb und außerhalb des KfK für die Jahre 1978 und 1979

Die innerhalb des betrieblichen Überwachungsbereiches des KfK gesammelten Niederschläge (siehe Lageplan nach S. 80) haben 1979 im Mittel zu einer Tritiumflächenbelastung von rund $0,7 \mu\text{Ci}/\text{m}^2$ geführt. Diese Abnahme um 38 % gegenüber dem Vorjahreswert ist hauptsächlich auf eine entsprechende Abnahme der Tritiumemission der FERAB-Anlage und einen damit verbundenen geringeren Wash-out von tritiiertem Wasserdampf aus der Abluftfahne dieses Emittenten und nur zu einem geringen Teil auf die im Vergleich zum Vorjahr verringerte Niederschlagsmenge zurückzuführen. Die bebauten Fläche des KfK (Straßen und Gebäude) beträgt rund $0,5 \text{ km}^2$. Damit und mit der mittleren Tritiumflächenbelastung läßt sich abschätzen, daß mit den Niederschlägen über die Regenwasserkanalisation 1979 rund $0,3 \text{ Ci}$ Tritium in den Hirschkanal eingeleitet wurden.

Bei den 5 Sammelstellen außerhalb der KfK hat die mittlere Tritiumflächenbelastung sowohl infolge geringerer Niederschläge als auch aufgrund der geringeren mittleren Tritiumkonzentration der Niederschläge um rund 37 % abgenommen. Die Sammelstellen sind rund 2,5 km bis 11 km vom KfK entfernt und können als von den Tritiumemissionen des KfK unbeeinflusst angesehen werden. Die Tritiumflächenbelastung A_F (außerhalb KfK) betrug hier 1979 im Mittel $169 \text{ nCi}/\text{m}^2$. Zieht man diesen Betrag von den Einzelwerten der Gesamtflächenbelastung an den Sammelstellen innerhalb des KfK (s. oberen Teil der Tab. 5/35) ab, so erhält man für diese Sammelstellen die Flächen-Immissionen aufgrund der Tritiumableitungen der verschiedenen Emittenten des KfK. Tab. 5/36 zeigt die Ergebnisse.

Standorte der Niederschlagssammler innerhalb des KfK	Gesamt-Tritiumflächenbelastung A_F ($\hat{=}$ 100 %) in nCi/m^2	Anteil der Tritium-Flächenimmission ΔA_F an der Gesamt-Flächenbelastung	
		$\Delta A_F = A_F$ (innerh. KfK) - A_F (außerh. KfK) in nCi/m^2	in %
Meßhütte West	254	85	33
Meßhütte Nordost	449	280	62
WAK	685	516	75
Nordtor	1 141	972	85
am Sandfang V	397	228	57
nördlich Wasserwerk Nord	1 095	926	85

Tab. 5/36 : Anteil der durch die Tritiumableitungen mit der Abluft bedingten Flächenimmissionen an den Gesamt-Tritiumflächenbelastungen durch Niederschläge 1979

Die höchsten Tritium-Flächenimmissionen wurden für die Sammelstellen am Nordtor und nördlich vom Wasserwerk Nord ermittelt. Sie erreichten dort 85 % der Gesamtflächenbelastung. Der kleinste Immissionswert ergab sich für die Sammelstellen der Meßhütte "West", entsprechend nur 33 % der Gesamtflächenbelastung. Das sich ergebende Verteilungsmuster der Tritium-Flächenimmissionen innerhalb des betrieblichen Überwachungsbereiches des KfK stimmt qualitativ mit der Erwartung überein, die sich aus der Berücksichtigung der Lage der Sammelstellen und der mit der Niederschlagshäufigkeit korrelierten Windrichtungshäufigkeitsverteilung ergibt.

Tritium in Oberflächengewässern

In den Tabellen 5/37 und 5/38 wurden die Jahresmittelwerte der Tritiumkonzentration von Rhein und Neckar für die Jahre 1978 und 1979 einander gegenübergestellt. Das Probenahmeprogramm erfaßt mit 11 Probenahmestellen eine Rheinstrecke von knapp 400 km zwischen Öhringen-Stiegen (Fluß-km 29) und Mannheim (Fluß-km 426,2) und mit 13 Probenahmestellen den Neckarabschnitt zwischen Feudenheim (Fluß-km 8,1) und Deizisau (Fluß-km 199,7). Die Probenahmen erfolgten, wie bereits eingangs erwähnt, mit Ausnahme von 3 Stellen kontinuierlich in Intervallen von rund 15 Tagen durch das Institut für Wasser- und Abfallwirtschaft. Die Ausnahmen betreffen die Probenahmestellen bei Leopoldshafen, Rheinhausen und Speyer. An diesen 3 Orten (in Tab. 5/37 durch * gekennzeichnet) wurden monatlich Flußwasser-Stichproben genommen.

Rhein			
Fluß- km	Ort	³ H-Konzentration in nCi/l	
		1978	1979
29	Ühringen-Stiegen	0,36	0,38
91	Reckingen	0,38	0,36
113	Albrück-Dogern	0,39	0,40
155	Wyhlen	0,39	0,37
224,7	Breisach (Restrhein)	0,37	0,39
248,9	Weisweil	0,40	0,39
362,2	Maxau	0,37	0,39
372	*Leopoldshafen (Fähre)	0,39	0,36
392,6	*Rheinhausen	0,81	0,78
400	*Speyer	0,36	0,36
426,2	Mannheim	0,45	0,47
Mittelwert		0,42	0,42
Mittelwert ohne km 392,6 (Ein- leitung der KfK-Abwässer)		0,38	0,39

Neckar			
Fluß- km	Ort	³ H-Konzentration in nCi/l	
		1978	1979
8,1	Feudenheim	0,34	0,34
18,1	Schwabenheim	0,33	0,33
31,0	Neckargemünd	0,34	0,34
72,5	Guttenbach	0,37	0,33
93,9	Gundelsheim	0,32	0,34
104,1	Kochendorf	0,34	0,38
118,0	Horkheim	0,34	0,35
125,5	Lauffen	0,33	0,33
143,1	Hessigheim	0,32	0,31
165,2	Poppenweiler	0,30	0,31
172,3	Aldingen	0,32	0,33
187,0	Stuttg.-Untertürk.	0,32	0,35
199,7	Deizisau	0,34	0,35
Mittelwert		0,30	0,34

Tab. 5/37 : Tritiumkonzentrationswerte des Rheins für 1978 und 1979

Tab. 5/38 : Tritiumkonzentrationswerte des Neckars für 1978 und 1979

In den Tab. 5/37 und 5/38 wurden außer den Jahresmittelwerten für die einzelnen Probenahmeorte Gesamtmittelwerte für die überwachten Rhein- und Neckarabschnitte angegeben. Sie zeigen, daß die mittleren Tritiumkonzentrationen des Neckars um ca. 13 % gegenüber dem Vorjahr zugenommen haben, während die Tritiumkonzentrationen des Rheins nahezu unverändert blieben.

Für den Rheinabschnitt zwischen Ühringen-Stiegen und Mannheim wurden die Längsprofile der mittleren Tritiumkonzentration für 1977, 1978 und 1979 in Abb. 5/8 graphisch dargestellt.

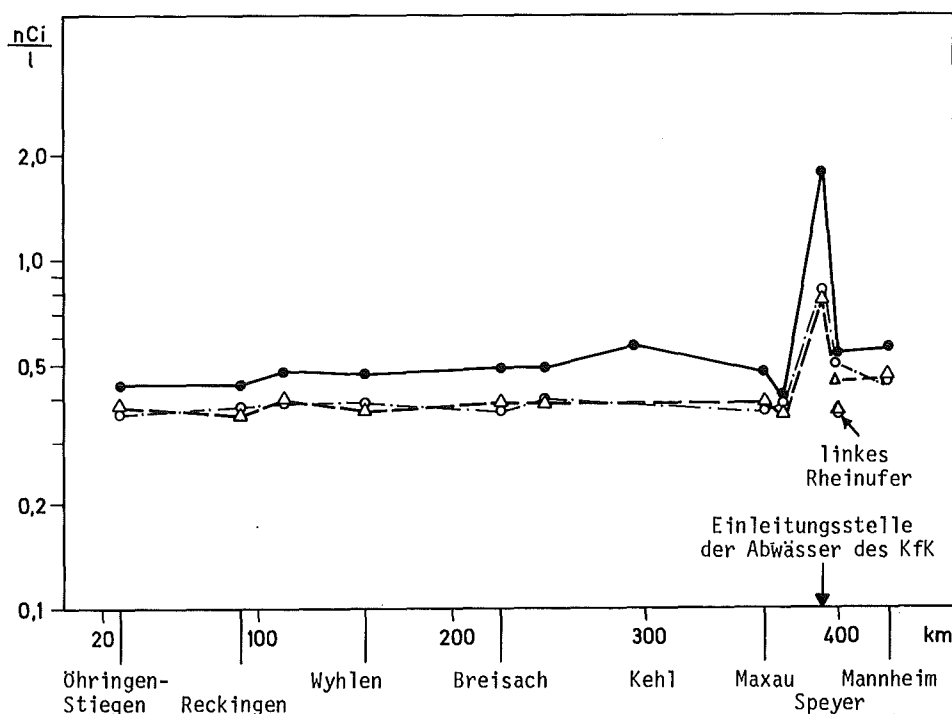


Abb. 5/8 : Tritiumkonzentrationsprofile des Rheins für die Jahre 1977 (—), 1978 (---) und 1979 (-.-.-)

An der Probenahmestelle "Rheinhausen" bei Fluß-km 392,6, kurz unterhalb der Einmündungsstelle des 23,6 km langen Vorfluters für die Abwässer des KfK, wurden Spitzenwerte der Tritiumkonzentration gefunden, die auf die Tritiumableitungen aus den Endbecken der Abwasserkläranlage des KfK (siehe Kap. 5.2) zurückzuführen sind.

Die Jahresmittelwerte der Tritiumkonzentration lagen 1978 und 1979 bei Fluß-km 392,6 um den Faktor 2 über dem Profilmittelwert der rund 400 km langen Rheinstrecke zwischen Öhringen-Stiegen und Mannheim. In diesem Zusammenhang interessiert die Frage, wieviele Kilometer unterhalb der Einmündungsstelle der KfK-Abwässer eine Gleichverteilung der Tritium-Konzentration über die gesamte Breite des Rheins erreicht wird. Um hierzu eine erste Aussage zu gewinnen, wurden seit Januar 1978 bei Fluß-km 400 an der Rheinbrücke von Speyer monatlich Wasserproben an beiden Rheinufern genommen. Dabei zeigte sich, daß 7,4 km unterhalb der Abwasser-einleitungsstelle noch keine Gleichverteilung quer zur Flußrichtung des Rheins erreicht ist. Die Jahresmittelwerte der Tritiumkonzentrationen lagen am rechten Rheinufer 1978 um 44 % und 1979 um 31 % über denen des linken Rheinufers. Damit wird deutlich, daß die Querausbreitung der "Abwasserfahne" nur sehr langsam fortschreitet. Im Jahresmittel nimmt also die Tritiumkonzentration rechtsrheinisch auf 7 km Länge nur um rund 40 % ab. In Abb. 5/8 wurden zum Vergleich auch die Jahresmittelwerte der Tritiumkonzentration für das linke Rheinufer von Speyer eingetragen. Für eine systematische Untersuchung des Ausbreitungsverhaltens der tritiumhaltigen "Abwasserfahne" im Rhein wäre eine beträchtliche Erhöhung der Zahl der Probenahmestellen erforderlich.

Tritium in Grund- und Trinkwasser

In den Tabellen 5/39 und 5/40 wurden die Jahresmittelwerte der Tritiumkonzentration von Grund- und Trinkwasser für 1978 und 1979 aus der Umgebung des KfK zusammengestellt. Bei der Berechnung der Mittelwerte wurde für Proben mit Tritiumkonzentrationen unterhalb der Nachweisgrenze die Hälfte der Nachweisgrenze eingesetzt. Die Meßwerte des Jahres 1979 lassen gegenüber den Vorjahreswerten keine wesentlichen Veränderungen erkennen.

Tab. 5/40 enthält für Trinkwasser zusätzlich die mittleren Tritiumkonzentrationen für 1977, da im Jahresbericht für 1978 (KfK 2775) versehentlich unter 1977 die Mittelwerte für 1976 angegeben worden waren.

Aus den Jahresmittelwerten der Tritiumkonzentration des Trinkwassers läßt sich für die überwachten Ortschaften die Strahlenbelastung der Bevölkerung durch Tritium abschätzen. Entsprechend der Streubreite der Konzentrationsmittelwerte ergibt sich bei Verwendung des Qualitätsfaktors für die β -Strahlung des Tritiums von $QF = 1$ (entsprechend ICRP 30) für die Strahlenbelastung ein Bereich von 13 $\mu\text{rem/a}$ bis 34 $\mu\text{rem/a}$.

Probenahmeort	Jahresmittelwerte der Tritiumkonzentration in nCi/l	
	1978	1979
* Wasserwerk Tiefgestade	0,41	0,36
* Wasserwerk Süd im KfK	0,14	0,23
* Wasserwerk Leopoldshafen	0,38	0,30
* Wasserwerk Linkenheim	0,26	0,22
* Wasserwerk K'he-Hardtwald	0,15	0,26
* Schluckbrunnen A (WAK)	0,40	0,47
* Schluckbrunnen B (WAK)	0,35	0,48
Beobachtungsbrunnen Nr. 16	0,27	0,32
Beobachtungsbrunnen Nr. 20	0,47	0,41

* siehe Lageplan nach S. 78

Tab. 5/39 : Jahresmittelwerte der Tritiumkonzentration des Grundwassers in der näheren Umgebung des KfK

Probenahmeort	Jahresmittelwerte der Tritiumkonzentration in nCi/l		
	1977	1978	1979
Eggenstein	0,20	0,19	0,25
Förch-Niederbühl	0,31	0,36	0,33
Friedrichstal	0,25	0,24	0,26
Karlsruhe	0,17	0,17	0,22
Durlach	0,27	0,23	0,22
Leopoldshafen	0,33	0,32	0,34
Obergrombach	0,28	0,23	0,28
Speyer	0,11	0,10	0,13
KfK (Gebäude der HS)	-	0,26	0,21

Tab. 5/40 : Jahresmittelwerte der Tritiumkonzentration des Trinkwassers

5.6.5.2 Die Tritiumkonzentration des Gewebewassers pflanzlicher Nahrungsmittel

M. Winter, N. Meinberg de Moraes

Der Tritiumgehalt des freien Gewebewassers von pflanzlichen Nahrungsmitteln wurde an insgesamt 31 Proben für 18 verschiedene Nahrungsmittel bestimmt. Das freie Gewebewasser wurde den pflanzlichen Frischsubstanzen durch azeotrope Destillation mit Xylol entzogen. Die gewonnenen Tritiumkonzentrationen und ihre 2σ -Fehler wurden in Tab. 5/41 zusammengestellt. Die Wassergehalte der Proben in Gewichtsprozenten werden ebenfalls in Tab. 5/41 angegeben.

Bei den untersuchten pflanzlichen Nahrungsmitteln handelte es sich um Getreide (Weizen- und Roggenkörner) und um verschiedene Gemüsesorten. An Beerenobst wurden nur Erdbeeren und Kirschen untersucht. Alle Proben stammen aus Anbaugebieten in den beiden Hauptausbreitungssektoren (s. Lageplan S. 78) in der Umgebung des KfK.

Für die aus dem 1. Hauptausbreitungssektor (häufigste Ausbreitungsrichtung) stammenden Proben ergab sich ein Tritiumkonzentrationsbereich von 0,27 pCi/ml bis 1,2 pCi/ml. Die mittlere Konzentration lag, ohne Ansehen der Pflanzensorte, bei rund 0,6 pCi/ml. Dagegen erwies sich für die Proben aus dem 2. Hauptausbreitungssektor der Streubereich der gemessenen Tritiumkonzentrationen als deutlich enger. Er reichte von 0,17 pCi/ml bis 0,45 pCi/ml. Als Mittelwert ergab sich 0,32 pCi/ml. Dies entspricht 54 % des Mittelwertes für den 1. Hauptausbreitungssektor.

Für die Proben aus dem 2. Hauptausbreitungssektor (Raum Eggenstein-Leopoldshafen) lassen sich zwischen den verschiedenen Nahrungsmittelsorten keine signifikanten Unterschiede an den Tritiumkonzentrationswerten ablesen. Anders für die Proben aus dem 1. Hauptausbreitungssektor (Raum Friedrichstal): Hier wurden im Mittel im Gewebewasser von Getreidekörnern rund doppelt so hohe Tritiumkonzentrationen wie im Gewebewasser der Gemüseproben gefunden.

In Stichproben von Importkartoffeln aus Holland und Italien und von Importmöhren aus Ägypten lagen die Tritiumkonzentrationen unter der Nachweisgrenze von 0,17 pCi/ml.

Ergänzende Messungen der Tritiumkonzentration der Bodenfeuchte von 3 Bodenproben aus dem Raum Friedrichstal und von 7 Bodenproben aus dem Raum Eggenstein-Leopoldshafen ergaben Werte zwischen 0,2 pCi/ml und 0,5 pCi/ml. Der Tritium-Konzentrationsmittelwert von 0,31 pCi/ml liegt um 24 % über dem Konzentrationsmittelwert der Niederschläge in der näheren Umgebung des KfK (s. Tab. 5/35). Die Bodenproben wurden jeweils von den Anbauflächen der untersuchten pflanzlichen Nahrungsmittel genommen. Die Konzentrationsverhältnisse a (Bodenfeuchte) zu a (Pflanzenwasser) schwankten zwischen 0,3 und 1,7. Im Mittel ergab sich erwartungsgemäß eine Verhältniszahl von fast genau 1.

Pflanzliche Nahrungsmittel	1. Hauptausbreitungssektor (Raum Friedrichstal)			2. Hauptausbreitungssektor (Raum Eggenstein-Leopoldshafen)		
	Datum der Probe- nahme	Wasser- gehalt	Tritiumkonz. in pCi/ml	Datum der Probe- nahme	Wasser- gehalt	Tritiumkonz. in pCi/ml
		in %	a ± Δa		in %	a ± Δa
GETREIDE:						
- Weizen (Körner)	26.07.1979	10,7	1,20 ± 0,20	27.07.1979	10,4	0,18 ± 0,15
- Roggen (Körner)	02.08.1979	9,0	0,76 ± 0,17	31.07.1979	8,9	0,42 ± 0,16
BLATTGEMÜSE:						
- Kopfsalat	28.06.1979	89,3	0,27 ± 0,17	01.06.1979	94,6	0,22 ± 0,18
- Feldsalat	-			12.01.1979	90,5	0,40 ± 0,17
				07.11.1979	92,3	0,53 ± 0,16
KOHLGEMÜSE:						
- Weißkohl	28.08.1979	88,6	0,58 ± 0,17	03.07.1979	94,4	0,27 ± 0,17
- Rotkohl	11.09.1979	85,9	0,60 ± 0,16	10.07.1979	92,1	0,28 ± 0,17
- Wirsingkohl	28.08.1979	89,5	0,57 ± 0,16	03.09.1979	84,6	0,31 ± 0,15
- Rosenkohl	-			11.01.1979	81,7	0,45 ± 0,20
				07.11.1979	85,3	0,49 ± 0,16
- Blumenkohl	-			03.07.1979	89,9	0,24 ± 0,17
- Kohlrabi	-			03.07.1979	90,9	0,29 ± 0,16
WURZEL- UND KNOLLENGEMÜSE:						
- Kartoffeln	11.09.1979	71,0	0,42 ± 0,17	03.09.1979	78,9	0,41 ± 0,17
- Möhren	26.07.1979	85,4	0,46 ± 0,17	10.07.1979	87,2	0,17 ± 0,16
- Rote Rüben	11.09.1979	80,1	0,51 ± 0,17	03.09.1979	83,1	0,36 ± 0,16
- Rettich	-			03.07.1979	93,3	0,18 ± 0,18
AUSDAUERENDE GEMÜSE:						
- Spargel	29.05.1979	-	0,48 ± 0,18	05.06.1979	93,4	0,28 ± 0,17
HÜLSENFRÜCHTE						
- Erbsen (Frucht)	-			03.07.1979	76,8	0,17 ± 0,16
- Erbsen (Schote)	-			03.07.1979	84,5	0,22 ± 0,17
OBST:						
- Erdbeeren	-			20.06.1979	89,6	0,45 ± 0,18
- Kirschen	11.07.1979	-	0,59 ± 0,19	-		

Tab. 5/41 : Tritiumgehalt des Gewebewassers pflanzlicher Nahrungsmittel aus den beiden Hauptausbreitungssektoren in der Umgebung des KfK.

5.6.6 Strahlenbelastung der Bevölkerung durch Radon- und Thoronfolgeprodukte in Wohnräumen

M. Urban

Zur Abschätzung einer mittleren Inhalationsdosis durch den natürlichen Gehalt der Raumluft an Radon- und Thoronfolgeprodukten wurden 1979 über 100 Messungen im Raum Karlsruhe, Kraichgau, nördlicher Schwarzwald durchgeführt. Gemessen wurden die Raumluftkonzentrationen der kurzlebigen Radon- bzw. Thoronfolgeprodukte Po-218, Pb-214, Bi-214 und Pb-212/Bi-212. Bei der Mehrzahl wurde auch eine Außenmessung durchgeführt. Statistische Angaben über die Wohnungen wie Etage, Baustoffe, Alter usw. wurden mit Fragebogen erfaßt.

Es wird das im Jahresbericht 1978 vorgestellte Meßverfahren eingesetzt. Radonfolgeprodukte werden auf Glasfaserfilter gesammelt, dessen zeitlicher α -Aktivitätsverlauf mit Großflächenzählrohr gemessen wird. Daraus werden die Aktivitätskonzentrationen berechnet. Vergleichsmessungen mit einem an der Universität Gießen verwendeten alphaspektrometrischen Filterverfahren [Wi 79] zeigten recht gute Übereinstimmung. Beide Verfahren wurden mehrere Male miteinander durch Parallelmessung verglichen. In Tab. 5/42 sind die Ergebnisse in Form von potentiellen Alphaenergiekonzentrationen (WL) gegenübergestellt. Bei der potentiellen Alphaenergiekonzentration von 1 WL (= 1 Working Level) wird in jedem Liter Luft eine Alphaenergie von $1,3 \cdot 10^5$ MeV frei, wenn alle darin enthaltenen kurzlebigen Atome vollständig zerfallen.

Die Messungen wurden vorwiegend in zwei sich geologisch unterscheidenden Gebieten durchgeführt, im Kraichgau (Boden: Lehm, Löß, Kalk) und im nördlichen Schwarzwald (Boden: Buntsandstein, Granit). Die Einzelkonzentrationen aus Radon- bzw. Thoron-Zerfallsprodukten wurden zur potentiellen Alphaenergiekonzentration bzw. Lungendosis nach UNSCEAR '77 zusammengefaßt und in Abb. 5/8 und 5/2 jeweils in einer Häufigkeitsverteilung dargestellt. Die Verteilungen sind sehr unsymmetrisch, lassen sich jedoch durch eine logarithmische Normalverteilung annähernd beschreiben. Als Medianwert und geometrische Standardabweichung σ_g wurden für beide Gebiete

	Median-Wert	σ_g	Lungendosis
Radon-Zerfallsprodukte	$1,7 \cdot 10^{-3}$ WL	3,1	280 mrem
Thoron-Zerfallsprodukte	$1,5 \cdot 10^{-3}$ WL	2,0	124 mrem

ermittelt für Lehm, Löß, Kalk

	Median-Wert	σ_g	Lungendosis
Radon-Zerfallsprodukte	$2,1 \cdot 10^{-3}$ WL	2,7	346 mrem
Thoron-Zerfallsprodukte	$1,3 \cdot 10^{-3}$ WL	2,7	108 mrem

und für Buntsandstein, Granit

	Median-Wert	σ_g	Lungendosis
Radon-Zerfallsprodukte	$1,3 \cdot 10^{-3}$ WL	3,4	214 mrem
Thoron-Zerfallsprodukte	$1,7 \cdot 10^{-3}$ WL	1,3	140 mrem

Vergleicht man das Verhältnis Radon- zu Thoronfolgeproduktkonzentrationen in den Gebieten, 1,6 bei Lehm, Löß, Kalk bzw. 0,72 bei Buntsandstein, Granit, so scheint die Bodenbeschaffenheit eine Ursache für Schwankungen zu sein, eine weitere wäre durch Bodenbeschaffenheit bedingte regional verschiedene Baustoffe. In Tab. 5/43 sind die Ergebnisse nach Baustoffen zusammengefaßt. Auf einen Zusammenhang zwischen gefundener Konzentration und Baumaterial deutet zunächst nichts hin.

Bestimmend für die Radon- bzw. Thoronfolgeproduktkonzentration in Raumlufte ist die Exhalationsrate der Wände und die Lüftung des Raumes. Die Exhalationsrate hängt im wesentlichen vom Ra-226- und Th-232-Gehalt des Baumaterials ab, weniger vom Untergrund. Dennoch spielen geologische Unterschiede eine gewisse Rolle, wie die Ergebnisse (Tab. 5/44) andeuten, da oft Baumaterial aus der näheren Umgebung verwendet wird. Die Lüftung und damit die Ventilationsrate wird neben baulichen Gegebenheiten (Wärmeisolierung) von meteorologischen Bedingungen (Wind, Jahreszeit etc.) und von den Lebensgewohnheiten beeinflusst. Eine Freisetzung von Radon aus Trinkwasser spielt bei uns, wie Messungen ergaben, keine Rolle. Es wurden sowohl der Radongehalt in Trinkwasser (250 pCi l^{-1}), als auch der Radonfolgeproduktanstieg in Duschräumen bestimmt. Thoronfolgeprodukte tragen mit einem Drittel zu der Inhalationsdosis für die Lunge bei und können damit nicht vernachlässigt werden. Legt man eine ln-normale Verteilungsfunktion für die ermittelten Dosiswerte zugrunde, erhält man als mittlere Lungendosis 400 mrem/a bei $7\,000 \text{ h}$ Exposition. Einzelne Spitzenwerte waren jedoch um den Faktor $10 - 12$ über dem Mittelwert.

Die im Freien ermittelten Werte für die potentielle Alphaenergiekonzentration waren durchweg kleiner als die Raumlufte werte. Für die Radonzerfallsprodukte lagen sie im Mittel 3- bis 4-fach, für die Thoronzerfallsprodukte 5- bis 8-fach niedriger.

Der größte Teil der Messungen wurde im Sommer durchgeführt. In den Wintermonaten ist wahrscheinlich durch geänderte Lüftungsverhältnisse mit höheren Werten zu rechnen. Die Untersuchungen werden fortgeführt, dabei soll zusätzlich ein zeitlich integrierendes Meßverfahren eingesetzt werden.

Literatur:

[WI 79] Wicke, A. Dissertation 1979, Universität Gießen

	Potentielle Alphaenergiekonzentration in 10^{-3}WL (2σ - Fehler)	
	Karlsruhe	Gießen
12.00 h Rn-Zerfallsprodukte	$9,7 \pm 0,5$	$11,1 \pm 0,6$
Tn-Zerfallsprodukte	$2,1 \pm 0,5$	$2,4 \pm 0,5$
13.00 h Rn-Zerfallsprodukte	$9,1 \pm 0,7$	$9,9 \pm 0,6$
-Zerfallsprodukte	$2,1 \pm 0,4$	$2,3 \pm 0,5$
14.00 h Rn-Zerfallsprodukte	$11,1 \pm 0,7$	$11,0 \pm 0,6$
Tn-Zerfallsprodukte	$0,4 \pm 0,5$	$1,8 \pm 0,5$
Außen Rn-Zerfallsprodukte	$0,29 \pm 0,05$	$0,23 \pm 0,13$

Tab. 5/42: Ergebnisse von Kalibrierungsvergleichsmessungen am 23.2.1979

Baumaterial	Minimum				Mittelwert *)				Maximum			
	pot. α -Energie- konzentration		Inhalations- dosis		pot. α -Energie- konzentration		Inhalations- dosis		pot. α -Energie- konzentration		Inhalations- dosis	
	10^{-3} WL		mrem/a		10^{-3} WL		mrem/a		10^{-3} WL		mrem/a	
	Radon	Thoron	Radon	Thoron	Radon	Thoron	Radon	Thoron	Radon	Thoron	Radon	Thoron
Leichtbeton	0,43	0,05	70	4	1,17	1,09	190	90	12,66	4,02	2080	330
Ziegel	0,41	0,86	70	74	2,02	1,75	330	140	8,08	12,52	1330	1030
Lehm/Holz	0,36	0,11	60	9	1,43	0,99	240	80	8,45	13,14	1390	1080
Beton	0,73	0,24	120	19	2,81	1,25	460	100	24,19	10,17	3980	840
Naturstein	0,74	0,90	120	74	11,11	3,32	1830	270	21,34	14,10	3520	1160

*) als Mittelwert wird der 50 %-Wert der ln-normalverteilten Summenhäufigkeit angegeben

Tab. 5/43: Zuordnung der Meßwerte zum jeweiligen Baumaterial der Wände

	Minimum				Mittelwert				Maximum			
	pot. α -Energie- konzentration		Inhalations- dosis		pot. α -Energie- konzentration		Inhalations- dosis		pot. α -Energie- konzentration		Inhalations- dosis	
	10^{-3} WL		mrem/a		10^{-3} WL		mrem/a		10^{-3} WL		mrem/a	
	Radon	Thoron	Radon	Thoron	Radon	Thoron	Radon	Thoron	Radon	Thoron	Radon	Thoron
Gesamte Meßreihe	0,36	0,11	60	10	1,70	1,50	280	124	24,19	14,10	3980	1160
Lehm, Löß, Kalk	0,58	0,55	95	45	2,11	1,28	350	105	21,30	14,10	3520	1160
Buntsand- stein, Granit	0,38	0,21	63	17	1,25	1,74	210	143	14,69	13,14	2490	1080

Tab. 5/44: Zuordnung der Meßwerte zur jeweiligen geologischen Bodenbeschaffenheit

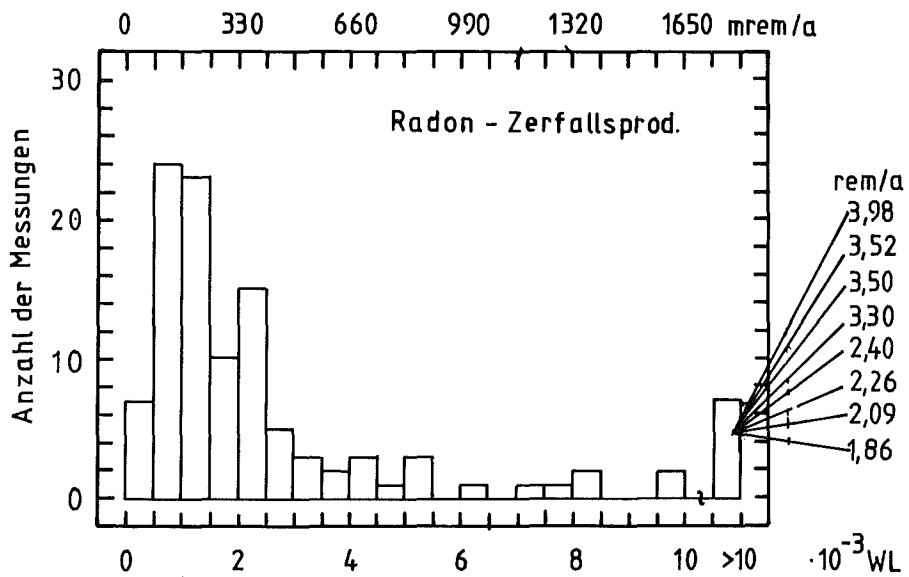
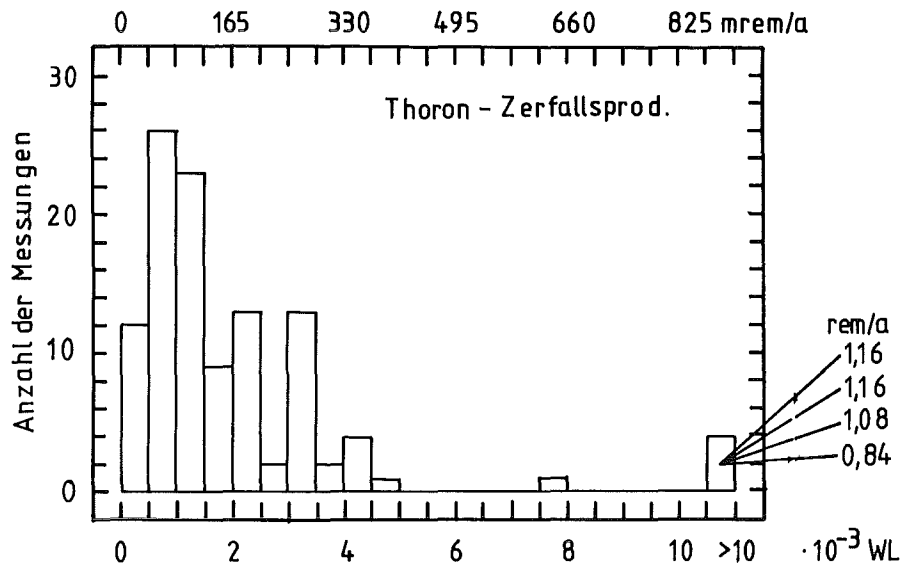


Abb. 5/8: Häufigkeitsverteilung der pot. α-Energiekonzentration bzw. Inhalationsdosis in Wohnräumen

6. Dosimetrie

6.1 Strahlenexposition der Mitarbeiter des KfK in den Jahren 1969 - 1978

W. Koelzer

6.1.1 Gesamtdosis

Neben den jeweiligen Personendosis- und Inkorporationsmeßwerten eines Jahres, die für das Jahr 1979 in den Kapiteln 6.2 und 6.6 angegeben sind, und die eine Art Momentaufnahme darstellen, ist für die Zwecke des Strahlenschutzes ein zusammenfassender Überblick über einen längeren Zeitraum aufschlußreich.

Für die Analyse der Strahlenbelastung der Mitarbeiter der KfK GmbH. in der Dekade von 1969 bis 1978 wurden die Meßergebnisse der Phosphatglasdosimetrie herangezogen, da alle Mitarbeiter, und nicht nur die beruflich strahlenexponierten Personen, mit Glasdosimetern überwacht werden.

In der Tabelle 6/1 sind die Anzahl der in den einzelnen Jahren überwachten Mitarbeiter, die Gesamtdosis und die mittlere Jahresdosis - beide Dosiswerte einschließlich der natürlichen Strahlung - aufgelistet.

Die Häufigkeitsverteilung der bei den Mitarbeitern in den Jahren 1969 bis 1978 gemessenen Strahlendosis - einschließlich natürlicher Strahlung - ist in Abb. 6/1 wiedergegeben.

Jahr	Anzahl der überwachten Personen	Gesamtdosis rem	mittlere Dosis pro Person mrem/a
1969	2 837	390	138
1970	2 785	410	147
1971	2 992	455	152
1972	2 894	613	212
1973	3 096	663	214
1974	2 841	568	200
1975	2 782	431	155
1976	3 000	478	159
1977	3 157	499	158
1978	3 194	507	159
1969 - 1978	29 578	5 014	170

Tab. 6/1: Gesamtdosis und mittlere Dosis der Mitarbeiter des KfK, 1969 - 1978

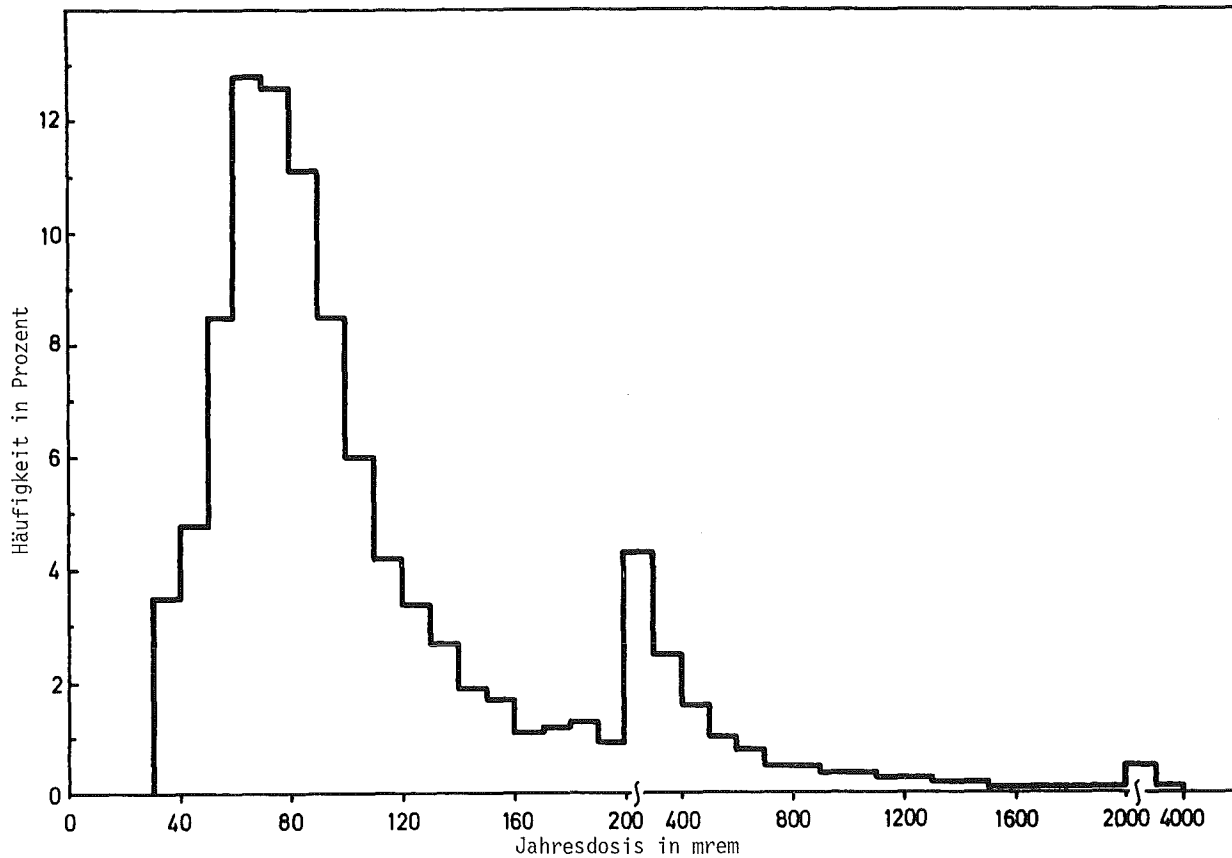


Abb. 6/1: Externe Strahlendosis - einschließlich natürlicher Strahlung - der Mitarbeiter des KfK, 1969-1978

6.1.2 Dosisverteilung auf einzelne Arbeitsgebiete

Einen detaillierteren Einblick in die Strahlenbelastung der Mitarbeiter erhält man bei einer Analyse der Jahresdosisverteilung nach einzelnen Arbeitsgebieten. So ist aus der Tab. 6/2 die höhere Strahlenbelastung der Mitarbeiter in den Betrieben zur Behandlung und Endkonditionierung radioaktiver Abfälle ersichtlich. Aus Tab. 6/3 ist abzulesen, daß die Mitarbeiter aus diesem Arbeitsbereich, obwohl sie nur 5 % der gesamten Mitarbeiterzahl ausmachen, 42 % der gesamten beruflich bedingten Strahlendosis der Jahre 1969 - 1978 erhalten haben. Daß das Strahlenschutzpersonal den 2. Platz in der Liste einnimmt, ist nicht weiter verwunderlich, ist doch dieser Personenkreis immer "an vorderster Front" im Einsatz.

Arbeitsgebiet	mittl. Anzahl der Personen 1969 - 1978	durchschnittliche Jahresdosis pro Person in mrem										
		1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1969-1978
Dekontamination und Abfallbehandlung	149	693	465	753	1140	1690	1060	802	617	531	500	804
Strahlenschutz (Kontrollbereich)	64	217	328	310	501	698	486	385	348	353	374	397
Zyklotron	53	370	370	424	273	330	380	260	268	347	474	350
Reaktorbetrieb	270	414	367	271	376	300	317	260	267	220	227	292
chem. Institute	269	263	260	244	256	261	230	170	269	239	239	238
Versorgungsbetriebe	377	-	-	-	190	133	155	127	122	108	123	133
phys. Institute	484	93	83	91	95	88	100	93	84	96	104	92
biol. und med. Institute	63	74	71	78	81	102	82	79	78	86	106	83
sonstige	1343	70	81	83	89	87	98	72	76	88	85	82
gesamt	2958	138	147	152	212	214	200	155	159	158	159	170

Tab. 6/2: Durchschnittliche externe Strahlendosis - einschl. natürlicher Strahlung - der Mitarbeiter des KfK in verschiedenen Arbeitsgebieten in den Jahren 1969 - 1978

Arbeitsgebiet	gesamte externe berufliche Strahlendosis in rem	Mitarbeiter in %	Dosis in %	Verhältnis Dosis/Mitarbeiter
Dekontamination und Abfallbehandlung	1 075	5,0	42	8,4
Strahlenschutz (Kontrollbereich)	203	2,2	8	3,6
Zyklotron	142	1,8	5	2,8
Reaktorbetrieb	568	9,1	22	2,4
chem. Institute	420	9,1	16	1,8
Versorgungsbetriebe	133	8,9	5	0,6
phys. Institute	48	16,4	2	0,1
biol. und med. Institute	0	2,1	0	0
sonstige	0	45,4	0	0

Tab. 6/3: Verhältnis der Zahl der Mitarbeiter eines Arbeitsgebietes zur externen beruflichen Dosis in diesem Arbeitsgebiet, 1969 - 1978

6.1.3 Statistische Analyse

Die von 1969 bis 1978 gemessene externe Gesamtdosis einschließlich des natürlichen Untergrundes beträgt 5 014 rem. Berücksichtigt man die externe natürliche Strahlenbelastung, die sich nach Tab. 6/2 aus der Dosis der nicht beruflich strahlenexponierten Personen (sonstige) zu 82 mrem/Jahr ergibt, so folgt eine auf den Umgang mit radioaktiven Stoffen und ionisierende Strahlung zurückzuführende externe Strahlendosis von 2 590 rem. Daraus folgt als Mittelwert der beruflichen Strahlenexposition für die als beruflich strahlenexponierte Personen eingestuftten Mitarbeiter - das waren im Mittel über die letzten Jahre 55 % - eine Jahresdosis von 160 mrem.

Die Verteilung der externen beruflichen Strahlenbelastung ergibt eine logarithmische Normalverteilung (siehe Abb. 6/2).

Eine Analyse aller Daten (siehe Tab. 6/4) ergibt für den Zehn-Jahres-Zeitraum von 1969 bis 1978 für das Kernforschungszentrum Karlsruhe eine Zahl von 29 578 mit Personendosimetern überwachten Personen. Davon haben 1 903 Personen eine Dosis von mehr als 0,5 rem/a und nur 349 Personen eine Dosis von mehr als 1,5 rem/a erhalten. Entsprechend der Strahlenschutzverordnung wären also überhaupt nur 6,4 % aller Mitarbeiter des Kernforschungszentrums Karlsruhe als beruflich strahlenexponierte Personen zu bezeichnen, dabei entfallen 5,2 % in die Kategorie B - Jahresdosis von 0,5 bis 1,5 rem - und 1,2 % in die Kategorie A - Jahresdosis > 1,5 rem.

Die 349 Fälle mit einer Jahresdosis größer als 1,5 rem im Zeitraum 1969 bis 1978 verteilen sich auf 124 Personen. Im Mittel waren diese Personen im KfK für 7,7 Jahre beschäftigt. Die mittlere Jahresdosis für diese 124 Personen betrug 1,27 rem, die durchschnittliche Jahresdosis für die höchstbelastete Person betrug 3,3 rem (Überwachungszeitraum dieser Person: 5 Jahre).

In 19 Fällen - entsprechend 12 Personen - traten Jahresdosen oberhalb 5 rem auf, der Höchstwert betrug 6,8 rem. Die meisten dieser Fälle ereigneten sich 1972/73 während der Interventions- und Reparaturarbeiten in der Hauptabteilung Dekontaminationsbetriebe.

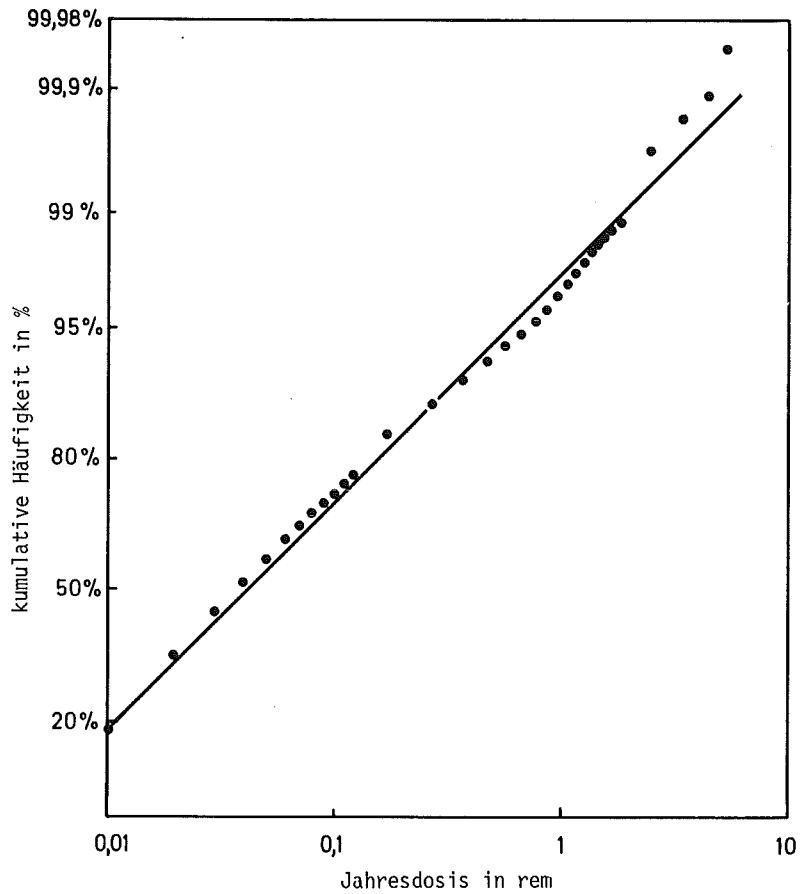


Abb. 6/2: Verteilung der externen, beruflich bedingten Strahlenexposition der Mitarbeiter des KfK, 1969 - 1978

Anzahl der überwachten Personen:	29 578
davon beruflich strahlenexponierte:	16 270
Personen mit Dosis 0,5 - 1,5 rem/a:	1 554
Personen mit Dosis 1,5 - 5 rem/a:	330
Personen mit Dosis > 5 rem/a:	19
höchste Jahresdosis (rem):	6,8
mittlere berufliche Jahresdosis (rem):	0,16

Tab. 6/4: Dosisstatistik der Mitarbeiter des KfK, 1969 - 1978

6.1.4 Inkorporationsüberwachung

Zusätzlich zur umfangreichen Personendosimetrie werden weit über die Anforderungen der Strahlenschutzverordnung hinaus routinemäßig alle Personen, die mit offenen radioaktiven Stoffen umgehen, im Ganzkörperzähler oder im Lungenzähler auf Inkorporationen überwacht.

In der Zehn-Jahres-Periode von 1969 bis 1978 wurden von den Mitarbeitern der Kernforschungszentrum Karlsruhe GmbH. sowie der Reaktoren MZFR und KNK sowie der Wiederaufarbeitungsanlage Karlsruhe insgesamt 24 012 Personen im Ganzkörperzähler und Lungenzähler auf Inkorporationen überwacht. Einschließlich Mehrfacherfassungen bei aufeinanderfolgenden Messungen wurden bei 1 628 Personen Inkorporationen festgestellt (siehe Tab. 6/5).

Arbeitsgebiet	Anzahl der gemessenen Personen	Personen mit Inkorporationen
Dekontamination und Abfallbehandlung	4 611	571
Strahlenschutz (Kontrollbereich)	1 295	40
Zyklotron	857	38
Reaktorbetrieb	3 541	120
chem. Institute	4 274	67
phys. Institute	1 446	63
biol. und med. Institute	201	4
MZFR, KNK, WAK	6 531	701
sonstige	1 256	24
gesamt	24 012	1 628

Tab. 6/5: Ganzkörper- und Lungenzählermessungen, 1969 - 1978

Für eine strahlenschutzmäßige Beurteilung wesentlicher sind allerdings die Angaben über die inkorporierten Nuklide und ihre Aktivitäten. Die Tabelle 6/6 gibt hierbei die inkorporierten Aktivitäten in Prozent der maximum permissible body burden-Werte entsprechend ICRP an. Die 1 628 Messungen mit Befund (siehe Tab. 6/5) ergaben insgesamt 2 147 Inkorporationen. In rund 20 % der Fälle handelt es sich um Inkorporationen von zwei oder mehr Nukliden. ^{137}Cs , ^{60}Co , $^{106}\text{Ru}/^{106}\text{Rh}$, ^{58}Co und ^{131}I sind mit zusammen 88 % die am häufigsten bei Inkorporationen vertretenen Radionuklide. Hinzu kamen noch 8 Fälle, die eindeutig auf nuklearmedizinische Tests zurückzuführen waren.

In 96,2 % aller Fälle lag die inkorporierte Aktivität unter 1 % der MPBB-Werte von ICRP, in 71,6 % sogar unter 0,1 %. Nur in 5 Fällen von insgesamt 24 012 Messungen wurden Werte oberhalb 100 % MPBB registriert.

Eine Umrechnung der inkorporierten Aktivität auf Körperdosis und Addition zur mit Personendosimetern ermittelten Personendosis erfolgt routinemäßig nicht. Aber aus den Daten der Tab. 6/6 ist ersichtlich, daß sich bei einer solchen Einbeziehung der Inkorporationswerte die in vorgehendem Kapitel dargelegte Dosisstatistik nicht merklich verändern wird.

Nuklid	Anzahl der Inkorporationen					
	gesamt	Prozent der maximal zulässigen Körperbelastung (MPBB nach ICRP)				
		< 0,1	0,1 - 0,99	1 - 9,9	10 - 100	> 100
¹³⁷ Cs	746	721	25	-	-	-
⁶⁰ Co	669	347	301	20	1	-
¹⁰⁶ Ru/ ¹⁰⁶ Rh	223	131	88	4	-	-
⁵⁸ Co	146	129	17	-	-	-
¹³¹ I	94	23	49	15	4	3+3*
⁵⁴ Mn	58	53	5	-	-	-
⁶⁵ Zn	37	32	5	-	-	-
⁹⁵ Nb/ ⁹⁵ Zr	22	19	3	-	-	-
¹²⁴ Sb	21	9	4	6	2	-
^{110m} Ag	17	11	6	-	-	-
¹³⁴ Cs	18	16	2	-	-	-
¹³³ I	11	10	1	-	-	-
²⁰³ Hg	10	4	4	2	-	-
⁵⁶ Mn	10	10	-	-	-	-
²⁴¹ Am	9	-	-	5	2	2
¹⁴⁴ Ce	6	-	2	4	-	-
²³⁹ Pu	5	-	-	-	5	-
²³² Th	2	-	-	1	1	3*
¹⁰³ Ru	5	5	-	-	-	-
²² Na	4	3	1	-	-	-
⁵⁷ Co	4	3	1	-	-	-
⁷ Be	3	3	-	-	-	-
¹²² Sb	3	1	2	-	-	-
²³⁵ U	3	-	-	3	-	-
²³⁹ Np	3	-	3	-	-	-
²⁴ Na	2	1	1	-	-	-
³⁸ Cl	2	-	2	-	-	-
⁵⁹ Fe	2	1	1	-	-	-
⁷⁵ Se	2	2	-	-	-	-
⁸⁹ Zr/ ^{89m} Nb	2	2	-	-	-	-
^{99m} Tc	-	1*	-	-	-	1*
¹⁷⁷ Lu	2	-	2	-	-	-
²²⁶ Ra	2	-	-	2	-	-
⁵¹ Cr	1	-	-	1	-	-
¹¹⁸ Te/ ¹¹⁸ Sb	1	1	-	-	-	-
¹²⁴ I	1	-	1	-	-	-
¹²⁵ Sb	1	1	-	-	-	-
gesamt	2 147	1 538+1*	526	63	15	5+7*
%	100	71,6	24,6	2,9	0,7	0,2

Tab. 6/6: Ganzkörper- und Lungenzählermessungen, 1969 - 1978 (*nuklearmedizinische Tests)

6.2 Dosismessung

B. Burghardt, A. Letsch, M. Reddmann

Die Auswertestelle für Personendosimeter führt die Eigenüberwachung aller Mitarbeiter des Kernforschungszentrums Karlsruhe sowie weitere Überwachungen im Auftrag auswärtiger Stellen durch. Eingeschlossen sind Dosismessungen mit Festkörperdosimetern in der Umgebung kerntechnischer Anlagen und die Bereitstellung von Dosimetern, Geräten und Methoden zum Nachweis von Gammastrahlung und Neutronen in der Routine- bzw. Unfalldosimetrie.

6.2.1 Personendosimetrie

Zur Personen- und Ortsdosimetrie werden vor allem Phosphatglasdosimeter und Thermolumineszenzdosimeter eingesetzt. Die Zahl der jährlichen Auswertungen von Glas- und TL-Dosimetern seit 1969 ist in Abb. 6/3 wiedergegeben. Im Berichtszeitraum wurden insgesamt 20 350 Gläser und 15 307 TLD ausgewertet. In diesen Zahlen sind keine Auswertungen für F+E-Arbeiten enthalten.

