

KfK 2775
April 1979

Jahresbericht 1978 der Abteilung Sicherheit

Redaktion: H. Kiefer, W. Koelzer
Abteilung Sicherheit

Kernforschungszentrum Karlsruhe

KERNFORSCHUNGSZENTRUM KARLSRUHE

Abteilung Sicherheit

KfK 2775

Jahresbericht 1978
der Abteilung Sicherheit

Redaktion: H. Kiefer, W. Koelzer

An der Erarbeitung dieses Berichts waren
alle Mitarbeiter der Abteilung 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 Kernforschungszentrum Karlsruhe GmbH. zuständig. Zur Durchführung dieser Aufgaben bedienen sie sich der Abteilung Sicherheit.

Die Aufgabenstellung der Abteilung umfaßt sowohl alle Strahlenschutz-, Sicherheits- und Sicherungsaufgaben für die Institute und Abteilungen 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 Schadstoffe im Nah- und Fernbereich, Ermittlung der radiologischen Folgen von 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 1978 wieder und berichtet über neue Untersuchungsergebnisse und Entwicklungen der verschiedenen Arbeitsgruppen der Abteilung.

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 1978 routine tasks, and reports about new results of investigations and developments of the working groups of the Department.

<u>Inhaltsverzeichnis</u>	Seite
1. Aufgabengebiete und Organisation der Abteilung Sicherheit	1
2. Technisches Sicherheitsbüro	6
2.1 Sicherheitsingenieur - Strahlenschutz	7
2.1.1 Strahlenschutzsicherheit	7
2.1.2 Personendosiskartei	8
2.2 Durchführung der Röntgenverordnung	10
2.3 Sicherheitsingenieur - konventionelle Bereiche	12
2.3.1 Betriebsüberwachung	12
2.3.2 Arbeitsschutzausschuß	12
2.3.3 Informationen, Belehrungen	12
2.3.4 Durchführung von Pflichtenübertragungen im Arbeitsschutz	12
2.3.5 Unfallgeschehen im Jahre 1978	13
2.3.6 Abnahme von Baustelleneinrichtungen	16
2.3.7 Ausbildung für Führer von Flurförderzeugen	16
2.3.8 Arbeitsplatzüberwachung	16
2.4 Sicherheitsbeirat	17
2.5 Einsatzplanung und Organisation	18
2.6 Räumungsübung	18
2.7 Elektronische Datenverarbeitungsanlage	20
2.8 Durchführung von Genehmigungsverfahren nach der Strahlenschutzverordnung und dem Atomgesetz sowie Erarbeitung von Sicherungskonzepten für kern- technische Anlagen der Kernforschungszentrum Karlsruhe GmbH.	23
2.9 Technische Objektsicherungskonzepte und Koordination	24
2.10 Meldestelle für Kernbrennstoffe	26
2.11 Die Durchführung der Kernmaterialüberwachung nach dem Verifikationsabkommen im Kernforschungszentrum Karlsruhe	28
2.11.1