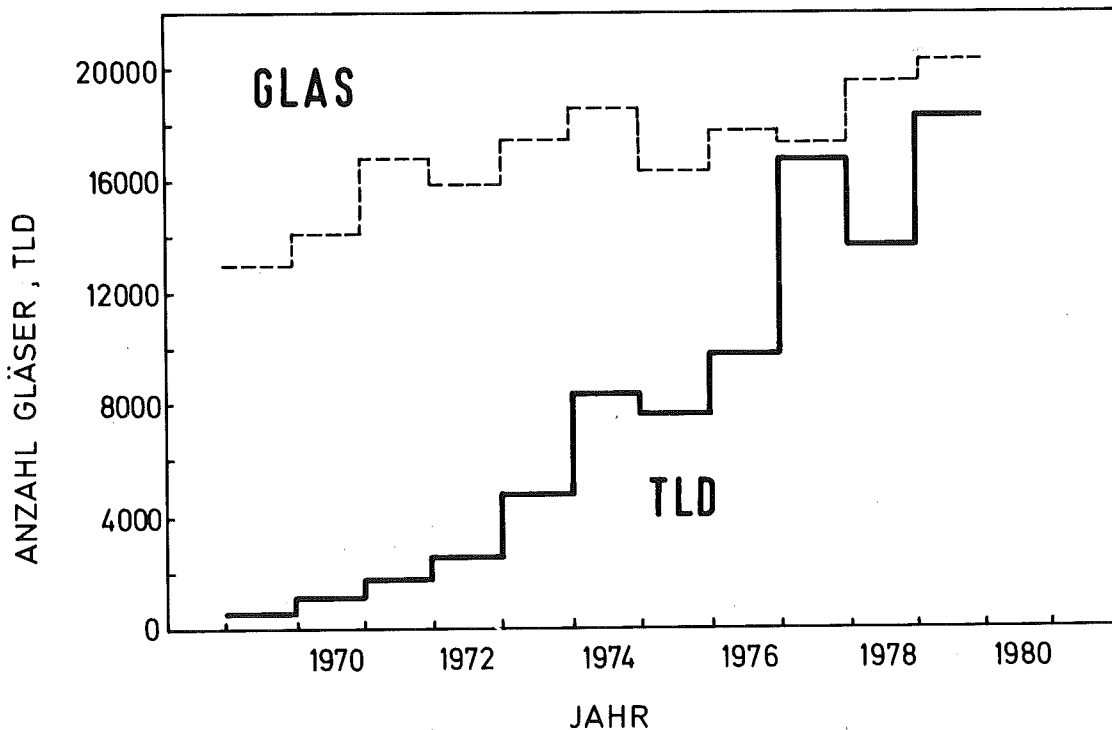


Abb. 6/3: Anzahl der jährlichen Routineauswertungen von TL- und Phosphatglasdosimetern

Die Phosphatgläser in der perforierten Zinnkugel weisen Photonenstrahlung im Bereich 45 keV bis > 1,2 MeV praktisch energieunabhängig nach. Die Personen- bzw. Arbeitsplatzüberwachung sämtlicher Mitarbeiter des Kernforschungszentrums mit Phosphatglasdosimetern dient neben der Dosisbestimmung nach einem eventuellen Unfall der Erfassung der Jahresdosis einschließlich der natürlichen Strahlenbelastung am Arbeitsplatz. Die Häufigkeitsverteilung der bei Mitarbeitern im Jahre 1979 gemessenen Jahresdosis ist in Abb. 6/4 wiedergegeben.

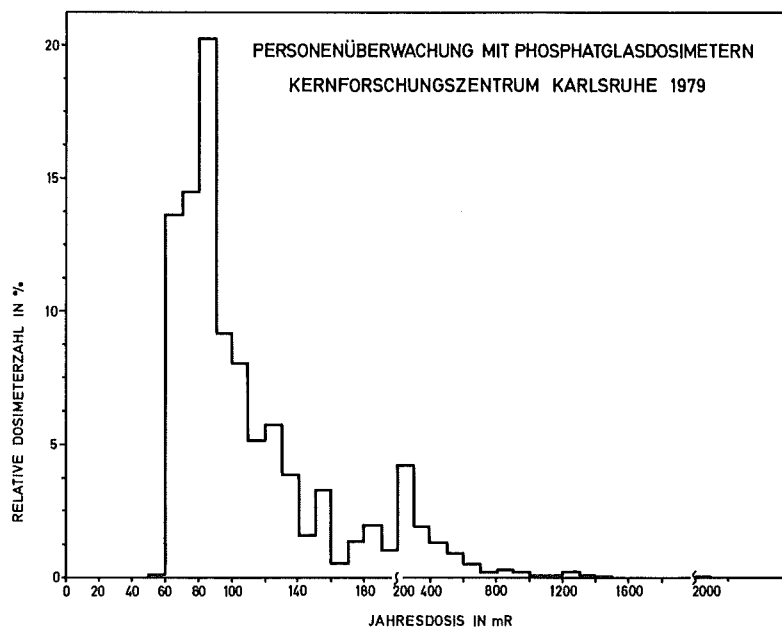


Abb. 6/4: Externe Strahlendosis der Mitarbeiter des KfK - einschließlich natürlicher Strahlung - im Jahre 1979

Im Kernforschungszentrum wurden im Jahre 1979 insgesamt 3 068 Personen mit Phosphatglasdosimetern überwacht. Die Auswertung dieses Dosimeters erfolgt bei Bedarf sofort, bei einem Personenkreis von ca. 800 Personen monatlich, sonst halbjährlich. Die gemessene mittlere Jahresdosis pro Person lag in den einzelnen Instituten und Abteilungen des KfK zwischen 83 und 365 mrem. Die für die einzelnen Bereiche gefundenen mittleren Jahresdosiswerte pro Person einschließlich der natürlichen Strahlung sind in Tab. 6/7 wiedergegeben.

Anlage	Mittlere Personenzahl 1979	Mittlere Personendosis 1979 (in mR)
Beschleuniger	48	361
biologische und medizinische Institute	57	92
chemische Institute	304	220
Dekontamination	200	279
physikalische Institute	451	104
Reaktorbetrieb	234	195
Strahlenschutz (Kontrollbereich)	70	179
Versorgungsbetriebe	542	106
sonstige	1 162	83

Tab. 6/7: Glasdosimetrie - Mittlere Jahresdosis für verschiedene Bereiche

In Abb. 6/5 sind die Ergebnisse der Phosphatglasüberwachung im KfK für die Jahre 1968 bis 1979 wiedergegeben. In dieser Darstellung erkennt man bei den verschiedenen Personengruppen schon geringe Unterschiede des Strahlenpegels am jeweiligen Arbeitsplatz sowie sprunghafte Erhöhungen, bedingt durch den Umgang mit höheren Aktivitätsmengen.

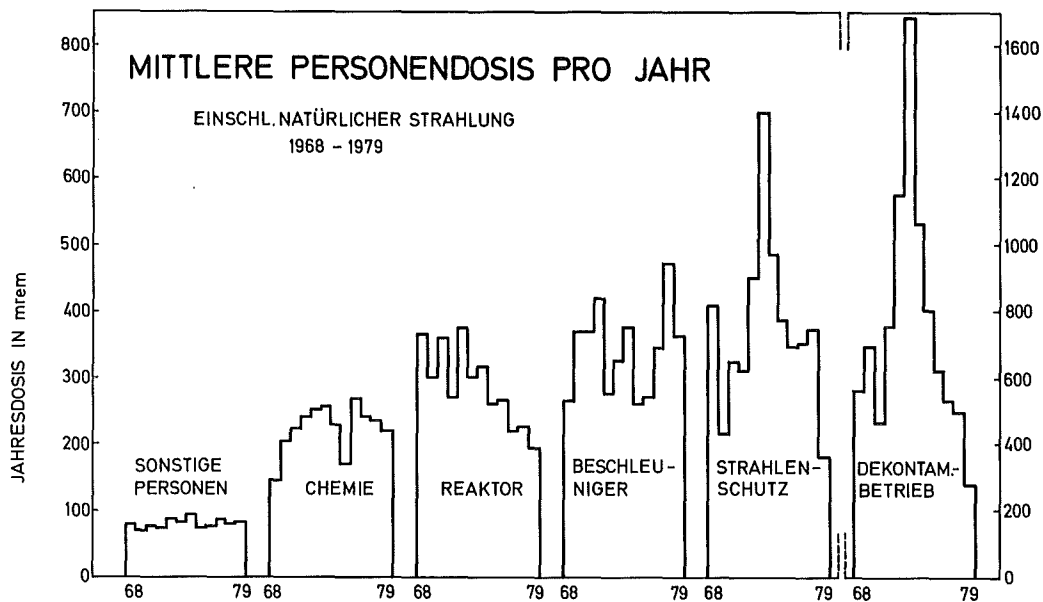


Abb. 6/5: Ergebnisse der langjährigen Glasdosisauswertung in den verschiedenen Arbeitsbereichen des KfK

Thermolumineszenzdosimeter werden innerhalb der Personenüberwachung besonders zum Nachweis von Betastrahlen, zur Teilkörperdosimetrie sowie zur Bestimmung der Neutronendosis mit dem Albedodosimeter eingesetzt. Als Personendosimeter zur Überwachung in β/γ -Mischstrahlungsfeldern werden ${}^7\text{LiF:Mg,Ti}$ -Detektoren (TLD 700) hinter 50 mg/cm² und 500 mg/cm² Abdeckung in einer für eine automatische Auswertung vorgesehenen Dosimeterhalterung verwendet. Für Teilkörperdosimetrie stehen Edelstahl-Fingerringe und -armbänder mit den gleichen Detektoren und einer Abdeckung von 7 mg/cm² zur Verfügung. Im Berichtszeitraum wurden insgesamt 700 Fingerringdosimeter ausgewertet. Fingerringdosimeter werden auch im Auftrag von Krankenhäusern ausgewertet. Sie können ohne Verfälschung des Meßwertes glassterilisiert werden.

Zur Neutronenpersonenüberwachung wird das serienmäßig hergestellte Karlsruher Albedodosimeter eingesetzt, das an einem Dosimetergürtel getragen wird und die Neutronendosis an einer Anlage innerhalb $\pm 30\%$ richtungs- und energieunabhängig nachweisen kann.

Für die Neutronendosimetrie beim unmittelbaren Umgang mit Spalt-Neutronenquellen stehen Fingerringe und Personendosimeter nach der Kernspurätzmethode zur Verfügung.

Die regelmäßige Teilnahme an der jährlichen β/γ -Kontrollbestrahlung der amtlichen Meßstellen bei der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt in Braunschweig dient zum Nachweis der Kalibrierengenauigkeit unserer Auswertestelle.

6.2.2 Ortsdosimetrie

Im Kernforschungszentrum Karlsruhe werden seit 13 Jahren Glasdosimeter und seit 9 Jahren TL-Dosimeter im Freien zur Ermittlung der natürlichen Strahlenbelastung sowie eines zusätzlichen Einflusses der kerntechnischen Anlagen exponiert.

An 318 Meßstellen in der Umgebung werden je zwei Gläser in der Kugelkapsel bzw. zwei TLD-700-Dosimeter in einer Kunststoffkapselung von etwa 500 mg/cm² Wandstärke ausgehängt und halbjährlich, an Sondermeßstellen auch monatlich, ausgewertet. Im Auftrag von Kernkraftwerken und kerntechnischen Anlagen wurden auch 1979 wieder ca. 500 TLD-Auswertungen von Umgebungsüberwachungsdosimetern durchgeführt. Etwa 60 Ortsdosimeterauswertungen dienen, insbesondere in β/γ -Strahlenfeldern in den Heißen Zellen und in den Dekontaminationsbetrieben, der realistischen Abschätzung der zu erwartenden Personenbelastung im Rahmen der Arbeitsvorbereitung.

Auch im Jahre 1979 wurden TL-Dosimeter zur Arbeitsplatzüberwachung in Krankenhäusern eingesetzt, um die Strahlenbelastung des medizinischen Personals an Röntgen- und Therapie-Bestrahlungsgeräten abzuschätzen.

Zur Ausmessung des Streustrahlungsfeldes an Reaktoren und Neutronengeneratoren sowie der Neutronenstörstrahlung an medizinischen Bestrahlungsanlagen wurde das Karlsruher Einfachkugel-Albedodosimeter (siehe Kapitel 6.4) erfolgreich eingesetzt.

1979 wurden über 100 Glas- und TL-Dosimeter, auch im Auftrag auswärtiger Stellen, im Hochdosisbereich bis 5 MR ausgewertet. Die Ergebnisse wurden hauptsächlich benötigt im Zusammenhang mit Untersuchungen der Eigenschaften von Materialien, die langfristig Neutronen- und Gammafeldern hoher Dosisleistungen ausgesetzt sind.

6.3 Photonendosimetrie

6.3.1 Automatisches Auswertegerät für Phosphatglasdosimeter

H.G. Röber, B. Burgkhardt, E. Piesch

Die Entwicklung des automatischen Phosphatglasdosimeterauswertegerätes für Flachglasdosimeter wurde nach Fertigstellung der Schiebeblende mit der Festlegung der Dosimeterfilterung zur Optimierung der Energieabhängigkeit abgeschlossen. Im Anschluß daran wurden die dosimetrischen Eigenschaften des Phosphatglasdosimetersystems, insbesondere die Energieabhängigkeit, Reproduzierbarkeit und untere Nachweisgrenze, untersucht. Auf der Basis der gefundenen Lösungsvorschläge wurde der Bau eines kommerziellen Prototypgerätes im Rahmen eines Technologietransfer-Vorhabens in Auftrag gegeben.

Das Flachglasdosimeter besteht aus einer Aluminiumhalterung für das Glas DOS 8 der Größe 14 x 14 x 1,5 mm³, welches bei der Bestrahlung in einer Dosimeterkapselung beiderseitig durch eine Filterkombination abgedeckt wird. Die Filterkombination besteht aus drei konzentrisch angeordneten Filtern, nämlich einer Plastikscheibe von 0,2 mm Dicke in der Mitte des Glases, gefolgt von einem Zinn- und einem Aluminiumring von jeweils 1 mm Dicke. Zur automatischen Auswertung wird das Glas aus der Kapselung in ein Magazin eingeführt. Zur UV-Lichtanregung des Glases ist die einteilige Glashalterung an der Stirnseite geöffnet. Das Glas wird in der Halterung durch die Seitenflächen, durch zwei vorspringende Nasen an der Stirnseite sowie durch zwei zusätzliche Nieten positioniert.

	Rel. Standardabweichung s in %	
	Perforiertes Zinnfilter	Plastikfilter
Einzelglas 10 x		
2 R	0,3	0,5
100 mR	0,4	1,1
Vordosis	0,4	1
10 Gläser (Vordosisabzug 350 mR)		
1,5 R	1,4	1,6
150 mR	3	7,1
75 mR	7,5	8,8
30 mR	13	14,5

s-Wert bezogen auf 10 Messungen

Tab. 6/8: Reproduzierbarkeit bei einer automatischen
RPL-Messung mit DOS 8, Glasgröße
14 x 14 x 1,5 mm³

Die unterhalb des Multipliers angeordneten Schieblenden sind so dimensioniert, daß der Multiplier nur denjenigen Glasbereich sieht, der bei der Bestrahlung des Dosimeters durch eine entsprechende Filterung abgedeckt war. Der Einsatz dieser Schieblende gestattet eine zeitlich aufeinanderfolgende Ausmessung in zwei oder mehreren Glasbereichen. Bei Verwendung von zwei beiderseitig des Glases angeordneten Multipliern können gleichzeitig zwei Glasbereiche, mit einer zusätzlichen Schieblende mindestens vier Glasbereiche, ausgemessen werden.

Das Phosphatglas DOS 8 zeigt die Standardionendosis im Energiebereich von 40 keV bis zu einem Faktor 3,8 energieabhängig an. Mit der gewählten Zinnfilterperforierung (Plastik- und Zinnfilterung) erhält man im Energiebereich 25 keV bis 1,2 MeV eine Energieabhängigkeit von $\pm 20\%$. Falls zusätzliche Aussagen über die Strahlenqualität gewünscht werden, wird mit Hilfe der Schieblende bzw. des zweiten Fotomultipliers wahlweise der Glasbereich hinter dem Plastikfilter bzw. hinter dem Zinn- oder Aluminiumfilter gemessen. Damit ist es möglich, Dosisanteile im Energiebereich $E < 30$ keV, 30 keV $< E < 100$ keV und $E > 100$ keV zu ermitteln.

Für die Standardabweichung der Dosisanzeige erhält man entsprechend der Ausblendung und dem zur Messung gelangten Flächenanteil die in Tab. 6/8 wiedergegebene Standardabweichung, die für eine zehnmalige Ausmessung eines Glases bzw. für die Ausmessung von 10 Gläsern getrennt ermittelt wurde. Bei Subtraktion der Vordosis von 1,5 R erhält man für die perforierte Filterung noch bei einer Dosis von 40 mR eine relative Standardabweichung von $\pm 15\%$. Die für das Flachglas gefundene Standardabweichung als Funktion der Dosis entspricht den Meßergebnissen, die mit dem bisher eingesetzten Phosphatglas der Größe 8 x 8 x 4,7 mm³ im Toshiba-Auswertegerät FGD-3B erhalten wurden. Im Dosisbereich oberhalb 200 mR ist die Reproduzierbarkeit des RPL-Systems mit automatischer Ausmessung mit den besten TLD-Systemen vergleichbar.

6.3.2 Meßfehler bei der Kalibrierung von TLD-Auswertegeräten mit Referenzlichtquellen

B. Burgkhardt, E. Piesch

Innerhalb eines umfangreichen Experimentierprogrammes wurden in den letzten Jahren die Fehlereinflüsse bei der Kalibrierung von TLD-Systemen untersucht, welche sich aus der Meß- und Kalibriermethode [13], [53], [83], dem jeweiligen Auswertegerätetyp [31] und der Verwendung von Eichlichtquellen ergeben. Hervorzuheben ist die unerwartet hohe Änderung der Referenzlichtintensität bis zu 5 %, verursacht durch den Stickstoffdurchfluß im Auswertegerät, was sich bei der internen automatischen Kalibrierung im Auswertegerät Toledo-651 unvorteilhaft bemerkbar macht [15]. In Ergänzung dazu wurden die statistischen Meßfehlerinflüsse bei der Kalibrierung von Auswertegeräten mit Referenzlichtquellen sowie die Temperaturabhängigkeit der Referenzlichtquellen untersucht.

6.3.2.1 Reproduzierbarkeit der Referenzlichtmessung

Die Kalibriergenauigkeit von TLD-Auswertegeräten beruht u.a. auch auf einer konstanten Lichtintensität der im Auswertegerät eingebauten Referenzlichtquelle. Zur Kalibrierung des Marshaw-2000-A+B-Auswertegerätes werden Natriumjodidszintillatoren mit einer Ra- bzw. ^{14}C -Aktivierung eingesetzt. Im Toledo-Auswertegerät erfolgt die automatische Kalibrierung nach jeder Auswertung mit Hilfe eines Plastiksintillators mit ^{14}C -Aktivierung.

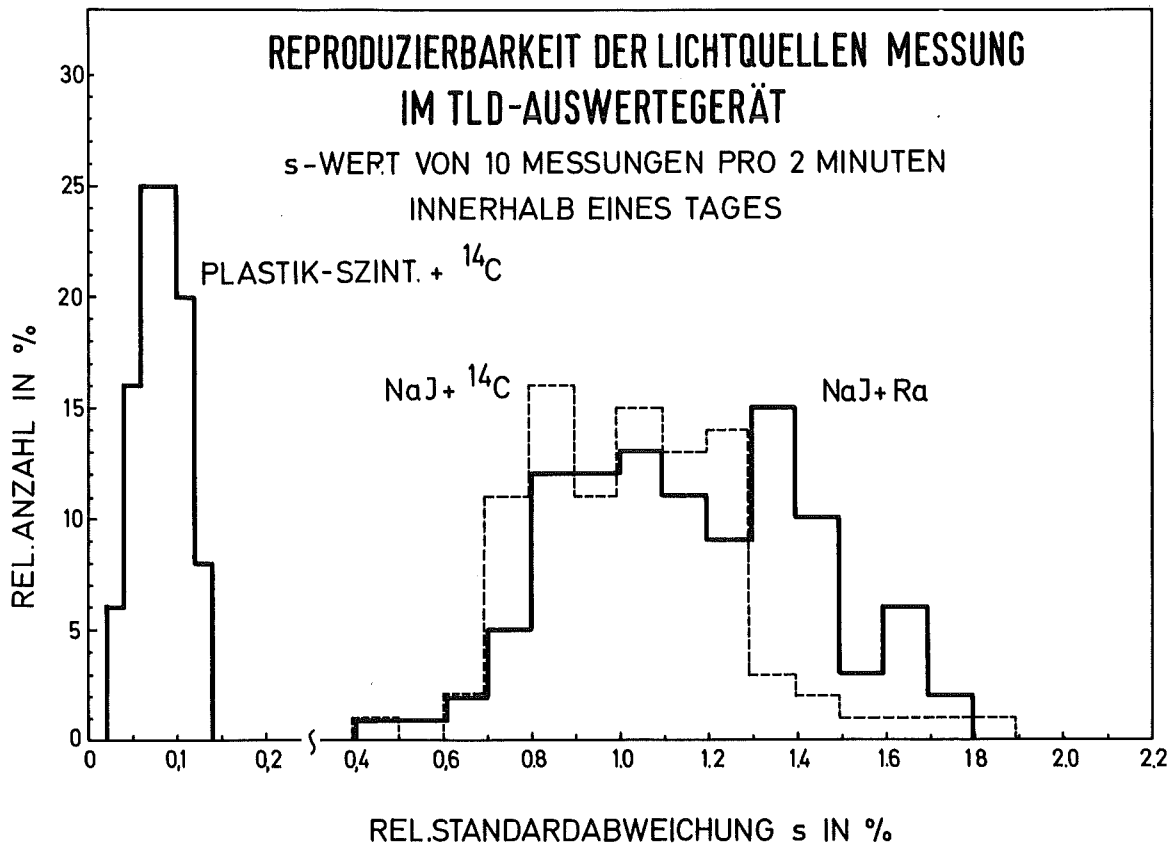


Abb. 6/6: Häufigkeitsverteilung für die Reproduzierbarkeit der Lichtquellen-Anzeige im TLD-Auswertegerät

No.	Lichtquelle		internes Radio- nuklid	relative Licht- intensität (nCi/s)	Aktivität (nCi)	Meßzeit
		Szintill.				
1	Harshaw 2000A	NaI(Tl)	Ra, α	47		100
2		NaI(Tl)	^{14}C , β	0,96	$\approx 22^3$)	
3	Toledo	Plastik	^{14}C , β	38,5	5000 ²)	0,45

- 1) Meßzeit für eine Standardabweichung von 0,5% (s-Wert von Anzeigen)
 2) Angaben vom Hersteller Pitman Ltd., UK
 3) bezogen auf die Aktivitätsangabe für Quelle 3 und einen gleichen statistischen Meßfehler

Tab. 6/9: Eigenschaften der Lichtquellen in TLD-Auswertegeräten

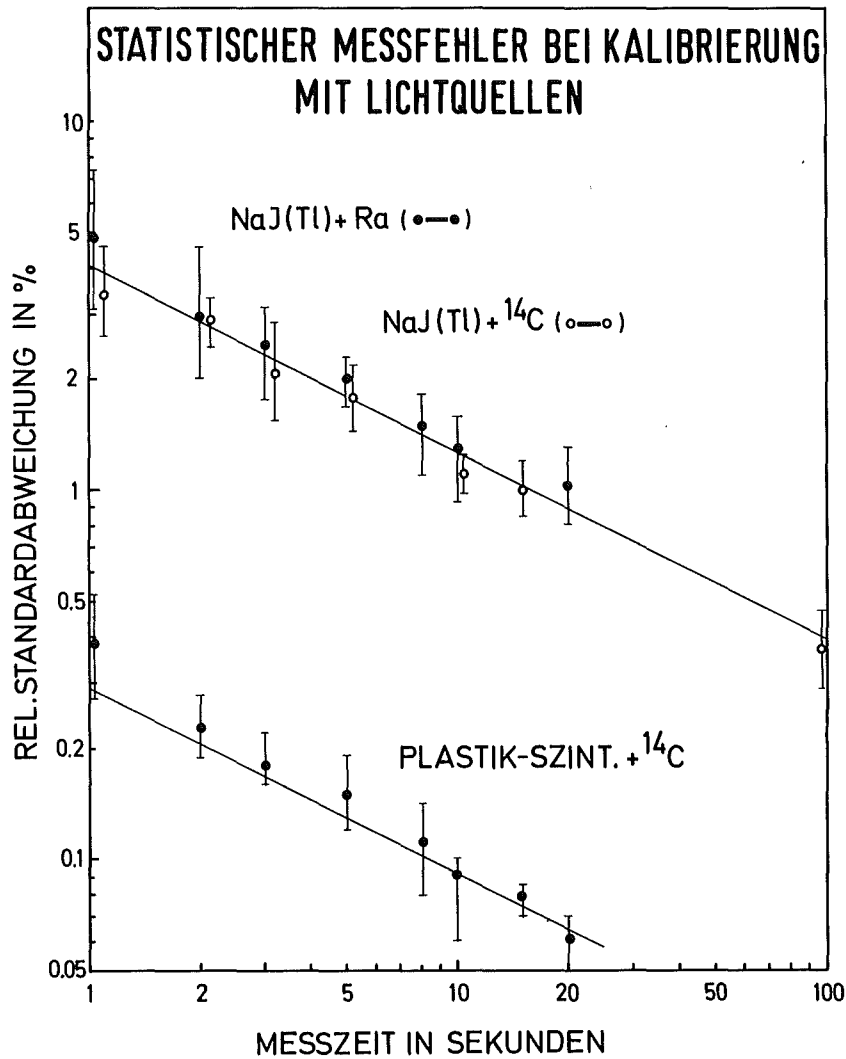


Abb. 6/7: Standardabweichung in Abhängigkeit von der Meßzeit für Referenzlichtquellen

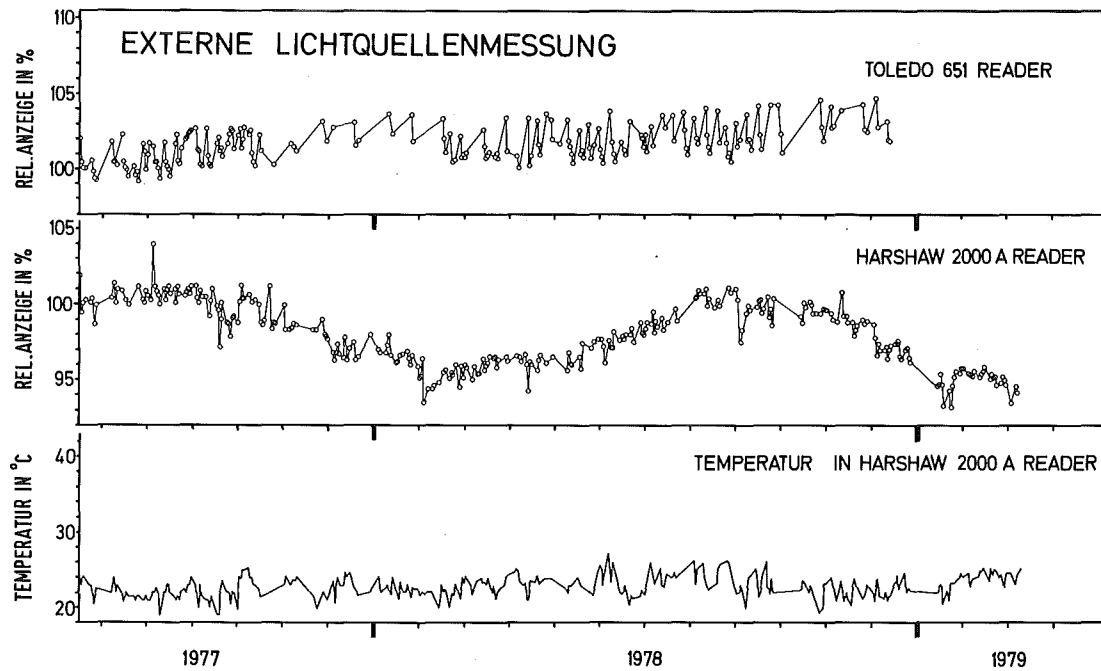


Abb. 6/8: Langzeitschwankung der Referenzlichtquelle im Toledo- und Harshaw-Auswertegerät

Zur Ermittlung der Reproduzierbarkeit der Eichlichtmessung wurden jeweils zehn Messungen innerhalb von zwei Minuten durchgeführt und die Standardabweichung bestimmt. Abb. 6/6 zeigt die Häufigkeitsverteilung der Standardabweichung, welche sich für die verschiedenen Lichtquellen innerhalb einer eintägigen Meßreihe im Harshaw-2000-A+B-Auswertegerät ergab. Trotzdem mit beiden Lichtquellen eine annähernd gleiche Lichtintensität angezeigt wird (siehe Tab. 6/9), ergibt sich für den Plastiksintillator eine mittlere Standardabweichung von etwa 0,1 % gegenüber 1 % beim Natriumjodidsintillator.

Die in Abb. 6/7 in Abhängigkeit von der Meßdauer ermittelte Standardabweichung zeigt für die Eichlichtquelle Nr. 1 einen um den Faktor 15 höheren Wert. Aufgrund der Zerfallsstatistik wird für die ^{14}C -Aktivität in den Lichtquellen Nr. 3 und Nr. 5 ein Verhältnis von 1 : 0,0045 gefunden. Als Aktivator in Lichtquelle Nr. 1 wurde das Radiumzerfallsprodukt ^{210}Pb gefunden, welches beim Zerfall ein α -Teilchen und zwei Photonen sowie zwei weitere kurzlebige β -Zerfälle zeigt.

6.3.2.2 Langzeittest mit Referenzlichtquellen

Die langzeitige Inkonstanz des TLD-Auswertegerätes wurde unter Verwendung einer externen Lichtquelle über einen Zeitraum von über zwei Jahren untersucht. Hierbei wurden täglich der Mittelwert und die Standardabweichung von zehn Eichlichtmessungen bestimmt. Die Ergebnisse des Langzeittestes in Abb. 6/8 zeigen beim Harshaw-2000-A+B-Auswertegerät geringe Tagesschwankungen, jedoch einen ausgeprägten jahreszeitlichen Gang, welcher der gemessenen Temperatur im Auswertegerät nicht zugeordnet werden kann. Demgegenüber zeigt das Toledo-651-Auswertegerät eine unerwartet hohe wöchentliche Schwankung, welche auf Einflüsse des Stickstoffdurchflusses während der Arbeitswoche und einer entsprechenden Regenerierung der Lichtquelle während des Wochenendes zurückgeführt werden konnte [15].

Ein zusätzlicher langzeitiger Abfall der Lichtintensität ergibt sich bei Lichtquelle Nr. 1 durch den radioaktiven Zerfall von ^{210}Pb mit einer Halbwertszeit von 23,3 a. Durch Vergleich mit einer externen Referenzlichtquelle Nr. 3 konnte der relative Intensitätsabfall der internen Lichtquelle Nr. 1 im Harshaw-2000-A+B-Auswertegerät über einen Zeitraum von zwei Jahren verfolgt werden (siehe Abb. 6/9). Zur Verringerung des statistischen und systematischen Meßfehlers wurde bei der Darstellung für jeden Monat ein Wochenmittelwert benutzt. Ein Vergleich von externer und interner Lichtquelle Nr. 3 im Toledo-651-Auswertegerät ergab für die externe Lichtquelle Nr. 3 einen Anstieg von 2,1 % pro Jahr (siehe auch Abb. 6/8). Nach Subtraktion dieses Anteiles kann man für Lichtquelle Nr. 1 einen Abfall der Lichtintensität von 3 % pro Jahr erwarten, was mit der Halbwertszeit von ^{210}Pb übereinstimmt.

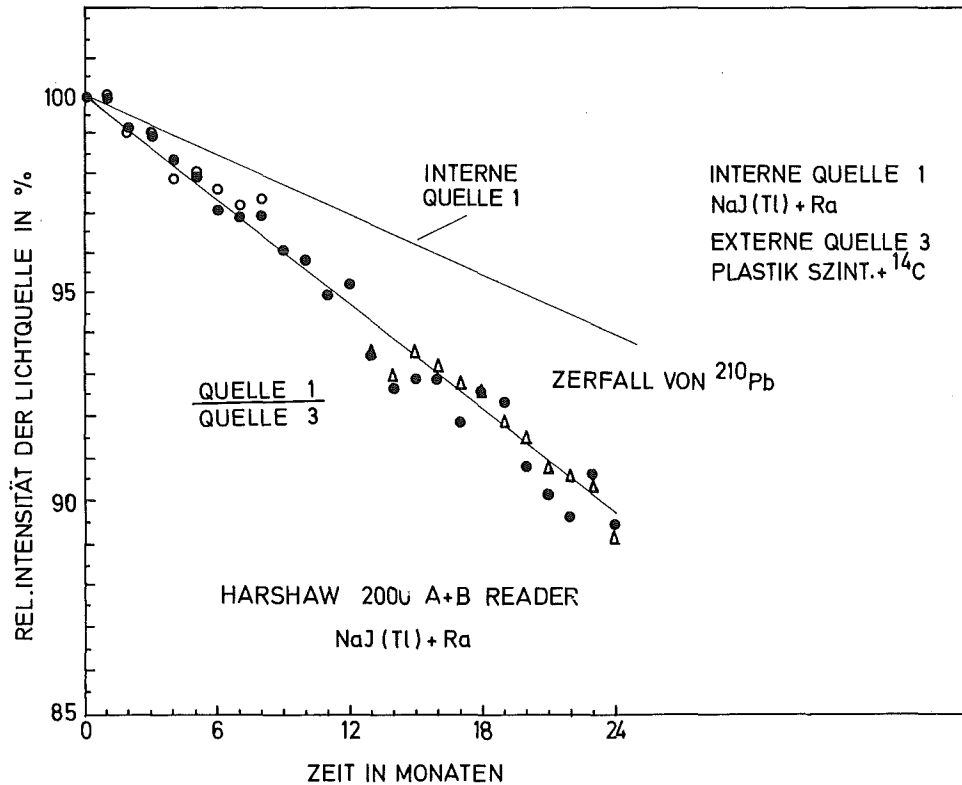


Abb. 6/9: Abfall der Lichtintensität von Referenzlichtquellen

6.3.2.3 Temperaturabhängigkeit von Referenzlichtquellen

Die Abhängigkeit der Referenzlichtquellen von der Temperatur wurde im Temperaturbereich 0 bis 60 °C durch Vergleich mit einer Referenzlichtquelle bei Zimmertemperatur bestimmt. Die zeitliche Änderung der Lichtintensität wurde bis zum Erreichen der Zimmertemperatur gemessen und auf die Anfangstemperatur extrapoliert.

Die Meßergebnisse in Abb. 6/10 zeigen signifikante Unterschiede für beide Natriumjodidszintillatoren und den Plastiksintillator. Der Plastiksintillator Nr. 3 zeigt unterhalb 30 °C den kleinsten Temperaturkoeffizienten von etwa -0,05 °C im Vergleich zu -0,3 °C für Lichtquelle Nr. 1.

Änderungen in der Lichtintensität, die bei einer Temperaturänderung im Auswertegerät zwischen 15 °C und 30 °C erwartet werden, sind für die verschiedenen Lichtquellen in Tab. 6/10 wiedergegeben. Auch in klimatisierten Räumen können solche Temperaturen im Auswertegerät auftreten, wenn eine Vielzahl von Dosimetern ausgewertet werden. Damit erklären sich auch die relativ hohen Änderungen der Lichtintensität bei einer hohen Auswertehäufigkeit.

6.3.3 Gesamtmeßunsicherheit von TLD- und RPL-Systemen bei der Messung des natürlichen Strahlenpegels

E. Piesch

Für eine realistische Abschätzung der Strahlenexposition des Menschen in der Umgebung kerntechnischer Anlagen ist unter anderem auch die Kenntnis der langfristig integrierten Gammadosis von Interesse. Die Gammadosis vor Ort ergibt sich aus einer natürlichen Untergrundstrahlung von etwa 70 mrem/a, einem Fallout-Anteil von < 1 mrem/a sowie einer eventuell auftretenden Direktstrahlung infolge Ableitung radioaktiver Stoffe mit der Abluft kerntechnischer Anlagen, welche bei bestimmungsgemäßem Betrieb der Anlage < 30 mrem/a betragen darf.

Zur Messung der integralen Gammadosis werden Festkörperdosimeter, bevorzugt Thermolumineszenzdosimeter (TLD) und Phosphatglasdosimeter (RPL), eingesetzt, welche wegen ihrer stabilen Meßwertspeicherung auch bei klimatischen Einflüssen eine hohe Meßgenauigkeit gewährleisten. Die dosimetrischen Eigenschaften eines Dosimetersystems sind durch die ausgewählte Kombination von Auswertegerät, Detektor und Auswertemethode vorgegeben. Unterschiede in den dosimetrischen Eigenschaften der Systeme ergeben sich im einzelnen u.a. durch den Typ und die individuellen Eigenschaften des jeweiligen Auswertegerätes, durch das Detektormaterial sowie die Vorgeschichte der Dosimetercharge, durch die Auswertemethode, insbesondere den Ausheizzyklus, und die maximale Ausheiztemperatur sowie durch die thermische Vorbehandlung des Detektors vor dem Messen (tempern) oder zur Meßwertlöschung (regenerieren).

Zur Erzielung einer ausreichenden Meßgenauigkeit sind neben der Auswahl des betreffenden Dosimetersystems weitere Verbesserungen des Meßverfahrens erforderlich. Eine Optimierung des Dosimetersystems durch den Benutzer sowie ein überdurchschnittlich hoher Kalibrieraufwand können hierbei die Fehlereinflußgrößen herabsetzen. Für eine Anwendung in der Umgebungsüberwachung wird eine Gesamtmeßunsicherheit gefordert, welche für das angewandte Dosimetersystem sowie für die zugrundegelegte Überwachungs- bzw. Auswerteperiode weniger als $\pm 30\%$ betragen soll, bezogen auf einen Vertrauensbereich von 95 %. Zur Auswertung der Dosimetercharge werden mehrere Gruppen von Kontrolldosimetern benötigt, um das Dosimetersystem zu kalibrieren und das Fading unter Expositionsbedingungen während der Überwachungsperiode zu korrigieren. Weiterhin müssen die Nulldosisanzeige für die jeweilige Überwachungsperiode und eventuelle Einflüsse einer zusätzlichen Fremdstrahlung während des Transportes bzw. einer Lagerung bestimmt werden.

Die Gesamtmeßunsicherheit eines Dosimetersystems ergibt sich aus den statistischen und systematischen Meßfehlern, welche für die betreffende Dosimetercharge und die jeweilige Überwachungsperiode mit Hilfe verschiedener Kalibrierdosimeterchargen ermittelt wird [55]. In Tabelle 6/11 sind die entsprechenden Meßfehler von Festkörperdosimetern für die Messung einer Jahresdosis von 70 mR aufgeführt, welche sich aus den Mindestanforderungen an Dosimetersysteme zur Umgebungsüberwachung ergeben und welche bei optimierten Systemen erwartet werden können. Wenn für alle Fehlereinflußgrößen der maximale Fehler angenommen wird, übersteigt die Gesamtmeßunsicherheit den maximal zulässigen Wert von $\pm 30\%$.

Im Vergleich dazu zeigt die Abbildung 6/11 rechnerisch ermittelte Meßunsicherheiten am Beispiel verschiedener Dosimetersysteme unter Zugrundelegung der experimentellen Ergebnisse eines vom Fachverband für Strahlenschutz e.V., Arbeitskreis Dosimetrie, durchgeführten Standardtestprogrammes. Die Gesamtmeßunsicherheit beträgt demnach für die besten Dosimetersysteme $\pm 15\%$ bzw. $\pm 10\%$ bei einer Dosismessung von 70 mR. Bei Verwendung von mehreren Dosimetern (n) an einem Meßort kann der statistische Meßfehler der Dosismessung um den Faktor $1/\sqrt{n}$ verringert werden.

Lichtquelle	relative Änderung der Lichtintensität		
	oberhalb 20 °C (% / °C)	20 °C bis 30 °C (%)	15 °C bis 35 °C (%)
NaJ(Tl)+ C	-0,3	2,8	5
NaJ(Tl) Ra	-0,3	2,8	5,7
Plastik-Szint. + C	-0,05	0,5	1

Tab. 6/10: Temperaturabhängigkeit von Referenzlichtquellen

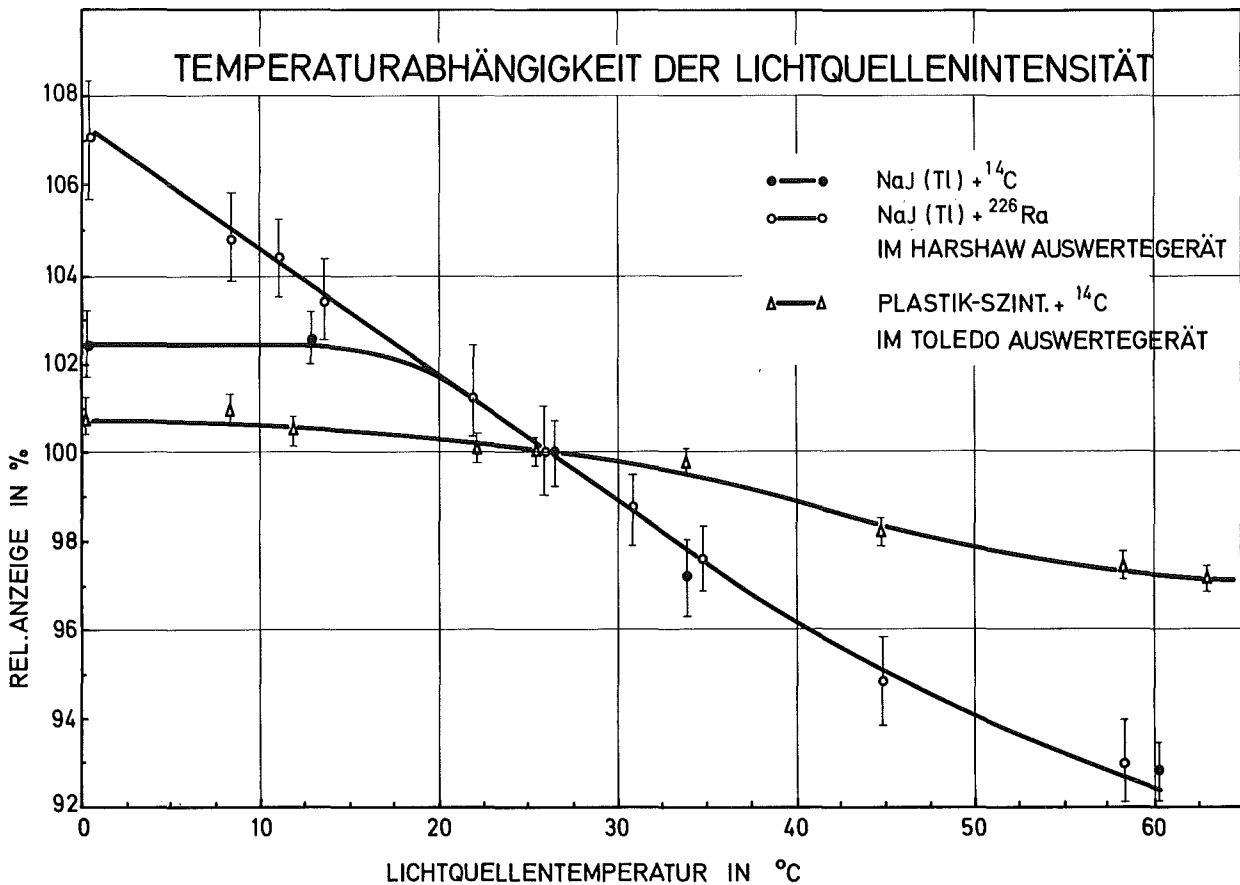


Abb. 6/10: Temperaturabhängigkeit von Referenzlichtquellen

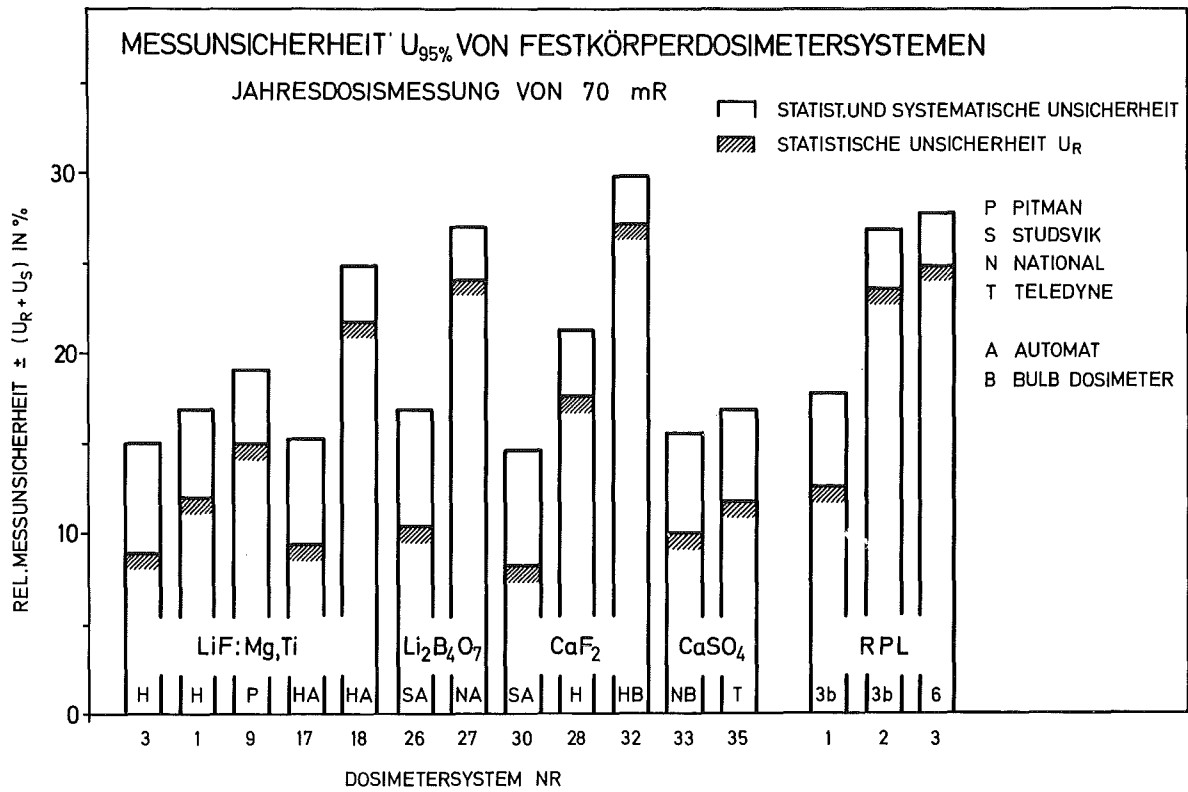


Abb. 6/11: Gesamtmeßunsicherheit von Thermolumineszenz- und Phosphatglasdosimetersystemen für die Messung von 70 mR

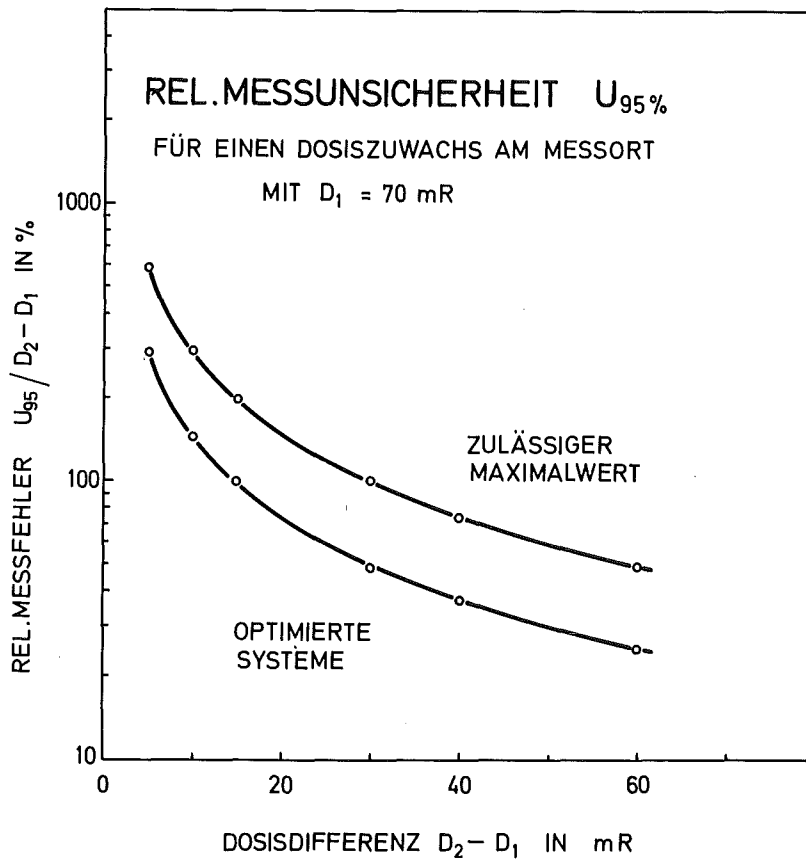


Abb. 6/12: Meßfehler bei der Subtraktion einer Untergrunddosis von 70 mR

Einflußgröße	Rel. Meßfehler (%)		
	zulässiger Maximalwert ¹⁾	optimierte Dosimetersysteme	
		TLD	RPL
<u>Statistische Meßfehler</u> ²⁾			
Dosismessung (Einzeldosimeter mit Nulldosis- subtraktion)	±5	±3	±5
Kalibrierung			
Einzeldosimeter	±3	±2	
Dosimetersystem	±5	±1	±2
Nichtlinearität	(±3)		
Fadingkorrektur	±3	±3	
Instabilität Meßgerät/Waschvor- gang bei RPL	±2	±1	±3
Transportdosis	±5	±3	±3
<u>Systematische Meßfehler</u> ³⁾			
Energieabhängigkeit	±20	±5	±5
Richtungsabhängigkeit	±10	±3	±3
Kalibrierung	± 5	±5	±5
Fading	± 5	±5	±5
Licht- u. Feuchtigkeitseinfluß	±10	±3	±3
Langzeitstabilität	± 5	±3	±5
Transportdosis, Nulldosis etc.	± 3	±3	±3
<u>Gesamtmeßunsicherheit</u> $U_{95\%}$			
Statistische U_R	±20	±12,9	±15,7
Systematische U_S	±29,2	±12	±12,8
$U_R + U_S$	±35,3	±17,6	±20,2

¹⁾ Mindestanforderungen an Dosimetersysteme zur Umgebungsüberwachung, bezogen auf die Messung mit einem Einzeldosimeter und die erforderlichen Kalibrierungen

²⁾ rel. Standardabweichung σ in %

³⁾ max. Meßfehlereinfluß in %

Tab. 6/11: Meßunsicherheit von Festkörperdosimetersystemen bei 70 mR

Die Ergebnisdarstellung der Auswertestelle beschränkt sich auf die Angabe der Ortsdosis pro Jahr unter Berücksichtigung des Fadingeinflusses, der Nulldosisanzeige sowie einer eventuellen Transportdosis. Mit Ausnahme eines Störfalles werden die Meßergebnisse, in den meisten Fällen die örtliche Schwankung des natürlichen Strahlenpegels einschließlich der Meßunsicherheit, wiedergegeben. Zusätzlich zum Meßwert soll die Meßunsicherheit für die jeweilige Überwachungsperiode, bezogen auf einen Vertrauensbereich von 95 %, angegeben werden.

Zur Interpretation der Ortsdosis D_2 an einem Meßort kann die vor Inbetriebnahme bzw. Stillstand einer kerntechnischen Anlage ermittelte Ortsdosis D_1 herangezogen werden. Der interessierende Dosisbeitrag einer kerntechnischen Anlage ergibt sich dann aus der Meßwertdifferenz, welche dem Betrag nach größer sein muß als die entsprechende Meßunsicherheit für die Ermittlung der Dosisdifferenz $D_2 - D_1$. Die in Abbildung 6/12 wiedergegebene Meßunsicherheit für die Dosisdifferenz zeigt, daß mit den besten Systemen der vorgegebene Grenzwert von 30 mrem/a nur mit einer Meßunsicherheit von ±50 % bestimmt werden kann.

6.3.4 Durchführung eines Euratom-Testprogrammes für Festkörperdosimeter zur Umgebungsüberwachung

E. Piesch, B. Burgkhardt, I. Hofmann

Im Hinblick auf die wesentlich höheren Anforderungen an Dosimetersysteme zur Umgebungsüberwachung ist es von besonderem Interesse, die Leistungsfähigkeit von Festkörperdosimetersystemen im unteren Dosisbereich zu kennen und für diese Anwendung geeignete Dosimetersysteme mit hoher Meßgenauigkeit und stabiler Meßwertspeicherung auszusuchen. Aus diesem Grunde wurde im Arbeitskreis "Dosismessung externer Strahlung" (AKD) des Fachverbandes für Strahlenschutz e.V. ein Labortestprogramm für TLD- und RPL-Systeme ausgearbeitet, welches im einzelnen Meßreihen vorschreibt, die von allen Teilnehmern in einheitlicher Weise durchzuführen und auszuwerten sind. An einem ersten Test waren Meßlabors mit langjähriger praktischer Erfahrung, vor allem auf dem Gebiet der Personendosimetrie, beteiligt [31].

Im Auftrag der Kommission der Europäischen Gemeinschaften, Direktion Gesundheit und Sicherheit, wurde im Jahre 1979 innerhalb der Länder der Europäischen Gemeinschaft ein Meßvergleich von TLD- und RPL-Systemen zur Umgebungsüberwachung durchgeführt. Für das europäische Vergleichsprogramm von TLD-/RPL-Systemen wurde das Konzept des ersten Testprogrammes zugrundegelegt. Ausgehend von den Ergebnissen des ersten Vergleiches wurde ein Standardtestprogramm mit dem Ziel erarbeitet, in jedem Laboratorium repräsentative Meßergebnisse zu erhalten, welche die Leistungsfähigkeit von Dosimetersystemen unter vergleichbaren Bedingungen zu ermitteln gestatten.

An dem Euratomvergleich haben sich 17 Laboratorien aus zehn verschiedenen Ländern mit 45 verschiedenen Dosimetersystemen beteiligt. Die Gesamtergebnisse dieses Vergleiches sollen nach Abstimmung mit den Teilnehmern im Jahre 1980 vorgelegt werden.

Funktionsprüfung bzw. Zusatzgeräte	ANZAHL DER GERÄTE ¹⁾									
	HARSHAW		NATIONAL		STUDSVIK	TELEDYNE		TOLEDO	VICTOREEN	GLAS
	m	a	m	a	a	m	a	m	m	
Eichlichtquelle intern	7x	7x	1x	--	1x	3x	1x	4x	2x	--
extern	2x	--	--	--	--	--	--	2x	--	--
Nulldosisanzeige	5x	7x	1x	--	1x	3x	--	2x	2x	5x
Kontrolldosimeter	6x	5x	--	--	--	--	1x	3x	2x	5x
Temperaturprofil	6x	5x	--	--	1x	1x	1x	3x	1x	--
Nachjustierung (Hochspannung, Verstärker)	5x	2x	1x	--	1x	3x	1x	--	1x	--
Autom. Gerätecheck	--	--	--	2x	--	--	--	--	--	--
Kühlaggregat	--	--	--	--	1x	--	--	--	--	--
Gasdurchflußzähler	8x	4x	--	--	--	--	--	1x	--	--
Gasfilter	2x	--	--	--	--	--	--	2x	--	--
x-y-Schreiber	8x	--	--	--	--	3x	--	5x	2x	--
Drucker	2x	2x	--	2x	--	--	1x	2x	--	--
Rechner	3x	2x	--	--	--	--	1x	1x	2x	--
Teletype	--	1x	--	--	1x	2x	--	2x	1x	--
Gesamtzahl der Geräte	9	7	1	2	3	3	1	5	2	5
davon Testgeräte		1		2	2					

¹⁾ Geräte mit manueller (m) und automatischer (a) Auswertung

Tab. 6/12: Routinemäßige Kontrollen der Gerätefunktion und Verwendung externer Geräte bei TLD-Systemen

6.3.5 Umfrageergebnis über Erfahrungen mit TLD- und RPL-Auswertegeräten

B. Burgkhardt, E. Piesch

Innerhalb des Arbeitskreises "Dosismessung externer Strahlung" des Fachverbandes für Strahlenschutz e.V. wurde bei Anwendern von Thermolumineszenz- und Phosphatglasdosimetersystemen eine Umfrage über Geräteerfahrungen durchgeführt [14]. Besondere Bedeutung wurde hierbei den praktischen Geräte- und Serviceerfahrungen eingeräumt. Hinsichtlich einer automatischen Auswertung von TLD-Detektoren interessierte die Zuverlässigkeit der Auswertung, die Dosimeteridentifizierung, die Auswertekapazität bei Dauerbelastung, aber auch die Anzeige von Fehlfunktionen und die Servicefreundlichkeit.

An der Umfrage haben 24 Laboratorien mit insgesamt 38 verschiedenen Auswertegeräten teilgenommen. Beurteilt wurden Auswertegeräte, die in den betreffenden Laboratorien teilweise schon mehr als zehn Jahre in Betrieb waren. Es wurden jedoch auch neuere Gerätetypen innerhalb der Umfrage aufgenommen, die nur kurzzeitig im betreffenden Labor getestet worden waren. An der Umfrage haben Laboratorien mit zum Teil langjährigen Routineerfahrungen teilgenommen, die auch das Testprogramm durchgeführt haben. Bei den Phosphatglas-Auswertegeräten handelt es sich durchweg um Geräte älterer Bauart.

Allgemeine Angaben über den Einsatz der Geräte, insbesondere über die routinemäßigen Kontrollen der Gerätefunktion, sowie über die Verwendung zusätzlicher Geräte, z.B. zur Meßwertregistrierung, sind in der Tabelle 6/12 wiedergegeben.

AUSWERTEKAPAZITÄT VON TLD- UND RPL-GERÄTEN			
GERÄTE Nr.	HERSTELLER/TYP/BAUJAHR	DOSIMETER pro h	ELEMENTE pro Dosimeter
<u>Automatische Auswertung</u>			
1	Harshaw/2271+2000 B/1973	90	2
2	Harshaw/2271/1975	90	2
3	Harshaw/2271/1975	90	2
4	Harshaw/2271/1975	100	2
5	Harshaw/2271/1976	50	2
6	Harshaw/2271/1976	50	2
7	Harshaw/2271/1976 +)	100	2
8	National/510-a/1977 +)	250	4
9	National/4D-710/1978 +)	≈160	4
10	Studsvik/1313/1976 +)	90	4
11	Studsvik/1313A/1977 +)	50	4
12	Studsvik/1313A /1977	50	4
13	Teledyne/9100/1975	75	4
<u>Manuelle Auswertung</u>			
14	Harshaw/2000 A+B/1967	--	--
15	Harshaw/2000 A+B/1968	40	1
16	Harshaw/2000 A+B/1970	--	--
17	Harshaw/2000 A+B/1971	--	--
18	Harshaw/2000 A+B/1972	40	1
19	Harshaw/2000 B+C/1975	60	1
20	Harshaw/2000 A+B/1975	30	1
21	Harshaw/2000 A+B/1976	30	2
22	Harshaw/3000	--	--
23	National/UD50SA/1975	60	2
24	Pitman/Toledo/1974	35	1
25	Pitman/65412/1975	40	1
26	Pitman/ 65412/1975	30	1
27	Pitman/654/1978	60	1
28	Pitman/654/1978	60	1
29	Teledyne/8300/1973	18	4
30	Teledyne/8310/1974	18	4
31	Teledyne/8300/1976	15	4
32	Victoreen/2800/1973	40	1
33	Victoreen/2800/1974	25	1
34	RPL Toshiba/FGD-3b/1976	100	1
35	RPL Toshiba/FGD-6/1968	100	1
36	RPL Toshiba/FGD-6/1970	100	1
37	RPL Toshiba/FGD-6/1970	100	1
38	RPL Toshiba/FGD-6/1970	150	1

+) Testgeräte bzw. Prototypen

Tab. 6/13: Auswertekapazität von TLD- und RPL-Geräten

Angaben über die Auswertekapazität der Geräte sind in Tabelle 6/13 zusammengestellt. Hier bieten Automaten im Vergleich zu Geräten mit Handauswertung zweifellos mehr Möglichkeiten. Die hier erfaßten Automaten können offensichtlich zwischen 200 und 1 200 Detektorelemente pro Stunde auswerten gegenüber 40 bis 120 Detektorelementen pro Stunde bei manueller Auswertung.

Die Bewertung der TLD-Geräte in gut, mittelmäßig und befriedigend wurde auf folgende Fragestellung angewandt:

- Zuverlässigkeit der Geräte bei Dauerbelastung,
- Zuverlässigkeit der Mechanik,
- Zuverlässigkeit der Elektronik,
- Zuverlässigkeit der automatischen Dosimeteridentifizierung,
- Servicefreundlichkeit des Gerätes.

Bei der routinemäßigen Dosimeterauswertung konnte die Fehleranfälligkeit des Gerätes in Prozent der durchgeführten Messungen getrennt für einen Ausfall der Mechanik, der Elektronik und der Dosimeteridentifizierung im Auswertegerät angegeben werden. Diese Ergebnisse zeigen, daß die Fehlerquoten bei den Automaten, je nach der Qualität des vorliegenden Einzelgerätes, unter Umständen 10 % betragen können, andere Geräte desselben Typs jedoch eine relativ geringere Fehlerquote ergeben.

In Tabelle 6/14 ist die Pauschalbewertung der Anwender über die Geräteerfahrung für alle Hersteller wiedergegeben. Demnach ist ein großer Teil der Anwender mit der Zuverlässigkeit der Geräte zufrieden. Dagegen wird der Reparaturservice der Hersteller, soweit er in Anspruch genommen werden mußte, deutlich bemängelt.

GERÄTEERFAHRUNGEN DER BENUTZER				
	BEWERTUNG			
	ANZAHL DER TLD-SYSTEME (RPL-SYSTEME)			
	gut	mittel- mäßig	unbe- fried.	nicht eindeutig 1)
ZUVERLÄSSIGKEIT DES GERÄTES bei Dauerbelastung	18 (5)	6	4	5
ZUVERLÄSSIGKEIT DER MECHANIK	14 (5)	6	5	8
ZUVERLÄSSIGKEIT DER ELEKTRONIK	21 (5)	3	4	5
ZUVERLÄSSIGKEIT DER DOSIMETER IDENTIFIZIERUNG (NUR AUTOMATEN)	8	3	1	1
SERVICEFREUNDLICHKEIT	15 (1)	5 (2)	7 (1)	7
BEURTEILUNG DES REPARATURSERVICE	4	7	7 (5)	15
ERSATZTEILLIEFERUNG	9	7	4 (5)	13

1) Ein Bewertung wurde nicht vorgenommen, bzw. die vorliegenden Erfahrungen waren zu einer Pauschalbewertung nicht ausreichend

Tab. 6/14: Pauschalbewertung der Anwender über Geräteerfahrungen

Wenn auch die geringe Anzahl der beurteilten Geräte keine allgemeine Aussage über einen bestimmten Gerätetyp zuläßt, wird aus der Befragung doch deutlich, daß vom gleichen Gerätetyp offensichtlich Geräte unterschiedlicher Zuverlässigkeit ausgeliefert werden.

Innerhalb der Umfrage hatten die Anwender Gelegenheit, ihre auf den langjährigen Erfahrungen beruhenden Vorstellungen über Verbesserungen von Auswertegeräten wiederzugeben. Die verschiedenen Wünsche der Anwender wären zweifellos durch ein Auswertegerät nach dem Bausteinprinzip zu verwirklichen, welches aus einer Kombination von optimierten Bauteilen für den jeweiligen Anwendungszweck wahlweise zusammengestellt wird.

Im Rahmen der Umfrage wurden von den Anwendern Vorschläge zur Normierung von Geräteteilen, zu den Servicebedingungen sowie zu einer eventuellen Servicegemeinschaft der Hersteller bzw. Anwender gemacht.

6.3.6 Test des Taschen-Dosismeß- und Warngerätes TDW 10/20

M. Hauser, B. Burgkhardt

Im Rahmen eines Gerätetestprogrammes wurden die dosimetrischen Eigenschaften des Taschen-Dosismeß- und Warngerätes TDW 10/20 der Firma Graetz Vertriebsgesellschaft mbH. untersucht. Dies ist ein fremdlesbares Dosimeter mit Analoganzeige der Dosis im Meßbereich 0 - 200 mR bzw. 0 - 15 mR und einer wählbaren akustischen Warnschwelle bei 20, 100, 400 oder 1500 mR. Als Detektor wird ein GM-Zählrohr Type Valvo 18 529 mit Energiekompensationsfilter verwendet, dessen Zählrate über einen Digital-Analogwandler gespeichert wird.

Für den Gerätetest standen 10 Dosimeter sowie das computerkompatible Meßsystem CKM zur Verfügung. Zur Prüfung der dosimetrischen Eigenschaften wurden bei den meisten Testreihen jeweils 10 Dosimeter unter gleichen Bedingungen bestrahlt. Die Chargenstreuung bzw. Fertigungstoleranz der 10 Dosimeter betrug aufgrund einer Kalibrierbestrahlung und einer Dosisablesung $\pm 6\%$. Untersucht wurde die Meßgenauigkeit im vorgegebenen Dosisbereich, die Energie- und Richtungsabhängigkeit der Dosisanzeige, die Dosisanzeigenauigkeit bei der Auslösung des akustischen Warntones an den Warnschwellen, die Übereinstimmung zwischen akustischer Schwelle und Dosisanzeige, die Dosisleistungs- und Temperaturabhängigkeit der Dosisanzeige sowie die Entladungscharakteristik des eingebauten Akkumulators.

Die Linearität der Dosisanzeige wurde bei konstanter Dosisleistung im vorgegebenen Dosisbereich untersucht und ist in Abbildung 6/13 wiedergegeben. Im Dosisbereich oberhalb 20 mR wird die Soll-dosis von den Dosimetern innerhalb $\pm 3\%$ richtig wiedergegeben. Im unteren Meßbereich ist der Anzeigefehler, welcher sich hier vor allem aus dem Digitalanzeigeschritt von 1 mR ergibt, durch die schraffierte Fläche dargestellt.

Der Einfluß der Dosisleistung auf die akkumulierte Dosisanzeige ist in Abbildung 6/14 wiedergegeben. Bei einer Dosisleistung von 10 R/h beträgt der Meßfehler -10% . Das Überschreiten dieser Dosisleistung wird durch einen dafür vorgesehenen akustischen Alarm angezeigt. Für größere Dosisleistungen nimmt der Meßfehler schnell zu.

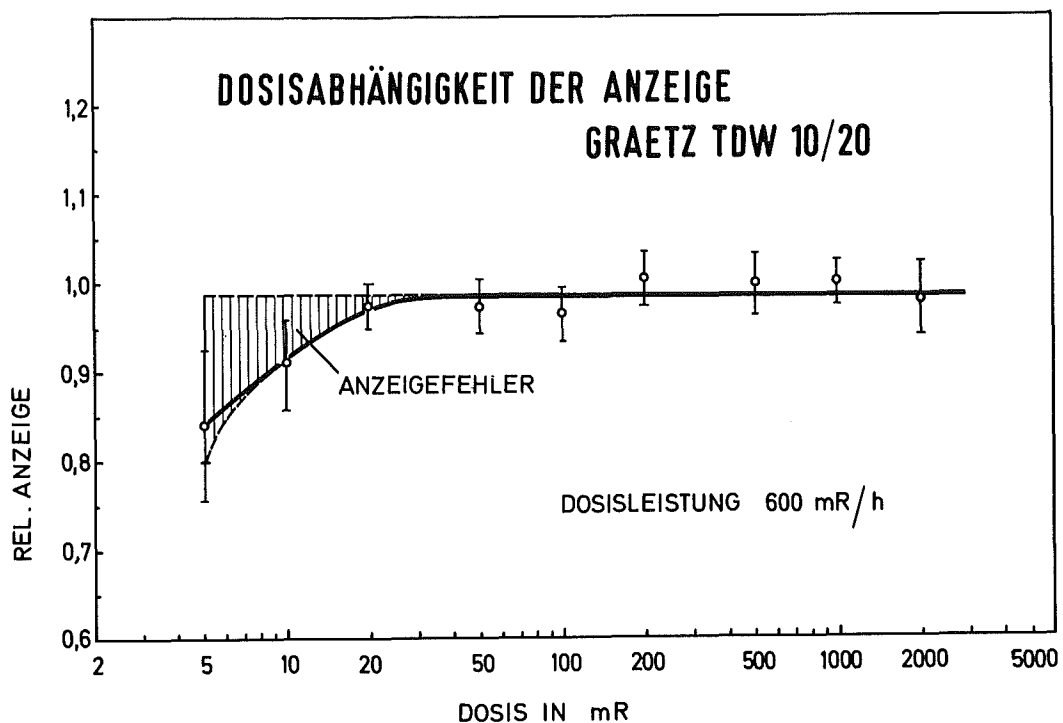


Abb. 6/13: Linearität der Dosisanzeige des Taschen-Dosismeß- und Warngerätes TDW 10/20 der Firma Graetz

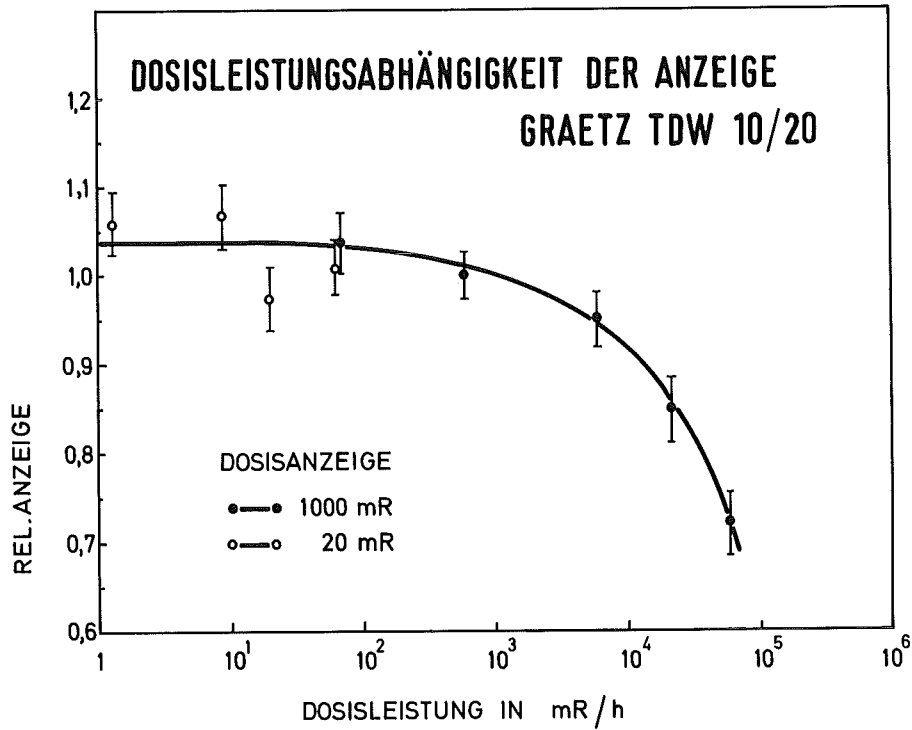


Abb. 6/14: Dosisleistungsabhängigkeit der Dosisanzeige des Taschen-Dosismeß- und Warngerätes TDW 10/20 der Firma Graetz

Die Änderung der Betriebsspannung in Abhängigkeit von der Betriebsdauer in Abbildung 6/15 zeigt, daß nach einer 16-stündigen Aufladung des Dosimeters die erforderliche Betriebsspannung von 2,4 V nach einer Betriebsdauer von 3 h, 18 h und 24 h unterschritten wird bei entsprechender Bestrahlung mit einer Dosisleistung von 3 R/h (Daueralarm), 67 mR/h bzw. Nulleffekt. Die entsprechenden Betriebszeiten für einen Abfall der Betriebsspannung auf 2,2 V betragen 6 h, 21 h und 29 h.

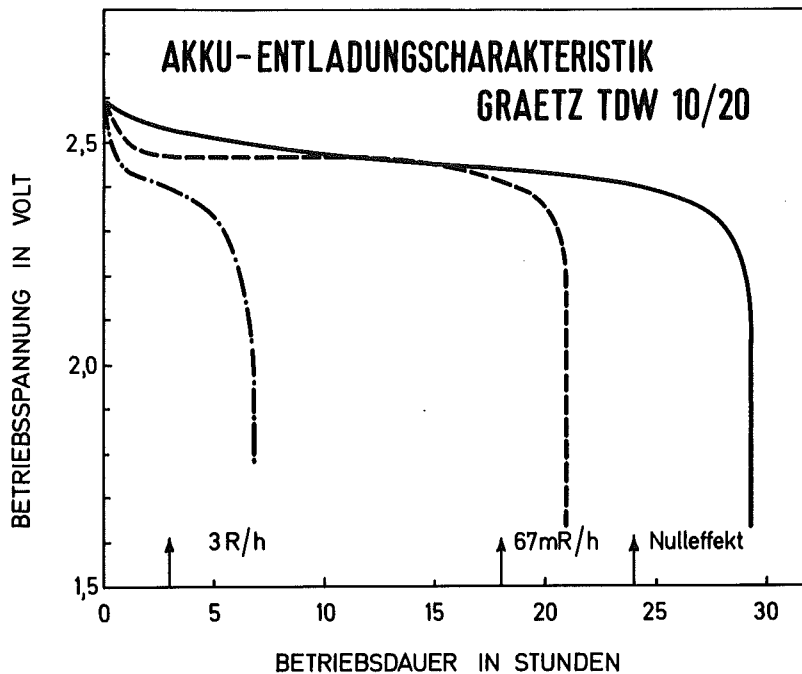


Abb. 6/15: Akku-Entladungscharakteristik des Taschen-Dosismeß- und Warngerätes TDW 10/20 der Firma Graetz

6.4 Neutronendosimetrie

6.4.1 Standardtechnik zur Kalibrierung von Albedodosimetern

B. Burgkhardt, E. Piesch

Wegen der Energieabhängigkeit des Albedodosimeters sind anlagenbezogene Kalibrierungen erforderlich, die im jeweiligen Streustrahlungsfeld an allen repräsentativen Aufenthaltsorten auszuführen sind. Hierbei wird das Albedodosimeter an der Oberfläche eines Menschphantoms bestrahlt und die vor Ort vorhandene Neutronenäquivalentdosis mit einem Referenzgerät unmittelbar danach gemessen. Als Referenzgerät werden bevorzugt Rem-Counter vom Anderson-Braun-, Studsvik- oder Leake-Typ eingesetzt, die als Detektoren BF_3 -, ^6LiJ - oder ^3He -Zähler enthalten. Nachteilig ist hierbei die unterschiedliche Größe und Geometrie von Rem-Counter und Phantom und damit Unterschiede in der Richtungsabhängigkeit beider Detektoren, die Bestrahlung beider Detektoren zu verschiedenen Zeiten und damit der Einfluß eines zeitlich veränderlichen Strahlungsfeldes sowie unter Umständen die Überempfindlichkeit des verwendeten Rem-Counters gegenüber mittelschnellen Neutronen (Faktor 3 - 10, je nach Moderatorgröße und Detektortyp).

Aufgrund der Ergebnisse der PTB-Kalibrierung [61] wurde das Kalibrierverfahren für Albedodosimeter in Streustrahlungsfeldern durch Einsatz einer 30 cm ϕ -Polyäthylenkugel sowohl als Phantom als auch als Rem-Counter mit einem thermischen Detektor im Zentrum standardisiert. Das Albedodosimetersystem, welches jeweils ein Dosimeter an der Vorder- und Rückseite des Phantoms verwendet, ergibt bei Addition der Dosimeteranzeigen eine annähernd richtungsunabhängige Anzeige der Neutronendosis. Vorteil dieser Methode ist die gleichzeitige Bestrahlung von Rem-Counter und Albedodosimeter, die gleiche Moderatorgeometrie, derselbe Referenzort für Rem-Counter und Phantom, die Verwendung gleichartiger Detektoren (TLD 600/TLD 700) sowie die günstige Energieunabhängigkeit des zugrundegelegten Referenzgerätes.

Für anlagenbezogene Kalibrierungen wird die Polyäthylenkugel auf einem Dreifußgestell in 85 cm Höhe über Boden aufgestellt. Mit mehreren Rem-Countern können damit gleichzeitige Kalibrierbestrahlungen an einer Vielzahl von Orten in der Umgebung einer Anlage durchgeführt werden. Aufgrund dieser Kalibrierungen werden anlagenbezogene Kalibrierkurven bestimmt, welche als Basis für einen routinemäßigen Einsatz von Albedodosimetern in der Personendosimetrie dienen. Mit den hier eingesetzten Albedodosimetern ist es außerdem möglich, Neutronenstreustrahlungsfelder auszumessen und das entsprechende Neutronenspektrum zu interpretieren.

6.4.2 Neutronenstreustrahlungsfeld an einem medizinischen Linearbeschleuniger

B. Burgkhardt, E. Piesch, I. Hofmann

Der Hochfrequenz-Linearbeschleuniger Mevatron 20 der St. Vincentius-Krankenhäuser Karlsruhe erzeugt Elektronen mit einer Maximalenergie von 20 MeV und Röntgenbremsstrahlung mit einer Energie von 15 MeV bei einer Dosisleistung von 300 rd/min in 1 m Abstand. Durch (γ, n) -Prozesse im Abschirmmaterial im Kollimator und in der Blockblende entsteht hier eine Neutronenstörstrahlung.

Zur Ausmessung des Neutronenstreustrahlungsfeldes wurde das Karlsruher Albedodosimetersystem und ein Rem-Counter von 30 cm ϕ mit einem TLD 600/TLD 700-Detektor im Zentrum eingesetzt. Mit dieser Standardtechnik ist es möglich, die Äquivalentdosisanteile der Neutronenstrahlung, die Gammadosis sowie eine effektive Neutronenenergie zu ermitteln [18].

Abbildung 6/16 zeigt die Verteilung der Meßorte im Behandlungsraum. Die Meßhöhe beträgt 0,6 m über Boden mit Ausnahme der Meßpunkte 3 (2 m), 13 (2,7 m), 17 (1,2 m), 11 und 12 (0,9 m). Die Meßpunkte 7 bis 9 liegen übereinander (0,3 m, 1 m, 2,1 m). Die Messungen wurden bei geschlossener Blockblende und Strahlrichtung zum Boden durchgeführt.

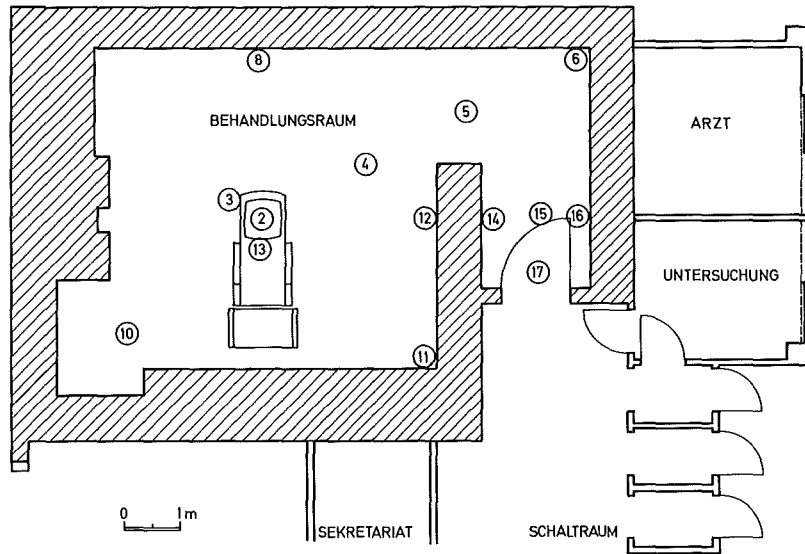


Abb. 6/16: Mevatron-Bestrahlungsraum, St. Vincentius-Krankenhaus, Karlsruhe

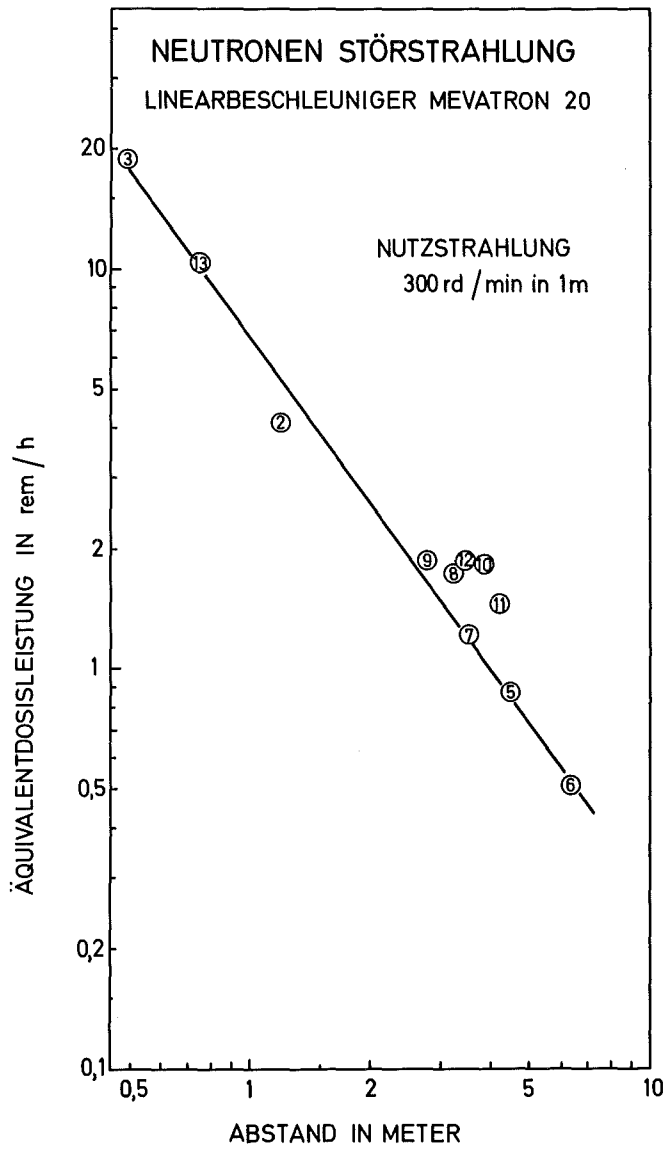


Abb. 6/17: Neutronendosisleistung in Abhängigkeit vom Abstand zum Strahlerkopf

In Abbildung 6/17 ist die Äquivalentdosisleistung der Neutronenstörstrahlung als Funktion des Abstandes vom Quellpunkt aufgetragen. Die Äquivalentdosisleistung in 1 m Abstand vom Quellpunkt beträgt etwa 7 rem/h (0,4 mrem/rd) oder 0,4 % der Dosisleistung im Nutzstrahl. Nach DIN-Norm soll die Dosisleistung der Neutronenstörstrahlung nicht größer sein als 0,2 bzw. 0,5 % der maximalen Dosisleistung der Röntgen- und Elektronenstrahlung im Nutzstrahlenbündel.

Am Ausgang der Schleuse und an der Tür im Bestrahlungsraum betragen die Werte der Neutronenstörstrahlung 500 mrem/h (Meßpunkt 6) bzw. 50 mrem/h (Meßpunkt 17).

Für den baulichen Strahlenschutz interessant ist das Dosisverhältnis Neutronen- zu Gammastrahlung im Strahlungsfeld. Mit Ausnahme der Meßwerte am Strahlerkopf ist der Neutronendosisanteil etwa um den Faktor 2 größer, in der Schleuse bis zu einem Faktor 5. Für die Meßorte in der Nähe des Strahlerkopfes erhält man eine gerichtete Strahlung, an den Wänden des Bestrahlungsraumes eine Komponente rückgestreuter Neutronen, für die Meßpunkte in der Schleuse vor der Tür des Bestrahlungsraumes eine annähernd isotrope Richtungsverteilung.

Mit Hilfe des Diagrammes in Abbildung 6/18 und der für verschiedene Meßorte gemessenen Neutronenanzeigen in den Dosimeterpositionen i, a und c lassen sich für das Neutronenstörstrahlungsfeld effektive Energien E_{eff} von 0,2 bis 0,4 MeV angeben. Der Dosisanteil thermischer Neutronen H_{th} bezogen auf die gesamte Neutronendosis H_{n} liegt bei 1 % am Strahlerkopf (Meßort 3, 13), zwischen 3 bis 8 % im Bestrahlungsraum und bei 20 % in der Schleuse.

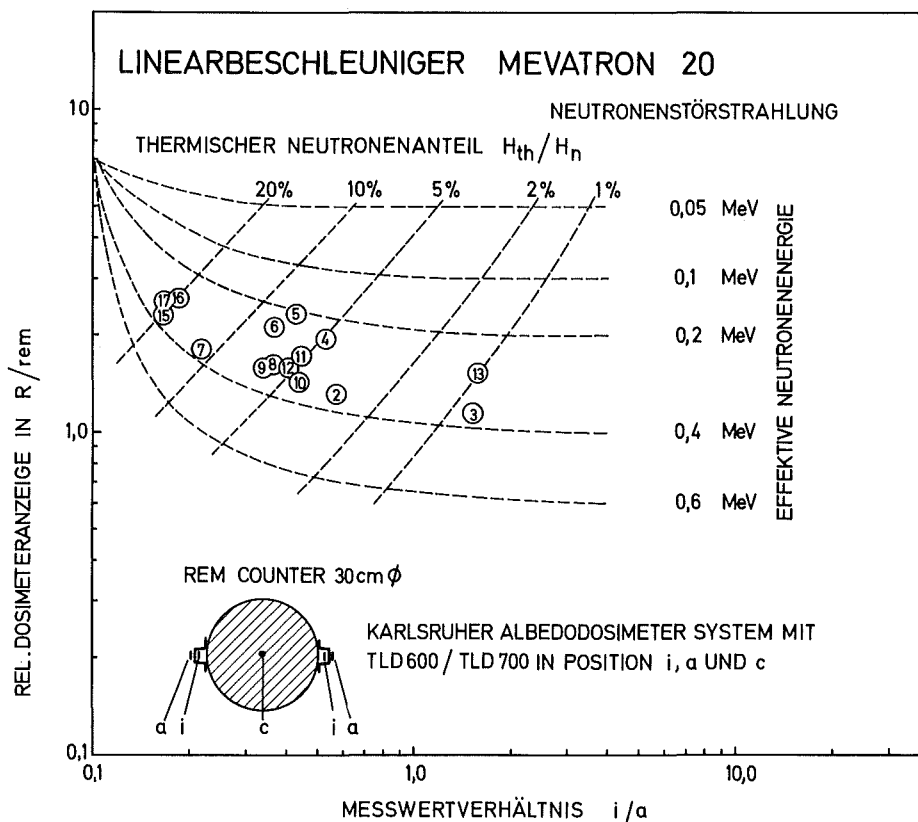


Abb. 6/18: Neutronenempfindlichkeit des Albedodosimeters am Mevatron 20 als Funktion von i/a und der Parameter E_{eff} und $H_{\text{th}}/H_{\text{n}}$

Die Angaben für die mittlere Neutronenenergie zeigen gute Übereinstimmung zu Werten von 330 bis 420 keV, die an einem baugleichen Linearbeschleuniger in 1 m Abstand vom Targetpunkt mit Hilfe von Aktivierungsmessungen und einer Computerberechnung gefunden wurden (McCall 1977). Die Äquivalentdosisleistung liegt nach diesen Berechnungen bei 6 mrem/h, der Anteil der thermischen Neutronen ist etwa 2 % und konstant für den gesamten Bestrahlungsraum.

Aus der guten Übereinstimmung der Ergebnisse kann geschlossen werden, daß die Einfachkugel-Albedomethode eine ausreichend gute Interpretation des Neutronenspektrums ermöglicht und daß die hier wiedergegebenen Ergebnisse über die Intensität und Qualität der Neutronenstörstrahlung für medizinische Linearbeschleuniger mit vergleichbarer Photonenenergie repräsentativ sind.

6.4.3 Die Einfachkugel-Albedotechnik zur Analyse von Neutronenstreustrahlungsfeldern

E. Piesch, B. Burgkhardt

Für die Ausmessung von Neutronenstreustrahlungsfeldern sind spektroskopische Meßmethoden einerseits zu unempfindlich, der Einsatz der Bonner Multisphere-Technik andererseits zu aufwendig und wegen der ungenauen Kenntnis der Empfindlichkeitsfunktionen bei der Analyse des Neutronenspektrums unter Umständen recht unsicher. Die Kombination einer Moderatorkugel mit zwei Albedodosimetern bietet die Möglichkeit, verschiedene Aussagen über das Spektrum im Neutronenstreustrahlungsfeld zu erhalten.

Die Einfachkugel-Albedotechnik verwendet eine Polyäthylenkugel von 30 cm \varnothing mit einem TLD 600/TLD 700-Detektor im Zentrum. Die Energieabhängigkeit des TLD-Detektors in der Kugel und des Albedodosimeters an der Kugeloberfläche ist in Abb. 6/19 wiedergegeben. Zur Analyse des Neutronenstreustrahlungsfeldes lassen sich die Empfindlichkeitsfunktionen der Detektoren i, a, m und c in folgender Weise darstellen:

$$\alpha(a) = R_{th}(a) \cdot H_{th} + R_e(a) \cdot H_e + R_s(a) \cdot H_s$$

$$\alpha(m) = R_{th}(m) \cdot H_{th} + R_e(m) \cdot H_e + R_s(m) \cdot H_s$$

$$\alpha(i) = R_{th}(i) \cdot H_{th} + R_e(i) \cdot H_e + R_s(i) \cdot H_s$$

$$\alpha(c) = R_{th}(c) \cdot H_{th} + R_e(c) \cdot H_e + R_s(c) \cdot H_s$$

Hierbei sind $\alpha(k)$ mit $k = a, m, i, c$ die ^{137}Cs -gammaäquivalenten Dosisanzeigen der TL-Detektorpaare in R nach Korrektur der Gammadosis

H_{th}, H_e, H_s die Neutronendosisanteile in mrem für thermische Neutronen, mittelschnelle Neutronen sowie schnelle Neutronen oberhalb 10 keV

$R_{th}(k), R_e(k), R_s(k)$ mit $k = a, m, i, c$ die Neutronenempfindlichkeit in R/rem für thermische, epithermische und schnelle Neutronen.

Aus diesem Gleichungssystem müssen die unbekanntenen Größen $R_s(i) = F(E)$, H_{th} , H_e und H_s ermittelt werden. Zur Lösung des Gleichungssystems werden für die annähernd energieunabhängigen Größen $R_{th}(k)$ und $R_e(k)$ berechnete Empfindlichkeiten bzw. Kalibrierergebnisse nach Abb. 6/19, für die energieabhängige Unbekannte $R_f(k)$ die Beziehung

$$R_s(a) = R_s(m) = v \cdot R_s(i) \text{ mit } v \sim 0,15$$

herangezogen. Für $R_s(c)$ kann hingegen ein konstanter Wert angenommen werden.

Die Neutronenäquivalentdosisanteile werden aus dem Gleichungssystem so bestimmt, daß die Summe $H_n = H_{th} + H_e + H_s$ ergibt. Im Gegensatz zur Rem-Counter-Anzeige (Detektor c) zeigt die berechnete Neutronendosis H_n keine Unterempfindlichkeit gegenüber thermischen Neutronen.

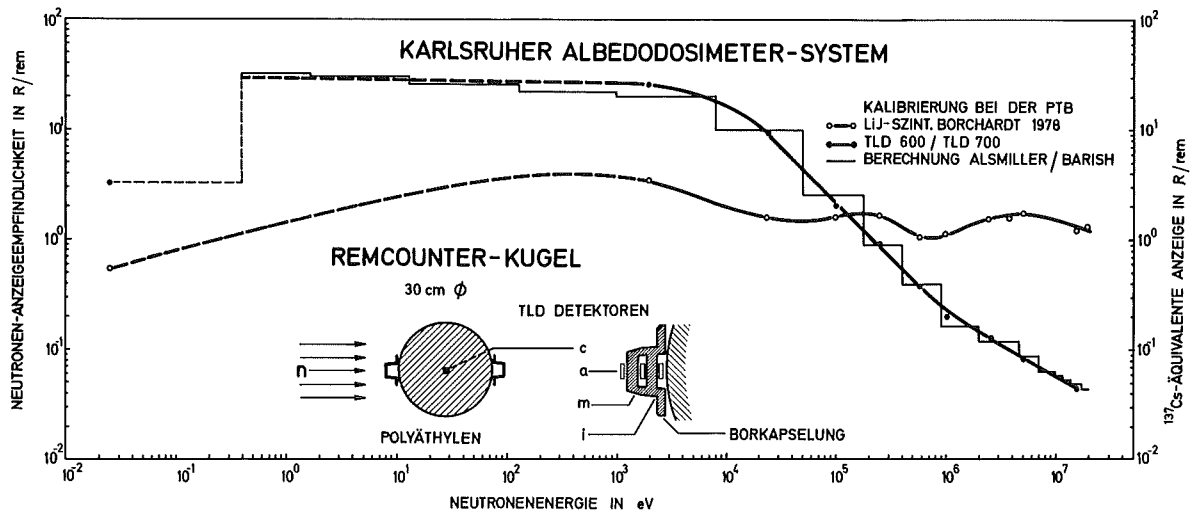


Abb. 6/19: Relative Neutronenempfindlichkeit des Karlsruher Einfachkugel-Albedodosimeters

Die bekannte Energieabhängigkeit von $R_S(i)$ kann zur Ermittlung einer mittleren Neutronenenergie \bar{E} und damit zur Interpretation des Neutronenspektrums im Streustrahlungsfeld herangezogen werden. Für die Bestimmung von \bar{E} wird im Gegensatz zur Kalibrierkurve für monoenergetische Neutronen in Abb. 6/19 eine modifizierte Albedoempfindlichkeitsfunktion zugrundegelegt, welche sich auf ein Neutronenspektrum mit Normalverteilung bzw. auf ein Spaltspektrum bezieht.

Mit Hilfe eines Rechenprogrammes werden für das Neutronenstreustrahlungsfeld am Meßort folgende Größen berechnet:

- die Neutronenäquivalentdosis H_n und die Gammadosis H_Y sowie das entsprechende Verhältnis Neutronendosis zu Gammadosis;
- die Neutronendosisanteile für thermische Neutronen $< 0,4$ eV, epithermische Neutronen zwischen $0,4$ eV und 10 keV und schnelle Neutronen oberhalb 10 keV,
- die mittlere Neutronenenergie \bar{E} für schnelle Neutronen;
- die effektive Neutronenempfindlichkeit des Albedodosimeters $R_{eff}(i)$ unter Berücksichtigung einer für thermische Neutronen korrigierten Rem-Counter-Anzeige;
- der statistische Meßfehler für alle Komponenten unter Berücksichtigung der Gammadosisubtraktion und des dosisabhängigen Meßfehlers in den Detektorpositionen i, a, m und c .

Im Jahre 1979 wurde die Einfachkugel-Albedotechnik für Streustrahlungsmessungen an verschiedenen Anlagen eingesetzt, u.a. am medizinischen Linearbeschleuniger Mevatron 20 der St. Vincentius-Krankenhäuser in Karlsruhe, am Linearbeschleuniger der PTB Braunschweig, am Kompaktzyklotron sowie an der KARIN-Therapieanlage im Krebsforschungszentrum Heidelberg, am Experimentierreaktor HPRR in Oak Ridge, am Forschungsreaktor FRJ-1 in Jülich, am Kernkraftwerk GKN Neckarwestheim und am Versuchskernkraftwerk Kahl.

Anlage	H _n mrem/h	H _n /H _γ	Rel. Neutronendosis in %			E _{eff} keV	R _{eff(i)} R/rem	
			H _{th} /H _n	H _e /H _n	H _f /H _n			
²⁵² Cf Freiluft	2m	336	15.7	0.1	0.0	99.1	1900	0.31
20MV Lin. Elektr. Beschleuniger Mevatron 20 Eingang	1m	13910	0.99	1.1	1.2	97.7	295	2.1
	5m	1496	0.70	8.6	2.3	89.1	260	2.7
		48	3.21	30.4	4.7	64.9	260	3.6
Linac SL 75-20 Eingang hinter Abschirm.	1m	64410	3.40	1.3	0.6	98.1	345	1.7
		613	4.21	13.5	3.7	82.8	240	3.2
		13	1.55	37.3	5.8	56.8	120	5.1
14 MeV 'KARIN' Therapieanlage	1m	4360	11.8	1.9	0.5	97.7	1140	0.67
	9m	430	9.8	4.5	0.8	94.7	831	1.0
Kompaktzyklotron d(d,n), DKFZ	1m	500	20.2	2.2	0.4	97.4	1220	0.63
	5m	146	13.6	5.0	1.0	94.0	720	1.2
	10m	138	5.1	14.6	2.2	83.3	400	2.2
	15m	16	1.7	43.9	4.9	51.2	410	3.5
Oak Ridge HPRR Plexiglas Beton	Freiluft	6575	17.3	0.3	0.0	99.7	880	0.63
		4715	12.2	4.3	0.4	95.3	850	0.88
		4281	10.0	3.1	0.7	96.2	590	1.2
Jülich FRJ-1 Reaktor	im Strahl	62	2.33	3.0	1.2	95.8	235	2.5
	3m	8.7	4.08	20.6	5.1	74.3	140	4.6
GKN Kraftwerk in Reaktorhalle		5423	4.2	14.0	5.9	80.1	205	4.1
	2,3m	11	0.67	19.2	5.0	75.9	200	4.0
	6,4m	2.4	0.38	20.7	5.5	73.8	215	4.0
	Eingang zum Sumpf	0.06	0.15	70.7	2.8	26.5	200	3.8
		2.6	0.02	52.8	4.3	42.9	240	3.9
Kahl Exper. Reaktor	Containment	0.5	3.26	26.4	8.1	65.4	174	3.1
	Dampfumformer	24	46.2	13.6	5.3	81.0	216	3.9
	Ventil im Rohr- kanal	14.6	11.9	14.4	5.0	80.6	173	4.2

Tab. 6/15: Interpretation von Neutronen-Streustrahlungsfeldern mit der Einfachkugel-Albedomethode

6.5 Kernspurätzdetektoren

E. Piesch, G.M. Hassib, G.E. Massera

6.5.1 Nachweis von α-Teilchen mit Polykarbonatdetektoren

Die elektrochemische Ätzmethode wurde für Polykarbonatdetektoren bisher nur zum Nachweis neutroneninduzierter Rückstoßkerne eingesetzt. Mit Hilfe einer gezielten Vorätzung der Detektorfolie konnte die Anzahl der Untergrundspuren so weit herabgesetzt werden, daß eine praktische Anwendung in der Neutronendosimetrie möglich wurde [25].

Im Gegensatz zu neutroneninduzierten Rückstoßkernen können α-Teilchen wegen der erforderlichen Ionisierungsdichte nur am Ende der Teilchenspur in einer bestimmten Detektortiefe elektrochemisch nachgewiesen werden. Zum Nachweis einer vorgegebenen α-Energie kann die Detektorfolie zu diesem Zweck mit einem zusätzlichen Absorber abgedeckt werden. Die erforderliche Schichtdicke kann aber auch vom Detektor selbst durch eine Vorätztechnik unmittelbar vor Anwendung der elektrochemischen Ätzung entfernt werden. Die hier angewandte Technik, Detektorschichten durch eine genau abgestimmte chemische Vorätzung abzutrennen, kann zur Diskriminierung bestimmter α-Energiegruppen eingesetzt werden [24].

Die durchgeführten Experimente wurden mit einer dünn-schichtigen ²⁴¹Am-Quelle in einer Bestrahlungskammer unter Normaldruck durchgeführt. Durch Änderung des Detektor-Quellenabstandes konnte hierbei die entsprechende α-Energie variiert werden. Abb. 6/20 zeigt den Einfluß einer unterschiedlichen Vorätzung auf den Nachweis verschiedener α-Energien. Damit erhält man für jede α-Energie eine optimale abzulösende Schichtdicke. Die Vorätzung erfolgte hierbei in einer Mischung aus Äthylalkohol und einer 6N-KOH-Lösung mit 20 %igem Volumenanteil. Bei Zimmertemperatur beträgt die Ätzrate 2,34 µm/h. Die elektrochemische Ätzung erfolgte in einer 6N-KOH-Lösung mit 20 %igem Volumenanteil Alkohol bei 800 V_{eff} und 2 kHz.

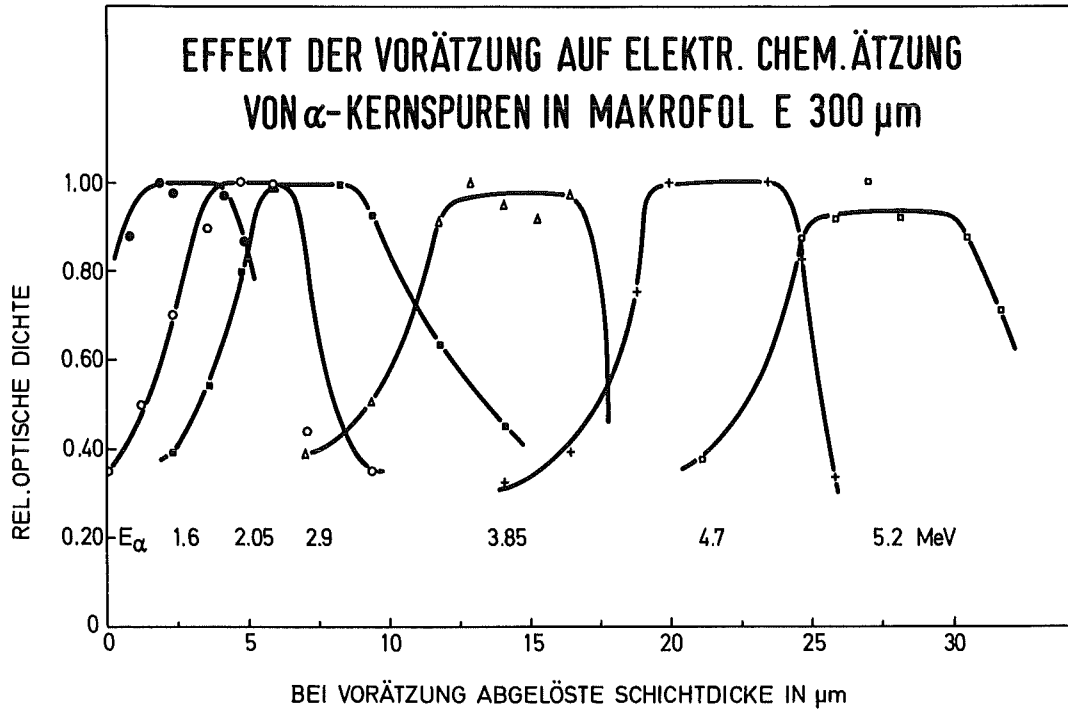


Abb. 6/20: Effekt der Vorätzung auf den Nachweis von α -Teilchen in Makrofol bei elektrochemischer Ätzung

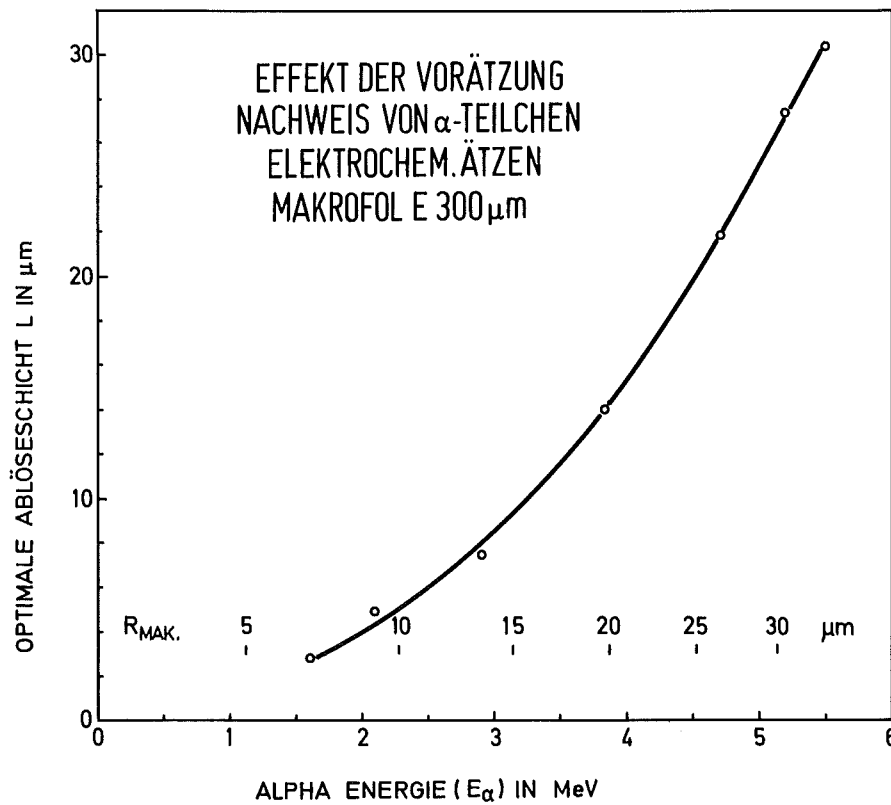


Abb. 6/21: Optimale Schichttiefe zum Nachweis von α -Teilchen in Makrofol (R_{Mak} = Reichweite der α -Teilchen in Makrofol)

Die optimale Schichtdicke L , die zum Nachweis einer vorgegebenen α -Energie entfernt werden muß, ist in der Abb. 6/21 in Abhängigkeit von der α -Energie wiedergegeben. Die Abbildung enthält auch Angaben über die entsprechende Reichweite R_{Mak} der α -Teilchen in Makrofol. Zum Nachweis von α -Teilchen von 5 MeV muß beispielsweise eine Schichtdicke von 22 μm abgetragen werden, bevor die elektrochemische Ätzmethode angewandt wird.

6.5.2 Passives Radondosimeter mit einem Makrofol-Kernspurdetektor

Für die langzeitige Bestimmung der Inhalationsdosis durch Radon und seine Folgeprodukte wurde für Messungen in Wohnhäusern ein einfaches, passiv arbeitendes Radondosimeter entwickelt, welches einen Kunststoffbecher als Diffusionskammer benutzt (siehe Abb. 6/22). Die Diffusionskammer enthält an der Unterseite einen Makrofol-Kernspurdetektor und wird mit einem Fiberglasfilter an der Oberseite abgedeckt. Hierbei werden Aerosole und Radonfolgeprodukte am Filter zurückgehalten, während Radongas durch das Filter in die Kammer diffundiert. Die Detektorfolie registriert α -Teilchen, welche beim radioaktiven Zerfall von Radon aus einem Volumen oberhalb der Detektorfolie mit Energien zwischen $0 < E < E_{\text{max}}$ auftreffen.

Optimale Bedingungen für eine chemische Vorätzung ergaben sich bei einer abgelösten Schichtdicke von 1,2 μm . Nach Entfernung dieser Detektorschicht erhält man im Anschluß an eine elektrochemische Ätzung einen Untergrundanteil von 37 ± 15 Spuren/ cm^2 . Die Kalibrierung des Radondosimeters bei einer Radonkonzentration von 4,04 nCi/l innerhalb eines Zeitraumes von 20 h ergab eine Anzeige von $2,2 \cdot 10^3$ Spuren/ cm^2 für 808 WLh (siehe Abb. 6/23).

Zur Abschätzung der Lungenbelastung durch Radonzerfallsprodukte wird zwischen Radon und seinen kurzlebigen Zerfallsprodukten ein Gleichgewichtsfaktor $F = 0,5$ angenommen. Diese Annahme gilt für Messungen in Wohnhäusern mit 1- bis 2-fachem Luftwechsel pro Stunde und wird durch andere Meßreihen in Wohnhäusern bestätigt. Unter Berücksichtigung eines Konversionsfaktors von $4 \text{ rem} \cdot (\text{WLM})^{-1}$ für eine Lungenbelastung, erhält man mit dem Radondosimeter eine untere Nachweisgrenze von 5,6 WLh, was einer Lungendosis von 130 mrem entspricht. Nach einer Expositionsdauer von 3 Monaten kann damit noch eine mittlere Radonkonzentration von 0,3 pCi/l nachgewiesen werden.

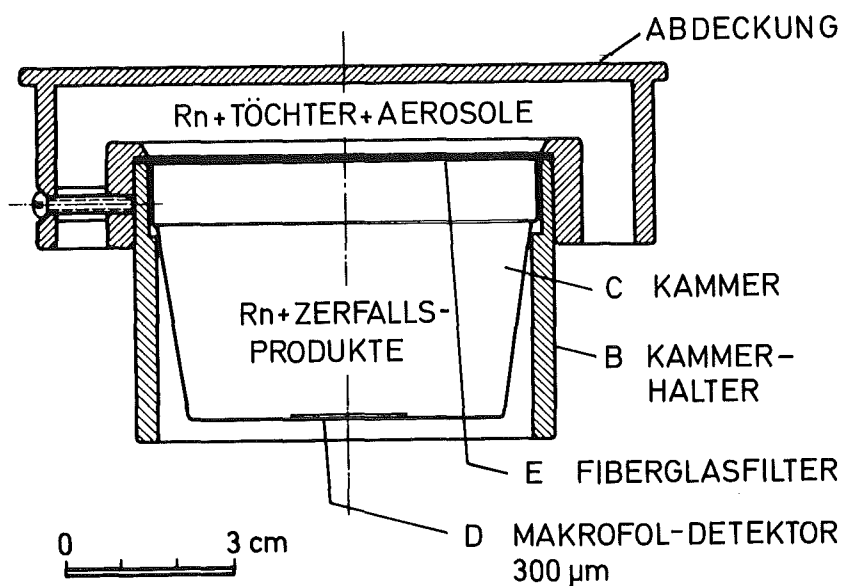


Abb. 6/22: Aufbau der Radon-Diffusionskammer

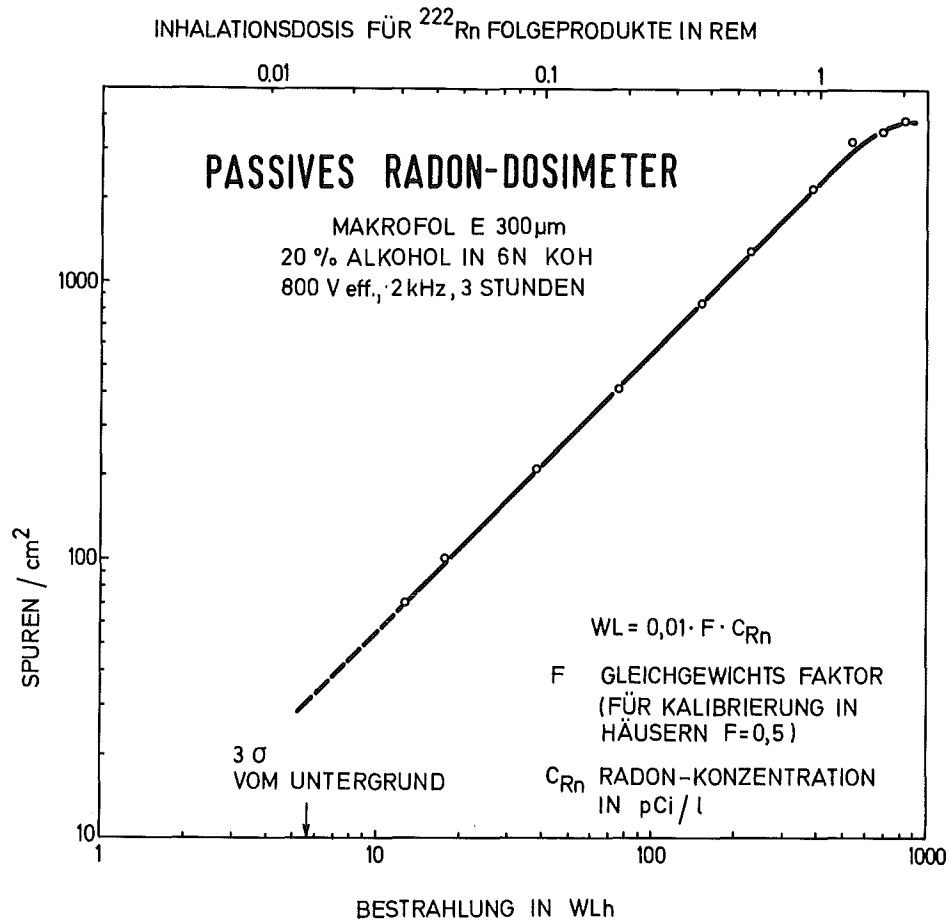


Abb. 6/23: Kalibrierung der Radon-Diffusionskammer auf Radon-Zerfallsprodukte mit $F = 0,5$

Das Radondosimeter wurde in größeren Stückzahlen hergestellt und wird zur Zeit innerhalb eines vom BMI geförderten Vorhabens zur Ermittlung der langzeitigen Inhalationsdosis der Bevölkerung in Wohnhäusern eingesetzt.

6.5.3 Nachweis von Albedoneutronen mit (n,α) -Konvertern

Für den Nachweis moderierter und vom Körper rückgestreuter thermischer Neutronen, der in der Albedodosimetrie bisher vorwiegend mit Thermolumineszenzdosimetern erfolgte, wurde der Einsatz von Makrofol-Kernspurdetektoren untersucht [23]. Der Detektor für thermische Neutronen besteht hierbei aus einer Makrofol-Folie in Kontakt mit einem (n,α) -Konverter, welcher im wesentlichen die Reaktionen ${}^6\text{Li}(n,\alpha){}^3\text{H}$ und ${}^{10}\text{B}(n,\alpha){}^7\text{Li}$ zum Neutronennachweis ausnutzt. Bedingt durch die Schwächung der im Inneren des Konverters erzeugten α -Teilchen, werden hier nur α -Teilchen geringer Energie aus einer relativ dünnen Konverterschicht austreten. Im Kernspurdetektor werden daher α -Teilchen vorwiegend in den ersten μm -Detektorschichten registriert.

Eine Optimierung der Ätzbedingungen erhält man durch eine chemische Vorätzung des Detektors mit einer Schichtablösung von $0,5 \mu\text{m}$ (siehe Abb. 6/24) und einer anschließenden elektrochemischen Ätzung bei 800 V, 2 kHz in einer 6N-KOH-Lösung mit 20 %igem Volumenanteil Alkohol. Wegen der unterschiedlichsten Konzentration von ${}^6\text{Li}$ bzw. ${}^{10}\text{B}$ in den Konverterfolien ist die resultierende Neutronenempfindlichkeit vom jeweiligen Konvertermaterial abhängig. Im Vergleich zu einem Konverter mit vakuumaufgedampftem natürlichem Bor von $6 \mu\text{m}$ Dicke ergeben

sich für ${}^6\text{LiF}$ von Harshaw, für $\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7$ auf Zellenitrat (CA 80-15 von Kodak Pathe) und für eine 80 %ige Borkarbidmischung in Plastik relative Empfindlichkeiten von 78 %, 32 % und 25 %.

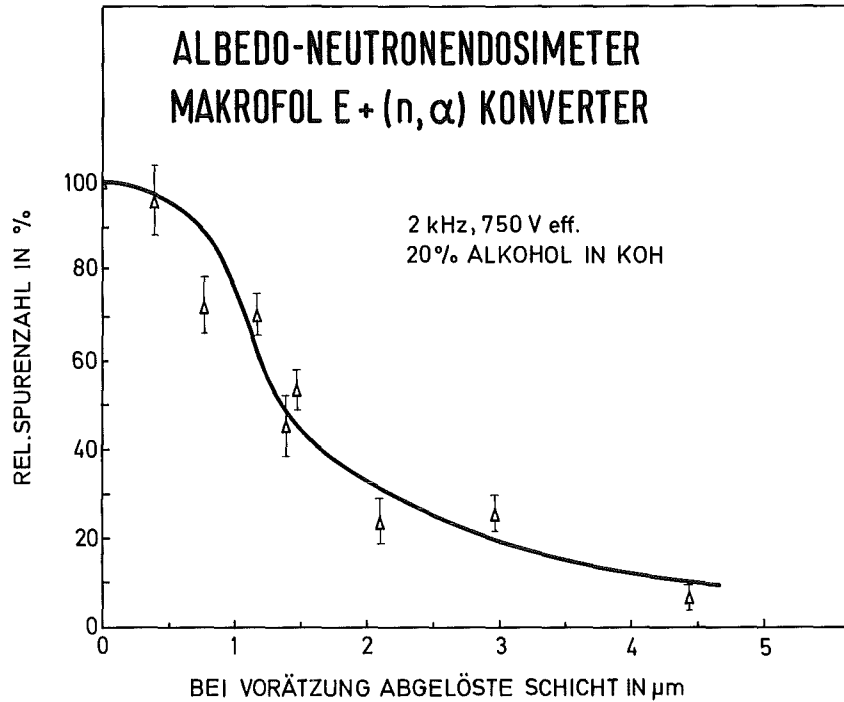


Abb. 6/24: Effekt der Vorätzung auf den Nachweis neutroneninduzierter Rückstoßkerne

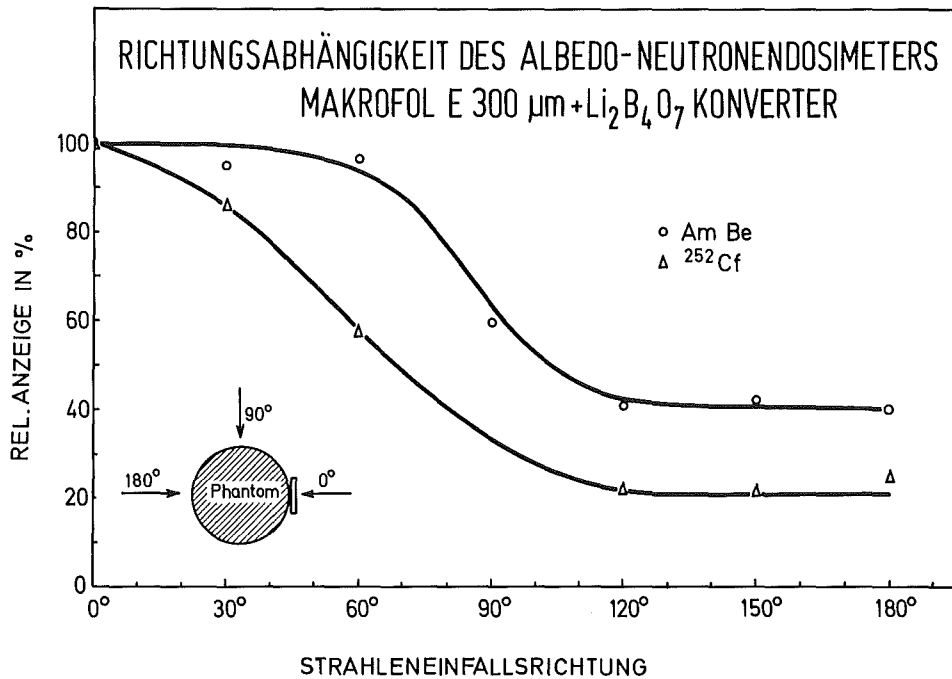


Abb. 6/25: Richtungsabhängigkeit für den Nachweis von Albedoneutronen mit einem Kernspurdetektor

Die Richtungsabhängigkeit des Albedodosimeters (siehe Abb. 6/25) ist wegen des zusätzlichen Nachweises neutroneninduzierter Rückstoßkerne in Makrofol für ^{252}Cf -Neutronen ausgeprägter als für Am-Be-Neutronen. Ein Albedodosimetersystem führt durch die Addition der Meßwerte an der Vorder- und Rückseite des Phantoms zu einer wesentlichen Reduzierung der Richtungsabhängigkeit.

6.5.4 Kernspurdetektorkombination zum Nachweis thermischer, mittelschneller und schneller Neutronen

Bei Anwendung der elektrochemischen Ätztechnik lassen sich Kernspurdetektoren zum Nachweis von Neutronen über einen großen Energiebereich einsetzen. Die Kernspurdetektorkombination zum Nachweis thermischer, mittelschneller und schneller Neutronen besteht aus einem Albedodosimeter, welches zusätzlich zum Albedodetektor außerhalb einer Kadmium- oder Borabschirmung einen zweiten Detektor zur getrennten Messung aus dem Strahlenfeld einfallender thermischer Neutronen enthält. Ein dritter Makrofol-Detektor dient zum Nachweis neutroneninduzierter Rückstoßkerne, womit die Äquivalentdosis schneller Neutronen oberhalb einer Neutronenenergie von 1 - 2 MeV angezeigt wird [23].

Eine solche einfache Detektorkombination wurde mit ^{252}Cf - und Am-Be-Neutronen sowie am Reaktor FMRB der PTB Braunschweig mit thermischen Neutronen sowie mit 2 keV- und 24 keV-Neutronen an einem Phantom kalibriert. Die entsprechende Empfindlichkeit des Neutronendosimeters ist in Tab. 6/16 wiedergegeben. Da die angewandte Ätzmethode für den Nachweis von α -Teilchen optimiert wurde, wird beim Nachweis neutroneninduzierter Rückstoßkerne ein relativ hoher Untergrund erhalten, welcher einer Äquivalentdosis von 200 mrem entspricht. Mit dem Kernspurdetektor für thermische Neutronen lassen sich schon Äquivalentdosen von 0,02 mrem nachweisen.

Die Anwendung der elektrochemischen Ätztechnik zum Nachweis neutroneninduzierter α -Teilchen im Energiebereich thermischer Neutronen sowie zum Nachweis von Rückstoßkernen im Energiebereich schneller Neutronen ermöglicht die Messung einer Äquivalentdosis über den gesamten interessierenden Energiebereich. Vorteile des Dosimetersystems sind die Unempfindlichkeit gegenüber α - und β -Strahlung sowie der getrennte Nachweis schneller Neutronen in einem Energiebereich, in welchem das Albedodosimeter relativ unempfindlich anzeigt.

Neutronenenergie	Empfindlichkeit in Spuren/cm ² · mrem		
	Detektor-Folie		
	Albedo (F ₁)	n _{th} (F ₂)	n _s (F ₃)
n _{th}	1,62 · 10 ²	1,32 · 10 ³	-----
2 keV	56,0	8,0	-----
24 keV	29,0	0,9	-----
^{252}Cf ¹⁾	5,23	1,10	0,15
AmBe ¹⁾	3,60	0,94	0,20
Hintergrund ²⁾	30 ± 5 Spuren/cm ²		

¹⁾ Phantomquellenabstand betrug 2 m, 2 m über Boden

²⁾ Makrofol-Folie älter als 5 Jahre

Tab. 6/16: Empfindlichkeit des Albedo-Kernspurdosimeters für verschiedene Neutronenenergien

6.6 Inkorporationsmessung

6.6.1 Routine- und Sondermessungen

H. Doerfel, U. Lohoff

Alle Mitarbeiter von KfK, KBG, GWK und TU, die Zugang zu offenen radioaktiven Substanzen haben, werden im Ganzkörperzähler der Hauptabteilung Sicherheit routinemäßig auf inkorporierte Radionuklide untersucht. Bei der im Routinebetrieb üblichen Meßzeit von 5 Minuten liegt die untere Nachweisgrenze des Ganzkörperzählers für alle wichtigen Spalt- und Aktivierungsprodukte unterhalb von einem Prozent der maximal zulässigen Belastungswerte (Grenzwerte der Körperdosis nach § 49 Abs. 1 StrlSchV bzw. MPBB nach ICRP). Die Tabelle 6/17 vermittelt einen Überblick über die 1979 im Ganzkörperzähler durchgeführten Routinemessungen. Insgesamt wurden bei 3 174 Messungen 59 Inkorporationen festgestellt.

Arbeitsgebiet	Anzahl der gemessenen Personen	Personen mit Inkorporationen
Dekontamination und Abfallbehandlung	824	23
Strahlenschutz (Kontrollbereich)	131	-
Zyklotron	103	-
Reaktorbetrieb	368	6
chemische Institute	437	-
physikalische Institute	123	-
biologische und medizinische Institute	35	-
MZFR, KNK, WAK	947	18
sonstige	206	12
GESAMT	3 174	59

Tab. 6/17: Übersicht über die Routinemessungen im Ganzkörperzähler

Neben den Routinemessungen wurden im Ganzkörperzähler bzw. im Lungenzähler verschiedene Sondermessungen durchgeführt. So wurden beispielsweise die Mitarbeiter von LAF II nach dem Umgang mit offenen ^{131}J -Präparaten stets einer speziellen Untersuchung auf ^{131}J in der Schilddrüse unterzogen. Hierbei ergab sich in insgesamt 23 Fällen ein positiver Befund, der allerdings häufig teilweise auf geringe äußere Restkontaminationen zurückzuführen war. Geht man jeweils von dem ungünstigsten Fall aus, daß das gesamte Meßsignal ausschließlich von ^{131}J in der Schilddrüse herrührt, dann liegen die ermittelten Aktivitätszufuhren stets unterhalb von einem Prozent der zulässigen Grenzwerte. Aus diesem Grund wurde auf eine Separierung des Kontaminations-Meßsignals von dem Inkorporations-Meßsignal verzichtet.

Einige weitere Sondermessungen wurden aufgrund von Kontaminationen der Raumluft bzw. des Arbeitsplatzes oder ähnlichen Vorfällen durchgeführt. Diese Messungen wurden, je nach den beteiligten Radionukliden, im Ganzkörperzähler (Spalt- und Aktivierungsprodukte) oder im Lungenzähler (Uran und Transurane) vorgenommen.

Arbeitsgebiet	Anzahl der gemessenen Personen	Personen mit Inkorporationen
Dekontamination und Abfallbehandlung	27	7
Reaktorbetrieb	1	-
chemische Institute	15	4
physikalische Institute	91	23
MZFR, KNK, WAK	5	-
sonstige	10	9
GESAMT	149	43

Tab. 6/18: Übersicht über die Sondermessungen im Ganzkörper- bzw. im Lungenzähler

Nuklid	Anzahl der Inkorporationen				
	gesam	Prozent der maximal zulässigen Körperbelastung			
		0,1 - 0,99	1 - 9,9	10 - 100	> 100
⁵⁸ Co	3	-	3	-	-
⁶⁰ Co	51	1	36	13	1
⁶⁵ Zn	1	1	-	-	-
⁷⁵ Se	1	-	1*	-	-
⁹⁹ Mo	2	2	-	-	-
¹⁰⁶ Ru/ ¹⁰⁶ Rh	1	1	-	-	-
¹³¹ I	33	6	26	1*	-
¹³⁴ Cs	2	-	2	-	-
¹³⁷ Cs	14	3	11	-	-
²³⁸ Pu	1	-	-	1	-
²³⁹ Pu	1	-	-	1	-
²⁴¹ Am	1	-	1	-	-

*) nuklearmedizinischer Test

Tab.6/19: Übersicht über die Inkorporationen in Prozenten der maximal zulässigen Körperbelastung (MPBB nach ICRP)

Wie aus der Tabelle 6/18 hervorgeht, wurden bei insgesamt 149 Sondermessungen 43 Inkorporationen festgestellt. Diese relativ hohe Zahl von Inkorporationen ist allerdings hauptsächlich auf die ^{131}J -Messungen zurückzuführen.

Die Tabelle 6/19 vermittelt einen Überblick über alle bei den Inkorporationsmessungen festgestellten Radionuklide. Wie in den vergangenen Jahren wurde auch 1979 am häufigsten das Nuklid ^{60}Co nachgewiesen. In einem Fall ergab die Messung ein Lungendepot von etwa 200 nCi ^{60}Co entsprechend 17 % der maximal zulässigen Lungenbelastung. In allen übrigen Fällen lag die inkorporierte Aktivität unter 10 % der zulässigen Grenzwerte.

6.6.2 ^{137}Cs -Erhebungsmessungen

H. Doerfel

Seit 1961 wird an einer Referenzgruppe aus 10 Mitarbeitern der Hauptabteilung Sicherheit in monatlichen Messungen der mittlere Gehalt von ^{137}Cs aus dem radioaktiven Fallout bestimmt. Die Ergebnisse dieser Messungen sind in Abb. 6/26 dargestellt. Der für 1979 erhaltene Jahresmittelwert liegt mit 15,8 pCi $^{137}\text{Cs}/\text{kg}$ deutlich über dem Vorjahreswert. Zur Untersuchung der Signifikanz der in den letzten Jahren häufig beobachteten Tendenzwechsel der ^{137}Cs -Körperaktivität wurde das Meßverfahren nochmals einer eingehenden Fehleranalyse unterzogen. Bei dieser Fehleranalyse wurden neben dem statistischen Fehler, den Störstrahlungseinflüssen und den elektronischen Instabilitäten auch die durch die unterschiedlichen Körperproportionen und inhomogenen Nuklidverteilungen bedingten Kalibrierfehler berücksichtigt. Insbesondere wurde auch die Streuung der ^{137}Cs -Körperaktivität innerhalb der Referenzgruppe in die Fehlerbetrachtung einbezogen. Bei Berücksichtigung all dieser Komponenten ergab sich für die Quartalsmittelwerte eine mittlere Streuung von etwa 10 % bei 300 pCi $^{137}\text{Cs}/\text{kg}$ bzw. von etwa 50 % bei 20 pCi $^{137}\text{Cs}/\text{kg}$ (siehe Abb. 6/26).

Bei Zugrundelegung dieser Schwankungsbreiten stellt sich der zeitliche Verlauf der spezifischen ^{137}Cs -Körperaktivität als Überlagerung einer exponentiell abklingenden Komponente und verschiedener peakförmiger Komponenten dar. Die exponentielle Komponente ist in Abb. 6/26 als gestrichelte Linie dargestellt. Sie klingt mit einer effektiven Halbwertszeit von 12,8 Jahren ab. Bei Berücksichtigung der physikalischen Halbwertszeit von ^{137}Cs (30,1 Jahre) ergibt sich hieraus eine biologische Halbwertszeit von 22,3 Jahren. Bei den peakförmigen Erhöhungen der ^{137}Cs -Körperaktivität läßt sich eine Beziehung zu den vorausgegangenen Kernwaffentests in der Atmosphäre herstellen. Die Gesamtsprengkraft der Tests ist in Abb. 6/26 als Balkendiagramm dargestellt. Wie aus dieser Darstellung hervorgeht, setzt die kurzfristige Erhöhung der ^{137}Cs -Körperaktivität etwa 6 Monate nach dem Test ein und erreicht nach weiteren 20 Monaten einen Maximalwert. Bei den sowjetischen und amerikanischen Tests von 1961/62 lag dieser Maximalwert bei 0,6 pCi/kg pro Megatonne Sprengkraft. Bei dem ersten chinesischen Kernwaffentest von 1964, der wegen seiner vergleichsweise geringen Sprengkraft von etwa 20 kt TNT in Abb. 6/26 nicht berücksichtigt worden ist, ergab sich eine maximale Erhöhung der ^{137}Cs -Körperaktivität von 2,75 nCi/kg pro Megatonne Sprengkraft. Nach Durchlaufen des Maximums klingt die kurzfristige Komponente der durch die Kernwaffentests bedingten ^{137}Cs -Körperaktivität mit einer effektiven Halbwertszeit von etwa 9 Monaten wieder ab.

Nimmt man an, daß alle Kernwaffentests jeweils in der Jahresmitte stattgefunden haben, dann ergibt sich bei Zugrundelegung dieses Wirkungsprofils der in Abb. 6/26 als durchgezogene Kurve dargestellte Verlauf der spezifischen ^{137}Cs -Körperaktivität.

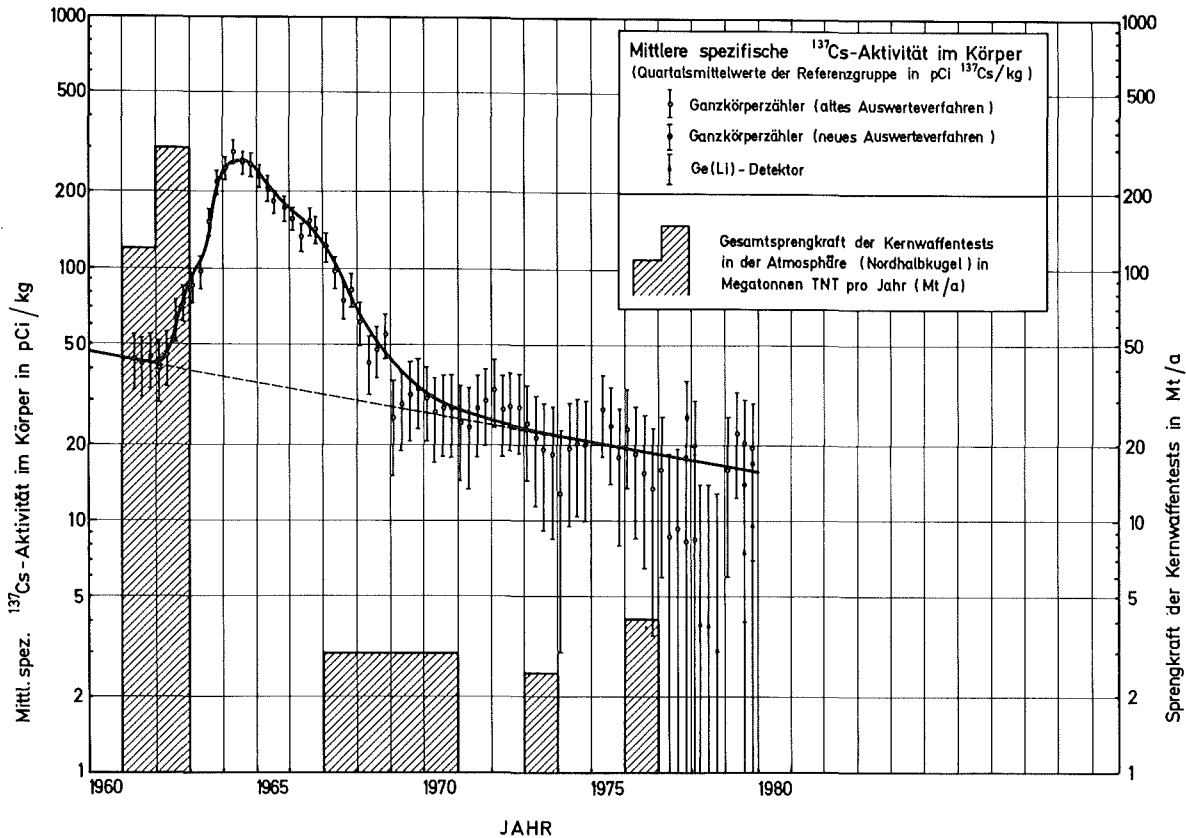


Abb. 6/26: Mittlere spezifische ^{137}Cs -Körperaktivität nach Messungen der Hauptabteilung Sicherheit im Vergleich zur Sprengkraft der Kernwaffentests in der Atmosphäre

6.6.3 Neukalibrierung des Ganzkörperzählers

H. Doerfel

Nach Anschluß eines neuen Vielkanalprozessors (Canberra 8600) können die vier Meßköpfe des Ganzkörperzählers nun auch bei Routinemessungen unabhängig voneinander betrieben werden. Der Parallelbetrieb der einzelnen Meßköpfe ermöglicht die Interpretation der Spektren auch bei inhomogenen Nuklidverteilungen.

So liefert ein Vergleich der vier Einzelspektren wichtige Informationen über den Schwerpunkt der Nukliddeposition und gestattet dadurch eine Korrektur des Wirkungsgrades des Ganzkörperzählers. Als Ausgangspunkt für diese Korrektur dienen die Einzelwirkungsgrade der vier Meßköpfe für homogene Nuklidverteilungen. Da diese Werte im einzelnen noch nicht bekannt waren, wurde eine umfassende Neukalibrierung des Ganzkörperzählers vorgenommen.

Für diese Neukalibrierung wurde, wie auch für die bisherigen Kalibrierungen, das in Abb. 6/27 dargestellte Grey-Marten-Phantom benutzt. Die Kalibrierlösungen wurden aus PTB-Standardlösungen (^{22}Na , ^{54}Mn , ^{57}Co , ^{60}Co , ^{137}Cs) hergestellt, wobei die spezifische Aktivität jeweils so eingestellt wurde, daß sowohl der statistische Fehler als auch der durch Totzeitverluste bedingte Meßfehler klein blieb. Für die Auswertung der Spektren wurde ein neues Verfahren angewandt, bei dem der Photopeak als Gaußkurve von dem Compton-Kontinuum der höherenergetischen Strahler separiert wird. Dieses Verfahren liefert insbesondere bei überlagerten Spektren (^{22}Na , ^{57}Co , ^{60}Co) wesentlich genauere Ergebnisse als die bisher übliche Methode der trapezförmigen Interpolation des Compton-Kontinuums. Die auf diese Weise erhaltenen Einzelwirkungsgrade sind in Abb. 6/28 dargestellt. Die Werte lassen sich in sehr guter Näherung durch die empirische Formel

$$\eta_i(E) = A_i \cdot \mu_a(E) \cdot \exp[-0,702 \cdot \mu_a(E)]$$

wiedergeben. Dabei ist $\eta_i(E)$ der Wirkungsgrad des i -ten Meßkopfes für Photonenstrahlung mit der Energie E und $\mu_a(E)$ der lineare Schwächungskoeffizient von NaJ. Die Konstanten A_i ($A_1 = 0,00524$, $A_2 = 0,00583$, $A_3 = 0,00715$, $A_4 = 0,00797$) sind ein Maß für den geometrischen Wirkungsgrad der einzelnen Meßköpfe. Die mittlere Abweichung der gemessenen Werte von dem durch die empirische Beziehung gegebenen Kurvenverlauf beträgt bei allen vier Meßköpfen etwa 1,5 %. Diese Abweichung ist betragsmäßig vergleichbar mit dem mittleren Fehler in der Aktivitätsangabe bei den PTB-Standardlösungen.

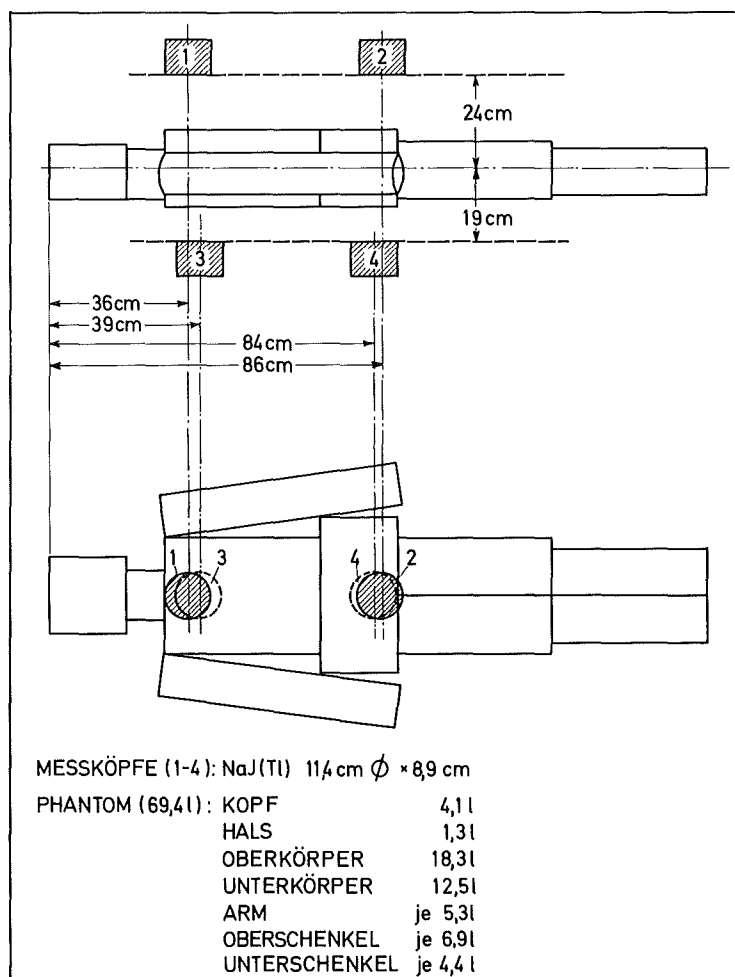


Abb. 6/27: Grey-Marten-Phantom zur Kalibrierung des Ganzkörperzählers

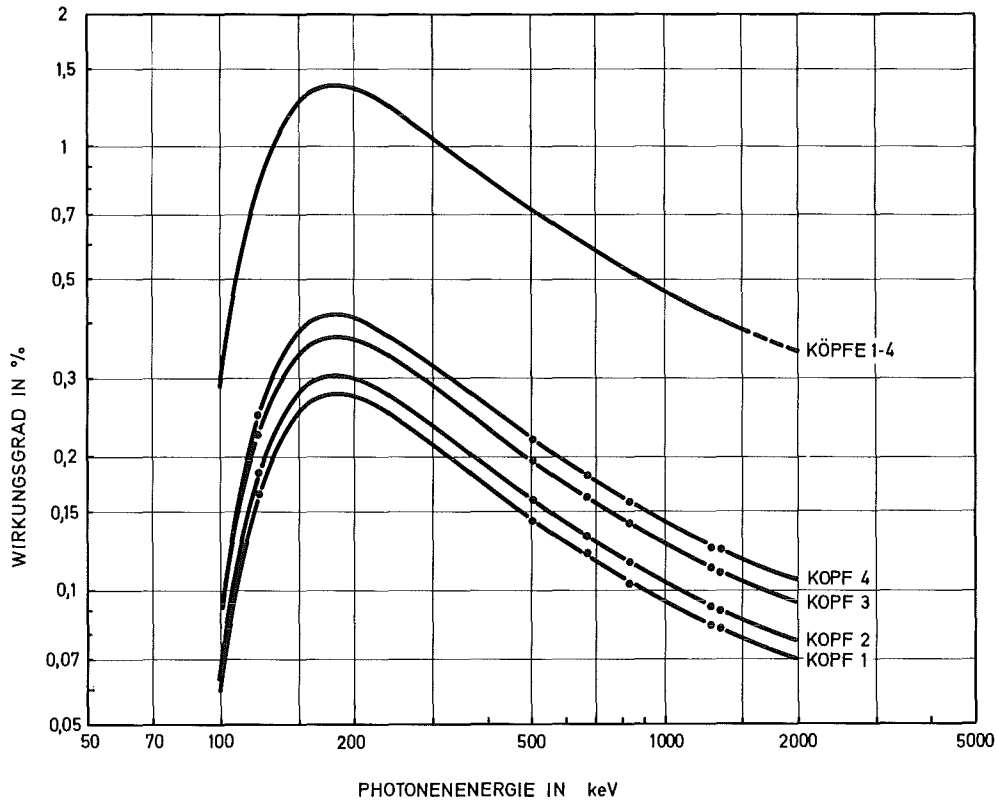


Abb. 6/28: Wirkungsgrad der vier Meßköpfe des Ganzkörperzählers nach Kalibrierung mit dem Grey-Marten-Phantom in Standardmeßposition

6.6.4 Zur in-vivo-Messung von Plutonium

H. Doerfel

Im Rahmen eines vergleichenden Meßprogrammes wurde die Frage untersucht, welches Detektorsystem zur in-vivo-Messung von Plutonium in der Lunge am besten geeignet ist. Der Vergleich erstreckte sich auf die beiden neuesten Versionen des in der Hauptabteilung Sicherheit entwickelten Großflächenproportionalzählers mit Vollraumantikoinzidenz und auf den 8"-Phoswichdetektor von Harshaw (Type 32 MBSH 1 M/5). Um einen realistischen Vergleich zu ermöglichen, mußte die Elektronik der Detektorsysteme jeweils optimal auf die Messung der L-Strahlung von Plutonium abgestimmt werden. Im Vordergrund stand dabei die Abstimmung der pulse-shaping-Einheit. Ein wesentliches Kriterium bei dieser Abstimmung ist die Halbwertsbreite der Impulsanstiegszeitenverteilungen. Bei dem Phoswich-Detektor ist diese Halbwertsbreite mit 17 % so groß, daß sich die elektronischen Instabilitäten, die im allgemeinen bei etwa 1 % liegen, auch bei langen Meßzeiten nicht bemerkbar machen. Folglich ist beim Phoswich-Detektor der Quotient aus mittlerer Nulleffektschwankung und Wirkungsgrad eine zeitlich stabile Funktion der Grenzen τ_{LL} und τ_{UL} des Impulsanstiegszeiten-Intervalls (siehe Abb. 6/29). Hier ist demnach eine optimale Abstimmung der pulse-shaping-Einheit durch Aufsuchen des Minimums dieser Funktion sinnvoll. Bei den Proportionalzählern beträgt dagegen die Halbwertsbreite der Impulsanstiegszeitenverteilung nur 0,37 % (Normalversion) bzw. 0,53 % (Edelstahlversion).

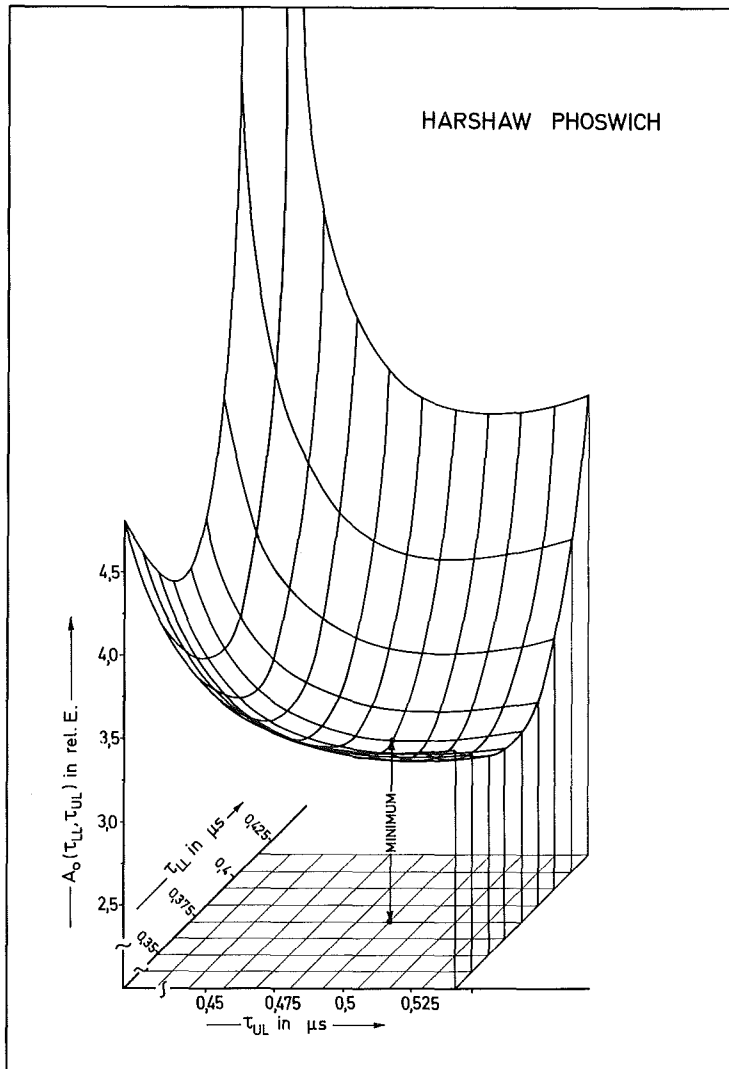


Abb. 6/29: Quotient aus der mittleren Nulleffektschwankung und dem Wirkungsgrad als Funktion der Grenzen τ_{LL} und τ_{UL} des Anstiegszeiten-Intervalls beim Harshaw-Phoswich

Hier führen die elektronischen Instabilitäten und insbesondere die Einflüsse von leichten Gasverunreinigungen bei längeren Meßzeiten zu merklichen Verschiebungen der Verteilungen, so daß eine exakte Abstimmung der pulse-shaping-Einheit in der Form wie beim Phoswich-Detektor nicht möglich ist. Die Anstiegszeit der Impulse würde bereits nach kurzer Meßzeit aus dem eingestellten Intervall herausdriften. Bei den Proportionalzählern muß folglich zur Erzielung eines möglichst guten Verhältnisses von Wirkungsgrad zu Nulleffekt die pulse-shaping-Einheit vor jeder Messung neu justiert werden. Dabei muß eine Drift der Anstiegszeitenverteilung von etwa 0,2 % pro 50 Minuten einkalkuliert werden. Trotz dieser vergleichsweise groben Einstellung kann der Nulleffekt im Energiebereich der L-Strahlung durch die Impulsformdiskriminierung noch um etwa 50 % reduziert werden, ohne daß merkliche Einbußen im Wirkungsgrad auftreten.

Zur Bestimmung des Wirkungsgrades der Detektoren für die L-Strahlung von Plutonium in der Lunge wurde das von der Hauptabteilung Sicherheit in Zusammenarbeit mit der Medizinischen Abteilung des Kernforschungszentrums entwickelte Lungen- und Brustphantom benutzt. Bei diesem Phantom wird die Lunge durch 12 parallele Plexiglasplatten mit einer Dicke von jeweils 4 mm simuliert. Zwischen den Plexiglasplatten befinden sich 1 384 ^{239}Pu -Punktpräparate mit einer Gesamtaktivität von 1,45 μCi . Zur Simulation der Rippen und des Muskel- bzw. Fettgewebes dient ein Korb aus Aluminiumstangen und eine ca. 2 cm starke Ummantelung aus Paraffin. Der Wirkungs-

grad wird jeweils für die bei Lungenmessungen übliche Standardposition bestimmt. In dieser Meßposition befindet sich der Detektor in unmittelbarem Körperkontakt halbrechts über der Brust des Probanden, wobei die Neigung des Detektors der Wölbung des Brustkorbes angepaßt ist. Bezieht man die mit dem Phantom für diese Meßposition bei Langzeitmessungen erhaltenen Nettoimpulsraten jeweils auf eine Meßzeit von 50 min und auf ein Lungendepot von 1 nCi ^{239}Pu , so erhält man die in den Abbildungen 6/30 und 6/31 jeweils im unteren Teil dargestellten Nettospektren. Der Abszissenmaßstab ist in diesen beiden Abbildungen so gewählt worden, daß gleiche Abszissenabschnitte den gleichen Photonenenergien entsprechen. Im Proportionalzählerspektrum werden die drei L-Strahlungslinien noch recht gut aufgelöst, während im Phoswichspektrum nur ein einziger breiter Summenpeak zu erkennen ist. Integriert man die beiden Spektren jeweils über den gesamten erfaßten Bereich, so erhält man die folgenden Werte für den integralen Wirkungsgrad der beiden Detektoren:

Phoswich: $\eta = 16,37 \text{ imp/50 min} \cdot \text{nCi } ^{239}\text{Pu}$ (7,5 bis 27,5 keV)

Proportionalzähler: $\eta = 1,71 \text{ imp/50 min} \cdot \text{nCi } ^{239}\text{Pu}$ (12,0 bis 22,0 keV)

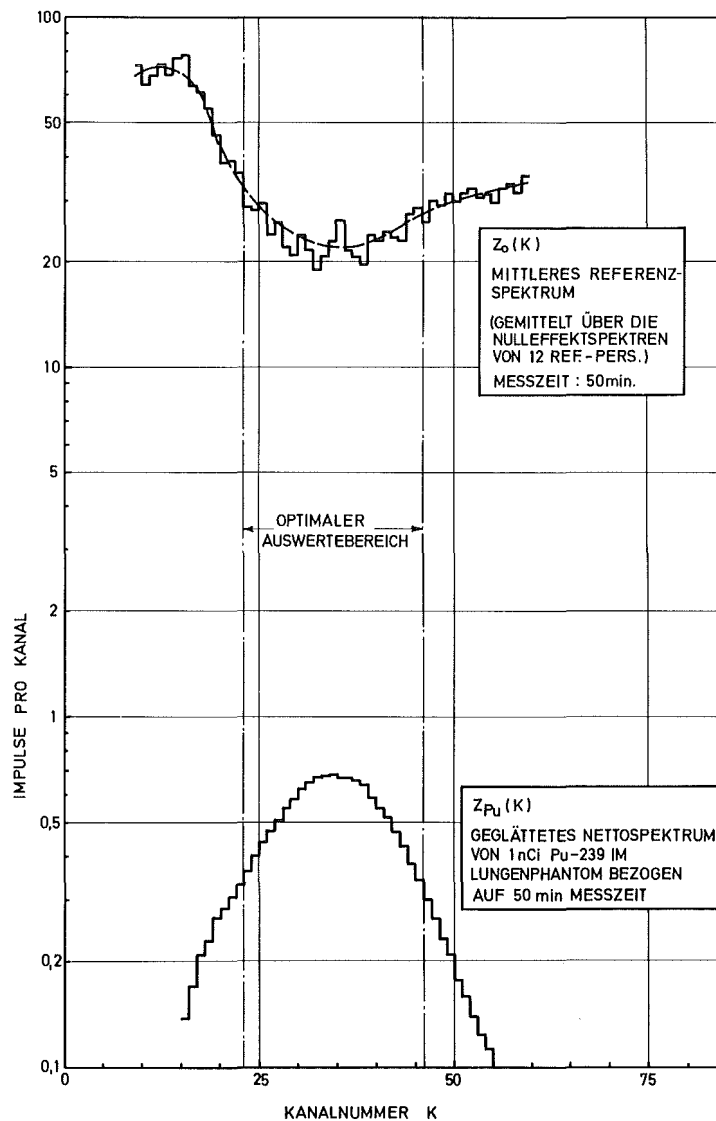


Abb. 6/30: Geglättetes Nettospektrum für ein Lungendepot von 1 nCi ^{239}Pu im Vergleich zu einem mittleren Referenzpersonenspektrum im Energiebereich der L-Strahlung von Plutonium (Harshaw-Phoswich, Meßzeit 50 min)

ermittelt werden. Dabei ist $Z_0(K)$ die mittlere Impulsrate im K-ten Kanal der Referenzspektren (obere Spektren in Abb. 6/30 und 6/31) und $Z_{Pu}(K)$ die Impulsrate im gleichen Kanal für ein Lungendepot von 1 nCi ^{239}Pu (untere Spektren in Abb. 6/30 und 6/31). Die Kanäle K_1 und K_2 begrenzen den bei der Auswertung zugrundegelegten Spektralbereich. Mit Hilfe dieser Beziehung kann in Analogie zur Optimierung der pulse-shaping-Einheit auch der zur Auswertung der Spektren am besten geeignete Auswertebereich ermittelt werden. Bei Zugrundelegung dieses optimalen Auswertebereiches, der in den Abb. 6/30 und 6/31 jeweils durch die strichpunktierten Linien markiert ist, ergeben sich die folgenden Werte für die unterste Nachweisgrenze der beiden Detektorsysteme:

$$\text{Phoswich: } A_0 = 3,84 \text{ nCi } ^{239}\text{Pu} \quad (12,0 \text{ bis } 23,0 \text{ keV})$$

$$\text{Proportionalzähler: } A_0 = 8,05 \text{ nCi } ^{239}\text{Pu} \quad (16,0 \text{ bis } 19,3 \text{ keV})$$

Diese Werte beziehen sich auf den Fall, daß das Nulleffektspektrum des Probanden vor der Messung bereits bekannt ist. Wenn dies nicht der Fall ist, so erhöht sich die Nachweisgrenze bei beiden Detektorsystemen - bedingt durch die individuellen Schwankungen des ^{40}K -Gehaltes und der Körperproportionen - jeweils um 40 %. Die Nachweisgrenze erhöht sich weiter, wenn außer der natürlichen Radioaktivität noch andere Störstrahlungsquellen vorhanden sind. Verschiedene Ergebnisse deuten darauf hin, daß sich die Einflüsse der höherenergetischen Störstrahler beim Phoswich-Detektor etwas stärker bemerkbar machen als beim Proportionalzähler, so daß die meßtechnische Überlegenheit des Phoswich-Detektors bei extrem ungünstigen Meßbedingungen noch fraglich ist. Dieser Aspekt wird im zweiten Teil des vergleichenden Meßprogrammes noch eingehender untersucht.

6.6.5 Zur in-vivo-Messung von Uran

H. Doerfel

Zur Verbesserung der in-vivo-Messung von Uran wurde ein neues Verfahren entwickelt, das auch bei unbekanntem Anreicherungsgrad die Bestimmung der gesamten Uranaktivität in der Lunge ermöglicht. Das Verfahren beruht auf einer gleichzeitigen Bestimmung der ^{235}U -Aktivität (γ -Linien bei 144 und 186 keV) und der ^{234}Th -Aktivität (γ -Linien bei 63 und 93 keV) mit einem Phoswich-Detektor, dessen Dimensionen speziell für die Messung von Photonen im Energiebereich zwischen 50 und 200 keV ausgelegt sind. Bedingt durch das relativ schlechte Auflösungsvermögen des Detektors in diesem Energiebereich kann das Verfahren allerdings nur zur in-vivo-Messung von chemisch reinem Uran herangezogen werden. Eine weitere Einschränkung des Anwendungsbereiches liegt darin, daß der Zeitpunkt der chemischen Abtrennung des inkorporierten Urans entweder genau bekannt sein oder aber mindestens vier Monate zurückliegen sollte, damit eine hinreichend genaue Bestimmung der ^{238}U -Aktivität aus der ^{234}Th -Aktivität möglich ist. In der Praxis kann man davon ausgehen, daß der Zeitpunkt der chemischen Abtrennung umso genauer eingegrenzt werden kann, je kürzer er zurückliegt, so daß diese Voraussetzung im allgemeinen erfüllt ist.

Bei der in-vivo-Messung von Uran in der Lunge wird die in Abb. 6/32 dargestellte Meßgeometrie zugrundegelegt. Es handelt sich hierbei um eine sogenannte Eindetektor-Stuhl-Geometrie mit gerader Rückenstellung. Der Detektor befindet sich halbrechts über der Brust des Probanden, wobei die Detektorneigung der Wölbung des Brustkorbes angepaßt ist. Die in der Abbildung angegebenen Maße beziehen sich auf die Meßposition bei einem normal gebauten, 70 kg schweren und 175 cm großen Mann. Die individuelle Anpassung der Meßposition erfolgt durch Heben bzw. Senken des Detektors in der angegebenen Richtung.

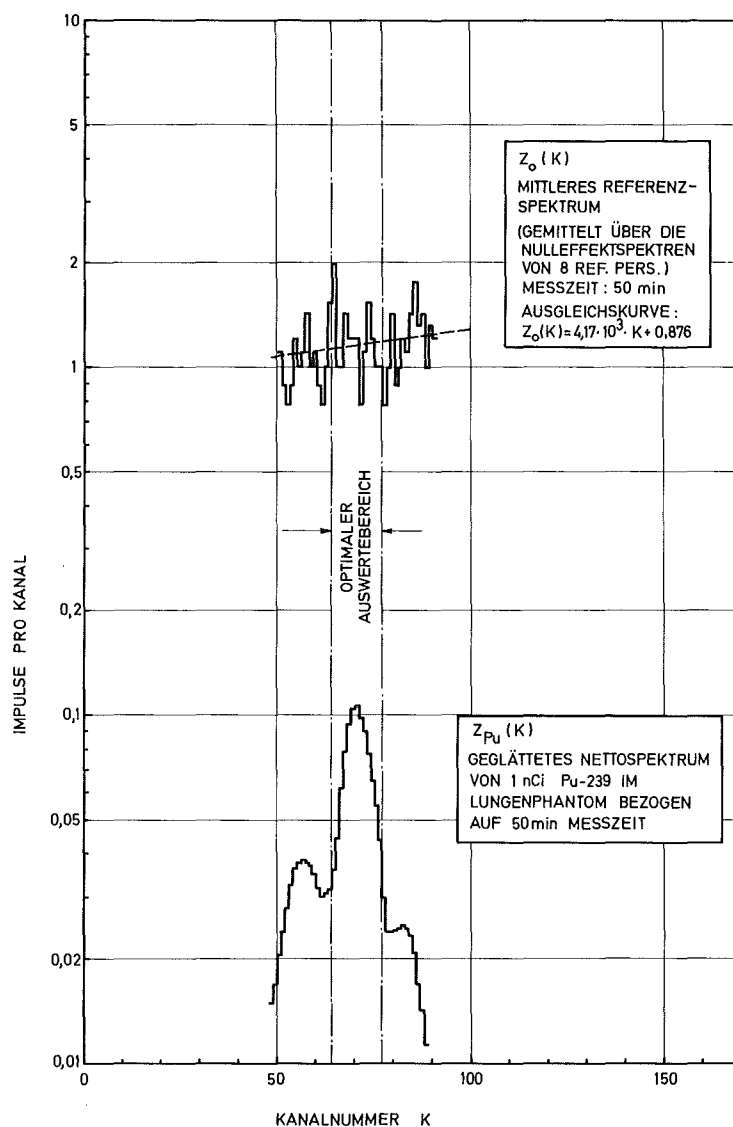


Abb. 6/31: Geglättetes Nettospektrum für ein Lungendepot von 1 nCi ^{239}Pu im Vergleich zu einem mittleren Referenzpersonenspektrum im Energiebereich der L-Strahlung von Plutonium (Proportionalzähler, Meßzeit 50 min)

Die untere Nachweisgrenze der Detektoren wird im wesentlichen durch den Wirkungsgrad, die mittlere Schwankung des Nulleffektes, das mathematische Auswerteverfahren sowie durch die Intensität der höherenergetischen Störstrahler bestimmt. Im ersten Teil der Vergleichsmessungen wurde zunächst davon ausgegangen, daß außer der natürlichen Radioaktivität (Ra-Folgeprodukte und ^{40}K) keine Störstrahlungsquellen vorhanden sind. In diesem Falle wird die untere Nachweisgrenze bei gegebenem mathematischem Auswerteverfahren in erster Linie nur durch den Wirkungsgrad und die mittlere Schwankung des Nulleffektes bestimmt. Sieht man einmal von den Schwankungen der natürlichen Radioaktivität in der Meßzelle und im Probanden sowie von den elektronischen Instabilitäten ab, so ist die mittlere Schwankung des Nulleffektes mit dem zählstatistischen Fehler der Messung identisch. Die untere Nachweisgrenze A_0 kann dann unmittelbar aus der Beziehung

$$A_0 = A_0(K_1, K_2) = Z \left[\frac{K_2}{\sum_{K_1}^0 Z_0(K)} \right]^{\frac{1}{2}} \cdot \left[\frac{K_2}{\sum_{K_1} Z_{Pu}(K)} \right]^{-1}$$

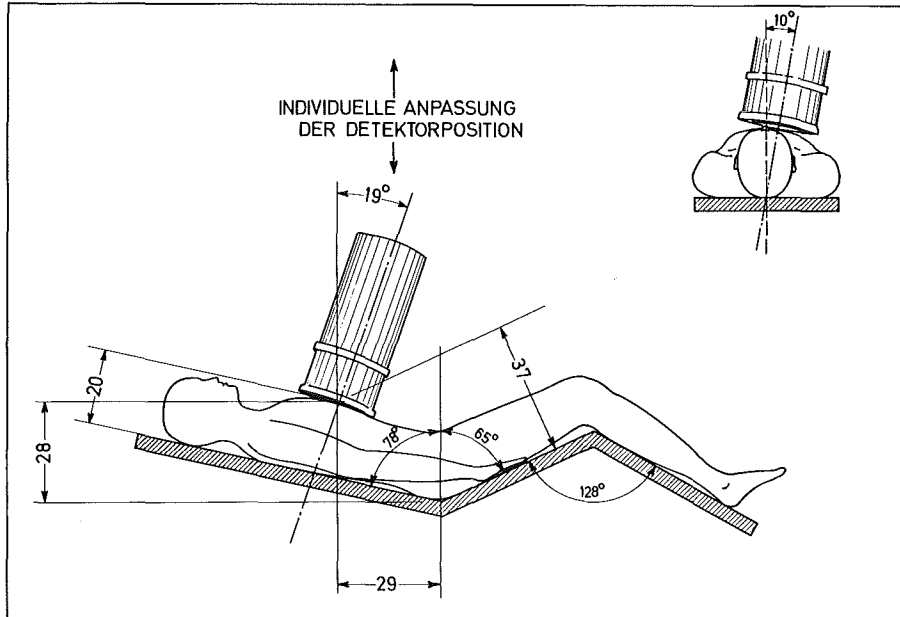


Abb. 6/32: Meßposition für die in-vivo-Messung von Uran in der Lunge mit einem Phoswich-Detektor (Längenangaben in cm)

Zur Kalibrierung der Meßanordnung wurden uns von der Firma Nukem acht Eichlösungen mit Uran in verschiedenen Konzentrationen und verschiedenen Anreicherungsgraden zwischen 0,7 % und 90 % ^{235}U zur Verfügung gestellt. Die Lösungen waren jeweils in zwei 2 l-Kautexflaschen abgefüllt. Da das Lungenvolumen beim Standardmenschen gerade 3,92 l beträgt, können die Kautexflaschen bei den hier interessierenden Strahlenqualitäten als hinreichend gute Simulation der beiden Lungenflügel angesehen werden. Zur Simulation der Rippen und des Muskel- und Fettgewebes im Brustbereich wurden die beiden Kautexflaschen mit einem Korb aus Aluminiumstangen und einem Paraffinmantel umgeben. Mit Hilfe dieses Brustphantoms wurde der Wirkungsgrad des Detektors für die vier interessierenden Strahlenqualitäten bestimmt. Die erhaltenen Werte sind in der Abb. 6/33 zusammen mit dem bei einer früheren Kalibrierung gewonnenen Wert für 17 keV dargestellt.

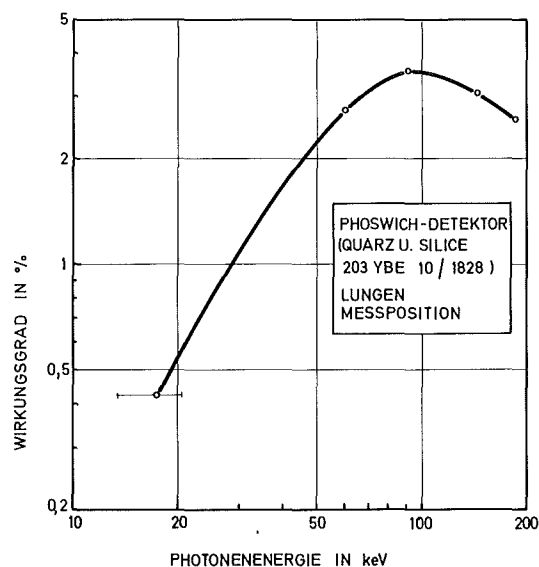


Abb. 6/33: Wirkungsgrad des Phoswich-Detektors (Quartz & Silice 203 YBE 10/1828) für die Lungenmessposition

Zur Entwicklung eines geeigneten Auswerteverfahrens wurden die Nulleffektspektren von 10 Referenzpersonen mit sehr unterschiedlichen Körperproportionen aufgenommen. Auf der Basis dieser Spektren wurden die zur Ermittlung der vier Einzelpeakflächen am besten geeignete Spektralbereiche gewählt. Darüber hinaus wurde noch ein fünfter Spektralbereich oberhalb von 200 keV zur individuellen Korrektur des Compton-Kontinuums von ^{40}K ausgesondert. Es wurde ein spezieller Rechenalgorithmus erstellt, mit dessen Hilfe die Impulsraten in den fünf Spektralbereichen jeweils in einen Photopeakanteil und in die Compton-Streuanteile der höherenergetischen Strahler zerlegt werden können. Auf diese Weise können bis zu einem gewissen Grad auch die Compton-Kontinua zur Aktivitätsbestimmung herangezogen werden. Bei Zugrundelegung dieses Auswerteverfahrens ergibt sich für einen normal gebauten Menschen mit durchschnittlichem ^{40}K -Gehalt eine untere Nachweisgrenze von 0,28 nCi ^{235}U bzw. von 1,50 nCi ^{238}U bei einer Meßzeit von 50 min.

Bei bekanntem Anreicherungsgrad hat man die Wahl, ob man die gesamte Uranaktivität aus der Aktivität des ^{235}U oder des ^{238}U oder aus beiden Aktivitäten zusammen bestimmt. Wie aus der Abb. 6/34 hervorgeht, ist bis zu einer Anreicherung von etwa 2,5 % ^{235}U die Bestimmung aus der ^{238}U -Aktivität am günstigsten. Bei Anreicherungen zwischen 2,5 % und 5,5 % ^{235}U empfiehlt sich eine Gesamtaktivitätsbestimmung aus den Aktivitäten beider Isotope, während bei Anreicherungen über 5,5 % die ^{235}U -Aktivität die besten Ergebnisse liefert. Bei allen Anreicherungsgraden liegt die Nachweisgrenze unter 6,6 nCi Uran. Damit kann bei einer Überwachungsfrequenz von drei Messungen pro Jahr jede Überschreitung der zulässigen Jahresaktivitätszufuhr von mittel- und schwerlöslichen Uranverbindungen sicher nachgewiesen werden.

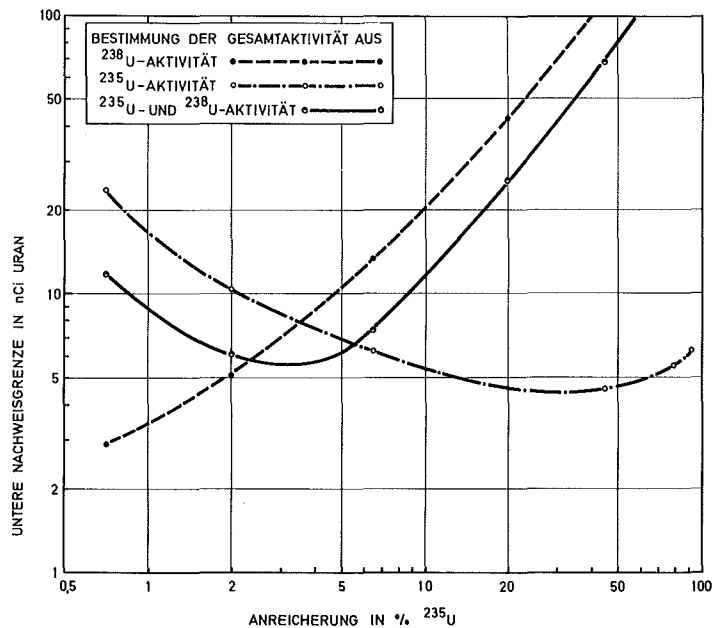


Abb. 6/34: Untere Nachweisgrenze für Uran in der Lunge bei verschiedenen Methoden der Gesamtaktivitätsbestimmung in Abhängigkeit vom ^{235}U -Anreicherungsgrad

6.6.6 Bestimmung der Plutoniuminkorporation bei einmaliger Inhalation aus Urinausscheidungsdaten L. A. König, M. Urban

Nimmt man an, daß zum Zeitpunkt $t = 0$ die Aktivität Q_0 in der Lunge abgelagert wird und daß diese mit der zeitabhängigen Rate $\lambda Q_0 \exp(-\lambda t)$ ins Blut übergeht, so läßt sich die Ausscheidung im Urin $E_u(\lambda, t)$ durch die Formel

$$E_u(\lambda, t) = \lambda Q_0 \int_0^t e^{-\lambda(t-u)} Y_u^*(u) du$$

beschreiben. Y_u^* ist dabei die für intravenöse Injektion gültige Ausscheidungsfunktion. Im Gegensatz zu der Veröffentlichung von I. C. Nelson, Health Physics, 22 (1972) 191 wird hier angesetzt

$$Y_u^*(t) = \begin{cases} Y_u(1) \cdot t & \text{für } 0 < t < 1d \\ Y_u(t) & \text{für } t \geq 1d \end{cases}$$

und nach ICRP-Empfehlung Nr. 10

$$Y_u^*(t) = 0,0041 e^{-0,67 t} + 0,0016 t^{-0,68}$$

Dieser Ansatz vermeidet die Anwendung der Ausscheidungsfunktion auf den ersten Tag, die für $t = 0$ zu unbrauchbaren Ergebnissen führt. Er berücksichtigt - wie auch die oben genannte Arbeit - aber nicht, daß aus der Lunge auch Aktivität über den Magen-Darm-Kanal ausgeschieden wird, so daß im Einzelfall anhand der tatsächlich gemessenen Ausscheidungswerte zu überprüfen ist, inwieweit an den Ergebnissen Korrekturen anzubringen sind. Gerade in den ersten Tagen nach einer Inhalation ist die Plutoniumausscheidung mit dem Stuhl erheblich, so daß von dem hier modifizierten Modell nicht erwartet werden kann, daß es den Sachverhalt völlig mit den Meßwerten übereinstimmend beschreibt. Für die Berechnung eines Multicompartmentmodells würden jedoch viele Parameter benötigt, wodurch die mathematische Behandlung sehr verwickelt wird und die Ergebnisse unübersichtlich werden.

Die Ausführung der Rechnung führt zu

$$E_u(\lambda, t) = \lambda Q_0 e^{-\lambda t} \{ I_1 + I_{21} + I_{22} \}$$

mit

$$I_1 = 0,0037 \left\{ \frac{e^\lambda}{\lambda} - \frac{e^\lambda - 1}{\lambda^2} \right\}$$

$$I_{21} = \frac{0,0041}{\lambda - 0,67} e^{\lambda - 0,67} \left\{ e^{(\lambda - 0,67)(t-1)} - 1 \right\} \quad \text{und}$$

$$I_{22} = 0,0016 \lambda^{-0,32} \sum_{n=0}^{\infty} \frac{(\lambda t)^{n+0,32} - \lambda^{n+0,32}}{(n+0,32) n!}$$

Die Ergebnisse der numerischen Auswertung von $E_u(\lambda, t)/Q_0$ sind in Abb. 6/35 zusammengefaßt. In Abb. 6/36 sind $E_{u, \max}/Q_0 = E_u(\lambda, t_{\max})/Q_0$ und t_{\max} als Funktionen von λ dargestellt. Aus dem empirisch gefundenen Wert von t_{\max} kann λ bestimmt werden und hieraus $E_u(\lambda, t_{\max})/Q_0$. Unter Berücksichtigung des tatsächlich gemessenen Wertes von $E_u(\lambda, t_{\max})$ erhält man somit Q_0 .

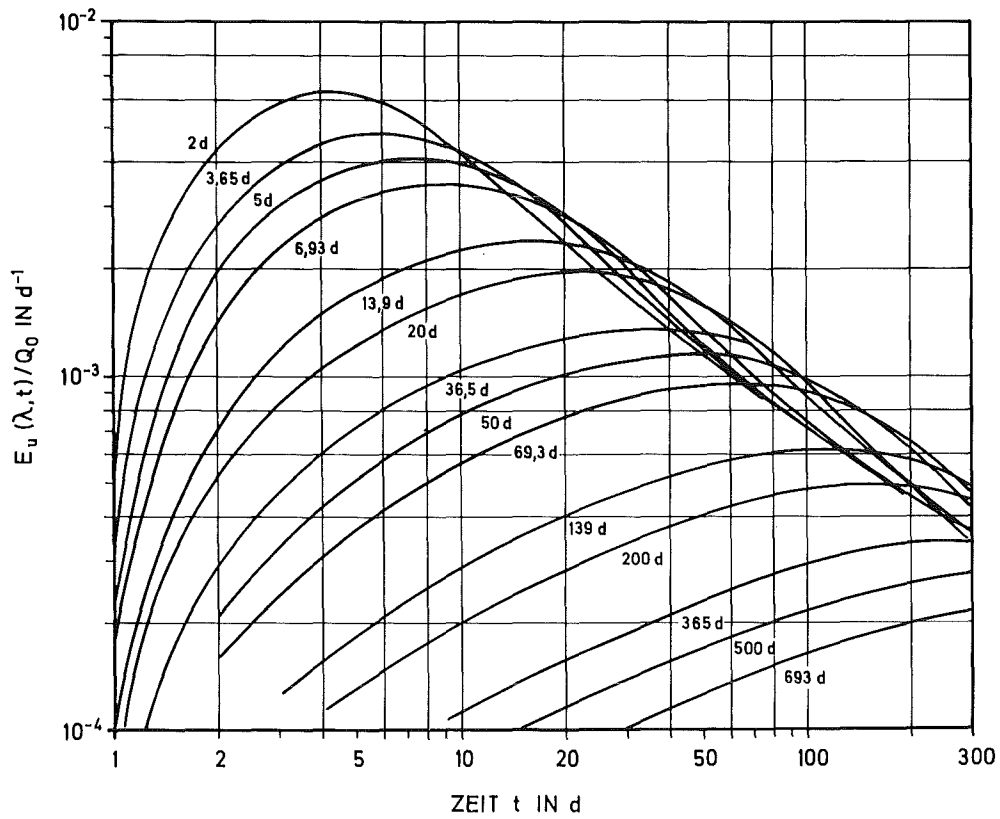


Abb. 6/35: Ausscheidung im Urin $E_u(\lambda, t)/Q_0$ als Funktion der Zeit t . Parameter ist die Halbwertszeit $\ln 2/\lambda$.

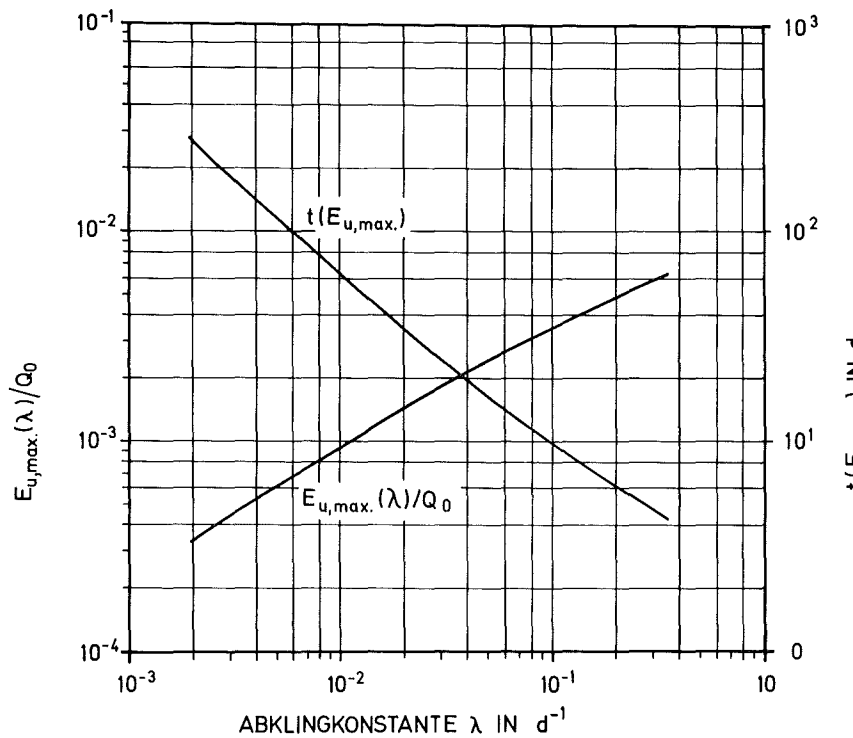


Abb. 6/36: $E_{u,\max}/Q_0 = E_u(\lambda, t_{\max})/Q_0$ und $t_{\max} = t(E_{u,\max})$ als Funktion von λ .

6.7 Strahlenschutzmeßgeräte

A. Schmitt

6.7.1 Aufgaben

Der Bestand an elektronischen Geräten, der von der Hauptabteilung Sicherheit betreut wird, setzt sich aus einer großen Anzahl von tragbaren Dosisleistungs- und Kontaminationsmonitoren, aus Meßplätzen zur Aktivitätsbestimmung, den ortsfesten Luftüberwachungsanlagen und wenigen, aber teureren und komplizierten Anlagen zur Spektroskopie zusammen. Daraus ergibt sich zwangsläufig eine gewisse Unterteilung in Service, der so weit als möglich selbst durchgeführt. Die Arbeitsgruppe "Geräteelektronik" erfüllt hierbei folgende Aufgaben:

- regelmäßige elektronische Wartung und Kalibrierung der tragbaren Dosisleistungsmeßgeräte der KfK sowie von fünf Fremdfirmen,
- Reparatur und Kalibrierung aller HFK- und Kontaminationsmonitoren der KfK,
- Reparatur und Kalibrierung der Luftüberwachungsanlagen in verschiedenen Instituten und Abteilungen des KfK,
- Reparatur aller sonstigen elektronischen Geräte aus den Bereichen der Hauptabteilung Sicherheit,
- Eingangskontrolle der von der Hauptabteilung Sicherheit beschafften Geräte, Untersuchung neuer Geräte und Bestimmung der elektrischen Eigenschaften von Detektoren,
- Entwicklung von kommerziell nicht erhältlichen Geräten für den Bedarf der Hauptabteilung Sicherheit,
- Beratung von Instituten und Abteilungen bei der Beschaffung von Strahlenmeßgeräten.

Die Betreuung von Strahlenschutzmeßgeräten und Anlagen durch die Hauptabteilung Sicherheit beginnt gewöhnlich schon vor der Beschaffung mit der Beratung über das jeweils zweckmäßigste Meßverfahren und die Geräteauswahl und geht über die Abwicklung der Bestellung, Lieferung und Installation bis zur Kalibrierung und Abnahme.

Erwähnt sei außerdem die routinemäßige Dichtigkeitsprüfung aller umschlossenen Strahler wie auch die Mitarbeit bei der amtlichen Eichabfertigungsstelle.

6.7.2 Wartung und Reparatur

Nach der Strahlenschutzverordnung wird an Strahlenschutzmeßgeräte generell die Forderung gestellt, daß sie dem Stand von Wissenschaft und Technik entsprechen, den Anforderungen des Meßzweckes genügen, in ausreichender Zahl vorhanden sind und regelmäßig auf Funktionstüchtigkeit geprüft und gewartet werden müssen. Von der Hauptabteilung Sicherheit werden sämtliche Dosisleistungsmeßgeräte, die im Kernforschungszentrum Karlsruhe eingesetzt sind, regelmäßig auf ihre Funktionstüchtigkeit überprüft. Sie werden nach einem Wartungsplan jährlich bzw. halbjährlich auf mechanische und elektrische Fehler und Alterserscheinungen untersucht und dann an den Bestrahlungsständen in der Eichhalle kalibriert. Auch neu beschaffte Geräte und solche instandgesetzten Dosisleistungsmesser, bei denen die Reparatur eine Eichung beeinflußt, werden vor dem Einsatz kalibriert.

Gerätetyp	Routineprüfung u. Kalibrierung	Kalibrierung nach Reparatur	neue Geräte: Eingangskontrolle u. Kalibrierung
Jordankammer	100	1	-
Graetz X- 10	1	-	-
" X- 50	104	7	-
" X- 500	18	-	-
" X- 1000	6	-	-
Total 6150	101	4	-
" 6112	61	5	3
Weichstrahlkammer	42	2	1
Taschenwarngeräte	248	-	-
Neutronenmeßgeräte	20	-	4
Sonstige	52	3	5
Insgesamt	753	22	13

Tab. 6/20: Wartungsarbeiten an Dosis- und Dosisleistungsmeßgeräten im Jahre 1979

Die Typen der gewarteten Dosisleistungsmeßgeräte und die Art der Arbeiten sind aus der Tabelle 6/20 ersichtlich. Insgesamt sind 788 Geräte kalibriert worden.

Die Tabelle 6/21 zeigt den Umfang der Wartungs- und Reparaturarbeiten an tragbaren Strahlenmeßgeräten, HFK-Monitoren und Aktivitätsmeßplätzen. Wie früher waren über 70 % der Reparaturen an Kontaminations- und HFK-Monitoren angefallen, deren Großflächendetektoren mechanisch empfindlich sind. Austausch der Fensterfolien und der Zähldrähte waren in rund 35 % der Reparaturfälle nötig. Defekte in der Elektronik, die meist eine zeitraubende Fehlersuche bedingen, waren in rund 40 % der Fälle die Fehlerursache (siehe Tab. 6/22.)

Von der Hauptabteilung Sicherheit werden rund 80 Anlagen mit über 150 Meßstellen zur Pegel- und Luftüberwachung in 21 verschiedenen Gebäuden des Zentrums sowie weitere 45 Meßstellen zur Umgebungsüberwachung betreut. Innerhalb der Abluftüberwachung waren im Berichtsjahr 367 Reparatursätze nötig, die von einfachen Justierarbeiten bis zu komplizierten Umbauten reichten. Im Berichtszeitraum wurde eine Kritikalitätswarnanlage mit 8 Meßstellen und 24 Kammern in Betrieb genommen.

Kontaminationsmonitoren	262
HFK-Monitoren	163
Fußbodenmonitoren	9
Wäschemonitoren	12
Aktivitätsmeßplätze	24
Probenwechsler etc.	27
Dosisleistungsmeßgeräte	67
Taschenwarngeräte	16
Neutronenmonitoren	-
Sonstige Geräte	23
Insgesamt	603

Tab. 6/21: Reparatur- und Wartungsarbeiten an Strahlenmeßgeräten; Art der Geräte

Folie	180
Zähldraht	27
Elektronik	241
Kabel	28
Mech. Reparatur	58
Batterie	55
Insgesamt	589

Tab. 6/22: Reparatur- und Wartungsarbeiten an Strahlenmeßgeräten; Art der Reparatur

6.8 Kalibrierung

B. Burgkhardt, E. Piesch, A. Schmitt

6.8.1 Routinekalibrierungen

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

Innerhalb der Dosimetrie stehen vor allem folgende Aufgaben im Vordergrund:

- Übertragung der Meßgröße vom Primärstandard der PTB und Gewährleistung der Meßgenauigkeit an allen Bestrahlungsanlagen durch den Einsatz von Normaldosimetern sowie durch Teilnahme an nationalen und internationalen Kontroll- bzw. Vergleichsbestrahlungen;
- Kalibrierung von Dosisleistungsmeßgeräten, Dosimetern, Dosiswarngeräten innerhalb der Routinebetreuung, nach einer Reparatur sowie innerhalb der Eingangskontrolle bei neu angeschafften Geräten;
- Bestrahlung von Dosimeterchargen zur Kalibrierung von TLD- und RPL-Auswertegeräten;
- Kalibrierbestrahlungen von einfachen Strahlenschutzdosimetern, aber auch für Auswertautomaten innerhalb des Gerätetestes.

Der Umfang der routinemäßigen Kalibrierungen ist in Tab. 6/23 wiedergegeben. Innerhalb des Wartungsplanes werden alle Arten von Dosisleistungsmeßgeräten und Taschenwarngeräten kalibriert. Im Jahre 1979 wurde das Taschen-Dosismess- und Warngerät TDW 10/20 der Firma Graetz getestet (siehe Kapitel 6.3.6). Mit dem Test der entsprechenden Gerätetypen RAD 21 L, 21 H, 22 der finnischen Firma Wallac (Vertrieb Firma Herfurth) wurde begonnen.

Kalibrierungen	Gerätezahl
Rutinewartung	753
Reparatur	22
Eingangskontrolle	13
Dosimeterbestrahlungen	925
INSGESAMT	1 713

Tab. 6/23: Art und Anzahl der im Jahre 1979 durchgeführten Kalibrierbestrahlungen

Die Kontrollmessungen an den ^{137}Cs -Bestrahlungsanlagen wurden mit einem bei der PTB geeichten Normaldosimeter im Berichtsjahr durchschnittlich einmal im Monat durchgeführt und ergaben eine langzeitige Reproduzierbarkeit von 1,3 % (1 s-Wert).

6.8.2 Vergleichs- und Kalibrierprogramme

Zur Gewährleistung der Meßgenauigkeit sowie zur Verbesserung der Kalibriermethoden bei akkumulierenden Dosisverfahren ist die regelmäßige Teilnahme an nationalen und internationalen Vergleichsmessungen erforderlich.

Die Hauptabteilung Sicherheit/Dosimetrie beteiligte sich 1979 an folgenden Vergleichs- und Kalibrierprogrammen:

- Europäisches Testprogramm von Festkörperdosimetern zur Umgebungsüberwachung.
Dieses Programm wurde von HS/D im Rahmen eines Euratomvorhabens organisiert. Zur Verbesserung des Kalibrierverfahrens wurden mehrere Dosimetersysteme in Karlsruhe getestet (siehe Kapitel 6.3.4).
- Jährliche Vergleichsbestrahlungen von Personendosimetern für amtliche Meßstellen bei der PTB in Braunschweig.
Seit 1976 nimmt die Dosimeterauswertestelle an dieser Kontrollbestrahlung teil. 1979 betrug die mittlere Abweichung vom Sollwert für das Karlsruher Glasdosimetersystem +2 %, für das TLD-System wegen der Energieabhängigkeit von LiF +7 %.
- 4. Internationale ERDA-Vergleichsbestrahlung für Dosimeter zum Einsatz in der Umgebungsüberwachung.
Die Abweichung von den Referenzwerten im Dosisbereich von 12 bis 46 mR waren für das Karlsruher TLD-System kleiner als 10 %, für das Glasdosimetersystem kleiner als 10 mR (siehe Tab. 6/24).
- Europäisches Betadosimeter-Vergleichsprogramm.
Für das Karlsruher Routine-TLD-System wurden für die Betastrahlung mit $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ -, ^{204}Tl - und ^{147}Pm -Quellen Anzeigeempfindlichkeiten von 92 %, 19 % bzw. 2 % gefunden. Der überraschend hohe Wert für ^{147}Pm ist wahrscheinlich auf den Bremsstrahlungsanteil der verwendeten Quellen zurückzuführen. Die Angaben beziehen sich auf eine Energiedosis in einer Gewebetiefe von 7 mg/cm².
- 5. Personendosimeter-Vergleichsprogramm in Oak Ridge, USA.
Erstmalig konnte das Einfachkugel-Albedodosimeter-System (siehe Kapitel 6.4.3) zur Messung in verschiedenen Neutronenfeldern am PHRR-Reaktor eingesetzt werden. Dadurch war es möglich, das Albedodosimeter nach der Standard-Kalibriermethode auch in diesen Neutronenfeldern zu kalibrieren und die Neutronenspektren nach der Einfachkugel-Albedotechnik zu interpretieren.
- Weitere Bestrahlungen bei der PTB Braunschweig dienten der Kalibrierung der Einfachkugel-Albedotechnik.

Bestrahlung	Standardionendosis in mR					
	Referenzdosis $D \pm 1\sigma$ Mittelwert ²⁾ Berechnung		LiF:Mg,Ti	CaF ₂ :Dy in F ¹⁾ ohne F ¹⁾		Glas FD-1 in F ¹⁾
Labor	12 ±3,8	12,2 ±1,2	12	11,7	11,3	8,8
Labor	43,9 ±6,6	45,8 ±4,8	47	42,9	47	41,3
im Freien	16,0 ±4,5	14,1 ³⁾ ±0,7	14,4	14,4	16,2	22,7

¹⁾ F = perforierte Zinnkugelkapsel als Energiekompensationsfilter

²⁾ Mittelwert aller Teilnehmer

³⁾ Messung mit Hochdruckionisationskammer

Tab. 6/24: Karlsruher Meßergebnisse der ERDA-Vergleichsbestrahlung von Dosimetern zur Umgebungsüberwachung

6.8.3 Amtliche Eichabfertigungsstelle

Aufgrund der 2. Verordnung über die Eichpflicht von Strahlenschutzmeßgeräten ist es Aufgabe des Landes Baden-Württemberg, Eichungen von Personen- und Ortsdosimetern vorzunehmen. Entsprechend einem Vertrag zwischen dem Land Baden-Württemberg und der KfK werden hierfür die im Kernforschungszentrum Karlsruhe vorhandenen technischen Einrichtungen zur Verfügung gestellt. Bei der amtlichen Eichabfertigungsstelle werden Beamte der Aufsichtsbehörde hoheitlich tätig. Der Beitrag der Hauptabteilung Sicherheit besteht in der Bereitstellung der Bestrahlungseinrichtungen und der Normaldosimeter wie auch in der Unterstützung bei der Durchführung der Eichungen.

7. Umweltmeteorologie

W. Hübschmann

In der Abteilung Umweltmeteorologie werden auf den nuklearen Umweltschutz bezogene Forschungs- und Dienstleistungsaufgaben durchgeführt. Meteorologische Parameter werden sowohl an dem 200-m-Mast im KfK als auch an einem 15-m-Mast im Raum Stutensee gemessen und auf Datenträger gespeichert. Zur direkten Beobachtung der Schadstoffausbreitung in der Atmosphäre werden Ausbreitungsversuche mit Tracern - in Zusammenarbeit mit der Abteilung Radioökologie - und radarverfolgte Tetronflüge durchgeführt. Mit Transpondern (Sender/Empfänger-Einheit) ausgerüstete Tetrons konnten erstmals bis zu Entfernungen über 60 km verfolgt werden. Diese im Rahmen des Projekts Nukleare Sicherheit durchgeführten Forschungsarbeiten dienen dazu, die für Ausbreitungsrechnungen notwendigen Ausbreitungsstatistiken und -parameter bereitzustellen.

Mit den bereits früher entwickelten und z.T. weiterentwickelten Rechenprogrammen wurden sowohl die Belastung der Umgebung des KfK durch radioaktive Schadstoffe als auch die Umweltbelastung durch Kühltürme berechnet. Das Kühlturmprogramm WALKÜRE erlaubt es nunmehr, die Überlagerung von vier Kühlturmfahnen zu berechnen und die mögliche Bildung einer Kumuluswolke zu studieren. Die erste Phase der Deutschen Kernreaktor-Risikostudie wurde - in Zusammenarbeit mit einer Arbeitsgruppe des INR - mit Variationsrechnungen zur Ermittlung der Fehlerbandbreite und der Veröffentlichung der Kurzfassung und des Hauptbandes durch das BMFT zu einem vorläufigen Abschluß gebracht.

7.1 Meteorologische Messungen

M. Becker, P. Thomas, S. Vogt

7.1.1 Ausbreitungsstatistik

Zur Berechnung von Langzeitausbreitungsfaktoren sowie von Schadstoffkonzentrationen wurde die Ausbreitungsstatistik des Jahres 1979 erstellt. Tab.7/1 zeigt die dreiparametrische Häufigkeitsverteilung der Windrichtung, der Windgeschwindigkeit und der Ausbreitungskategorie. Die Ausbreitungskategorie wurde aus den $\frac{1}{2}$ -h-Mittelwerten der Streuung der vertikalen Windrichtungsfluktuation einer in 100 m Höhe installierten Vektorfahne bestimmt. Der Windgeschwindigkeit und -richtung liegen die $\frac{1}{2}$ -h-Mittelwerte der Höhe 60 m zugrunde. Die Windrose ist in 30° -Sektoren eingeteilt, wobei z.B. im Sektor 360° die Richtungen zwischen 345° und 15° enthalten sind. Die Gesamthäufigkeit in den Windrichtungssektoren ist über jeder Einzeltabelle in Prozent angegeben. Am Ende der Tab.7/1 ist die Häufigkeitsstatistik auf zwei Parameter reduziert, indem über alle Windrichtungssektoren summiert wurde.

Will man das Auswaschen der Schadstoffe durch Niederschlag berücksichtigen, so benötigt man die Intensität des Niederschlags in Abhängigkeit von Windrichtung, -geschwindigkeit und Ausbreitungskategorie. Für die Jahre 1973 bis 1977 wurde eine solche vierparametrische Statistik bereits erstellt (KfK 2775). Die Erweiterung um die Jahre 1978 und 1979 ergab keine wesentlichen Unterschiede. Die vierparametrische Statistik ist zu umfangreich, um sie hier vollständig darzustellen. Sie liegt aber auf Magnetband vor und kann auf Anfrage zur Verfügung gestellt werden. In Tab. 7/2 ist stattdessen eine reduzierte zweiparametrische Häufigkeitsstatistik für jede Niederschlagsstufe dargestellt. Sie wurde aus der vierparametrischen Statistik durch Summation über alle Windrichtungssektoren gewonnen.

7.1.2 Andauer von Ausbreitungskategorien

Für Ausbreitungsrechnungen über längere Quelldistanzen ist die Kenntnis der Andauer einer Ausbreitungskategorie von Wichtigkeit. Daher wurde die Andauer unabhängig von der Tageszeit und der Windrichtung untersucht, s. Abb. 7/1. Als Ausgangsdaten dienten Halbstundenwerte der Jahre 1973 bis 1977. Abb. 7/1 zeigt die Wahrscheinlichkeit dafür, daß eine vorgegebene Ausbreitungskategorie K länger als eine vorge-

WINDGESCHWINDIGKEITSSTUFE (MESSHÖHE 60 m) IN m/s	AUSBREITUNGSKATEGORIE							AUSBREITUNGSKATEGORIE						
	A	B	C	D	E	F	SUMME	A	B	C	D	E	F	SUMME
	WINDRICHTUNGSSEKTOR				WINDRICHTUNGSHÄUFIGKEIT			WINDRICHTUNGSSEKTOR				WINDRICHTUNGSHÄUFIGKEIT		
	30 GRAD				5.69 %			210 GRAD				20.59 %		
0.6- 1.0	0.0	0.31	0.51	1.75	1.03	0.31	3.91	0.03	0.0	0.03	0.20	0.23	0.20	0.68
1.1- 1.5	1.44	1.13	0.93	3.50	1.44	1.54	9.99	0.09	0.09	0.14	0.74	0.57	0.54	2.16
1.6- 2.0	1.96	0.93	0.41	5.56	3.19	1.44	13.49	0.17	0.31	0.34	1.94	1.03	1.51	5.30
2.1- 4.0	1.24	3.50	10.30	24.41	12.46	6.59	58.50	0.68	1.59	3.08	9.97	8.77	7.69	31.79
4.1- 8.0	0.0	0.51	2.88	8.65	1.44	0.62	14.11	0.06	0.77	6.72	26.72	10.60	6.72	51.58
8.1-15.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.91	6.55	0.0	0.0	8.46
15.1-30.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.03	0.0	0.0	0.03
SUMME	4.63	6.39	15.04	43.87	19.57	10.50	100.00	1.03	2.76	12.22	46.14	21.19	16.66	100.00
	60 GRAD				13.82 %			240 GRAD				19.83 %		
0.6- 1.0	0.04	0.34	0.17	0.17	0.38	0.59	1.70	0.06	0.03	0.03	0.03	0.18	0.18	0.50
1.1- 1.5	0.38	0.42	0.51	1.15	1.15	0.85	4.45	0.06	0.06	0.18	0.33	0.68	0.95	2.25
1.6- 2.0	0.76	0.81	1.15	2.42	2.08	0.85	8.06	0.27	0.38	0.56	1.03	0.80	1.42	4.46
2.1- 4.0	2.38	6.32	10.61	14.59	10.01	4.45	48.37	1.66	2.90	3.31	10.17	6.62	4.79	29.45
4.1- 8.0	0.21	4.58	14.98	13.32	3.48	0.72	37.29	0.06	1.74	9.91	34.48	6.00	1.98	54.17
8.1-15.0	0.0	0.0	0.13	0.0	0.0	0.0	0.13	0.0	0.0	2.75	6.39	0.03	0.0	9.17
15.1-30.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
SUMME	3.78	12.47	27.53	31.65	17.10	7.47	100.00	2.10	5.12	16.74	52.42	14.31	9.31	100.00
	90 GRAD				6.35 %			270 GRAD				7.55 %		
0.6- 1.0	0.0	0.09	0.18	0.55	0.74	0.83	2.40	0.16	0.0	0.08	0.31	0.23	0.16	0.93
1.1- 1.5	0.55	0.65	0.92	1.75	1.25	2.22	7.39	0.62	0.62	0.39	1.01	1.40	1.40	5.43
1.6- 2.0	0.92	1.02	0.92	1.39	3.23	2.40	9.88	2.02	1.16	0.47	2.25	1.55	1.79	9.24
2.1- 4.0	4.25	4.43	4.34	9.14	12.83	8.40	43.40	5.28	4.27	5.12	11.57	7.22	4.11	37.58
4.1- 8.0	0.18	6.28	11.63	14.77	3.05	0.83	36.75	0.0	1.01	11.88	25.31	3.49	0.78	42.47
8.1-15.0	0.0	0.18	0.0	0.0	0.0	0.0	0.18	0.0	0.0	1.16	3.18	0.0	0.0	4.35
15.1-30.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
SUMME	5.91	12.65	18.01	27.61	21.14	14.68	100.00	8.07	7.07	19.10	43.63	13.90	8.23	100.00
	120 GRAD				4.00 %			300 GRAD				3.11 %		
0.6- 1.0	0.0	0.15	0.44	1.76	1.46	1.32	5.12	0.19	0.19	0.19	0.19	1.32	1.13	3.21
1.1- 1.5	0.15	0.29	1.17	3.07	2.49	3.07	10.25	1.13	1.13	0.94	2.64	1.32	2.26	9.43
1.6- 2.0	0.0	0.73	0.88	1.90	2.78	6.88	13.18	8.49	2.45	1.13	6.60	4.91	2.08	25.66
2.1- 4.0	0.88	1.32	2.64	5.12	13.32	31.19	54.47	11.51	6.60	6.79	12.26	5.28	4.53	46.98
4.1- 8.0	0.0	0.29	0.73	2.49	2.49	10.98	16.98	0.0	0.94	8.49	4.72	0.38	0.19	14.72
8.1-15.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
15.1-30.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
SUMME	1.02	2.78	5.86	14.55	22.55	53.44	100.00	21.32	11.32	17.55	26.42	13.21	10.19	100.00
	150 GRAD				3.48 %			330 GRAD				3.30 %		
0.6- 1.0	0.0	0.51	1.01	1.18	1.35	1.35	5.40	0.36	0.36	0.18	1.42	1.07	0.53	3.91
1.1- 1.5	0.34	0.17	1.18	3.04	2.19	1.85	8.77	1.07	1.24	0.53	2.13	1.78	1.24	7.99
1.6- 2.0	0.34	0.84	0.17	2.87	5.23	8.43	17.88	3.02	2.13	3.02	6.93	4.09	3.55	22.74
2.1- 4.0	0.34	1.18	0.67	6.24	16.02	29.01	53.46	7.64	7.82	7.46	21.14	6.04	4.80	54.88
4.1- 8.0	0.0	0.0	0.34	1.01	5.40	7.76	14.50	0.0	0.18	3.55	6.39	0.36	0.0	10.48
8.1-15.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
15.1-30.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
SUMME	1.01	2.70	3.37	14.33	30.19	48.40	100.00	12.08	11.72	14.74	38.01	13.32	10.12	100.00
	180 GRAD				4.29 %			360 GRAD				7.29 %		
0.6- 1.0	0.14	0.14	0.27	0.96	0.55	0.82	2.87	0.0	0.16	0.08	0.48	0.56	0.40	1.69
1.1- 1.5	0.27	0.55	0.27	2.60	1.91	3.28	8.88	0.72	0.48	0.72	2.41	1.05	0.48	5.87
1.6- 2.0	0.41	0.41	0.68	4.10	3.55	5.87	15.03	0.48	0.64	2.01	3.62	1.05	1.21	9.01
2.1- 4.0	0.27	0.41	1.64	14.89	15.85	20.77	53.83	1.21	3.94	9.01	21.72	8.45	3.54	47.87
4.1- 8.0	0.0	0.0	0.55	6.97	6.56	5.19	19.26	0.0	1.21	8.29	21.72	3.30	0.88	35.40
8.1-15.0	0.0	0.0	0.0	0.14	0.0	0.0	0.14	0.0	0.0	0.0	0.16	0.0	0.0	0.16
15.1-30.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
SUMME	1.09	1.50	3.42	29.64	28.42	35.93	100.00	2.41	6.44	20.11	50.12	14.40	6.52	100.00

Summiert über alle Windrichtungssektoren einschließlich Windstillen (WG ≤ 0,5 m/s)

WG (M/S)	AUSBREITUNGSKATEGORIE						
	A	B	C	D	E	F	SUMME
0.0- 0.5	0.01	0.02	0.01	0.18	0.13	0.35	0.70
0.6- 1.0	0.06	0.13	0.16	0.47	0.50	0.46	1.79
1.1- 1.5	0.40	0.39	0.47	1.43	1.11	1.23	5.04
1.6- 2.0	0.94	0.73	0.81	2.56	1.97	2.17	9.18
2.1- 4.0	2.29	3.44	5.32	12.65	9.32	8.07	41.10
4.1- 8.0	0.06	1.78	8.27	19.89	5.22	3.03	38.25
8.1-15.0	0.0	0.01	1.04	2.87	0.01	0.0	3.93
15.1-30.0	0.0	0.0	0.0	0.01	0.0	0.0	0.01
SUMME	3.77	6.50	16.09	40.07	18.27	15.30	100.00

Tab. 7/1: Ausbreitungsstatistik 1.12.1978 - 30.11.1979, Häufigkeit in %

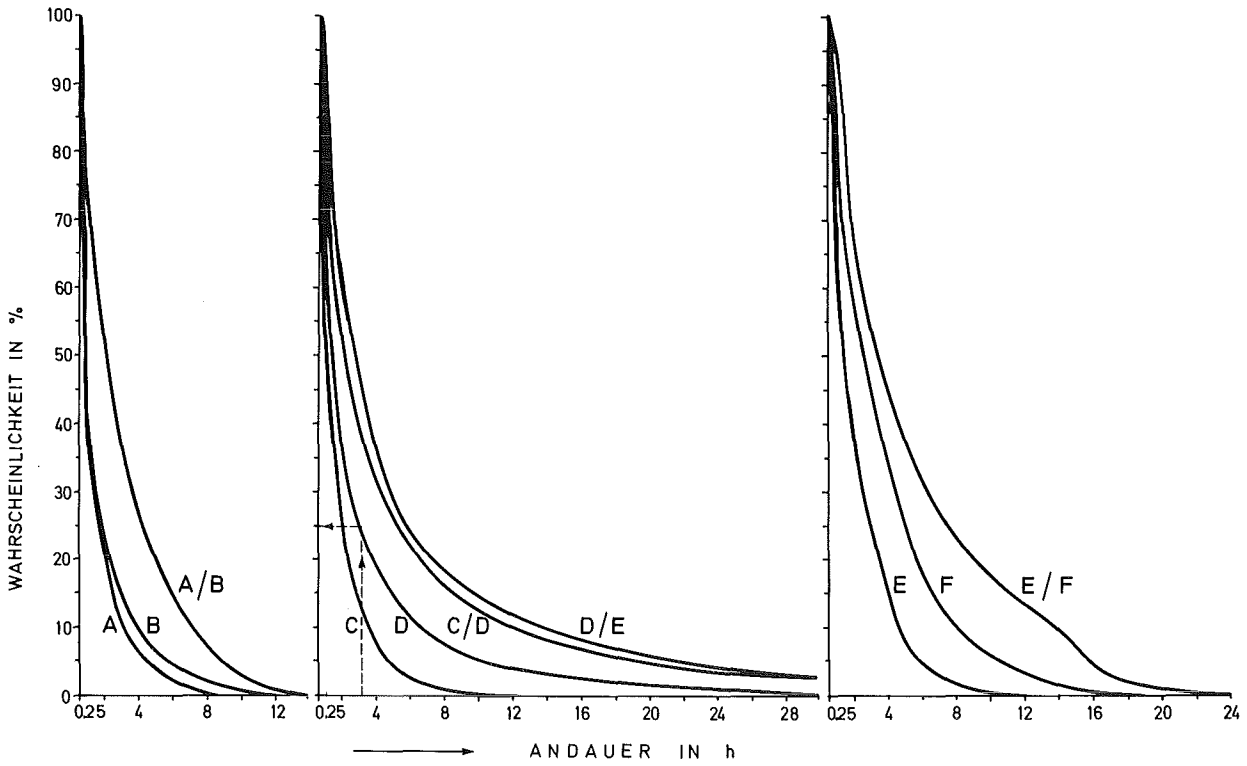


Abb. 7/1: ANDAUER EINZELNER SOWIE ZWEIER BENACHBARER AUSBREITUNGSKATEGORIEN

SUMMIERT OBER ALLE WINDRICHTUNGSSEKTOREN, HÄUFIGKEIT IN %

NIEDERSCHLAGSSTUFE 0: KEIN NIEDERSCHLAG (90,17 %)

WG (M/S)	AUSBREITUNGSKATEGORIE						SUMME
	A	B	C	D	E	F	
0.0- 0.5	0.01	0.02	0.04	0.27	0.25	0.31	0.91
0.6- 1.0	0.10	0.13	0.21	0.72	0.53	0.59	2.28
1.1- 1.5	0.34	0.40	0.50	1.60	1.04	1.09	4.97
1.6- 2.0	0.70	0.72	0.77	2.02	1.63	1.72	7.56
2.1- 4.0	2.05	3.90	4.96	10.31	9.46	8.97	39.64
4.1- 8.0	0.10	2.02	7.89	19.87	6.37	4.60	40.86
8.1-15.0	0.0	0.01	0.49	3.24	0.02	0.00	3.76
15.1-30.0	0.0	0.0	0.01	0.01	0.0	0.0	0.02
SUMME	3.31	7.21	14.06	38.04	19.30	17.29	100.00

NIEDERSCHLAGSSTUFE I: 0 ÷ 0,5 mm/h (6,19 %)

WG (M/S)	AUSBREITUNGSKATEGORIE						SUMME
	A	B	C	D	E	F	
0.0- 0.5	0.0	0.0	0.06	0.31	0.29	0.10	0.76
0.6- 1.0	0.0	0.07	0.10	0.73	0.76	0.29	1.90
1.1- 1.5	0.15	0.10	0.41	2.09	1.18	0.60	4.53
1.6- 2.0	0.16	0.16	0.42	2.50	1.61	0.98	5.83
2.1- 4.0	0.57	0.91	1.72	13.35	9.77	4.92	31.23
4.1- 8.0	0.07	0.29	2.60	32.78	6.29	2.07	44.11
8.1-15.0	0.0	0.0	0.98	10.60	0.04	0.0	11.62
15.1-30.0	0.0	0.0	0.01	0.01	0.0	0.0	0.03
SUMME	0.95	1.53	6.31	62.36	19.89	8.96	100.00

NIEDERSCHLAGSSTUFE II: 0,51 ÷ 3,0 mm/h (3,23 %)

WG (M/S)	AUSBREITUNGSKATEGORIE						SUMME
	A	B	C	D	E	F	
0.0- 0.5	0.0	0.0	0.03	0.25	0.14	0.03	0.45
0.6- 1.0	0.0	0.0	0.11	0.78	0.39	0.11	1.40
1.1- 1.5	0.0	0.0	0.22	1.26	0.87	0.25	2.60
1.6- 2.0	0.0	0.0	0.25	1.87	1.34	0.39	3.86
2.1- 4.0	0.0	0.0	1.06	14.90	7.66	2.21	25.83
4.1- 8.0	0.0	0.0	1.51	40.32	5.65	1.82	49.29
8.1-15.0	0.0	0.0	1.73	14.71	0.08	0.0	16.52
15.1-30.0	0.0	0.0	0.0	0.06	0.0	0.0	0.06
SUMME	0.0	0.0	4.92	74.14	16.13	4.81	100.00

NIEDERSCHLAGSSTUFE III: > 3,0 mm/h (0,41 %)

WG (M/S)	AUSBREITUNGSKATEGORIE						SUMME
	A	B	C	D	E	F	
0.0- 0.5	0.0	0.0	0.0	0.22	0.22	0.0	0.44
0.6- 1.0	0.0	0.0	0.0	0.44	0.44	0.0	0.88
1.1- 1.5	0.0	0.0	0.22	0.66	0.66	0.44	1.55
1.6- 2.0	0.0	0.0	0.22	1.33	1.11	0.44	3.10
2.1- 4.0	0.0	0.0	1.11	15.48	3.54	1.11	21.24
4.1- 8.0	0.0	0.0	3.10	51.10	6.42	0.88	61.50
8.1-15.0	0.0	0.0	0.88	10.40	0.0	0.0	11.28
15.1-30.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
SUMME	0.0	0.0	5.53	79.20	12.39	2.88	100.00

Tab. 7/2: Niederschlagsstatistik

gebene Zeit erhalten bleibt oder höchstens in die benachbarte Ausbreitungskategorie übergeht. Jede Zeitperiode, in der die Kategorie K geherrscht hat, ist dabei nur einmal gezählt. Die Gesamtzahl solcher Perioden, in denen die Kategorie K geherrscht hat, entspricht jeweils 100 %. Es bedeutet z.B. in Abb. 7/1 "D": Zur Startzeit und danach bis zur Andauer herrscht die Kategorie D. Die Ausbreitungskategorie D dauert z.B. in 25 % aller Fälle länger als 3 Stunden an. "C/D" bedeutet: Zur Startzeit herrscht die Kategorie C oder D; danach bis zur Andauer ändert sich die Kategorie höchstens zwischen C und D.

7.1.3 Feldmessungen

In der Nähe der Ortschaft Spöck ist auf Wiesengelände (Rauhigkeitsstufe II) ein Kurbelmast aufgestellt, Abb. 7/2. Dort werden die Horizontal- und die Vertikalfluktuations einer in 15 m Höhe montierten Vektorfahne und die Windgeschwindigkeiten in drei verschiedenen Höhen registriert. Dabei kommt ein automatisches Datenerfassungsgerät zum Einsatz. Hierzu ist eine Energieversorgung gebaut worden, die für eine konstante Mindestspannung und, falls diese Spannung nicht mehr gegeben sein sollte, für eine Abschaltung des Geräts sorgt. Die die Mittelwerte bildenden elektronischen Teile sind für einen stromsparenden Betrieb umgerüstet worden. Der Einsatz von selbstentwickelten Dummy-Karten erlaubt es, die Kassetten im KfK auf IBM-Band zu überspielen. Diese Arbeiten sind erfolgreich abgeschlossen. Dennoch ließen sich aufgrund der Empfindlichkeit des Gerätes hohe Ausfallraten nicht vermeiden.

Um eine ausreichende Statistik zu erlangen, ist es erforderlich, die bisher erfolgten Messungen des Windgeschwindigkeitsprofils fortzusetzen. Mit deren Hilfe wird es dann möglich sein, Ausbreitungskategorien über Gelände der Rauhigkeitsstufe II zu definieren. Vorerst wurde die Vertikalfluktuations der Vektorfahne wie schon für 1977 auch für das Jahr 1978 ausgewertet. Die Einteilung der 10 min-Mittelwerte dieser Messungen aus Spöck nach den im KfK bestimmten Ausbreitungskategorien ist jeweils für beide Jahre aus Tab. 7/3 zu ersehen. Die Mittelwerte stimmen im Bereich der gleichzeitig mit aufgeführten Streuung der Einzelwerte in beiden Jahren überein; allerdings liegen die Mittelwerte des Jahres 1978 deutlich niedriger als die des Jahres 1977. Dieser Effekt konnte noch nicht geklärt werden.

Meßart und -höhe	Ausbreitungskategorie						Ausfälle
	A	B	C	D	E	F	
KfK, 100 m Bereich des $\bar{\sigma}_\phi$ in Grad	> 14,5	10,6-14,5	7,1-10,5	3,4-7,0	1,9-3,3	0-1,8	
Spöck, 15 m)1977 Mittelwert $\bar{\sigma}_\phi$ in Grad)1978	13,0+ 4,3	7,8+ 2,8	5,7+ 1,6	4,1+1,9	2,3+2,1	1,4+1,8 -1,4	60,3 %
	12,3+ 5,0	6,5+ 2,9	5,0+ 1,9	3,7+1,9	1,8+1,6	1,1+1,3 -1,1	44,2 %

Tab. 7/3: σ_ϕ , gemessen am KfK-Mast und bei Spöck

7.1.4 Kondensator Hygrometer

Ein Kondensator-Hygrometer wurde sowohl im Klimaschrank wie auch im Freien getestet. Bei dauerndem Einsatz im Freien muß der Feuchtefühler vor Regen und nässendem Nebel geschützt werden. Der Einbau in ein schützendes Gehäuse führt aber zu Verfälschungen des Meßergebnisses, die nur durch Belüftung vermieden werden können. Auf diese Weise läßt sich das Gerät aber nur ca. einen Tag ununterbrochen betreiben, da dann der Sensor verschmutzt und unbrauchbar wird. Vorgesetzte Filter führen aber wiederum zu einer Ver-

fälschung des Meßergebnisses, wie Vergleichsmessungen mit einem Aspirations-Psychrometer nach Abmann und mit einem der bisher verwendeten LiCl-Hygrometer ergaben. Auch ohne die besonderen Schutzmaßnahmen war das Gerät bei Messwerten der relativen Luftfeuchte über ca. 90 % instabil. Somit läßt sich das Kondensator-Hygrometer in der bisher angebotenen Form im Freien nur kurzfristig und bedingt verwenden.

7.1.5 Weitergabe meteorologischer Daten

Die Badenwerk Aktiengesellschaft benötigt im Zusammenhang mit Kühlturmmissionen des MZFR die Statistiken der Monate Juni, Juli und August 1979 über Wind, Temperatur, Feuchte und Niederschlagsverhältnisse.

Das IRCh des KfK untersucht schwefelhaltige Luftverunreinigungen. Hierfür wurden für insgesamt 35 Tage im Juli und August die Meßwerte des Taupunktes, der Lufttemperatur, des Luftdrucks und des Niederschlags ausgedruckt und dem IRCh übergeben.

Das Institut für Landeskultur und Pflanzenökologie der Universität Hohenheim führt Untersuchungen zur Verdunstung durch. Zur Berechnung der Verdunstung wurden Lufttemperatur, Luftfeuchte und Windgeschwindigkeit in verschiedenen Höhen, sowie die vier Strahlungsgrößen und Niederschlag auf Magnetbänder überspielt und dem Institut übergeben. Die Daten umfassen den Zeitraum 1972 bis 1978.

Am Geodätischen Institut der Universität Karlsruhe läuft ein Programm zur Vermessung des Rheingrabens etwa auf der Höhe von Karlsruhe. Zur Auswertung und Korrektur der optischen Messungen wird der physikalische Zustand der Atmosphäre auf den Meßstrecken benötigt. Für insgesamt 8 mehrstündige Meßkampagnen wurden die Vertikalprofile der Windrichtung und Windgeschwindigkeit, Temperatur und Feuchte sowie des Luftdrucks, Niederschlags und der Strahlung auf Lochkarten bereitgestellt.

Das Battelle-Institut, Frankfurt, und das Meteorologische Institut der Universität Hamburg wollen eigene Ausbreitungsmodelle mit Meßwerten unserer Ausbreitungsexperimente überprüfen. Für die Versuchszeiträume werden dazu die Vertikalprofile der Windrichtung, Windgeschwindigkeit und Temperatur sowie des Luftdrucks und der Strahlungswerte benötigt. Die angeforderten Daten wurden auf Listen und Lochkarten zur Verfügung gestellt.

7.2 Meßwerterfassung und -verarbeitung

M. Becker, P. Thomas

7.2.1 Meßwerterfassung

In der Zeit vom 1.12.1978 bis 30.11.1979 gingen durch Pannen, Reparatur und Wartung der Anlage zur Erfassung und Berechnung der meteorologischen Daten 1638 10-min-Datenblöcke verloren. Das entspricht einer Ausfallrate von 3,12 %, s. Tab. 7/4.

Die größten Ausfallzeiten von insgesamt knapp 10 Tagen traten zwischen dem 16. und 28. 5. auf, als der zuständige Kundendienst trotz vielfacher Anforderungen erst sehr spät kam. Die in dieser Zeit entstandene Lücke wurde jedoch zum größten Teil off-line mit den in Tab. 7/5 angegebenen Daten aufgefüllt. Diese werden redundant und parallel zur Anlage registriert. Damit stehen die Daten zur Erstellung der vierparametrischen Ausbreitungsstatistik nahezu lückenlos zur Verfügung. Die danach verbleibende Ausfallrate beträgt noch 1,44 %.

In Tab. 7/4 sind auch die Ausfallraten der Meßinstrumente aufgeführt. Es fallen die hohen Ausfallraten der Taupunktfühler und der Vektorfahnen auf. Der lange Ausfall der Taupunktfühler erklärt sich dadurch, daß der Hersteller dieser Geräte bei Reparaturen und Neulieferung säumig und nachlässig ist. So standen im Herbst 1979 zeitweilig nur drei Taupunktfühler zur Verfügung; daher mußte auf die 200-m-Meßstelle ver-

Instrument	Ausfallrate in %						
	1979	1978	1977	1976	1975	1974	1973
Anemometer	1,6	1,2	5,8	0,7	0,6	2,4	2,2
Schwertwindfahne	0,1	0,0	0,1	0,0	0,1	1,7	7,1
Taupunkttföhler	16,7	9,3	5,2	9,0	12,6	12,1	21,7
Temperaturfühler	0,5	0,4	0,9	2,3	1,4	1,6	9,4
Vektorfahne ($\sigma_\theta, \sigma_\phi$)	13,2	11,8	8,3	10,5	16,2	16,5	28,0
Luftdruckgeber	0,7	1,0	5,4	3,4	5,3	0,9	11,5
Niederschlagsmesser	0,5	0,7	1,4	0,6	2,5	0,5	28,5
Strahlungsmesser	0,6	0,3	0,3	0,8	2,0	2,3	2,6
DV-Anlage	3,12	0,55	4,24	1,19	1,23	5,01	9,48

Tab. 7/4: Ausfallraten der meteorologischen Meßinstrumente und der Datenverarbeitungsanlage

richtet werden. Die hohe Ausfallrate der Vektorfahnen ist auf die ungünstige Wetterlage zu Beginn des Jahres 1979 zurückzuführen. Zu jener Zeit war der Meßmast lange Zeit vereist und nicht begehbar. Das machte sich am ehesten bei den Vektorfahnen bemerkbar, da diese den höchsten Wartungsaufwand erfordern.

Meßgröße	Meßgerät	Meßhöhe	Erfassungsart
Windgeschwindigkeit	Anemometer	40 m	digital
"	"	60 m	"
"	"	100 m	"
"	"	200 m	"
Windrichtung	Vektorfahne	40 m	analog
"	Schwertwindfahne	60 m	"
"	"	100 m	"
"	"	200 m	"
Schwankungsbreite σ_θ der horizon-) talen Windrichtungsfluktuation)	Vektorfahne	40 m	"
"	"	100 m	"
"	"	160 m	"
Schwankungsbreite σ_ϕ der verti-) kalen Windrichtungsfluktuation)	"	40 m	"
"	"	100 m	"
"	"	160 m	"
Niederschlag	Regenmesser	1,5 m	"

Tab. 7/5: Parallel erfaßte und bei Ausfall der Anlage in den meteorologischen Datenblock eingefügte Werte

7.2.2 Registrierung der Windgeschwindigkeit

Um bei Ausfall der automatischen Datenerfassungsanlage eine redundante Registrierung der Windgeschwindigkeit verfügbar zu haben, wurde das in Abb. 7/3 dargestellte System aufgebaut.

An sieben Schalenstern-Anemometern (Meßhöhen 40 m, 60 m, 100 m jeweils am Ost- und Westausleger, 200 m) werden die Impulse parallel zur Datenerfassungsanlage über Optokoppler abgegriffen, summiert und mit Datum und Uhrzeit als 10-min-Mittelwerte in dm/s gedruckt. Wahlweise kann der Momentanwert eines der sieben Anemometer in cm/s angezeigt werden.

7.2.3 CALAS-Benutzerprogramme

Im Jahresbericht 1978 (KfK 2775) wurde ein Programm vorgestellt, mit dem das Zeitintegral der bodennahen Aktivitätskonzentration berechnet werden kann. Das Ergebnis kann jetzt übersichtlich auf einem Farbdisplay dargestellt werden. Das Maximum des Zeitintegrals und die auf das Maximum bezogenen 50 %, 10 %, 1 %- und 0,1 %-Isolinien werden dabei verschiedenfarbig abgebildet. Damit ist die Zuordnung der Isolinien zu den Prozentzahlen gegenüber der Darstellung auf einem Schwarzweißdisplay sehr erleichtert.

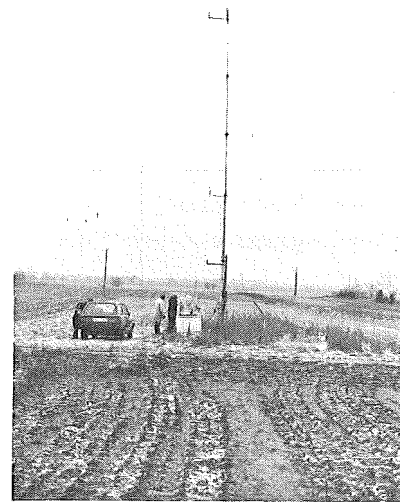


Abb. 7/2: 15-m-Kurbelmast

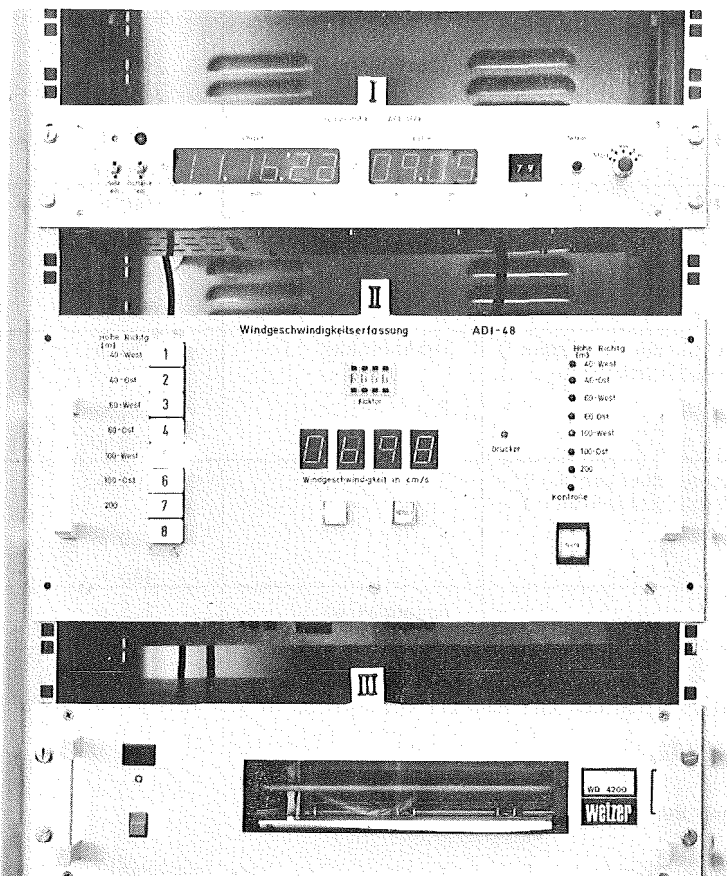


Abb. 7/3: Redundante Windgeschwindigkeitsregistrierung
I Realzeituhr - II Erfassung und Anzeige - III Streifendrucker

7.3 Ausbreitungsversuche

7.3.1 Durchführung

M. Becker, H. Schüttelkopf, P. Thomas, S. Vater, S. Vogt

1979 fanden die in Tab. 7/6 zusammengestellten Ausbreitungsversuche statt. Bei allen Versuchen wurden simultan die Tracer CF_2Br_2 und CFC1_3 von der 160-m- und 195-m-Plattform des meteorologischen Mastes freigesetzt. Die Probenahme erfolgte zwischen 14⁰⁰ h und 15⁰⁰ h in zwei Sammelperioden à 30 min Dauer.

Die Ursache für die gegenüber der Planung geringe Zahl der Versuche waren äußerst widrige Witterungsverhältnisse in den Monaten Januar bis April und Dezember, sowie Beschaffungsschwierigkeiten bei Dichtungen für die Probenahmegeräte. Außerdem traten bei Versuchen mit der Kategorie D und südwestlichen Winden mit Probenahme im Kernforschungszentrum CFC1_3 -Konzentrationen auf, die nicht einer Gaußverteilung entsprachen, sondern im Mittel gleichverteilt waren. Zur Klärung wurden zwei Blindversuche durchgeführt. Dabei wurden jeweils fünf Probenahmegeräte in ca. 100 m Entfernung vom Mast im Luv und Lee und jeweils ein Probenahmegerät am Mastfuß und auf den 60-m-, 100-m- und 160-m-Plattformen aufgestellt. Die Probenahme erfolgte in vier zeitlich aufeinanderfolgenden Perioden à 30 min Dauer. Nur beim ersten Versuch wurde der Tracer CFC1_3 in 195 m Höhe emittiert, und zwar nur innerhalb der zweiten Periode.

Die gemessenen Konzentrationen waren weder perioden- noch ortsabhängig und stammten offenbar vom Untergrund. Sie wiesen jedoch starke zeitliche Schwankungen auf, wie Tab. 7/7 zeigt (Unterschied Maximum/Minimum). Ähnlich starke Schwankungen des CFC1_3 -Untergrundes wurden auch im Luv der Quelle bei einzelnen Ausbreitungsversuchen festgestellt. Die zeitlich und örtlich schwankenden CFC1_3 -Untergrundkonzentrationen erschweren beträchtlich die Auswertung der Ausbreitungsversuche, die mit hohen Quellen und bei mäßiger Turbulenz durchgeführt werden.

Laufende Nr.	Kategorie	Datum	Zahl der Probenahmestellen	Probenahmesektor		Quellentfernung in m	
				Mitte	Breite	min.	max.
64	B	15.5.	55	90°	100°	280	5300
65	D	7.6.	56	230°	100°	330	6000
66	C	26.6.	56	230°	100°	250	4100
67	B	5.9.	76	75°	120°	250	4100

Tab. 7/6: Im Jahr 1979 durchgeführte Ausbreitungsversuche

Probenahmestelle	CFC1_3 -Emission	Maximum in $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Minimum in $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Luv	in 2. Periode	3. Periode 2,84	4. Periode 1,92
Luv	"	3. Periode 3,23	2. Periode 1,99
60 m Höhe	"	2. Periode 3,15	4. Periode 2,19
100 m Höhe	"	3. Periode 2,75	4. Periode 1,75
Lee	"	4. Periode 3,85	1. Periode 2,29
Luv	keine	1. Periode 3,45	4. Periode 2,59
Lee	"	1. Periode 3,40	4. Periode 2,79
160 m Höhe	"	1. Periode 2,28	3. Periode 1,87
130 m Höhe	"	1. Periode 2,93	4. Periode 2,16
Versuch Nr. 59, Luv	ständig	2,46	0,87
Versuch Nr. 60, Luv	"	1,76	0,78
Versuch Nr. 65, Luv	"	1,81	0,80

Tab. 7/7: Externe CFC1_3 -Konzentrationen bei Blindversuchen und Untergrundmessungen

Zur besseren Überwachung der Versuchsdurchführung wurden die Füllstandsanzeiger der Tracer-Verdampfer am 200 m-Mast derart ausgerüstet, daß von der Meßwarte aus der Füllstand ständig, d.h. auch während eines Ausbreitungsversuchs, gemessen und aufgeschrieben werden kann. So ist es möglich, Unregelmäßigkeiten (Siedeverzug, Stromausfall) noch während der Verdampfung zu erkennen. Bei der anschließend durchgeführten Kontrolle der Verdampferfunktion deutete allerdings nichts auf unvorhergesehene Vorgänge bei der Verdampfung hin.

7.3.2 Auswertung

W. Hübschmann, K. Nester, P. Thomas

7.3.2.1 Ausbreitungsparameter für Emissionshöhen von 160 m und 195 m

In der in Vorbereitung befindlichen Radioökologie-Verordnung sollen die Ausbreitungsparameter (σ_y und σ_z) zugrunde gelegt werden, die auf den Ausbreitungsversuchen der Kernforschungsanlage Jülich (KFA) und des Kernforschungszentrums Karlsruhe (KfK) beruhen. Die beiden Zentren trafen dazu folgende Vereinbarungen:

- Der Parametersatz, der sich auf Experimente mit der Emissionshöhe 50 m bezieht, wird von der KFA gestellt.
- Der Parametersatz, der sich auf Experimente mit der Emissionshöhe 100 m bezieht, ist eine Zusammenfassung der in beiden Zentren ermittelten Ausbreitungsparameter.
- Der Parametersatz, der sich auf Experimente mit den Höhen 160 m und 195 m bezieht, wird vom KfK gestellt.
- Bei der Ermittlung der Ausbreitungsparameter aus den Meßwerten soll die in Emissionshöhe gemessene Windgeschwindigkeit verwendet werden.

Die am KfK durchgeführten Experimente mußten neu ausgewertet werden; denn bei früher ausgewerteten Versuchen mit Emissionshöhen von 100 m bzw. 160 m und 195 m war stets die in 60 m bzw. 100 m Höhe gemessene Windgeschwindigkeit verwendet worden. Die Auswertung der einzelnen Perioden erfolgte wie bisher nach dem in KfK 2286 beschriebenen Verfahren. Die neu ermittelten Ausbreitungsparameter, s. Abb. 7/4, unterscheiden sich meist nur geringfügig von den früher gewonnenen Ergebnissen.

Die Zusammenfassung der Ausbreitungsparameter der einzelnen Sammelperioden beider Emissionshöhen, die der gleichen Ausbreitungskategorie zugehören, erfolgte durch Bildung des geometrischen Mittels, s. (51). Die Kategorien wurden entsprechend der Standardabweichung σ_ϕ der in 100 m Höhe gemessenen vertikalen Windrichtungsfluktuation bestimmt.

Um einen monotonen Verlauf der Ausbreitungsparameter zu erreichen, wurde ebenfalls das in (51) beschriebene Glättungsverfahren angewandt. Die angegebenen Ausbreitungsparameter beziehen sich auf langjährige Mittelwerte von σ_ϕ für jede Kategorie. Bei den Kategorien E und F und den Emissionshöhen von 160 und 195 m sind die Tracer-Konzentrationen in Bodennähe zu gering, um noch detektiert werden zu können. Deshalb müssen die Parameter der Kategorien E und F durch Extrapolation gewonnen werden. Die Extrapolation ergibt sich aus dem Glättungsverfahren.

Die Zahl der Versuchsperioden, die den angegebenen Ausbreitungsparametern zugrunde liegen, ist in Tab. 7/8 zusammengestellt. Es sind die Versuche bis einschließlich Nr. 67 berücksichtigt.

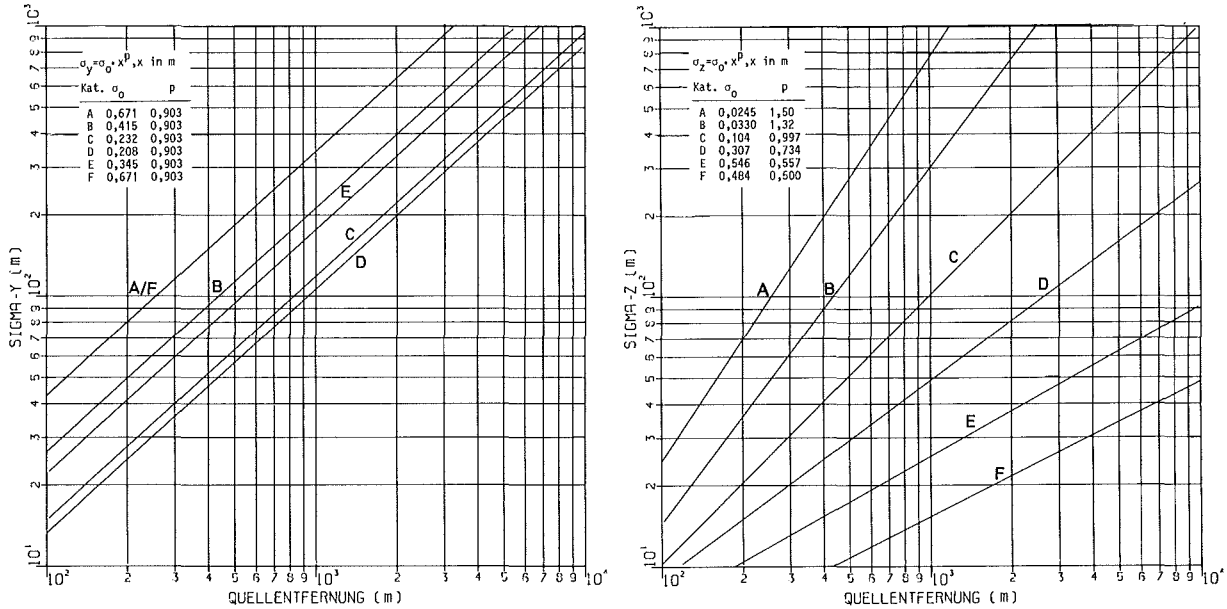


Abb. 7/4: Ausbreitungsparameter σ_y und σ_z , Emissionshöhen 160 und 195 m, geglättet und zentriert

Ausbreitungskategorie	A	B	C	D
Emissionshöhe 160 m	2	6	7	8
" 195 m	2	6	7	2

Tab. 7/8: Anzahl der ausgewerteten Sammelperioden

7.3.2.2 Ausbreitungsfaktoren für Emissionshöhe 160 m

Mit Hilfe der Ausbreitungsparameter der Versuche mit den Emissionshöhen 60 und 100 m sowie 160 und 195 m (in der im Jahresbericht 1978 der AS, KfK 2775, veröffentlichten Form) wurden die Kurzzeitausbreitungsfaktoren - normiert auf die Windgeschwindigkeit von 1 m/s -, berechnet, s. Abb. 7/5 a + b. Die angenommene effektive Kaminhöhe beträgt jeweils 160 m, d.h. nur für die Abb. 7/5 a wurde der "passende" Satz von Ausbreitungsparametern verwendet. Die beiden Diagramme zeigen den Unterschied der beiden Parametersätze für 60/100 m und für 160/195 m: Bei den labilen Kategorien A und B nimmt die vorwiegend konvektive Turbulenz in den höheren Luftschichten noch zu, so daß sich höhere Maximalkonzentrationen ergeben, als nach den Ausbreitungsparametern der Emissionshöhe 60/100 m zu erwarten gewesen wäre. Bei neutraler Luftschichtung (Kategorie D) überwiegt die durch die Oberflächenrauigkeit erzeugte mechanisch induzierte Turbulenz, welche mit wachsender Höhe abnimmt. Dieser auf σ_z wirkende Effekt wird durch das ebenfalls abnehmende σ_y kompensiert, so daß der Kurzzeitfaktor nahezu gleich bleibt. Für den Langzeitfaktor, s. Abb. 7/6, spielt das σ_y jedoch nur eine untergeordnete Rolle, so daß das von der Kategorie D bestimmte Maximum um den Faktor 1,5 niedriger liegt, wenn die "passenden" Ausbreitungsparameter (KfK 160/195 m) verwendet werden, verglichen mit der Kurve KfK 60/100 m. Die Verwendung der

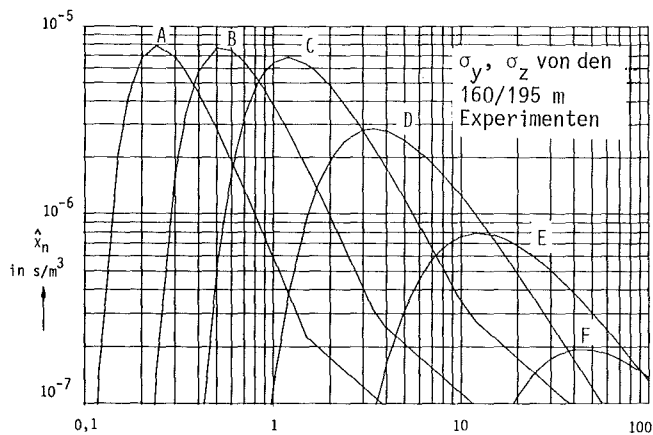


Abb. 7/5 a: Entfernung in km

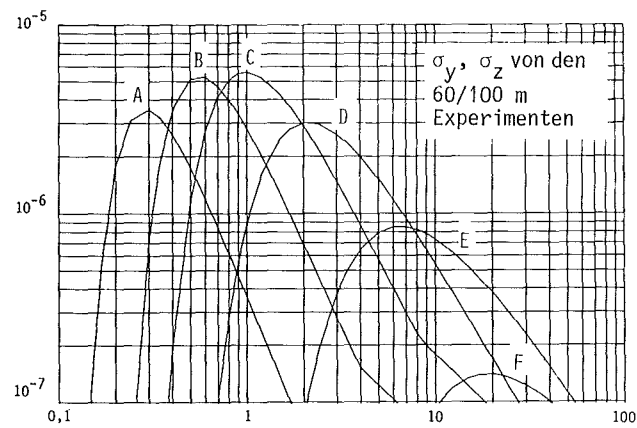


Abb. 7/5 b: Entfernung in km

Genormter Kurzzeit-Ausbreitungsfaktor ($u = 1 \text{ m/s}$, Quellstärke $1/\text{s}$, Emissionshöhe 160 m)

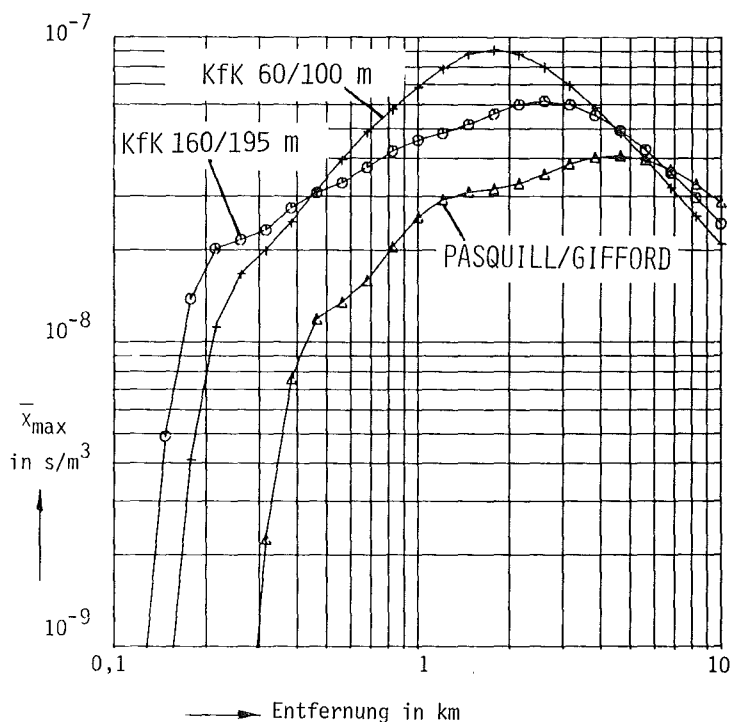


Abb. 7/6: Maximaler Langzeit-Ausbreitungsfaktor
KfK, Emissionshöhe 160 m

Von den Transponder-Tetroon-Gespanssen übertrafen T2 (s. Abb. 7/9) und T3 die geforderte Mindestreichweite von 50 km des Radarkontakts. T1 flog nicht weit genug. Für die Unterbrechung des Radarkontakts mit T0 ist möglicherweise die Abschattung des Radarstrahls durch eine Baumkrone in nur ca. 20 m Entfernung die Ursache.

in den USA gebräuchlichen Ausbreitungsparameter von Pasquill/Gifford führt jedoch zu einer Unterschätzung des Maximums um den Faktor $1,5$.

7.4. Tetroonflüge

P. Thomas, S. Vogt

7.4.1 Durchführung

Zur Untersuchung der Ausbreitung von Schadstoffen im Meso-Scale werden Tetroonflüge durchgeführt. 1979 fand eine weitere Flugserie auf dem Witthoh südlich von Tuttlingen statt. Diese Meßkampagne diente vor allem der Erprobung von vier Mustertranspondern, s. Abb. 7/7. Konzept und technische Details der Transponder wurden im Jahresbericht 1978, KfK 2775, beschrieben.

Während der dreitägigen Meßkampagne wurden zwei Tetroons mit passiven Reflektoren (P1 und P2) und vier Tetroons mit angehängten Transpondern (T0 bis T3) gestartet und mit Radar verfolgt, s. Tab. 7/9 und Abb. 7/8.

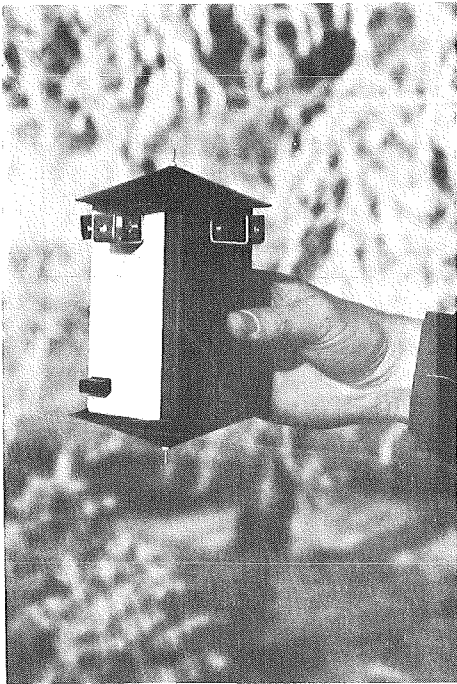


Abb. 7/7: Transponder

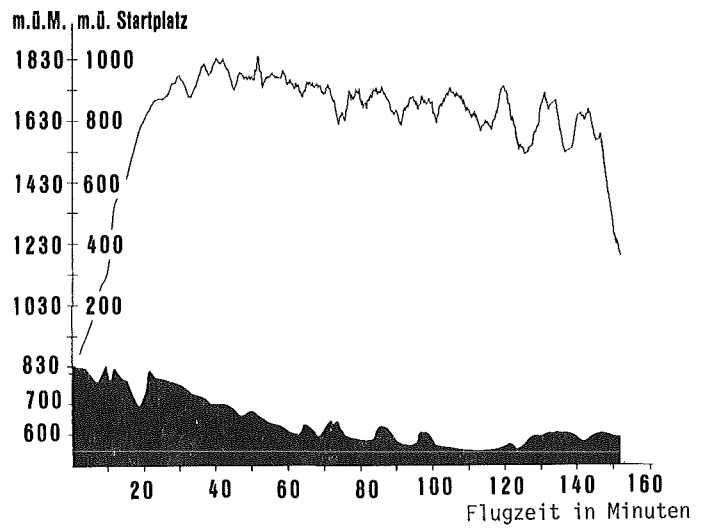


Abb. 7/9: Höhenprofil mit unterlegtem Geländeprofil, Flug T2, Witthoh 18.7.1979, 9.15 Uhr

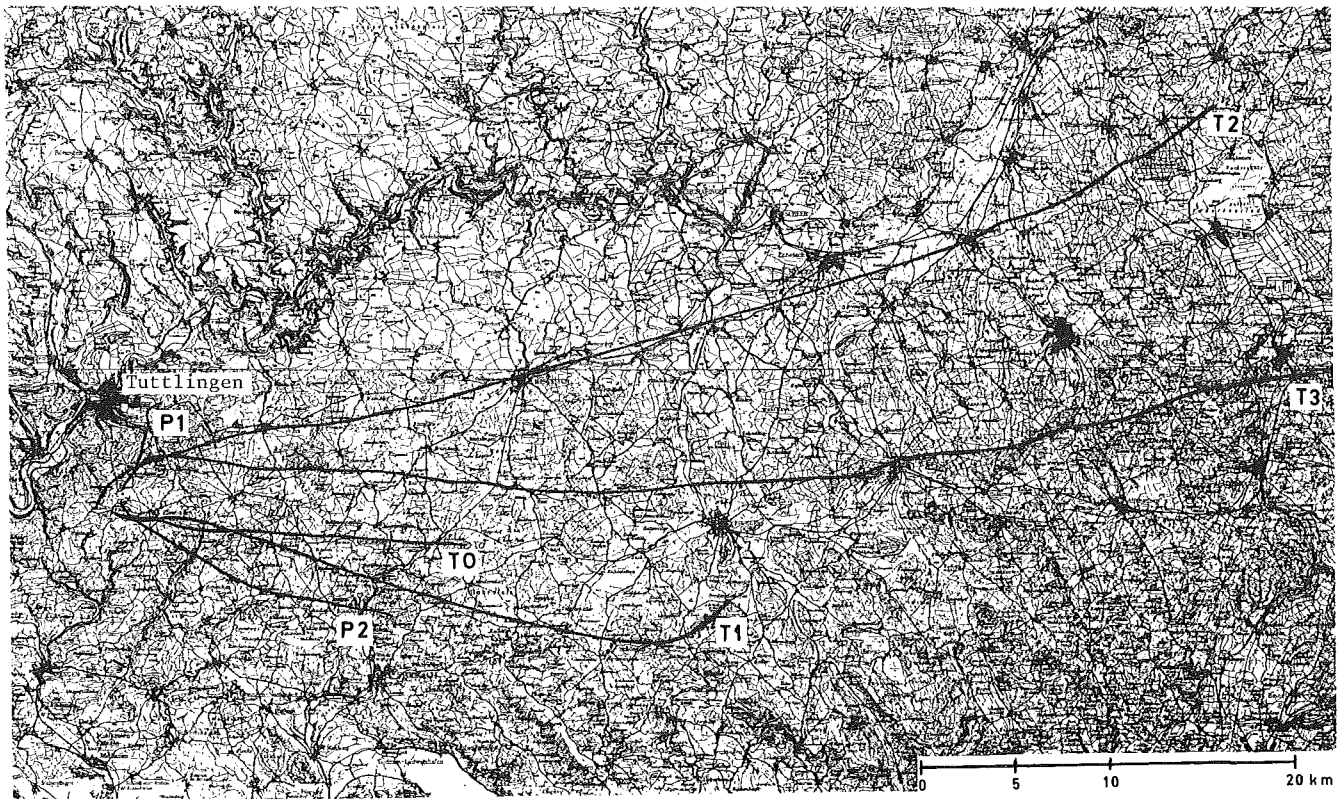


Abb. 7/8: Projektion der Tetraonflugbahnen

Startzeit	Nr.	mittlere Geschwindigkeit in m/s	mittlere Flughöhe in m	Radarkontakt ging verloren bei		Fundort	Flugstrecke in km
				Schrägentfernung in km	Flugzeit in min		
16.7. 10 ⁴⁵ Uhr	P1	2,0	~ 300	5,8	48	bei Sigmaringen	~ 30
17.7. 10 ⁰⁰ Uhr	T1	6,3	~ 550	33,2	88	bei Heiligenberg	~ 35
17.7. 13 ⁰⁰ Uhr	T0	4,9	~ 500	19,4	66	-	
17.7. 15 ⁴⁵ Uhr	P2	4,2	~ 300	15,7	63	bei Memmingen	~ 105
18.7. 9 ¹⁵ Uhr	T2	6,3	~ 850	63,0	166	bei Riedlingen	~ 64
18.7. 12 ⁴⁰ Uhr	T3	6,9	~ 700	65,0	156	-	

Tab. 7/9: Daten der Tetroonflüge

7.4.2 Auswertung

Wie Versuche mit Tetroons in den USA zeigen, ist es möglich, aus den Trajektorien zeitlich nacheinander gestarteter Tetroons den horizontalen Ausbreitungsparameter σ_y zu bestimmen. Werden mehrere Tetroons nacheinander gestartet, so ist die Lage ihrer Trajektorien statistisch verteilt. Voraussetzung hierfür ist, daß keine großräumigen Wetteränderungen, wie etwa Frontdurchgänge und damit verbundene Windrichtungsänderungen, während der Flüge auftreten.

Während einer Flugserie kann der horizontale Ausbreitungsparameter gleich der Varianz

$$\sigma_y^2 = (N - 1)^{-1} \sum_{i=1}^N (y_i - \bar{y})^2$$

gesetzt werden. Die zur Ausbreitungsrichtung senkrechten Koordinaten y_i werden in jeweils gleichen Entfernungen vom Startplatz ermittelt.

Die Flüge T0, T1 und P2 vom 17.7.79 (Serie 1) sowie T2 und T3 vom 18.7.79 (Serie 2) konnten jeweils zusammengefaßt werden, da die Wetterbeobachtungen am Radarstandort, sowie die Bodenwetterkarten keine großräumigen Wetteränderungen oder deutlich erkennbare einseitige Windrichtungsänderungen zeigten. Da der Startplatz von P2 nicht mit dem von T0 und T1 übereinstimmt, wurde die Flugbahn von P2 derart parallel verschoben, daß sich die Startplätze decken.

Da bei den Flügen T2 und T3 die Startplätze fast 3 km auseinanderlagen, erscheint die Parallelverschiebung einer Flugbahn problematisch. Das nach der Verschiebung scheinbar überflogene Geländeprofil ist völlig verschieden vom tatsächlichen. Deshalb unterblieb eine Verschiebung. Die ermittelten σ_y -Werte sind in Abb. 7/10 eingetragen. Die durchgezogene Kurvenschar wurde durch Tracerexperimente mit Emissionshöhen von 160 m und 195 m im KfK ermittelt (Jahresbericht 1978 der AS, KfK 2775). Der gestrichelte Bereich wurde extrapoliert. Die Steigung der Kurvenschar beträgt 0,87. Aus den Tetroonexperimenten der Serie 1 bzw. 2 ergeben sich Steigungen zu 0,43 bzw. 0,68. Diese Werte liegen unter denjenigen von 0,84 für Tetroonflüge in den USA, D. H. Slade, TID-24 190, Seite 181; (1968). Sie liegen aber im Staubereich einzelner Tracerexperimente, die am KfK durchgeführt wurden. Die Ausbreitungskategorie am 17. und 18.7.1979 lag aufgrund von Radiosondenaufstiegen und eigenen synoptischen Beobachtungen zwischen B und C. Beim Vergleich der Tetroonkurven mit der Geradenschar in Abb. 7/10 muß jedoch berücksichtigt werden, daß die Tetroonstarts sich über eine Zeit von 5:45 h (Serie 1) bzw. 3:25 h (Serie 2)

erstreckten, während die Sammelzeit bei Tracerexperimenten jeweils 1/2 h betrug.

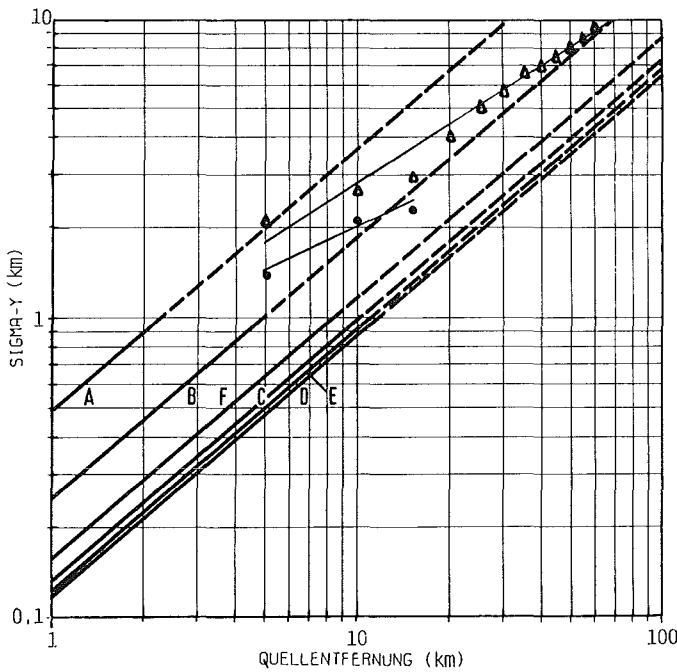


Abb. 7/10: Horizontaler Ausbreitungsparameter σ_y

- Tetroonflüge T0, T1, P2
- △ Tetroonflüge T2, T3

- auslaufende Batterien oder Kondensatoren dürfen die Transponder nicht beschädigen,
- trotz Stoß (Landing), Lagerung und Transport muß die Funktionsfähigkeit erhalten bleiben,
- der Temperaturbereich für Funktionstüchtigkeit liegt zwischen 0 und + 40° C.

Ein diesen Forderungen entsprechendes Angebot wurde von der Lieferfirma abgegeben.

7.4.3 Weiterentwicklung der Transponder

Schon vor dem Test der Vorserie hatte die Lieferfirma erklärt, mit dem bisher verfolgten Transponderkonzept nicht in die Hauptserie gehen zu können. Der im Sendezweig befindliche Gunn-Oszillator hat die geforderten und erwarteten technischen Spezifikationen nicht erfüllt. Auswahl und Abstimmung der Oszillatoren sind zu zeit- und kostenaufwendig. Die Lieferfirma erstellte daher ein neues Konzept mit einem Ga-As-Feldeffekttransistor als Oszillator mit ca. 100 mW Sendeleistung.

Nach dem erfolgreichen Test der ersten Vorserie werden folgende Bedingungen an die nächste Transponderserie gestellt.

- größere Zuverlässigkeit,
- verbesserte Aufhängung am Tetroon,
- Einschäumen in thermisch und mechanisch schützende Schale,
- Einhaltung des Gewichtes (< 450 g),
- Leichtes Austauschen der Stromversorgung,

7.5 Kühlturmverfahren

K. Nester

7.5.1 Simulation von Kühlturmverfahren

Im Rahmen des Abwärmeprojekts Oberrheingebiet des Umweltbundesamtes wurden Untersuchungen zur Überlagerung von Kühlturmverfahren angestellt (52). Bei den Rechnungen wurde von den vier Kühlturmanordnungen in Abb. 7/11 ausgegangen. Die 150 m hohen Kühltürme haben jeweils eine Abwärmeleistung von 2500 MW.

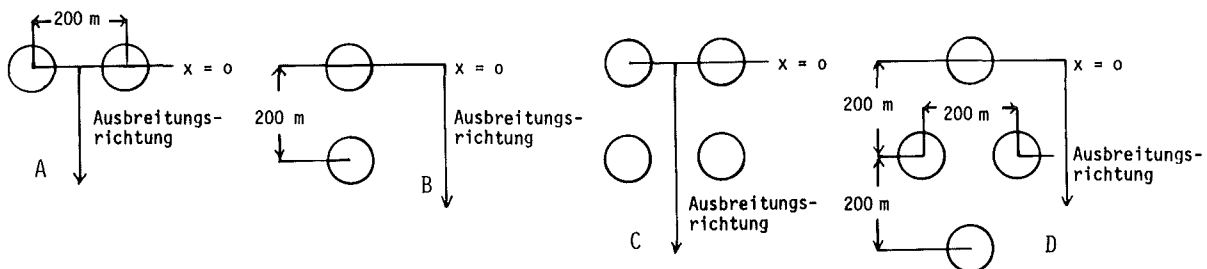


Abb. 7/11: Kühlturmanordnungen

Für die Untersuchungen wurden aus einer Vielzahl von Sondierungen, die der Deutsche Wetterdienst zur Verfügung stellte, vier ausgewählt. Bei diesen Sondierungen lagen abwärmerrelevante meteorologische Bedingungen in der Atmosphäre vor, d.h. es waren gewisse Auswirkungen durch Kühlturmmissionen zu erwarten. Bei dreien dieser Fälle lieferten die Rechnungen mit dem Kühlturmfahnen-Simulations-Modell WALKÖRE für die vier Kühlturmanordnungen lange sichtbare Fahnen; bei der vierten Sondierung trat Niederschlag aus der Fahne auf.

Im Falle einer bestimmten Sondierung bildete sich bei vier Kühltürmen mit der Anordnung D eine mächtige Kumulus-Wolke aus. Dies macht deutlich, daß bei einer Massierung großer Kühltürme Auswirkungen entstehen können, die der Abwärmeleistung an einem Standort Grenzen setzen. Zur Berechnung der Entwicklung mächtiger Wolken müssen die meteorologischen Bedingungen bis in Höhen von 8 bis 10 km bekannt sein. Bei der Entwicklung von Kumulus-Wolken durch Kühlturmmissionen kommt der Berechnung des Niederschlags und damit den wolkenphysikalischen Ansätzen in den Modellen eine erheblich größere Bedeutung zu als bisher. Nicht die zusätzliche Bewölkung, sondern der zusätzliche Niederschlag könnte nämlich zum begrenzenden Faktor für die an einem Standort zulässige Abwärmeemission werden. Auf diesem Gebiet sind noch weitere Untersuchungen erforderlich.

Da die betrachteten Fälle zu den ungünstigen abwärmerrelevanten Bedingungen zu rechnen sind, lassen sich, obwohl es sich um Einzelergebnisse handelt, eine Reihe allgemeiner Aussagen ableiten:

- Bei in bezug auf die Windrichtung hintereinanderstehenden Kühltürmen (Anordnung B) steigen die Fahnen steiler auf und erreichen eine größere Aufstiegshöhe als bei nebeneinanderstehenden Kühltürmen (Anordnung A). Formeln, die die Aufstiegshöhe von Kühlturmfahnen abhängig nur vom Abstand der Kühltürme angeben, sind deshalb unvollständig.
- Bei geeigneter Anordnung der Kühltürme in Bezug auf die häufigsten Windrichtungen wird die Abschattung bei Verdoppelung der Zahl der Kühltürme (von 1 auf 2 bzw. von 2 auf 4) um jeweils nur etwa 50 % zunehmen. Nur in Einzelfällen wird eine Verdoppelung der Abschattung eintreten.
- Lediglich bei speziellen abwärmerrelevanten meteorologischen Bedingungen können merkliche Niederschläge in größerer Entfernung von den Kühltürmen auftreten. Dabei beeinflußt die Anordnung der Kühltürme in bezug auf die Windrichtung den Gesamtniederschlag erheblich. Verglichen mit dem natürlichen Niederschlag ist aber selbst bei vier Kühltürmen und ungünstigen Bedingungen der Niederschlagseinfluß auf die Umgebung unbedeutend.

7.5.2 Entwicklung einer mächtigen Kumulus-Wolke durch Kühlturmmissionen

Die Möglichkeit, durch Kühlturmmissionen Gewitter auszulösen, ist nur bei besonderen meteorologischen Bedingungen und ab einer Mindestwärmeleistung gegeben. Zweck einer Untersuchung war es, die Mindestabwärmeleistung am Beispiel einer vorgegebenen meteorologischen Situation abzuschätzen. Am 15.6.1974 wurde über dem Kraftwerk Frimmersdorf im Kölner Braunkohlenrevier eine mächtige Kumulus-Wolke beobachtet. Die Wolke bildete sich aus, obwohl in der Umgebung keine derartige natürliche Bewölkung vorhanden war. Die damalige meteorologische Situation ist deshalb für eine derartige Studie besonders geeignet. Da zum Zeitpunkt der Beobachtung keine Messung des Vertikalprofils der relevanten Parameter am Standort durchgeführt wurde, muß auf einen Radiosondenaufstieg der nächstgelegenen Station, das ist die Radiosonde in Essen, zurückgegriffen werden, s. Abb. 7/12. Die Situation ist durch eine leicht labile Schichtung bis etwa 800 m Höhe gekennzeichnet.

Bei den heutigen Kernkraftwerksblockgrößen sind Naßkühltürme mit einer Abwärmeleistung von 2500 MW üblich. Den Rechnungen mit WALKÖRE wurden deshalb 160 m hohe Kühltürme dieser Abwärmeleistung zugrundegelegt. Beginnend mit der Berechnung der Kühlturmfahne eines Kühlturms wurde durch Hinzufügen eines weiteren Kühlturms die für diese meteorologische Situation "kritische" Abwärmeleistung eingegrenzt. Bei nur einem

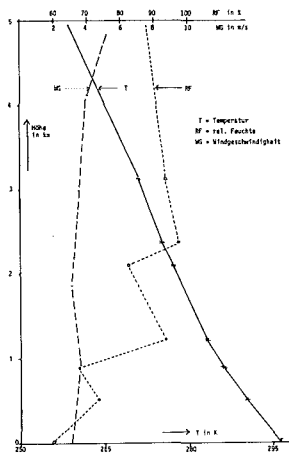


Abb. 7/12: Vertikalprofile,
Radiosonde ESSEN,
15.6.74 12.00 Uhr

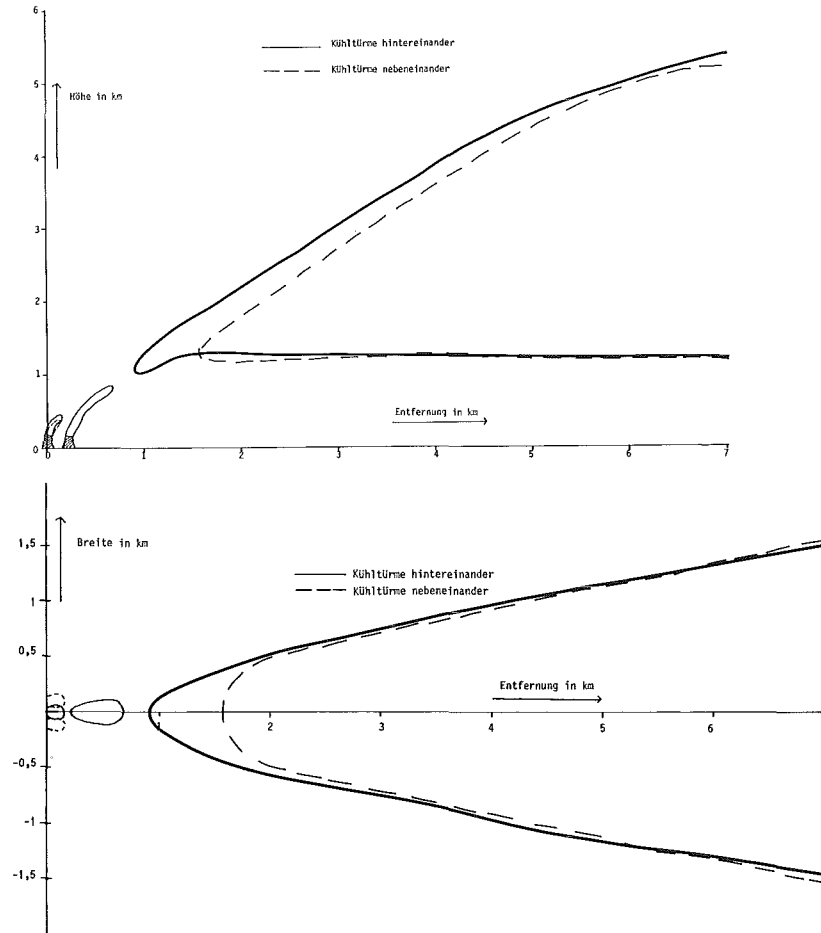


Abb. 7/13: Aufriß und Grundriß der sichtbaren Fahne bei zwei Kühltürmen
von je 2500 MW_{th}

Kühlturm liefert die Rechnung eine sichtbare Fahne von 150 m Länge. In einer Entfernung von 1,5 km entwickelt sich eine weitere sichtbare Fahne, die aber nicht über eine Mächtigkeit von 800 m hinauskommt. Wegen der vorhandenen intensiven Turbulenz ist anzunehmen, daß diese Fahne in Wirklichkeit in einzelne Wolken aufgelöst erscheint. Fügt man im Abstand von 220 m - in Windrichtung hintereinander bzw. nebeneinander - einen weiteren Kühlturm hinzu, ergibt sich bereits ein anderes Bild, s. Abb. 7/13. In beiden Fällen sind die Schwaden am Kühlturm relativ kurz. In größerer Entfernung entwickelt sich aber eine weitere mächtige Fahne. Diese erreicht in 7 km Entfernung eine vertikale Mächtigkeit von etwa 4 km und eine Breite von 3 km. Die Rechnungen zeigen, daß durch Kühlturmmissionen Sekundäreffekte ausgelöst werden können, deren Energieinhalt erheblich größer ist als derjenige der ursprünglichen Kühlturmfahne. Bei der hier betrachteten meteorologischen Situation können derartige Effekte bereits bei Abwärmeleistungen von 5000 MW_{th} auftreten.

Bei Abwärmeleistungen > 5000 MW an einem Standort ist die Auslösung von Gewittern durch Kühlturmmissionen bei entsprechenden meteorologischen Bedingungen nicht auszuschließen. Die Auswirkungen von Gewittern können die direkten Effekte durch Kühlturmmissionen weit übersteigen. Solchen Sekundäreffekten muß deshalb bei Kraftwerkspark Aufmerksamkeit geschenkt werden.

7.5.3 Überlagerung von Kühlturm- und Abgasfahnen

Die Überlagerung von Kühlturm- und Abgasfahnen wird theoretisch untersucht. Dabei wird davon ausgegangen,

daß nur die Abgasfahne durch die Kühlturmfahne beeinflusst wird, eine umgekehrte Beeinflussung aber nicht stattfindet. Die erste Programmversion berücksichtigt nur den Einfluß der Sekundärströmung der Kühlturmfahne auf die Abgasfahne. Die Überlagerungsrechnung erfolgt deshalb in zwei Schritten:

1. Berechnung der Sekundärströmung der Kühlturmfahne (v_f, w_f).
2. Berechnung der Abgasfahne unter Einbeziehung der obigen Strömung.

Der erste Schritt wird mit dem Programm WALKÖRE durchgeführt. Im zweiten Schritt wird die Differentialgleichung

$$u \frac{\partial c}{\partial x} + v_f \frac{\partial c}{\partial y} + w_f \frac{\partial c}{\partial z} = K_y(x) \frac{\partial^2 c}{\partial y^2} + K_z(x) \frac{\partial^2 c}{\partial z^2}$$

gelöst. Dabei gilt die Beziehung

$$K_i = u \frac{1}{2} \frac{d}{dx} \sigma_i^2(x) \quad , \quad i = x, y \quad .$$

Die σ_i sind abhängig von den Diffusionskategorien und können aus Versuchsergebnissen gewonnen werden.

Das numerische Verfahren zur Lösung der Differentialgleichung entspricht demjenigen zur Lösung der Differentialgleichung der spezifischen Feuchte in WALKÖRE. Vergleiche der numerischen Ergebnisse mit der Gaußverteilung, d.h. ohne Sekundärströmung, haben eine gute Übereinstimmung gebracht.

Mit dem neuen Programm wurden eine Reihe von Testrechnungen durchgeführt, bei denen der Kühlturm in Ausbreitungsrichtung 200 m hinter dem Kamin steht. Der seitliche Abstand von Kühlturm und Kamin wurde zwischen 50 m und 150 m, die Kaminhöhe von 100 m bis 200 m variiert. Bei dem Kühlturm handelt es sich um einen 160 m hohen Naßkühlturm mit einer Abwärmeleistung von 2500 MW. Als Diffusionsparameter wurden die Karlsruher Werte der Kategorie B verwendet.

Obwohl sich die Abgasfahne zum Teil in der Abwindzone des Kühlturms befand, wurde in keinem Fall die maximale Bodenkonzentration, die sich ohne Kühlturm ergeben würde, überschritten. Dies ist auf die Verdünnung der Abgasfahne aufgrund der horizontalen Sekundärströmung der Kühlturmfahne zurückzuführen. Durch diese Strömung wird die Abgasfahne teilweise in die Kühlturmfahne hineingezogen. Die Erhöhung der Konzentration durch das Absinken in der Abwindzone wird dadurch teilweise kompensiert. Außerdem kommt die Abgasfahne mit zunehmender Entfernung durch die Verbreiterung der Kühlturmfahne aus deren Abwindbereich heraus.

7.6 Unfallfolgenmodell der Deutschen Reaktor-Risikostudie

W. Hübschmann, S. Vogt

7.6.1 Stand der Arbeiten

Das Unfallfolgenmodell ist das letzte Glied in der Kette von Modellen der Deutschen Reaktor-Risiko-Studie (DRS). In dieser Studie wird das Risiko für die Bevölkerung Europas durch den Betrieb von 25 Leistungsreaktoren in der Bundesrepublik Deutschland (je 1240 MWe) abgeschätzt. Unter Unfallfolgen sind gesundheitlichen Schäden der Bevölkerung zu verstehen. Die Abschätzung von Sachschäden ist in der Studie nicht vorgesehen.

Das im KfK (durch HS und INR) entwickelte Unfallfolgenmodell rechnet im wesentlichen

- a) die Ausbreitung der aus einem Kernreaktor freigesetzten radioaktiven Schadstoffe in der Atmosphäre sowie ihre Ablagerung auf dem Boden,
- b) die dadurch hervorgerufene Strahlenexposition der betroffenen Personen,
- c) die Zahl der von akuten oder späten Schäden betroffenen Personen unter Berücksichtigung eventueller Gegenmaßnahmen wie Räumung oder Evakuierung, und
- d) das Gesamtrisiko der verschiedenen Unfalltypen für die Bevölkerung.

Im Jahr 1979 wurden die Rechnungen der Phase A der DRS vorläufig abgeschlossen. Phase A war gekennzeichnet durch die vom Auftraggeber (BMFT) geforderte Vergleichbarkeit und Ähnlichkeit mit der amerikanischen Studie (Reactor Safety Study, RSS, WASH-1400). Abweichungen in den Modellen wurden nur eingeführt, sofern die amerikanischen Modellvorstellungen für deutsche Verhältnisse nicht akzeptabel erschienen. Die im Unfallfolgenmodell verwendeten Teilmodelle wurden im Jahresbericht 1978, KfK 2775, beschrieben.

Die Ergebnisse der Phase A wurden bzw. werden in drei Stufen veröffentlicht: Das BMFT veröffentlichte im August 1979 eine Kurzfassung und um die Jahreswende 1979/1980 den etwas detaillierten Hauptband. Die ausführlichen Fachbände mit der genauen Modellbeschreibung und allen Teilergebnissen werden voraussichtlich in der ersten Jahreshälfte 1980 erscheinen.

7.6.2 Einfluß der Schätzunsicherheit

1979 wurden Rechnungen zur Ermittlung der Aussagesicherheit und zum Vergleich mit den Ergebnissen aus WASH-1400 durchgeführt. Diese Rechnungen waren weit umfangreicher, als die Rechnungen zur eigentlichen Risikoermittlung.

Der Einfluß der Schätzunsicherheit folgender Parameter bzw. Teilmodelle auf die Ergebnisse wurde dabei ermittelt:

- Freisetzungshäufigkeit,
- freigesetzte thermische Energie,
- trockene Ablagerung der Radioaktivität auf dem Boden,
- Auswaschung der Radioaktivität durch Niederschlag,
- Effektivität der Evakuierung,
- Dosis-Wirkung bei akutem Strahlentod,
- Risiko-Koeffizient für Spätschäden (Krebs, Leukämie).

Die Abbn. 7/14 bzw. 7/15 zeigen die Häufigkeitsverteilung früher bzw. später Todesfälle unter Berücksichtigung der Schätzunsicherheiten obiger Einflußgrößen.

Die gestrichelten Balken geben lokale subjektive 90%-Vertrauensbereiche an. Zwei Beispiele:

- 1) Aufgrund der quantifizierten Schätzunsicherheiten liegt die zu erwartende Häufigkeit, mit der durch 25 Leistungsreaktoren des analysierten Typs mehr als 1000 frühe Todesfälle versucht werden, zwischen $7 \cdot 10^{-9}$ und $2 \cdot 10^{-6}$ pro Jahr. Diese Aussage hat eine subjektive Sicherheit von 90 %. Mit 95 % subjektiver Aussagesicherheit liegt die Wahrscheinlichkeit unter $2 \cdot 10^{-6}$ pro Jahr.
- 2) Die Anzahl früher Todesfälle, die mit einer zu erwartenden Häufigkeit von 10^{-7} pro Jahr erreicht oder überschritten wird, liegt mit 90 % subjektiver Aussagesicherheit zwischen 80 und 5100, und mit 95 % unter 5100.

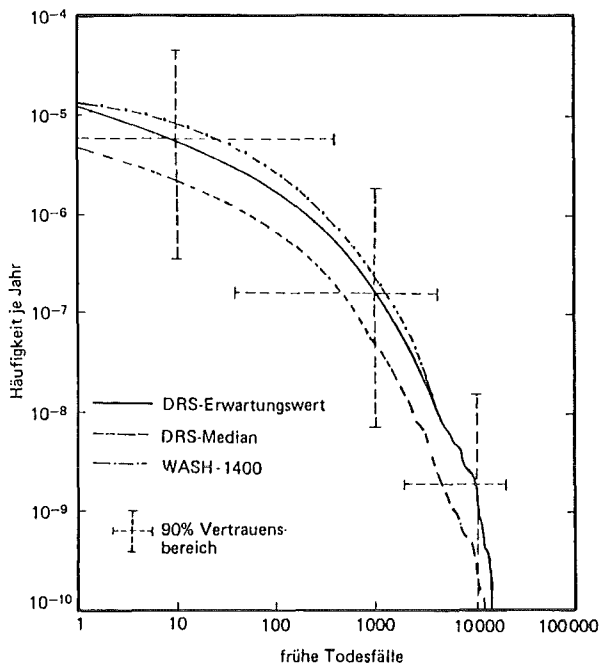


Abb. 7/14: Komplementäre Häufigkeitsverteilung der Anzahl früher Todesfälle

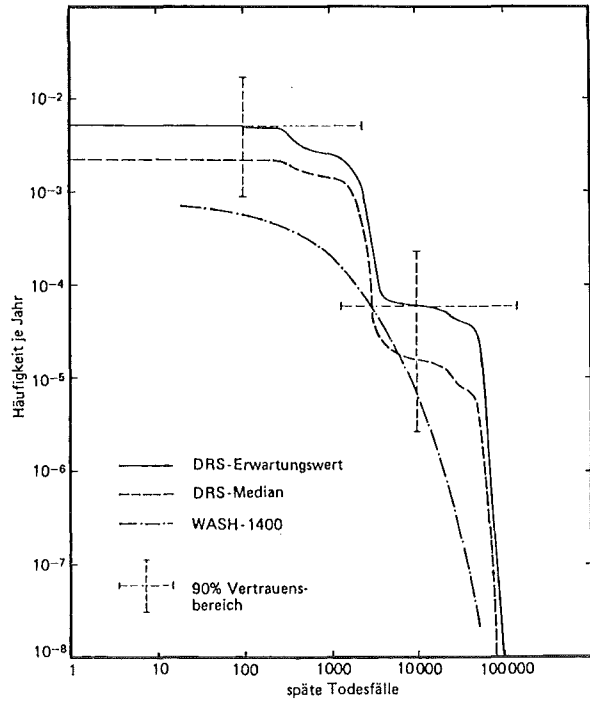


Abb. 7/15: Komplementäre Häufigkeitsverteilung der Anzahl später Todesfälle

Die beiden Abbildungen enthalten auch die der RSS (WASH-1400) entnommenen Kurven, umgerechnet von 100 auf 25 Leistungsreaktoren. Die Differenzen zwischen den beiden Studien bewegen sich überwiegend innerhalb des Vertrauensbereiches.

Wie groß der Einfluß der Änderung einzelner Parameter oder Modellannahmen auf die Aussagesicherheit ist, kann diesen Abbildungen nicht entnommen werden. Daher wurde dieser Einfluß im Teilmodell "Atmosphärische Ausbreitung" diskutiert und - teilweise durch Vergleichsrechnungen - quantifiziert:

Tab. 7/10 zeigt zusammenfassend den Einfluß der wichtigsten Punkte auf die Kollektivschäden, und zwar in Relation zum Referenzfall ("DRS-Erwartungswert" in den Abbn. 7/14 bzw. 7/15). Die geänderten Parameterwerte liegen innerhalb des Wertebereichs, der eine 90 %-ige subjektive Wahrscheinlichkeit besitzt. Den größten Einfluß üben die Auswaschung und die Aufstiegshöhe der Aktivitätsfahne aus. Spätschäden sind im Vergleich zu Frühschäden weit weniger sensitiv.

7.6.3 Von Gegenmaßnahmen betroffene Gebiete

Die Rücksicht auf Rechenzeit und Rechnerkapazität bedingen eine nur grobe Einteilung der kontaminierten Gebiete in ein Flächenraster. Dabei werden gerade die Maximalwerte der von Gegenmaßnahmen betroffenen Gebiete z.T. stark überschätzt, da die durch Auswaschung abgelagerte Aktivität auf eine zu große Fläche verteilt wird. Die Gebiete, s. Abb. 7/16, haben folgende Bedeutung:

A Aufsuchen von Häusern und Evakuierung

B₁ und B₂ schnelle Umsiedlung, da akuter Strahlentod bei genügend langem Aufenthalt möglich (Knochenmarksdosis in 7d über 100 rem),

- C Umsiedlung, da Strahlenpegel auch nach Dekontamination noch zu hoch für ständigen Aufenthalt,
- D Dekontamination um bis zu einem Faktor 10 notwendig.

Die schnelle Umsiedlung ist fast ausschließlich auf die Freisetzungskategorien 1 (Dampfexplosion) und 2 (großes Leck im Sicherheitsbehälter) beschränkt. Die komplementäre Verteilungsfunktion der Größe der Gebiete B_1 , $B_1 + B_2$ und C zeigt Abb. 7/17 für den Fall, daß eine Freisetzung der Kategorie 1 oder 2 eintritt. Diese Gebiete wurden überprüft mit einer Rechnung mit so feinem Flächenraster, daß die o.a. Überschätzung vermieden wird. Abb. 7/17 und Tab. 7/11 zeigen, daß sich die maximalen Größen der Gebiete der "schnellen Umsiedlung" (B_1+B_2) und der "Umsiedlung" (C) bei genauer Betrachtung erheblich reduzieren.

Parameter bzw. Modellannahme	Relative Änderung des Erwartungswerts	
	Frühschäden	Spätschäden
Anzahl der Wetterabläufe	0,95 - 1,05	0,98 - 1,02
Näherung der azimuthalen Aktivitätsverteilung durch Stufenfunktion	0,97 - 1,02	0,98 - 1,01
Aufstiegshöhe der Aktivitätsfahne	0,10 - 2,00	0,95 - 1,05
Mischungsschichthöhe	0,95 - 1,05	0,98 - 1,02
trockene Ablagerung	0,25 - 1,05	0,95 - 1,05
Auswaschung	0,05 - 3,00	0,50 - 1,25
geradlinige Ausbreitung und Vernachlässigung von Windscherungen	0,85 - 1,05	0,98 - 1,02*
Windrichtungsgleichverteilung	0,95 - 1,05	0,98 - 1,02*

Tab. 7/10: Einfluß der Unsicherheit der Parameter bzw. Modellannahmen auf die Erwartungswerte der Kollektivschäden

(* geschätzt, übrige Angaben basieren auf Sensitivitätsrechnungen)

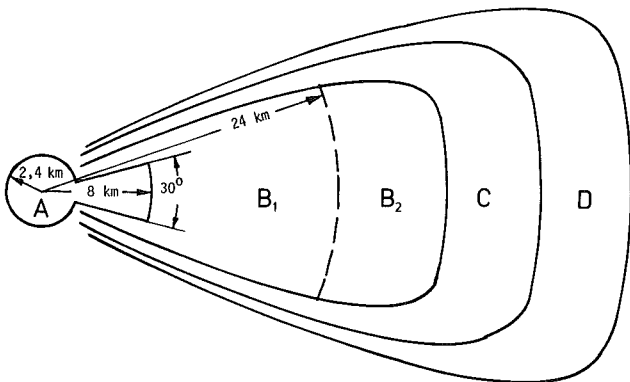


Abb. 7/16: Gebiete der Gegenmaßnahmen

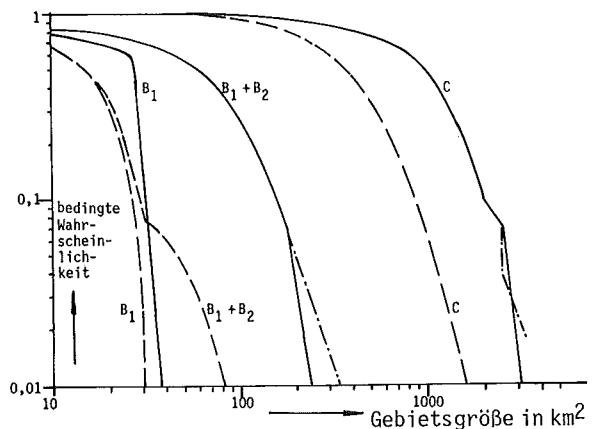


Abb. 7/17: Verteilungsfunktion der von Gegenmaßnahmen betroffenen Gebiete

Freisetzungskategorie 1 — feines Raster
 — grobes Raster

Freisetzungskategorie 2 - - - - -
 - - - - - grobes Raster

	A	B ₁	B ₁ + B ₂	C
Mittlere Gebietsgröße feines Raster	33 km ²	19.8 km ²	71.2 km ²	1101 km ²
grobtes Raster	"	"	66.4 "	1090 "
Fehler durch grobtes Raster	-	-	-7 %	-1 %
maximale Gebietsgröße feines Raster	"	39.3 km ²	241 km ²	3180 km ²
grobtes Raster	"	"	349 "	3710 "
Fehler durch grobtes Raster	-	-	+45 %	+17 %
minimale Gebietsgröße feines Raster	"	0	0	117
grobtes Raster	"	0	0	133

Tab. 7/11: Größe der Gebiete der Gegenmaßnahmen

7.7 Rechenprogramme

D. Papadopoulos, K. Nester

7.7.1 ABLUFT: Ein Rechenprogramm für den tabellarischen Überblick über die fiktiven Quellstärken

Die Emission radioaktiver Stoffe mit der Abluft im KfK erfolgt meistens diskontinuierlich. Bei der Berechnung der maximal zu erwartenden Umgebungsbelastung aufgrund des Abluftplanes muß dies berücksichtigt werden. Anstelle der zulässigen Jahresemissionen werden deshalb erhöhte fiktive Emissionen verwendet, die rechnerisch die durch die Diskontinuität bedingten, höheren zu erwartenden Dosen ergeben (s. Kap. 7.8.2). So wird als fiktive Emissionsstärke eines Emittenten das 50-fache der zulässigen Wochenemission, jedoch nicht mehr als das 3-fache der zulässigen Jahresemission eingesetzt. Eine Ausnahme bilden FR-2 und WAK. Bei diesen werden die zulässigen Jahresemissionen nicht erhöht, weil sie nur bei mindestens 200-tägigem Betrieb ausgeschöpft werden können. Das PL/1-Rechenprogramm ABLUFT erstellt eine Tabelle der fiktiven Emissionsstärken der Emittenten des KfK, s. Tab. 7/12.

7.7.2 Geradenapproximation einer Verteilung im Wahrscheinlichkeitsnetz

Die Summenhäufigkeiten

$$y = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^x e^{-\frac{u^2}{2}} du$$

eines Ereignisses u liegen im Wahrscheinlichkeitsnetz auf einer Geraden.

Eine beliebige nicht horizontale Gerade, die durch $(x_1 = 0; y_1 = 0,5)$ geht, hat die analytische Form

$$y^* = 0,5 + \frac{y_2 - 0,5}{x_2} x \quad ,$$

wobei man für x_2 einen beliebigen Wert $\neq 0$ und $y_2 \neq 0,5$ wählt. Wenn man für ein gegebenes x an Stelle von

NR	EMITTENT	GEB.-NR	EM.H KAMIN-KOORDINATEN		EMISSION JE NUKLID BZW NUKLIDGRUPPE								
DIMENSION-->>			X	Y	GRUPPE A	GRUPPE B	GRUPPE C	KR-85	AR-41	H-3	JDD-ELEM	JDD-ORGA	
			M	M	MILICI/A	MILICI/A	CURIE/A	CURIE/A	CURIE/A	CURIE/A	MILICI/A	MILICI/A	
29	WAK/LAVA	1501/31/2	60.0	173.0	1283.0	10.00000	2000.000	400.00	350000.0	0.00	1000.00	37.00000	0.00000
18	KTB/FR 2	607/608	99.0	0.0	0.0	0.30000	150.000	2000.00	0.0	75000.00	1000.00	50.00000	0.00000
26	KBG/KNK	741	99.0	-155.0	527.0	0.37500	187.500	12000.00	0.0	0.00	0.00	12.50000	0.00000
28	KBG/MZFR	901	99.5	-35.0	605.0	0.37500	187.500	3750.00	0.0	0.00	9000.00	62.50000	0.00000
23	KTB/HZ	701	65.0	-38.0	292.0	1.25000	625.000	3000.00	0.0	0.00	0.00	12.50000	0.00000
24	IHCH	721/24/26	60.0	-8.0	380.0	1.25000	250.000	3000.00	0.0	0.00	0.00	30.00000	0.00000
11	HDB-FERAB	536	70.0	-340.0	87.0	2.50000	625.000	1250.00	0.0	0.00	0.00	12.50000	0.00000
13	HDB-D.FL.	545/555	19.0	-130.0	135.0	0.05000	25.000	300.00	0.0	0.00	0.00	5.00000	0.00000
14	HDB-D.FS.	548	15.0	-90.0	195.0	0.07500	21.000	90.00	0.0	0.00	0.00	0.25000	0.00000
10	HDB-BET.	534	8.0	-318.0	45.0	0.01250	12.500	0.00	0.0	0.00	1.25	0.00000	0.00000
12	HDB-REPAR	543	8.0	-70.0	90.0	0.00075	0.210	0.90	0.0	0.00	0.00	0.00250	0.00000
3	ZYKLOTRON	351	36.0	-365.0	-150.0	0.37500	18.750	1250.00	0.0	0.00	0.00	0.00000	0.00000
4	ZYKLOTRON	351	11.0	-370.0	-220.0	0.00000	0.000	0.00	0.0	0.00	0.00	0.25000	0.00000
9	SNEAK	452	50.0	245.0	-395.0	0.37500	187.500	375.00	0.0	0.00	0.00	3.75000	0.00000
27	TU	806	50.0	365.0	555.0	0.05000	25.000	50.00	0.0	0.00	0.00	2.50000	0.00000
1	IRCH	321/1A/341	15.0	-145.0	-205.0	0.01250	12.500	375.00	0.0	0.00	0.00	5.00000	0.00000
22	INF I	681	9.0	160.0	195.0	0.02500	0.000	0.00	0.0	0.00	0.00	0.00000	0.00000
17	INF III	573/574	5.0	-280.0	215.0	0.05000	0.000	0.00	0.0	0.00	0.00	0.00000	0.00000
5	LIT	403/404	10.0	-15.0	-505.0	0.00000	25.000	0.00	0.0	0.01	0.37	0.00000	0.00000
7	INR	420/3/53	5.0	18.0	-415.0	0.00000	0.000	0.00	0.0	0.00	125.00	0.00000	0.00000
19	RBT/IT	601/2/5	22.0	30.0	-215.0	0.20000	0.262	12.50	0.0	0.00	0.00	0.18750	0.00000
25	IHCH	725	10.0	105.0	480.0	0.01250	12.500	120.00	0.0	0.00	0.00	0.12500	0.00000
2	BFE	324/325	12.5	-320.0	-325.0	0.00000	0.025	0.09	0.0	0.00	0.00	0.00000	0.00000
6	LAF II	415A/415B	8.0	235.0	-595.0	0.00000	0.000	25.00	0.0	0.00	0.00	1.50000	2.00000
20	LIT	605	15.0	-5.0	-180.0	0.00000	0.000	0.00	0.0	12.50	3.75	0.00000	0.00000
8	IAK	426	10.0	75.0	-470.0	0.00000	0.000	450.00	0.0	0.00	0.00	0.00000	0.00000
15	ABRA	547	19.0	-130.0	135.0	0.01625	0.025	0.00	0.0	0.00	0.00	0.00000	0.00000
16	ABRA	712	60.0	-255.0	330.0	1.00000	12.500	0.00	0.0	0.00	0.00	1.25000	0.00000
21	TEKO	630	22.6	245.0	-225.0	0.10000	0.000	0.00	0.0	0.00	0.00	0.00000	0.00000

DIMENSION:- M: METER, CI/A: CURIE/JAHR, MILICI/A: MILLICURIE/JAHR

Tab. 7/12: Fiktive Emissionen des KfK für das Jahr 1980

y* den Wert von y nach der obigen Gleichung einsetzt, hat man die Ordinate des Wahrscheinlichkeitsnetzes. Gewählt wird $x_2 = 3,540$ und $y_2 = 1$. Dadurch erhält man im Wahrscheinlichkeitsnetz die Wahrscheinlichkeitssummen von 0,0002 bis 0,9998.

Gegeben sind eine Anzahl strahlenexponierter Personen und die Prozentsätze der Personen, deren Dosis eine gegebene Dosisgrenze nicht überschritten hat. Es ist zu erwarten, daß die Prozentsätze y, über dem Logarithmus der Dosisgrenze x im Wahrscheinlichkeitsnetz aufgetragen, annähernd eine Gerade ergeben. Für die Berechnung dieser Geraden nach der Methode der kleinsten quadratischen Abweichungen wurde ein Rechenprogramm geschrieben. Mit diesem wurde für die 10 einzelnen Jahre 1969 bis 1978 und für etwa 2000 Personen die Richtigkeit dieser Erwartung gezeigt, s. Abb. 7/18.

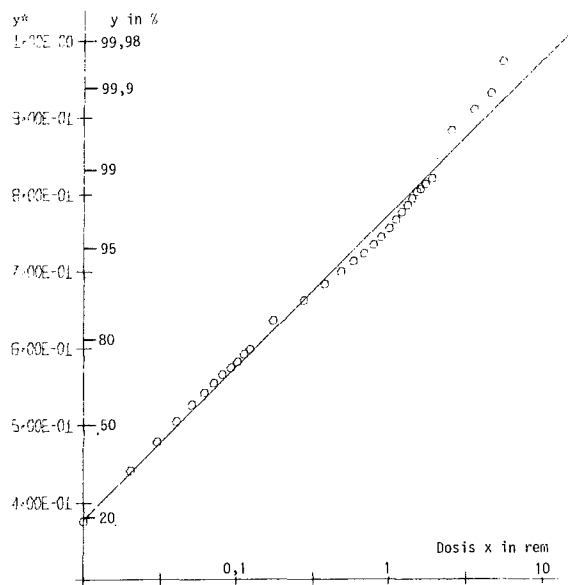


Abb. 7/18: Prozentsatz der Personen, die eine Dosis < x erhalten haben

7.8 Strahlenbelastung der Umgebung des Kernforschungszentrums Karlsruhe

S. Honcu, W. Hübschmann, D. Papadopoulos

7.8.1 Strahlenbelastung im Jahre 1979 aufgrund der mit der Abluft abgeleiteten Aktivität

Die Tab. 7/13 zeigt die im Jahre 1979 im Raum des KfK mit der Abluft abgegebene Aktivität entsprechend den Messungen im Rahmen der Abluftüberwachung (Kap. 5/1). Diese Emissionen haben eine geringe zusätzliche Strahlenbelastung - zusätzlich zur natürlichen - in der Umgebung des KfK bewirkt. Diese wurde berechnet. Dabei wurden nur diejenigen Emittenten berücksichtigt, die merklich zur Gesamtemission eines Nuklids bzw. einer Nuklidgruppe beigetragen haben. Die Nuklidgruppen A, B und C sind in Tab. 5/1 erläutert.

Emittent ¹⁾	Kaminhöhe m	Emission je Nuklid bzw. Nuklidgruppe							
		Gruppe A mCi	Gruppe B ²⁾ mCi	Gruppe C Ci	Kr-85 Ci	Ar-41 Ci	H-3 Ci	Jod-Äquivalent mCi	Sr-90 mCi
WAK	60	0,81	66	-	50560	-	166,9	7,7	4,3
FR-2	99	-	-	-	-	70531	156,8	1,4	-
KNK	99	-	1,1	401,9	-	-	-	-	(0,11) ³⁾
MZFR	99,5	-	0,88	537,7	-	-	990,3	-	(0,088)
IHCH-721	60	-	-	-	-	-	-	0,84	-
HDB-536	70	0,21	89	-	-	-	166,4	9,3	(8,9)
HDB-545	19	-	-	-	-	-	-	1,2	-
ZYKLOTRON	36	-	-	443,1	-	-	-	-	-
IRCH	15	-	8,2	32	-	-	-	0,85	(0,82)
KTB/HZ	65	-	-	-	-	-	-	0,26	-

1) Es wurden nur diejenigen Emittenten berücksichtigt, die zu mehr als 5% zur Emission eines Nuklids bzw. einer Nuklidgruppe beigetragen haben.

2) Inkl. Sr-90-Anteil

3) Die Zahlen in Klammern sind fiktive Emissionen (1/10 der Gruppe B)

Tab. 7/13: Mit der Abluft im Jahre 1979 emittierte Radioaktivität

Zur Berechnung der Umgebungsbelastung liegen die monatlichen Emissionswerte vor. Da diese z.T. stark schwanken, mußte meist mit monatlich unterschiedlichen, allerdings über einen Monat konstanten Emissionsraten gerechnet werden. Zur Errechnung der Gammadosis diente das Rechenprogramm WOLGA (s. KfK 2189), welches auch in der Nähe des Emittenten die räumliche Verteilung der Aktivität in den einzelnen Windrichtungssektoren berücksichtigt. Zur Errechnung der äußeren β -Strahlung (Hautdosis) sowie der inneren Strahlung nach Inhalation und/oder Ingestion radioaktiver Stoffe diente das Programm ISOLA III (s. KfK 2698).

Die berechneten Strahlendosen in den umliegenden Ortschaften, am Zaun des KfK, sowie die jeweiligen Höchstwerte zeigt Tab. 7/14; zusätzlich wurde die Verteilung der externen Gammadosis gezeichnet, s. Abb. 7/19. Diese Dosen werden hauptsächlich durch die Emissionen des KfK verursacht. Der Beitrag zu diesen Dosen durch den Betrieb des Kernkraftwerks Philippsburg I ist wegen seiner großen Entfernung vom KfK vernachlässigbar klein. Es handelt sich bei den äußeren γ - und β -Strahlendosen um die Dosen, die am Aufpunkt mit einem das ganze Jahr 1979 exponierten Strahlenmeßgerät als zusätzliche Dosis - zusätzlich zur natürlichen Strahlung an diesem Ort - gemessen worden wären. Zur Ermittlung der Personendosis muß demgegenüber berücksichtigt werden, daß sich eine Person nicht die ganze Zeit am selben Ort aufhält und daß Gebäude und Kleidung die Strahlung abschirmen.



Abb. 7/19: Ganzkörperdosis durch γ -Strahlung in der Umgebung des KfK im Jahr 1979

Belastungspfad Körperteil/Organ Aktivität	Submersion		Inhalation			Ingestion		
	Ganzkörper γ -Aktivität	Haut β -Aktivität	Lunge Gruppe A+B	Ganzkörper H-3, C-14 und Gruppe B	Knochen* Gruppe A + B	Ganzkörper C-14 und Sr-90	Knochen* Sr-90	Schilddrüse Jod
<u>O r t</u>								
Graben	0,56	0,46	0,007	0,008	0,092	0,049	0,25	0,07
Neudorf	0,39	0,32	0,005	0,006	0,063	0,035	0,18	0,05
Friedrichstal	1,11	0,52	0,005	0,006	0,066	0,056	0,26	0,07
Spöck	0,32	0,27	0,003	0,004	0,037	0,030	0,14	0,04
Neuthard	0,45	0,37	0,005	0,006	0,062	0,040	0,20	0,06
Karlsdorf	0,30	0,26	0,004	0,005	0,046	0,028	0,14	0,04
Staffort	0,26	0,12	0,002	0,002	0,021	0,014	0,07	0,02
Blankenloch	0,21	0,09	0,002	0,002	0,018	0,013	0,06	0,02
Hagsfeld	0,16	0,08	0,001	0,002	0,014	0,009	0,05	0,02
Karlsruhe-Markt	0,11	0,08	0,001	0,002	0,013	0,009	0,04	0,02
Neureut	0,19	0,18	0,003	0,003	0,029	0,022	0,10	0,03
Eggenstein	1,14	0,77	0,008	0,011	0,111	0,106	0,46	0,12
Leopoldshafen	1,00	0,71	0,017	0,014	0,214	0,097	0,50	0,14
Linkenheim	0,70	0,65	0,012	0,011	0,161	0,100	0,49	0,14
Hochstetten	0,43	0,52	0,010	0,009	0,132	0,067	0,35	0,10
Liedolsheim	0,25	0,28	0,005	0,005	0,063	0,035	0,18	0,05
Rußheim	0,16	0,14	0,003	0,003	0,040	0,023	0,12	0,04
Leimersheim	0,26	0,19	0,003	0,003	0,049	0,026	0,13	0,04
Nordtor (alt)	10,6	4,2	0,077	0,045	1,07	0,77	4,0	1,21
Südtor	4,7	2,0	0,019	0,026	0,27	0,42	1,6	0,39
Zaun NO vom FR-2	10,8	4,2	0,033	0,040	0,48	0,54	2,5	0,73
Zaun SW vom FR-2	5,8	4,0	0,025	0,036	0,34	0,79	2,8	0,65
maximale Dosis außerhalb des KfK	11,1	6,5	0,2	0,1	2,5	1,7	4,5	1,32
Koordinaten des Dosismaximums in m außerhalb des KfK **	x y	-170 1080	-170 1080	520 1480	-170 1080	-640 -370	-170 1080	-170 1080

*Bei den Knochendosen handelt es sich um die über 50 Jahre integrierten Folgedosen.

**Koordinatensprung ist der FR-2 Kamin.

Tab. 7/14: Ortsdosen in mrem durch die im Jahre 1979 emittierten radioaktiven Stoffe

Die äußere γ -Strahlung wird im wesentlichen durch das vom FR-2 emittierte Ar-41 verursacht. Die monatliche Abgaberate schwankte nur wenig, so daß mit einer gleichmäßigen Emission gerechnet werden konnte. Die äußere β -Strahlung wird durch das Kr-85 der WAK sowie das Ar-41 des FR-2 verursacht. Als Emission der Nuklidgruppe A der Emittenten WAK und HDB wird das α -aktive Aktiniden-Gemisch eines Brennstoffes mit einem Abbrand von 34 MWd/kg angenommen ("altes Gemisch A", Kühlzeit 3 Jahre). In der Nuklidgruppe B überwiegen die alten Spaltproduktgemische aus der WAK und HDB. Der Sr-90-Anteil der Nuklidgruppe B wurde bei den Emittenten WAK und HDB-536 durch Filteranalysen bestimmt. Die Jodemissionen wurden gesondert erfaßt. Anstatt der Inhalationsdosis wird die Schilddrüseningestionsdosis eines Kleinkindes berechnet, um zu zeigen, wie groß der Abstand zu der geforderten Grenze von 90 mrem/a ist. Die berechneten Schilddrüsendosen können nur dann entstehen, wenn an dem betreffenden Ort Weidewirtschaft mit Kühen betrieben wird und die Milch dieser Kühe unvermischt von Kleinkindern z.B. in einer der benachbarten Ortschaften konsumiert wird.

Die berechneten Dosismaxima liegen unter den nach der Strahlenschutzverordnung zulässigen Werten, z.B. 30 mrem Ganzkörperdosis eines Erwachsenen, 90 mrem Schilddrüsendosis eines Kleinkindes. Die zugehörigen Koordinaten x und y sind vom Fußpunkt des FR 2-Kamins aus gerechnet (x: West-Ost-Richtung; y: Süd-Nord-Richtung). Die mittlere γ -Submersion-Ganzkörperdosis der Bevölkerung im Umkreis von 3 bzw. 20 km um das Kernforschungszentrum Karlsruhe betrug im Jahre 1979 1,1 bzw. 0,13 mrem. Die verwendeten Dosisfaktoren und die γ -Dosisleistungskonstante sind in Tab. 7/15 eingetragen.

Kritisches Organ bzw. Körperteil	Nuklid bzw. Nuklidgemisch	Belastungspfad	Kritische Bevölkerungsgruppe	Dosisfaktor $\frac{\text{rem m}^3}{\text{Ci s}}$	γ -Dosisleistungskonstante $\frac{\text{rem m}^2}{\text{Ci s}}$	Referenz
Ganzkörper	Ar-41	äußere γ -Strahlung	Erwachsene	-	$1,8 \cdot 10^{-4}$	1)
	Edelgase	äußere γ -Strahlung	"	-	$0,42 \cdot 10^{-4}$	
	H-3	Inhalation und Hautatmung	"	0,09	-	KfK 2348
	C-14	Inhalation	"	0,1	-	
	C-14	Ingestion	"	11,4	-	1)
	Sr-90	"	"	26500	-	1)
	"altes Gemisch B"	Inhalation	"	80	-	
Knochen	Sr-90	Ingestion	Erwachsene	282000	-	1)
	"altes Gemisch B"	Inhalation	"	3460	-	
	"frisches Gemisch A"	"	"	1600000	-	1)
	"altes Gemisch A"	Inhalation	"	920000	-	
Lunge	Gemisch A	Inhalation	Erwachsene	67000	-	KfK 2620
	"frisches Gemisch B"	"	"	37	-	KfK 2348
	"altes Gemisch B"	"	"	190	-	KfK 2348
Haut	Ar-41	äußere β -Strahlung	Erwachsene	0,1	-	1)
	Kr-85	"	"	0,043	-	1)
Schilddrüse	J-129 (elementar)	Ingestion	Kleinkinder	185000	-	KfK 2544
	J-131 "	"	"	48900	-	KfK 2544
	J-131 (org. geb.)	"	"	490	-	

1) Allgemeine Berechnungsgrundlage für die Strahlenexposition bei radioaktiven Ableitungen mit der Abluft oder in Oberflächengewässer. Der Bundesminister des Innern, GMBI 30, 371-436 (1979)

Tab. 7/15: Dosisfaktoren und γ -Dosisleistungskonstanten

7.8.2 Vorausgeschätzte Strahlenbelastung aufgrund des Abluftplanes 1980

Tab. 7/16 zeigt die gemäß Abluftplan für das Jahr 1980 gemeldeten Emissionen. Gegenüber dem Abluftplan 1979 wurden Änderungen der zulässigen Emissionen einiger Emittenten vorgenommen (s. Tab. 7/17). Der Sr-90-Anteil der Nuklidgruppe B ist - mit Ausnahme der WAK - auf 10 % beschränkt. Der WAK ist eine Sr-90-Emission von 0,1 Ci/a genehmigt. Beschränkungen gelten auch für C-14 und Pu-241 (s. Tab. 5/1).

Für die Berechnungsverfahren der Dosisbelastung gilt das gleiche wie unter 7.8.1. Es wurde die meteorologische Statistik der Jahre 1973 bis 1977 zugrundegelegt. Die verwendeten Ausbreitungsparameter berücksichtigen die lokalen Verhältnisse (Bebauung, Bodenbedeckung) in der Umgebung des KfK.

Bezüglich der Nuklidwahl wurde folgendermaßen verfahren:

Nuklidgruppe A: Bei den Reaktoren und Instituten wird konservativerweise die Emission von Pu-239 angenommen ("frisches Gemisch A"). Bei den Emittenten WAK, FERAB, HDB, IHCH und TU wird das α -aktive Aktiniden-Gemisch eines Brennstoffes mit einem Abbrand von 34 MWd/kg angenommen ("altes Gemisch A", Kühlzeit 3 Jahre).

Nr.	Emittent*	Geb.-Nr.	Kamin- höhe m	Kamin-Koordin.		Emission je Nuklid bzw. Nuklidgruppe								
				x	y	Gruppe A	Gruppe B	Gruppe C	Kr-85	Ar-41	H-3	Jod-elem	Jod-orga	
				m	m	mCi/a	mCi/a	Ci/a	Ci/a	Ci/a	Ci/a	Ci/a	mCi/a	mCi/a
1	WAK/LAVA	1501/31/2	60	173	1283	10	2000	400	350000	-	1000	37	-	
2	KTB/FR 2	607/608	99	0	0	0,3	150	2000	-	75000	1000	50	-	
3	KBG/KNK	741	99	-155	527	0,3	150	4000	-	-	-	10	-	
4	KBG/MZFR	901	99,5	-35	605	0,3	150	2000	-	-	3000	50	-	
5	KTB/HZ	701	65	-38	292	0,8	400	1000	-	-	-	10	-	
6	IHCH	721/24/26	60	-8	380	0,8	100	1000	-	-	-	10	-	
7	HDB-FERAB	536	70	-340	87	2,0	400	1000	-	-	-	10	-	
8	HDB-D.FL.	545/555	19	-130	135	0,03	15	100	-	-	-	4	-	
9	HDB-D.FS.	548	15	-90	195	0,025	7	30	-	-	-	0,2	-	
10	HDB-BET.	534	8	-318	45	0,01	10	-	-	-	1	-	-	
11	HDB-REPAR	543	8	-70	90	0,00025	0,07	0,3	-	-	-	0,002	-	
12	ZYKLOTRON	351	36	-365	-150	0,3	15	500	-	-	-	-	-	
13	ZYKLOTRON	351	11	-370	-220	-	-	-	-	-	-	0,2	-	
14	SNEAK	452	50	245	-395	0,2	100	200	-	-	-	3	-	
15	TU	806	50	365	555	0,03	10	30	-	-	-	2	-	
16	IRCH	321/1A/341	15	-145	-205	0,01	10	180	-	-	-	4	-	
17	IMF I	681	9	160	195	0,016	-	-	-	-	-	-	-	
18	IMF III	573/574	5	-280	215	0,03	-	-	-	-	-	-	-	
19	LIT	403/404	10	-15	-505	-	15	-	-	0,01	0,25	-	-	
20	INR	420/3/53	5	18	-415	-	-	-	-	-	50	-	-	
21	RBT/IT	601/2/5	22	30	-215	0,09	0,21	12	-	-	-	0,15	-	
22	IHCH	725	10	105	480	0,01	10	40	-	-	-	0,1	-	
23	BFE	324/325	12,5	-320	-325	-	0,01	0,03	-	-	-	-	-	
24	LAF II	415A/415B	8	235	-595	-	-	20	-	-	-	0,8	1	
25	LIT	605	15	-5	-180	-	-	-	-	10	3	-	-	
26	IAK	426	10	75	-470	-	-	150	-	-	-	-	-	
27	ABRA	547	19	-130	135	0,015	0,025	-	-	-	-	-	-	
28	ABRA	712	60	-255	330	0,8	10	-	-	-	-	1	-	
29	TEKO	630	22,6	245	-225	0,05	-	-	-	-	-	-	-	

Tab. 7/16: Emission im Bereich des KfK laut Abluftplan 1980

*Bei den Emittenten Nr. 3 bis Nr. 29 wird mit fiktiven (erhöhten) Emissionsraten gerechnet.

Nuklidgruppe B: Bei dieser Gruppe handelt es sich meist um ein Spaltproduktgemisch; dessen Alter bestimmt die Nuklidzusammensetzung. Für die Emission der WAK, FERAB, HDB, IHCH und TU wird ein Gemisch mit einer Kühlzeit von 3 Jahren, für die Reaktoren und Institute ein Gemisch mit 6 Stunden Kühlzeit angenommen. Der Sr-90- und Pu-241-Anteil wird entsprechend der Limitierung im Abluftplan angenommen.

Nuklidgruppe C und Gase: Denjenigen Emittenten, welche Ar-41 emittieren können, wird die Emission dieses Nuklids unterstellt. Denjenigen, welche Tritium emittieren können, wird (ggf. zusätzlich) eine Tritium-Emission unterstellt. Außerdem wird unterstellt, daß die zulässige C-14-Emission ausgeschöpft wird.

Jodnuklide: Das Alter der Spaltprodukte bestimmt das überwiegend "aktive" Nuklid. Neben dem Spaltjod wird in den Instituten auch speziell hergestelltes radioaktives Jod verarbeitet. Da nicht die Aktivität, sondern die Dosis in der Umgebung begrenzt werden soll, genügt es, die Jod-Emission als Jod-131-Äquivalent \dot{A}_{J-131} anzugeben. Zur Berechnung der zulässigen Emission eines bestimmten Jodnuklids s. KfK 2775, p. 67.

Im Abluftplan 1980 ist zusätzlich zur Jahres- und Monatsemission auch die zulässige Wochenemission begrenzt. Eine kontinuierliche Emission über das ganze Jahr, wie für die Rechnung angenommen, entspricht meist nicht dem tatsächlichen Emissionsverlauf. Um einer diskontinuierlichen Emission Rechnung zu tragen, wurde folgendermaßen verfahren: Beträgt die zulässige Wochenemission mehr als 1/50 der Jahresemission, dann müßte ein erhöhter Ausbreitungsfaktor für nichtkontinuierliche Emission angewendet werden. Um jedoch die Berechnungsverfahren nicht unangemessen aufwendig werden zu lassen, wird stattdessen mit einer erhöhten fiktiven Jahresemission gerechnet. Diese ist gleich dem 50-fachen der zulässigen Wochen-, aber nicht größer als die 3-fache Jahresemission. Eine Ausnahme bilden die beiden Emittenten FR 2 und WAK; diese müssen etwa 200 Tage pro Jahr in Betrieb sein, um die zulässige Emission annähernd zu erreichen und werden deshalb als gleichmäßige Emittenten angesehen.

Lfd. Nr.	Anlage	Geb. Nr.	Emissionshöhe [m]	Nuklid	zulässige Ableitung Ci/Jahr	
					1979	1980
16	IRCh	321/321a/341	15	B C J	$1 \cdot 10^{-3}$ 90 $2 \cdot 10^{-3}$	$1 \cdot 10^{-2}$ 180 $4 \cdot 10^{-3}$
11	HDB (Reparaturwerkstatt)	543	8	A B C J	- - - -	$2,5 \cdot 10^{-7}$ $7 \cdot 10^{-5}$ $0,3$ $2 \cdot 10^{-6}$
2	KTb/FR 2	607/608	99	^{41}Ar	80000	75000
21	HIT	601/602/605	22/15	A	$7 \cdot 10^{-5}$	$9 \cdot 10^{-5}$
6	IHCh	721/724/726 725	60 10	C C	800 20	1000 40
3	KBG/KNK	741	99	C	8000	4000
4	KBG/MZFR	901	99,5	^3H C	4000 3000	3000 2000
1	WAK/LAVA	1501 1531/1532	60 60	J	$4 \cdot 10^{-2}$	$3,7 \cdot 10^{-2}$
Die Anlage IK/ITP wird im Jahre 1980 nicht emittieren		401	12	J	$5 \cdot 10^{-5}$	-

Tab. 7/17: Änderungen im Abluftplan 1980 gegenüber 1979

Die Abb. 7/20 bis 7/24 zeigen die Isodosenlinien der wichtigsten Strahlendosen in der Umgebung des KfK. Die γ -Submersionsdosis (Abb. 7/20), die β -Submersionsdosis (Abb. 7/21) und die Ganzkörper-Inhalationsdosis (Abb. 7/22) sind jeweils errechnet unter der Annahme des ständigen Aufenthaltes eines gegenüber der Strahlung ungeschützten Menschen am jeweiligen Aufpunkt. Zur Errechnung der Schilddrüsen-Ingestionsdosis (Abb. 7/23) muß - entsprechend einer Empfehlung des BMI - angenommen werden, daß am jeweiligen Aufpunkt Milchwirtschaft mit Kühen betrieben und die erzeugte Milch unvermischt zur Ernährung eines Kleinkindes verwendet wird, auch wenn sich an diesem Ort keine Weide, sondern z.B. Wald befindet. In ähnlicher Weise wird zur Errechnung der Sr-90- und C-14-Ingestionsdosis (Abb. 7/24) angenommen, daß am betreffenden Aufpunkt Gemüse angebaut und von einer Person in einer der umliegenden Ortschaften verzehrt wird. Die Strahlendosen in den umliegenden Ortschaften sowie die jeweiligen Maxima der einzelnen Strahlenbelastungen sind in Tab. 7/18 enthalten.



Abb. 7/20: Ganzkörperdosis durch äußere Gammastrahlung, Prognose 1980



Abb. 7/21: Hautdosis durch externe Betastrahlung, Prognose 1980

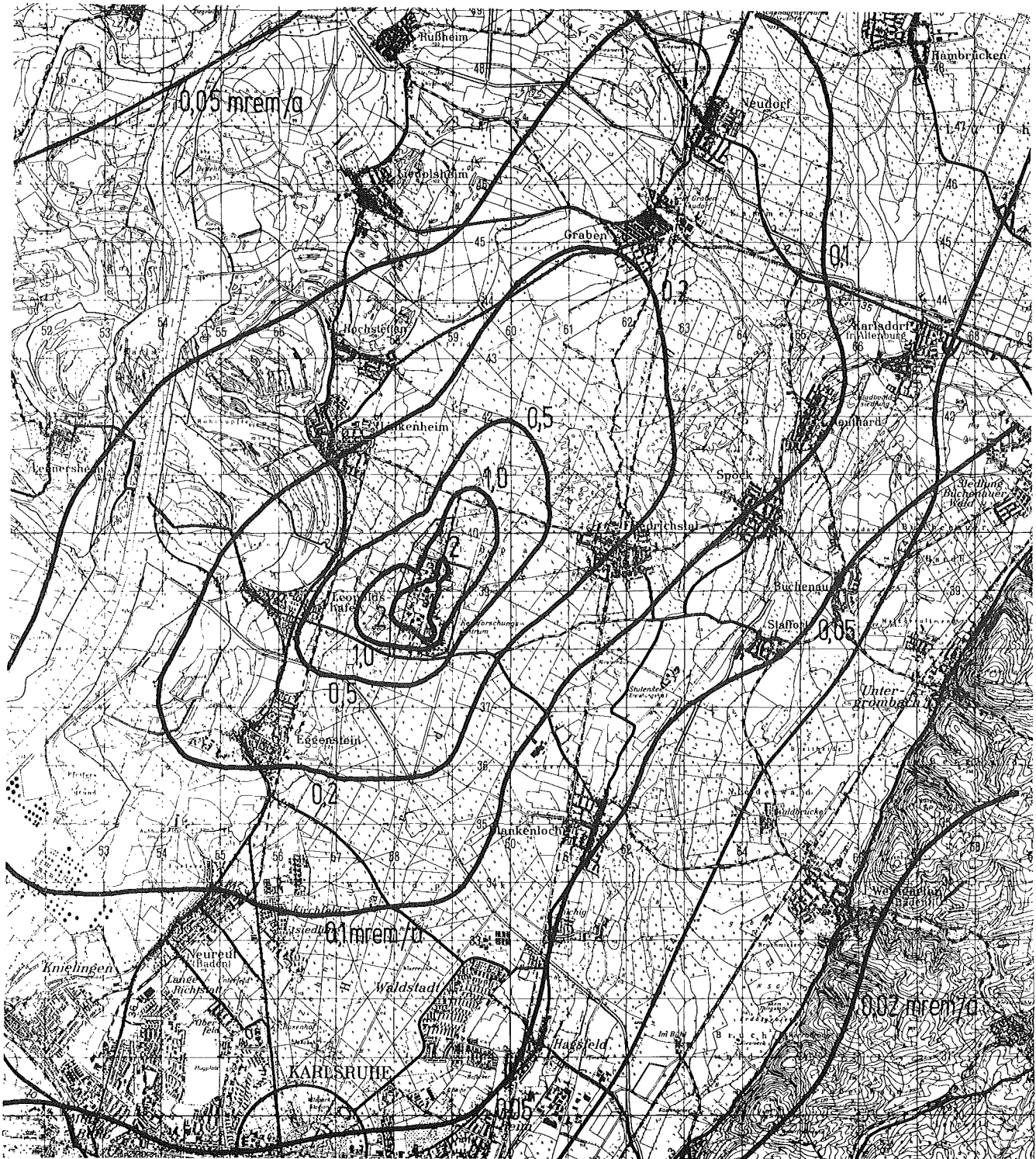


Abb. 7/22: Ganzkörperdosis durch ^3H -, ^{14}C - und "altes Gemisch B"-Inhalation, Prognose 1980



Abb. 7/23: Schilddrüsenedosis durch Jod-Ingestion (Kleinkind), Prognose 1980

Belastungspfad Körperteil/Organ Aktivität	Submersion		Inhalation			Ingestion		
	Ganzkörper γ-Aktivität	Haut β-Aktivität	Lunge Gruppe A+B	Ganzkörper H-3,C-14 und Gruppe B	Knochen* Gruppe A+B	Ganzkörper C-14 und Sr-90	Knochen* Sr-90	Schilddrüse Jod
Ort								
Graben	0,7	1,7	0,14	0,18	2,2	0,8	6,3	0,65
Neudorf	0,5	1,2	0,10	0,13	1,6	0,6	4,6	0,48
Friedrichstal	1,2	1,3	0,11	0,16	1,7	0,8	5,7	0,62
Spöck	0,4	0,7	0,06	0,09	1,0	0,4	3,1	0,34
Neuthard	0,5	1,0	0,08	0,12	1,3	0,5	3,9	0,42
Karlsdorf	0,4	0,7	0,06	0,09	0,9	0,4	2,8	0,31
Staffort	0,3	0,5	0,04	0,06	0,6	0,3	1,9	0,21
Blankenloch	0,3	0,5	0,04	0,06	0,7	0,3	2,0	0,21
Hagsfeld	0,3	0,4	0,04	0,05	0,6	0,2	1,6	0,18
Karlsruhe-Markt	0,2	0,4	0,03	0,05	0,5	0,2	1,6	0,17
Neureut	0,4	0,7	0,06	0,09	1,0	0,4	3,1	0,34
Eggenstein	1,8	1,7	0,15	0,24	2,4	1,1	8,1	0,88
Leopoldshafen	1,6	2,8	0,25	0,32	4,0	1,5	11,5	1,17
Linkenheim	0,9	2,1	0,18	0,19	2,9	1,0	7,7	0,73
Hochstetten	0,5	1,4	0,12	0,14	1,9	0,7	5,3	0,51
Liedolsheim	0,3	0,8	0,07	0,08	1,1	0,4	3,0	0,30
Rußheim	0,2	0,6	0,05	0,06	0,7	0,3	2,0	0,21
Leimersheim	0,3	0,8	0,07	0,09	1,1	0,4	3,1	0,32
Nordtor (alt)	10,5	13,3	1,5	1,9	23,7	12,8	82	7,23
Südtor	6,0	5,1	0,7	1,1	9,2	6,6	42	4,16
Zaun NO vom FR-2	13,0	7,6	1,0	1,6	13,7	7,7	54	5,92
Zaun SW vom FR-2	8,0	5,8	0,7	1,3	10,4	5,6	38	4,56
maximale Dosis außerhalb des KfK	13,5	25,1	2,0	2,2	31	12,8	82	7,6
Koordinaten des Dosismaximums in m außerhalb des KfK	x 390 y 680	520 1480	520 1480	390 680	520 1480	200 750	200 750	390 680

*über 50 Jahre integrierte Folgedosen

Tab. 7/18: Abschätzung der Ortsdosen in der Umgebung des KfK auf der Basis des Abluftplanes 1980
Ortsdosen in mrem

Die direkte Ganzkörperdosis (Summe der γ-Submersions- und der Inhalationsdosis) erreicht 15,7 mrem/a, die Schilddrüsendosis eines Kleinkindes durch Jod-Ingestion 7,6 mrem/a, jeweils am Zaun des KfK.

Damit werden die beiden Grenzwerte von 30 mrem/a Ganzkörperdosis sowie 90 mrem/a Schilddrüsendosis durch Jod-Ingestion unterschritten. In beiden Fällen handelt es sich um fiktive Dosen, da an diesen Stellen sich keine Person dauernd aufhält bzw. keine Milchwirtschaft betrieben wird.

Auch unter Berücksichtigung der übrigen Ingestionspfade werden die genannten Dosisgrenzwerte nicht überschritten: Dazu wird zu der höchsten tatsächlich zu erwartenden direkten Ganzkörperdosis (in Eggenstein sind $1,8 + 0,24$ mrem/a $\leq 2,1$ mrem/a zu erwarten) die höchste in der Umgebung zu erwartende Ganzkörper-Ingestionsdosis addiert. Konservativerweise wird dafür das fiktive Dosismaximum (12,8 mrem/a) gewählt. Die gesuchte Ganzkörperdosis unter Berücksichtigung der Ingestionspfade ist daher in Eggenstein (ungünstigster Ort) kleiner als 15 mrem/a.

Die mittlere γ-Submersionsdosis (Ganzkörperdosis) der Bevölkerung in der Umgebung des KfK beträgt

$$\bar{D} = \frac{\sum_i P_i D_i}{\sum_i P_i} = 1,2 \text{ mrem im Umkreis von 3 km,}$$

$$0,18 \text{ mrem im Umkreis von 20 km.}$$

Hier ist P_i die Einwohnerzahl und D_i die errechnete γ-Ganzkörperdosis des Ortes i bis zu der entsprechenden Entfernung vom KfK.

7.8.3 Strahlenbelastung aufgrund der mit der Abluft der WAK im Jahre 1978 abgeleiteten Aktivität

Es wurde die Strahlenbelastung der Umgebung des KfK durch die mit der Abluft der WAK abgeleitete Aktivität im Jahre 1978 berechnet. Diese gesonderte Berechnung ist für WAK seitens der Genehmigungsbehörde gefordert. Aufgrund der monatlichen Emissionen und der im Jahre 1978 monatlich erfaßten meteorologischen Statistik wurden die monatlichen und die Jahresbelastungen bestimmt. Tab. 7/19 enthält die dadurch entstandenen maximalen Ortsdosen. Die Emissionen sind in KfK 2775, Tab. 5/2, zusammengestellt.

Belastungspfad Körperteil/Organ Aktivität	Submersion Haut β -Aktivität	Inhalation			Ingestion		
		Lunge Gruppe A+B	Ganzkörper H-3**	Knochen* Gruppe A	Ganzkörper Sr-90	Knochen* Sr-90	Schilddrüse Jod
maximale Dosis außerhalb des KfK	2,8	0,55	0,026	1,16	0,30	3,20	1,72
Koordinaten des Dosismaximums in m außerhalb des KfK***	x 520 y 1480	520 1480	520 1480	520 1480	520 1480	520 1480	520 1480

*Bei den Knochendosen handelt es sich um die über 50 Jahre integrierten Folgedosen

**Bei der Ganzkörperdosis durch Inhalation von H-3 wurde die Hautatmung mitberücksichtigt.

***Koordinatenursprung ist der FR 2 Kamin, x ist die West-Ost-, y die Süd-Nord-Richtung.

Tab. 7/19: Maximale Ortsdosen in mrem durch die mit der Abluft der WAK im Jahre 1978 abgeleitete Radioaktivität

7.8.4 Dosis am Zaun des KfK nach einem Zwischenfall im IRCh

Am 27.6.1979 von 4.00 Uhr bis 7.00 Uhr wurden vom IRCh 8 mCi Mo-99 über Dach in die Atmosphäre abgegeben. Die dadurch verursachte maximale Dosis in der Umgebung des KfK (Zaundosis) wurde abgeschätzt. Der kritische Belastungspfad ist die Inhalation; die kritischen Organe sind der Magen-Darmtrakt und die Lunge. Es wird mit den Inhalationsdosisfaktoren nach dem neuen Lungenmodell (s. KfK 2620), soweit sie bekannt sind, sonst mit denjenigen nach dem alten Lungenmodell (ICRP Publ. 2, (1959))gerechnet, s. Tab. 7/20.

Die Auswertung der meteorologischen Meßwerte während der Emission ergab eine Stabilitätskategorie zwischen F und E, eine östliche Windrichtung und eine mittlere Windgeschwindigkeit von $\bar{u} = 1$ m/s für die Meßhöhe 20 m. Da es sich um eine Dachemission handelt, wird mit einer Emissionshöhe von $h = 7,25$ m gerechnet, die der Hälfte der Gebäudehöhe entspricht. Diese Annahme ist konservativ, weil der Einfluß der Gebäude auf den Ausbreitungsfaktor in der Entfernung $x = 500$ m (Entfernung IRCh - Westzaun) gering ist. Die errechneten Ganzkörper- und Organdosen zeigt ebenfalls Tab. 7/20.

Organ	Dosis in μ rem	Inhalations-Dosisfaktor in $\frac{\text{rem m}^3}{\text{Ci s}}$	
		neues Lungenmodell	altes Lungenmodell
Knochen	0,03	0,02	-
Leber	1,0	-	0,78
Ganzkörper	0,21	-	0,16
Nieren	2,1	-	1,6
Lunge	4,8	3,68	2,3
Magen-Darmtrakt	6,3	4,83	6,9
Knochenmark	0,04	0,03	-
Schilddrüse	0,04	0,03	-

Tab. 7/20: Ganzkörper- und Organdosen und Dosisfaktoren

7.9 Strahlenbelastung in der Umgebung der Universität Mainz durch den Betrieb des Reaktors TRIGA MARK II

D. Papadopoulos

Im Rahmen des Genehmigungsverfahrens für den TRIGA MARK II Reaktor der Johannes Gutenberg-Universität Mainz und aufgrund der genehmigten Grenzwerte der mit der Abluft in die Atmosphäre abgeleiteten Aktivität wurden die zu erwartenden Ortsdosen für drei angenommene Emissionshöhen berechnet. Die Ergebnisse für den Hauptsektor der Ausbreitung (60°) wurden in Form von Diagrammen angegeben. Da das Reaktorgebäude nicht eingezäunt ist, muß ein dauernder Aufenthalt von Personen außerhalb des Gebäudes als möglich angesehen werden. Die berechneten maximal zu erwartenden Dosen zeigt Tab. 7/21. Daraus geht hervor, daß die Emissionshöhe mindestens 20 m betragen muß, um den zulässigen Grenzwert der Ganzkörperdosis von 30 mrem deutlich zu unterschreiten.

Emissionshöhe	10 m	20 m	30 m
Ganzkörperdosis durch Gamma-Submersion	1,2 mrem/a	0,8 mrem/a	0,4 mrem/a
Ganzkörperdosis durch Inhalation	6,0 "	2,2 "	1,3 "
Ganzkörperdosis durch Ingestion	54 "	21 "	12 "

Tab. 7/21: Dosismaxima in der Umgebung des Reaktors TRIGA MARK II

8. Bibliographie, Beratertätigkeit

8.1 Veröffentlichungen 1979

- [1] Bayer, A.; Aldrich, D.; Burkart, K.; Horsch, F.; Hübschmann, W.; Schückler, M.; Vogt, S.
The consequence model of the German reactor safety study.
American Nuclear Society. Transactions, 31 (1979) S. 347-49
- [2] Bayer, A.; Aldrich, D.; Burkart, K.; Horsch, F.; Hübschmann, W.; Schückler, M.; Vogt, S.
The consequence model of the German reactor safety study.
American Nuclear Society. Transactions, 32 (1979) S. 478-479
- [3] Becker, M.; Dilger, H.
10-Jahresstatistik der Windrichtungs- und Windgeschwindigkeitsmessungen am Kernforschungszentrum
Karlsruhe.
KfK-2823 (Juni 1979)
- [4] Becker, M.; Hiller, J.; Hübschmann, W.; Nester, K.; Schüttelkopf, H.; Thomas, P.; Vater, S.; Vogt, S.
Untersuchung zum Ausbreitungsverhalten nuklearer Schadstoffe im Nah- und Fernbereich.
In: Projekt Nukleare Sicherheit. Halbjahresbericht 1978/2. KfK-2750 (Oktober 1979) S. 4800/13-4800/32
- [5] Bork, G.; Brückner, Chr.; Hagenberg, W.
Abschätzung der Ungenauigkeit einer Kernmaterialbilanz in einer Mischoxid-Fabrikationsanlage.
Safeguards and Nuclear Material Management. European Safeguards Research and Development Association
(ESARDA), 1. Symp., Brussels, Belgium, April 25-27, 1979. Proceedings, ESARDA 10. S. 456-61
- [6] Brückner, Chr.; Stein, G.
Die Anwendung von Einschließungs- und Beobachtungsmaßnahmen.
Sicherheitsüberwachung und Nichtverbreitung. Internationale Informationstagung, Mainz, 22.-23. Jan. 1979.
Bonn: Deutsches Atomforum 1979. S. 273-83
- [7] Brückner, Chr.; Büker, H.; Buttler, R.; Gupta, D.
Sicherheitsüberwachung in Großforschungszentren der Bundesrepublik Deutschland.
Sicherheitsüberwachung und Nichtverbreitung. Internationale Informationstagung, Mainz, 22.-23. Jan. 1979.
Bonn: Deutsches Atomforum 1979. S. 121-33
- [8] Brückner, Chr.; Pfeffer, K.H.
Ein Kamerasystem zum Einsatz bei der Kernmaterialüberwachung in kerntechnischen Anlagen.
Safeguards and Nuclear Material Management. European Safeguards Research and Development Association
(ESARDA), 1. Symp., Brussels, Belgium, April 25-27, 1979. Proceedings, ESARDA 10. S. 109-14
- [9] Brückner, Chr.; Jourdan, G.; Mönnich, E.; Scheuerpflug, W.; Sellinschegg, D.; Voss, F.
International safeguards in the large inventory fast critical assembly SNEAK.
Safeguards and Nuclear Material Management. European Safeguards Research and Development Association
(ESARDA), 1. Symp., Brussels, Belgium, April 25-27, 1979. Proceedings, ESARDA 10. S. 67-71
- [10] Brückner, Chr.
Zur Verifikation des Kernmaterialbestandes an Siemens-Unterrichts-Reaktoren mit Hilfe des Nachweises der
Kritikalität.
Safeguards and Nuclear Material Management. European Safeguards Research and Development Association
(ESARDA), 1. Symp., Brussels, Belgium, April 25-27, 1979. Proceedings, ESARDA 10. S. 281-83

- [11] Brückner, Chr.
Die Kernmaterialüberwachung in der Bundesrepublik Deutschland durch die Kommission der Europäischen Gemeinschaften (Euratom) und die Internationale Atomenergie-Organisation (IAEO).
Atom und Strom, 25 (1979) S. 106-14
- [12] Brückner, Chr.
Die Kernmaterialüberwachung in der Bundesrepublik Deutschland durch die Kommission der Europäischen Gemeinschaften (Euratom) und die Internationale Atomenergie-Organisation (IAEO).
Kernthemen. Bonn: Deutsches Atomforum 1979. 7 S.
- [13] Burgkhardt, B.; Heinzelmann, M.; Piesch, E.; Viragh, E.
Statistical errors of dose estimation in personnel neutron monitoring with albedo dosimeters.
Nuclear Instruments and Methods, 160 (1979) S. 533-40
- [14] Burgkhardt, B.; Moos, W.; Piesch, E.
Ergebnisse einer Umfrage über Erfahrungen mit Thermolumineszenz- und Phosphatglas-Auswertegeräten.
In: Piesch, E.; Regulla, D.F. (Hrsg.): Tendenzen in der Personen- und Umgebungsdosimetrie. Beitrag des Arbeitskreises "Dosismessung externer Strahlung", GSF, Neuherberg 1978. Fachverband für Strahlenschutz e.V. FS-79-19-AKD (März 1979) S. 17-36
- [15] Burgkhardt, B.; Noellmann, C.
Zur Kalibrierung von TLD-Readern mit Eichlichtquellen.
In: Piesch, E.; Regulla, D.F. (Hrsg.): Tendenzen in der Personen- und Umgebungsdosimetrie. Beitrag des Arbeitskreises "Dosismessung externer Strahlung", GSF, Neuherberg 1978. Fachverband für Strahlenschutz e.V. FS-79-19-AKD (März 1979) S. 41-42
- [16] Burgkhardt, B.; Piesch, E.
Dosimetrische Eigenschaften von Moderatorotyp-Neutronendetektoren.
In: Piesch, E.; Regulla, D.F. (Hrsg.): Tendenzen in der Personen- und Umgebungsdosimetrie. Beitrag des Arbeitskreises "Dosismessung externer Strahlung", GSF, Neuherberg 1978. Fachverband für Strahlenschutz e.V. FS-79-19-AKD (März 1979) S. 43-47
- [17] Burgkhardt, B.; Krauss, O.; Piesch, E.
Neutronendosismessungen im Streustrahlungsfeld der Kompakt-Zyklotron-Neutronentherapieanlage im Deutschen Krebsforschungszentrum in Heidelberg.
Reich, Herbert (Hrsg.): Medizinische Physik 1979. 10. wissenschaftliche Tagung der Deutschen Gesellschaft für Medizinische Physik, Braunschweig, 16.-18. Mai 1979. Heidelberg: Hüthig 1979. S. 61-66
- [18] Burgkhardt, B.; Piesch, E.; Schmid, S.
Messung der Neutronenstörstrahlung im Strahlenfeld des medizinischen Linearbeschleunigers Mevatron 20.
Reich, Herbert (Hrsg.): Medizinische Physik 1979. 10. wissenschaftliche Tagung der Deutschen Gesellschaft für Medizinische Physik, Braunschweig, 16.-18. Mai 1979. Heidelberg: Hüthig 1979. S. 67-71
- [19] Dilger, H.; Koelzer, W.
Occupational radiation exposure at the waste handling facility of the Karlsruhe Nuclear Research Center.
Occupational Radiation Exposure in Nuclear Fuel Cycle Facilities, International Symposium, Los Angeles, USA, June 18-22, 1979. IAEA-SM-242
- [20] Doerfel, H.
Eine Modelltheorie, ihre experimentelle Überprüfung sowie die dosimetrische Anwendung der thermisch stimulierten Exoelektronenemission.
Dissertation, Universität Karlsruhe 1979.
KfK-2848 (September 1979)

- [21] Drosselmeyer, E.
Grenzwertsetzung für chemische Schadstoffe. Wie kommt man zu einer Grenzwertsetzung für die Einwirkung chemischer Schadstoffe auf den Menschen, und wie stellt sich diese im Vergleich zu den Grenzwertsetzungen der Strahlenschutzverordnung dar?
KfK-2804 (Mai 1979)
- [22] Egler, W.; Nester, K.
Dreidimensionale Kühlturmmodelle KASTELL und WALKÖRE.
Abwärme-Workshop, Kernforschungszentrum Karlsruhe, 6.-7. November 1979
- [23] Hassib, G.M.; Piesch, E.; Massera, G.E.
A wide energy range neutron dosimeter using electrochemical track etch detectors.
Solid State Nuclear Track Detectors, 10. International Conference, Lyon, July 2-7, 1979
- [24] Hassib, G.M.; Piesch, E.; Massera, G.E.
Electrochemical etching of alpha particles in polycarbonates and applications.
Solid State Nuclear Track Detectors, 10. International Conference, Lyon, July 2-7, 1979
- [25] Hassib, G.M.
A pre-electrochemical etching treatment to improve neutron recoil track detection.
Nuclear Tracks, 3 (1979) S. 45-52
- [26] Hübschmann, W.; Kiefer, H.; König, L.A.
Concerning the 30 mrem concept criticisms and alternatives.
ESIS Newsletter, (European Shielding Information Service) Nr. 28 (1979) S. 3-5
- [27] Hübschmann, W.
ISOLA III - A step toward realistic environmental dose assessment.
Nuclear Power-Option for the World, European Nuclear Conf., Hamburg, May 6-11, 1979, American Nuclear Society. Transactions, 31 (1979) S. 445-49
- [28] Hübschmann, W.
Hypothetische Unfälle in Kernkraftwerken und mögliche Gegenmaßnahmen zum Schutze der Bevölkerung.
Arbeitskreis des Wissenschaftlichen Beirats der Bundesärztekammer, Genf, 5.-6. Juni 1979
- [29] Hübschmann, W.; Nester, K.; Thomas, P.
Diffusion of atmospheric pollutants being emitted from tall stacks.
Air Pollution Modelling and its Application, 10. International Technical Meeting, Rome, October 23-26, 1979
- [30] Kiefer, H.
Inkorporationsmessungen mit Ganz- und Teilkörperzählern.
GSF-Bericht K 85
- [31] Kiefer, H.; Koelzer, W.; (Hrsg.); Antoni, A.; Baumgärtner, A.; Beck, G.; Becker, M.; Beier, D.; Berger, H.-U.; Brückner, Chr.; Bull, B.; Burgkhardt, B.; Dilger, H.; Doerfel, H.; Drosselmeyer, E.; Fessler, H.; Hagert, W.; Hassib, G.M.; Hauth, W.; Hiller, J.; Hofmann, I.; Honcu, S.; Hübschmann, W.; Junker, H.; Kiefer, H.; Koelzer, W.; König, L.A.; König, W.; Knüppel, H.; Langguth, K.G.; Lee, B.K.; Letsch, A.; Lohoff, U.; Merschroth, F.; Nagel, D.; Nester, K.; Noellmann, C.; Paltian, F.; Papadopoulos, D.; Piesch, E.; Pimpl, M.; Reddmann, M.; Reiss, J.; Reuble, W.; Rinn, S.; Roeber, H.G.; Roock, H.; Schäfer, F.; Schleicher, E.; Schmitt, A.; Schüler, H.; Schüttelkopf, H.; Schütten, R.; Söldner, F.; Stäblein, G.; Stock, W.; Thomas, P.; Urban, M.; Vater, S.; Vogt, S.; Windbühl, E.; Winter, M.; (Mitarb.)
Jahresbericht 1978 der Abteilung Sicherheit.
KfK-2775 (April 1979)

- [32] Kiefer, H.
Meßverfahren zur Umgebungsüberwachung.
Sommerschule für Strahlenschutz, Berlin, 6. Juli 1979
- [33] Koelzer, W.
The German mobile intervention facility for nuclear accidents.
Atta, M.A. (Hrsg.): Proc. of the German-Pakistan Seminar on Nuclear Safety and Radiation Protection, Islamabad, April 10-13, 1978. Islamabad, Pakistan: Pakistan Atomic Energy Commission 1979. S. 166-88
- [34] Koelzer, W.
Action levels for nuclear accident cases and emergency planning in the Federal Republic of Germany.
Atta, M.A. (Hrsg.): Proc. of the German-Pakistan Seminar on Nuclear Safety and Radiation Protection, Islamabad, April 10-13, 1978. Islamabad, Pakistan: Pakistan Atomic Energy Commission 1979. S. 148-65
- [35] Koelzer, W.; Piesch, E.
Personnel dosimetry and dose estimations.
Atta, M.A. (Hrsg.): Proc. of the German-Pakistan Seminar on Nuclear Safety and Radiation Protection, Islamabad, April 10-13, 1978. Islamabad, Pakistan: Pakistan Atomic Energy Commission 1979. S. 123-47
- [36] Koelzer, W.
Maximum permissible radiation exposure and discharge limits for normal operation of nuclear power plants in the Federal Republic of Germany.
Atta, M.A. (Hrsg.): Proc. of the German-Pakistan Seminar on Nuclear Safety and Radiation Protection, Islamabad, April 10-13, 1978. Islamabad, Pakistan: Pakistan Atomic Energy Commission 1979. S. 88-122
- [37] Koelzer, W.; Tachlinski, W.; Winter, M.
Environmental monitoring program at the Karlsruhe Nuclear Research Center.
Atta, M.A. (Hrsg.): Proc. of the German-Pakistan Seminar on Nuclear Safety and Radiation Protection, Islamabad, April 10-13, 1978. Islamabad, Pakistan: Pakistan Atomic Energy Commission 1979. S. 189-204
- [38] Koelzer, W.
Auswirkungen radioaktiver Emissionen von Kernkraftwerken und Wiederaufarbeitungsanlagen auf die Umgebung.
Bonn 1979. 8. S. Kernthemen. Hrsg.: Deutsches Atomforum.
- [39] Koelzer, W.
Radiation exposure to the staff of the Karlsruhe Nuclear Research Center - a ten years review.
Occupational Radiation Exposure in Nuclear Fuel Cycle Facilities, International Symposium, Los Angeles, USA, June 18-22, 1979. IAEA-SM-242
- [40] Koelzer, W.; Piesch, E.
Recommendations and tendencies on personnel and environmental monitoring in the Federal Republic of Germany.
Yugoslave Radiation Protection Symposium, Arandjelovac, May 29 - June 1, 1979
- [41] Koelzer, W.; Thomas, P.
Die Belastung des Menschen durch ionisierende Strahlung.
In: Kernforschungszentrum Karlsruhe. Sicherheit und Strahlenschutz. Karlsruhe (1979) S. 2-10
Informationsveranstaltung über Fragen der Kernenergie, Kernforschungszentrum Karlsruhe, Juni 1979
- [42] Koelzer, W.
Die Strahlenschutzverordnung - Wichtige Auflagen für das Kernforschungszentrum Karlsruhe.
In: Kernforschungszentrum Karlsruhe. Sicherheit und Strahlenschutz, Karlsruhe (1979) S. 27-30
Informationsveranstaltung über Fragen der Kernenergie, Kernforschungszentrum Karlsruhe, Juni 1979

- [43] Koelzer, W.
Incidents and accidents in nuclear facilities, emergency plans.
Radiation Protection Course for Safeguards Inspectors, Ispra, Italy, September 10-14, 1979
RPS/79-20
- [44] Koelzer, W.
Radioaktivität in der Biosphäre.
Bericht über die Fachtagung Radioökologie des Deutschen Atomforums am 2./3.10.1979 in Bonn.
Atomwirtschaft-Atomtechnik, 24 (1979) S. 614
- [45] König, L.A.
Überwachung der Emissionen des Kernforschungszentrums Karlsruhe.
Proc.: FACHGESPRÄCH: Überwachung der Umweltradioaktivität - Praktische Probleme bei der Durchführung der Umgebungsüberwachung -. Karlsruhe, 3.-5. April 1979. Hrsg. vom Bundesminister des Innern, Bonn (November 1979) S. 34-46
- [46] König, L.A.
Wachsende Aufgaben der Radioökologie.
Bericht über das 2. Internationale Symposium über Radioökologie vom 19.-22.6.1979 in Cadarache.
Atomwirtschaft-Atomtechnik, 24 (1979) S. 499
- [47] König, L.A.
Tritiumfreisetzung bei der Anwendung in Leuchtfarben und Tritiumgas-Lichtquellen.
Strahlenschutzprobleme im Zusammenhang mit der Verwendung von Tritium und Kohlenstoff-14 und ihren Verbindungen, Symposium, Berlin, 14.-16. November 1979
- [48] König, L.A.
Produktion und Freisetzung von Tritium und C-14 im Kernforschungszentrum Karlsruhe.
Strahlenschutzprobleme im Zusammenhang mit der Verwendung von Tritium und Kohlenstoff-14 und ihren Verbindungen, Symposium, Berlin, 14.-16. November 1979
- [49] Kringinger, H.; Brückner, Chr.; Quandt, U.; Ruppert, E.; Tschampel, H.; Hulst, P. van der
Status of the safeguards system developed for the LMFBR prototype power plant SNR-300 (KKW Kalkar).
Nuclear Safeguards Technology 1978. Proc. of a Symp. on Nuclear Material Safeguards, IAEA, Wien,
2.-6. Oktober 1978. Vienna: IAEA 1979. Vol. I, S. 483-507
- [50] Nester, K.
Application of the WALKÖRE model to the superposition of two cooling tower plumes.
Cooling Tower Problems. Seminar, Chatou, France, November 13-14, 1978
- [51] Nester, K.; Thomas, P.
Im Kernforschungszentrum Karlsruhe experimentell ermittelte Ausbreitungsparameter für Emissionshöhen bis 195 m.
Staub - Reinhaltung der Luft, 39 (1979) S. 291-95
- [52] Nester, K.
Simulation von Kühlturmflüssen.
Vorhabensbericht Nr. 13: "Meteorologisches Simulationsmodell Oberrheingebiet". Aldenhoven/Jülich:
Bonnenberg und Drescher 1979. 35 S., 93 Abb., 1 Tab.
- [53] Noellmann, C.; Burgkhardt, B.; Piesch, E.
Parameters affecting the overall calibration accuracy in TLD 700 thermoluminescence dosimetry.
Nuclear Instruments and Methods, 161 (1979) S. 449-58

- [54] Piesch, E.; Burgkhardt, B.; Sayed, A.M.
Activation and damage effects in TLD 600 after neutron irradiation.
Nuclear Instruments and Methods, 157 (1978) S. 179-184
- [55] Piesch, E.
Anforderungen an Festkörperdosimeter zur Messung der integralen Gammadosis in der Umgebungsüberwachung.
Proc.: FACHGESPRÄCH: Überwachung der Umweltradioaktivität - Praktische Probleme bei der Durchführung der Umgebungsüberwachung -. Karlsruhe, 3.-5. April 1979. Hrsg. vom Bundesminister des Innern, Bonn (November 1979) S. 84-96
- [56] Piesch, E.; Regulla, D.F. (Hrsg.)
Tendenzen in der Personen- und Umgebungsdosimetrie.
Beitrag des Arbeitskreises "Dosismessung externer Strahlung", GSF, Neuherberg 1978. Fachverband für Strahlenschutz e.V. FS-79-19-AKD (März 1979)
- [57] Piesch, E.; Burgkhardt, B.
Energieabhängigkeit von Neutronen-Personendosimetern.
In: Piesch, E.; Regulla, D.F. (Hrsg.): Tendenzen in der Personen- und Umgebungsdosimetrie. Beitrag des Arbeitskreises "Dosismessung externer Strahlung", GSF, Neuherberg 1978. Fachverband für Strahlenschutz e.V. FS-79-19-AKD (März 1979) S. 52-57
- [58] Piesch, E.
Entwicklungsstand der ALBEDO-Neutronendosimetrie.
In: Piesch, E.; Regulla, D.F. (Hrsg.): Tendenzen in der Personen- und Umgebungsdosimetrie. Beitrag des Arbeitskreises "Dosismessung externer Strahlung", GSF, Neuherberg 1978. Fachverband für Strahlenschutz e.V. FS-79-19-AKD (März 1979) S. 58-61
- [59] Piesch, E.; Burgkhardt, B.
Ergebnisse einer Routineüberwachung mit ALBEDO-Dosimetern.
In: Piesch, E.; Regulla, D.F. (Hrsg.): Tendenzen in der Personen- und Umgebungsdosimetrie. Beitrag des Arbeitskreises "Dosismessung externer Strahlung", GSF, Neuherberg 1978. Fachverband für Strahlenschutz e.V. FS-79-19-AKD (März 1979) S. 62-63
- [60] Piesch, E.; Hassib, G.M.
Verbesserungen der elektrochemischen Ätzmethode zur Neutronendosimetrie.
In: Piesch, E.; Regulla, D.F. (Hrsg.): Tendenzen in der Personen- und Umgebungsdosimetrie. Beitrag des Arbeitskreises "Dosismessung externer Strahlung", GSF, Neuherberg 1978. Fachverband für Strahlenschutz e.V. FS-79-19-AKD (März 1979) S. 64-67
- [61] Piesch, E.; Burgkhardt, B.; Hofmann, I.
Calibration of neutron detectors in radiation protection. A report on the Karlsruhe results of the European neutron dosimetry intercomparison program 1977/78.
KfK-2847 (September 1979)
- [62] Pimpl, M.; Schüttelkopf, H.
Transport von Plutonium, Americium und Curium aus Böden in Pflanzen durch Wurzel Aufnahme.
KfK-2891 (November 1979)
- [63] Pimpl, M.; Schüttelkopf, H.; Afsar, M.
Die Plutonium-Kontamination des Altrheins: Die Kontamination der Sedimente.
KfK-2892 (November 1979)

- [64] Schüttelekopf, H.
Die Auswirkungen der Jod-129-, Krypton-85- und Tritium-Emissionen aus einer großen Wiederaufarbeitungsanlage auf die Umgebungsbevölkerung.
2. Seminar über Chemie der Nuklearen Entsorgung der Gesellschaft Deutscher Chemiker und dem Verein Österreichischer Chemiker, Kaprun, 19.-23. März 1979
- [65] Schüttelekopf, H.; Kiefer, H.
Die Dosisbelastung der Umgebungsbevölkerung durch natürliches und aus einer Uranuntersuchungsgrube emittiertes Ra-226. Radioökologische Untersuchungen im Feldberggebiet.
KfK-2866 (September 1979)
- [66] Schüttelekopf, H.
Verhalten langlebiger Radionuklide in der Biosphäre.
Fachtagung über Radioökologie, Deutsches Atomforum e.V., Bonn, 2.-3. Oktober 1979
- [67] Schüttelekopf, H.
Untersuchungen zur Radioökologie des ¹²⁹J.
In: Projekt Nukleare Sicherheit. Halbjahresbericht 1978/2. KfK-2750 (Oktober 1979) S. 4800/1 - 4800/12
- [68] Stäblein G.
Das Kernforschungszentrum Karlsruhe - Eine Bilanz der Sicherheit.
In: Kernforschungszentrum Karlsruhe. Sicherheit und Strahlenschutz, Karlsruhe (1979) S. 23-26
Informationsveranstaltung über Fragen der Kernenergie, Kernforschungszentrum Karlsruhe, Juni 1979
- [69] Thomas, P.
An on-line meteorological information system for response to accidental releases of radioactivity into the atmosphere.
ENS/ANS International Topical Meeting on Nuclear Power Reactor Safety, Brussels, October 16-19, 1978.
Proceedings. Brussels: ENS/ANS 1978. Vol. I, S. 390-404
- [70] Thomas, P.
Strahlenschutz bei beruflich strahlenexponierten Personen.
Technologische, wirtschaftliche und gesellschaftliche Bedeutung der Entsorgung von abgebrannten Kernbrennstoffen, Fachtagung, DGB, Hannover, 30. November - 2. Dezember 1978
- [71] Thomas, P.
Ausbreitung nuklearer Schadstoffe in der Atmosphäre.
2. Seminar über Chemie der nuklearen Entsorgung der Gesellschaft Deutscher Chemiker und dem Verein Österreichischer Chemiker, Kaprun, 19.-23. März 1979
- [72] Thomas, P.; Hübschmann, W.; Rietzsche, K.
Ein meteorologisches Informationssystem als Entscheidungshilfe bei störfallbedingter Strahlenbelastung der Umgebung.
Proc.: FACHGESPRÄCH: Überwachung der Umweltradioaktivität - Praktische Probleme bei der Durchführung der Umgebungsüberwachung -. Karlsruhe, 3.-5. April 1979. Hrsg. vom Bundesminister des Innern, Bonn (November 1979) S. 346-55
- [73] Thomas, P.
Atmospheric tracer experiments and tetroon flights performed at the Karlsruhe Nuclear Research Center.
European Economic Commission Campaign on Remote Sensing of Atmospheric Pollution, Turbigo, Italy, September 13, 1979

- [74] Thomas, P.; Papadopoulos, D.
Radioaktive Emissionen des Kernforschungszentrums. Strahlenbelastung in der Umgebung.
In: Kernforschungszentrum Karlsruhe. Sicherheit und Strahlenschutz. Karlsruhe (1979) S. 11-17
Informationsveranstaltung über Fragen der Kernenergie, Kernforschungszentrum Karlsruhe, Juni 1979
- [75] Thomas, P.
Atmosphärische Ausbreitungsexperimente am Kernforschungszentrum Karlsruhe.
Geophysikalisches Kolloquium, Universität Hamburg, 18. Oktober 1979
- [76] Thomas, P.; Nester, K.
Vergleich und Zusammenfassung der in Jülich und Karlsruhe ermittelten Ausbreitungsparameter.
In: Fortschritt - Berichte der VDI-Zeitschriften, Reihe: Umwelttechnik, Nr. 14. Düsseldorf: VDI-Verlag
1979. S. 81-107
- [77] Vogt, S.; Hübschmann, W.
Influence of meteorologic parameters on the consequences of accidental activity releases from nuclear
power plants.
ENS/ANS International Topical Meeting on Nuclear Power Reactor Safety, Brussels, October 16-19, 1978.
Proceedings. Brussels: ENS/ANS 1978. Vol. I, S. 759-70
- [78] Vogt, S.
Das Modell der atmosphärischen Ausbreitung nuklearer Schadstoffe nach unfallbedingter Freisetzung.
Meteorologisches Institut, Universität Karlsruhe, 18. Juni 1979
- [79] Vogt, S.
Radarverfolgte Tetroonflüge zur Untersuchung der atmosphärischen Ausbreitung von Schadstoffen - Be-
schreibung und erste Ergebnisse.
Amt für Wehrgeophysik, Seminar, Traben-Trarbach, 13. Dezember 1978
- [80] Winter, M.
Programm und Ergebnisse der Immissionsüberwachung des Kernforschungszentrums Karlsruhe.
Proc.: FACHGESPRÄCH: Überwachung der Umweltradioaktivität - Praktische Probleme bei der Durchführung der
Umgebungsüberwachung -. Karlsruhe, 3.-5. April 1979. Hrsg. vom Bundesminister des Innern, Bonn (November
1979) S. 255-71
- [81] Winter, M.
Wie werden das Kernforschungszentrum Karlsruhe und seine Umgebung überwacht?
In: Kernforschungszentrum Karlsruhe. Sicherheit und Strahlenschutz. Karlsruhe (1979) S. 18-22
Informationsveranstaltung über Fragen der Kernenergie, Kernforschungszentrum Karlsruhe, Juni 1979
- [82] Winter, M.; Tachlinski, W.
Überwachung der Umweltradioaktivität am Kernforschungszentrum Karlsruhe im Jahre 1978.
KfK-2897B (Dezember 1979)
- [83] Piesch, E.; Burgkhardt, B.
Festkörperdosimetersysteme zur Messung der Gammadosis in der Umgebung.
KfK-Nachrichten, 11 (1979) No. 4, S. 38

8.2 Primärberichte, unveröffentlicht

Folgende Primärberichte enthalten unveröffentlichte Informationen von vorläufigem und betriebsinternem Charakter. Eine Zurverfügungstellung der Berichte ist nach entsprechender einzelvertraglicher Vereinbarung über die Nutzung des darin enthaltenen know how (know-how-Vertrag) möglich. Entsprechende Anfragen sind an die Stabsabteilung Patente und Lizenzen des KfK zu richten.

M. Becker, J. Hiller, H. Schüttelkopf, P. Thomas, S. Vogt

Untersuchung der atmosphärischen Ausbreitung nuklearer Schadstoffe, 06.03.02P01A

M. Becker, W. Hübschmann, K. Nester, P. Thomas, S. Vogt, J. Hiller, H. Schüttelkopf

Theoretische und experimentelle Untersuchung der atmosphärischen Ausbreitung radioaktiver Gase im lokalen Bereich (bis 15 km Entfernung) bei Emissionshöhen \leq 100 m, 06.03.02P01B

M. Becker, W. Hübschmann, K. Nester, P. Thomas, S. Vogt, J. Hiller, H. Schüttelkopf

Untersuchung der atmosphärischen Ausbreitung radioaktiver Stoffe im lokalen Bereich (bis 15 km Entfernung) bei Emissionshöhen $>$ 100 m, 06.03.02P03C

Chr. Brückner

Zur Verifikation des Kernmaterialbestandes an Siemens-Unterrichts-Reaktoren mit Hilfe des Nachweises der Kritikalität, 07.01.03P07B

B. Burgkhardt, O. Krauss, E. Piesch

Neutronendosismessungen im Streustrahlungsfeld der Kompakt-Zyklotron-Neutronentherapieanlage im DKFZ in Heidelberg, 10.02.10P28B

B. Burgkhardt, E. Piesch, S. Schmid

Messung der Neutronenstörstrahlung im Strahlenfeld des medizinischen Linearbeschleunigers MEVATRON 20, 10.02.10P28C

G.M. Hassib, S.A. Kasim, E. Piesch

Neutron energy dependence of different track etch detectors, 10.02.10P28A

G.M. Hassib, E. Piesch, G.E. Massera

A wide energy range neutron dosimeter using electrochemical track etch detectors, 10.02.10P28D

G.M. Hassib, E. Piesch, G.E. Massera

Electrochemical etching of alpha particles in polycarbonates and applications, 10.02.10P28E

W. Hübschmann

Tagungsbericht über NATO/CCMS air pollution pilot study, 06.03.02P05D

W. Hübschmann, P. Thomas, S. Vogt

Untersuchung der atmosphärischen Ausbreitung radioaktiver Stoffe im regionalen Bereich (über 15 km Entfernung), 06.03.02P02C

H. Knüppel

Programmbeschreibung der Datei GRAFIK, 06.03.03P03C

H. Knüppel, S. Vogt

Programmbeschreibung: DOWIPL - Programm zum Berechnen von Dosiswerten aus Konzentrationen sowie zur Aufbereitung der Daten zum Plotten zwei- und dreidimensionaler Dosisverläufe, 06.03.03P03B

K.H. Pfeffer, Chr. Brückner

Ein Kamerasystem zum Einsatz bei der Kernmaterialüberwachung, 07.01.03P07A

M. Pimpl, H. Schüttelkopf, G. Hefner

Verwendung eines Glasszintillators zur Messung alpha-aktiver Stoffe in stark saurer Lösung, 06.03.01P04A

E. Piesch

Anwendung von Festkörperdosimetern in der Neutronendosimetrie, 10.02.10P28F

E. Piesch

Neutronendosimetrie mit Kernspurfilmern, 10.02.10P28G

E. Piesch, W. Schneider

Neutronendosimetrie mit Aktivierungsdetektoren, 10.02.10P28H

E. Piesch

Neutronendosimetrie mit nichtphotographischen Kernspurdetektoren, 10.02.10P28I

E. Piesch, B. Burgkhardt

European intercomparison programme of integrating dosimeter systems for environmental monitoring, 10.02.10P28J

E. Piesch

Dosimetrische Verfahren zur integralen Messung niedriger und hoher Strahlendosen, 10.02.10P28K

P. Thomas

Auswertung eines von EURATOM/ISPRA durchgeführten Ausbreitungsexperimentes, 06.03.02P05E

P. Thomas

Experimentelle Bestimmung der atmosphärischen Ausbreitungsparameter bei 100 m Emissionshöhe, 06.03.02P05C

P. Thomas, M. Becker, J. Hiller, H. Schüttelkopf, S. Vogt

Experimentelle Bestimmung der atmosphärischen Ausbreitungsparameter. Versuch Nr. 57 vom 27.4.1978, 06.03.02P05G

P. Thomas, H. Dilger, J. Hiller, H. Schüttelkopf, S. Vogt

Experimentelle Bestimmung der atmosphärischen Ausbreitungsparameter. Versuch Nr. 51 vom 16.8.1977, 06.03.02P01C

P. Thomas, H. Dilger, J. Hiller, H. Schüttelkopf, S. Vogt

Experimentelle Bestimmung der atmosphärischen Ausbreitungsparameter. Versuch Nr. 53 vom 26.10.1977, 06.03.02P03B

P. Thomas, J. Hiller, H. Schüttelkopf, S. Vogt

Experimentelle Bestimmung der atmosphärischen Ausbreitungsparameter. Versuch Nr. 54 vom 13.12.1977, 06.03.02P02D

P. Thomas, S. Vogt

Untersuchung der atmosphärischen Ausbreitung mit radarverfolgten Tetroons, 06.03.02P04A

S. Vogt

Vierparametrische Ausbreitungsstatistik, 06.03.02P05A

S. Vogt

Andauer von Ausbreitungskategorien, 06.03.02P05B

8.3 Beratertätigkeit

"Notfallschutz in der Umgebung kerntechnischer Anlagen", Ausschuß bei der Strahlenschutzkommission, BMI

"Radioökologie", Ausschuß bei der Strahlenschutzkommission, BMI

"Strahlenschutztechnik", Ausschuß bei der Strahlenschutzkommission, BMI

"Radioaktive Mineralien", ad hoc-Arbeitsgruppe des Ausschusses Strahlenschutztechnik bei der SSK, BMI

"Radon in Wohnräumen", ad hoc-Arbeitsgruppe des Ausschusses Strahlenschutztechnik bei der SSK, BMI

"Strahlenschutz beim Umgang mit radioaktiven Abfällen" ad hoc-Arbeitsgruppe des Ausschusses Strahlenschutztechnik bei der SSK, BMI

"Beratergruppe der Katastrophenschutzleitung bei kerntechnischen Unfällen", BMI

"Arbeitskreis Transferfaktoren", BMI

"Geräte für den Notfall und zur Störfallbeseitigung", Sachverständigenkreis des BMFT

"Strahlenschutz im Uranerz- und anderem Bergbau", Arbeitskreis des Ministeriums für Wirtschaft, Mittelstand und Verkehr Baden-Württemberg

"Beirat des Normenausschusses Kerntechnik", Deutsches Institut für Normung, DIN

"Brennelementidentifizierung", Normenausschuß Kerntechnik des DIN

"Kritikalitätssicherheit", Normenausschuß Kerntechnik des DIN

"Kommunikative Grundlagen", Normenausschuß Kerntechnik des DIN

"Oberflächendekontaminationsverfahren", Normenausschuß Kerntechnik des DIN

"Radioaktivitätsüberwachung der Luft", Normenausschuß Kerntechnik des DIN

"Sicherheitsanforderungen an die Aufbewahrung radioaktiver Stoffe", Normenausschuß Kerntechnik des DIN

"Umschlossene Strahler", Normenausschuß Kerntechnik des DIN

"Dosimetrie/Neutronendosimetrie", Normenausschuß Radiologie des DIN

"Sicherheitsmaßnahmen an Maschinen", Fachnormenausschuß Maschinenbau

"Messung von Ortsdosisleistungen in Sperrbereichen von Kernkraftwerken", KTA 1506

"Meteorologische Instrumentierung von Kernkraftwerken", KTA 1508

"Messen meteorologischer Daten", Ausschuß der VDI-Kommission "Reinhaltung der Luft"

"Kühlturbetrieb", Ausschuß der VDI-Kommission "Reinhaltung der Luft"

"Kühlturmmissionen", Arbeitsgruppe des VDI

"Praktische Anwendung der Ausbreitungsrechnung", VDI-Ausschuß

"Ausbreitungsmodelle", Arbeitsgruppe des VDI-Ausschusses "Ausbreitungsrechnung"

"Arbeitsplatzüberwachung", Arbeitskreis des Fachverbandes für Strahlenschutz

"Ausbildung", Arbeitskreis des Fachverbandes für Strahlenschutz

"Dosismessung externer Strahlung", Arbeitskreis des Fachverbandes für Strahlenschutz

"Inkorporationsüberwachung", Arbeitskreis des Fachverbandes für Strahlenschutz

"Strahlenschutz an Leistungs- und Forschungsreaktoren", Arbeitskreis des Fachverbandes für Strahlenschutz

"Umweltüberwachung", Arbeitskreis des Fachverbandes für Strahlenschutz

"Spaltstoffflußkontrolle", Beratender Programmausschuß des CCR Ispra

"Personendosimetrie", Sachverständigenausschuß der Direktion Gesundheitsschutz, Euratom

"Inkorporationsmessung von Pu und U in der Lunge", Arbeitsgruppe der Direktion Gesundheitsschutz, Euratom

"Aktivitätsmeßgeräte für den Strahlenschutz", Komitee 941.2 der Deutschen Elektrotechnischen Kommission

"Strahlenschutzmedizin", Hauptverband der Berufsgenossenschaften

"Arbeitssicherheit", Arbeitskreis des Landesverbandes Südwestdeutschland der gewerblichen Berufsgenossenschaften

"Sicherheitstechnik", Arbeitskreis im Verein deutscher Sicherheitsingenieure

"Informationskreis Kernenergie (IK)", Deutsches Atomforum

"Öffentlichkeitsarbeit und Presse", Deutsches Atomforum

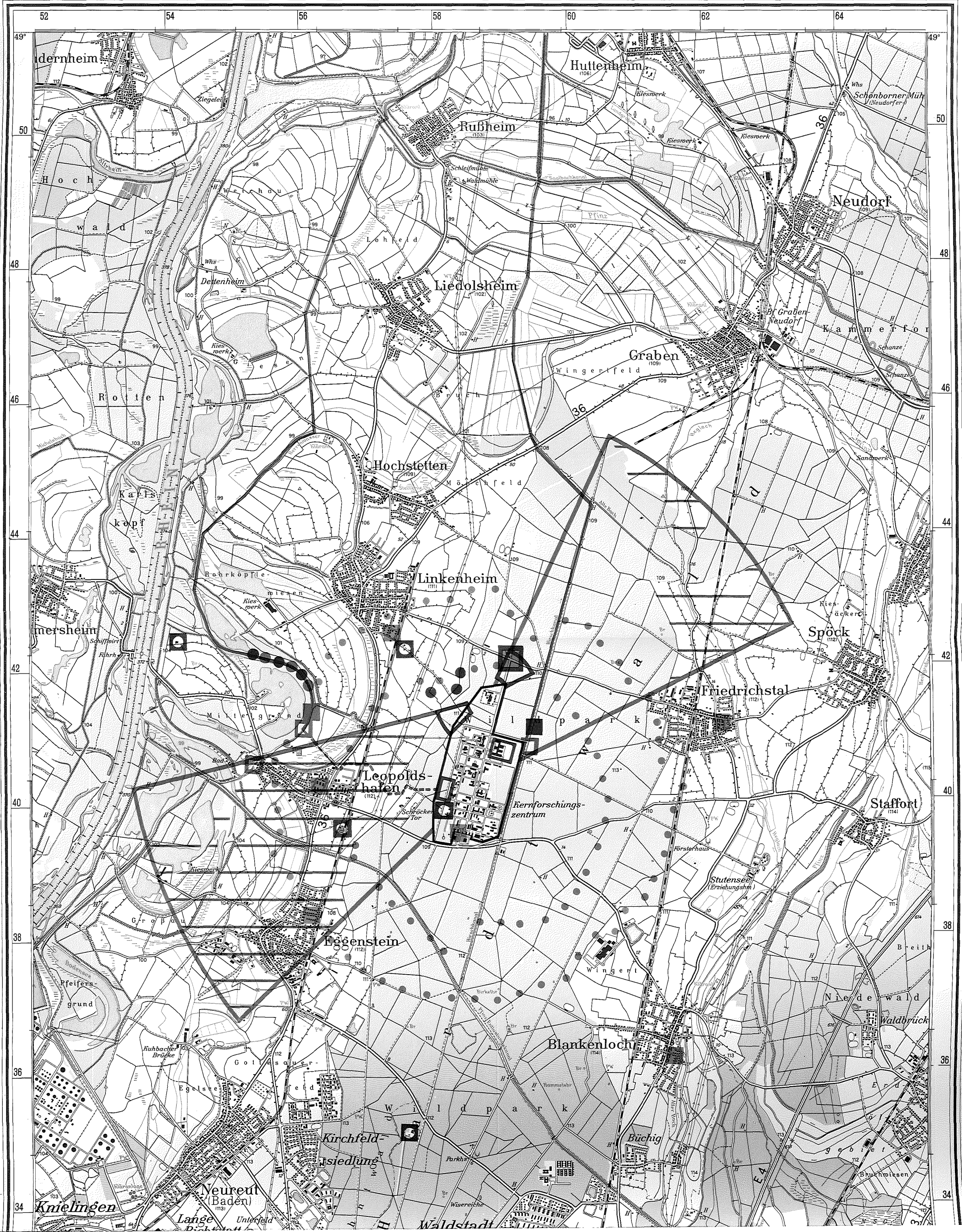
"Arbeitsgruppe Schriften", Deutsches Atomforum

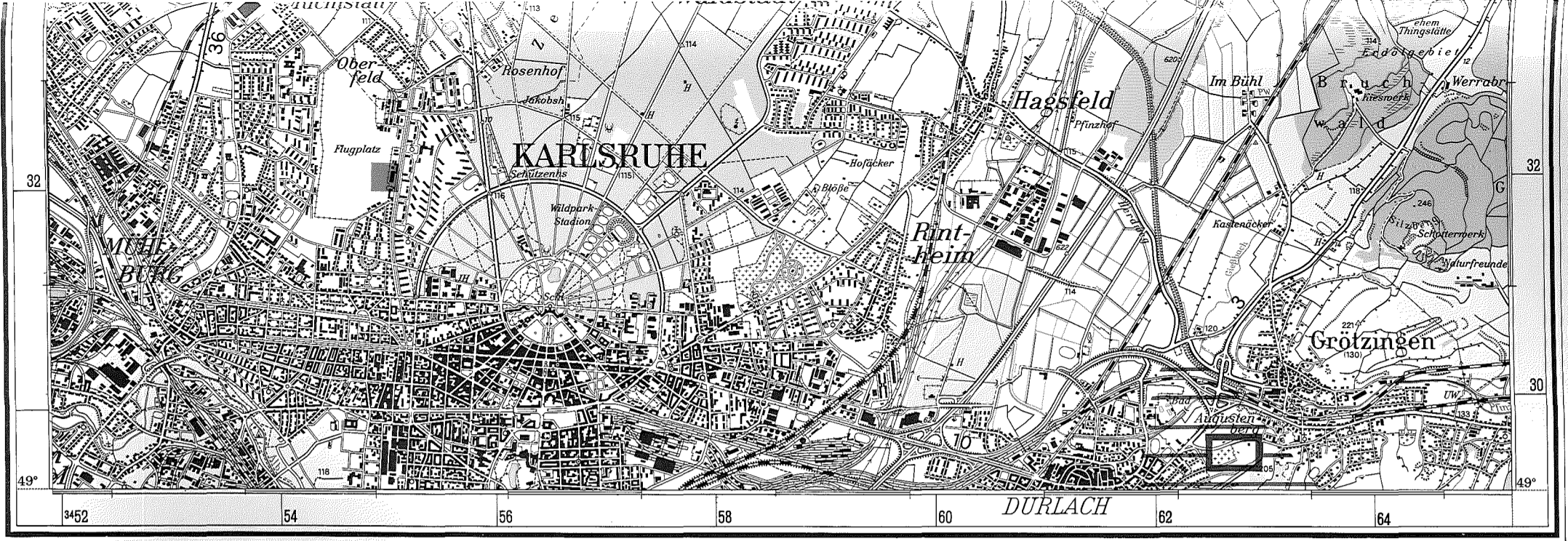
"Geheimchutz in der Wirtschaft - Personeller Geheimchutz", Landesstelle für Betriebsschutz, Stuttgart

"Strahlenschutz bei der Erzaufbereitung", Arbeitsausschuß, Ministerium für Wirtschaft, Mittelstand und Verkehr Baden-Württemberg

NEA/IAEA Working Group on Long Term Aspects of Uranium Mill Tailings, OECD

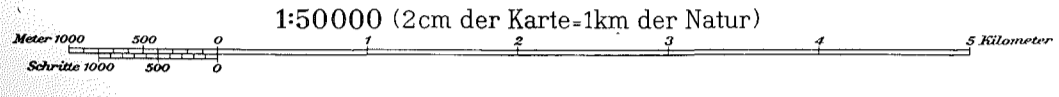
"Durchflußmessung mit radioaktiven Indikatoren", ISO





Legende

Bearbeitungsstand 1. 6. 1978



Ausschnitt aus der topographischen Karte L 6916, Karlsruhe-Nord; mit Genehmigung des Landesvermessungsamtes Baden-Württemberg







- | | | | | |
|----------------------|---------------------------|--------------------------|---|------------------------------|
| Zählrohraußenstation | Trinkwasser (Wasserwerke) | Seston | Vorflutkanal der Abwässer des KfK zum Altrhein | Boden |
| Festkörperdosimeter | Grundwasser (Brunnen) | Schlamm | Verlauf der als Vorfluter dienenden Oberflächengewässer | Landwirtschaftliche Produkte |
| Aerosole | Oberflächenwasser | Fisch und Wasserpflanzen | | Hauptwindrichtungssektoren |

Lageplan der Meß- und Probenahmestellen zur Umgebungsüberwachung des Kernforschungszentrums Karlsruhe






LEGENDE

Bearbeitungsstand: Juni 1978










ZÄHLROHR-MONITOR-ANLAGE

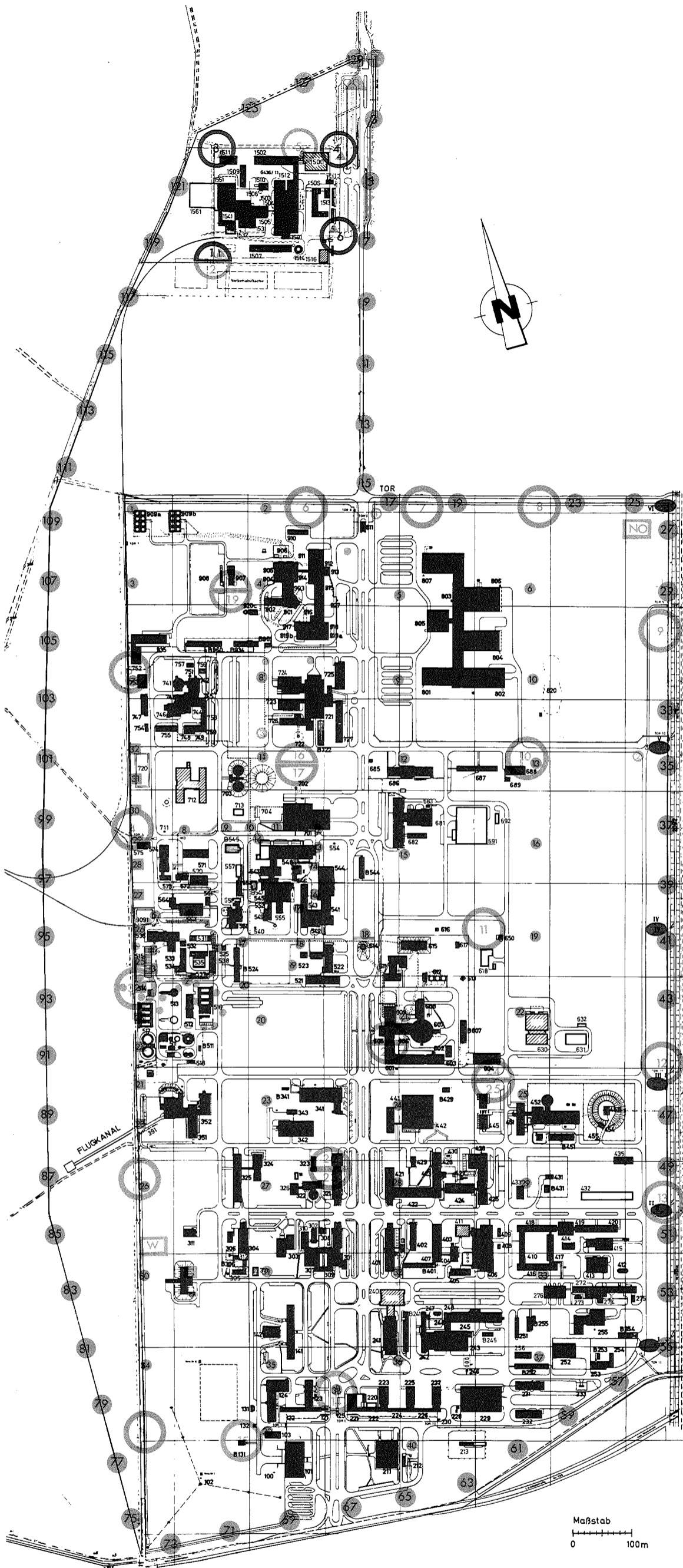
-  Niederdosisleistungsmeßstelle
-  GM-Zählrohr, Meßbereich: 10^{-2} - 10 mrem/h
-  Hochdosisleistungsmeßstelle
-  GM-Zählrohr, Meßbereich: 10^{-2} - 10^3 rem/h
-  ($\beta + \gamma$)-Strahlungspegelmeßstelle
-  GM-Zählrohr, Meßbereich: $2 \cdot 10^2$ - $2 \cdot 10^5$ Impulse pro Minute

FESTKÖRPERDOSIMETER

-  Dosimeter zur Überwachung der Grenze des betrieblichen Überwachungsbereiches (129 Standorte)
-  Dosimeter zur Überwachung der westlichen Betriebsgeländegrenze im Bereich der ADB (13 Standorte)
-  Dosimeter zur Überwachung des Betriebsgeländezaunes der ADB (20 Standorte)
-  Dosimeter zur Überwachung der Betriebsgelände im KfK, ohne WAK (40 Standorte)
-  Dosimeter zur Überwachung der WAK (5 Standorte)

PROBENAHMEEINRICHTUNGEN

-  Meßhütte West
-  mit Sammeleinrichtungen für Niederschläge und Aerosole (auf Faserfiltern)
-  Meßhütte Nordost
-  wie Meßhütte West, jedoch außerdem mit Sammeleinrichtung für Oberflächenwasser aus dem Hirschkanal
-  Niederschlagssammelstelle WAK
-  Niederschlagssammelstelle zur Überwachung der Tritiumkonzentration (3 Standorte)
-  6 Sandfänge der Regen- und Kühlwasserkanalisation des KfK
-  Grundwasserkontrollbrunnen
-  Wasserwerk



Lageplan der Meßstellen und Probenahmeeinrichtungen innerhalb des betrieblichen Überwachungsbereiches des Kernforschungszentrums Karlsruhe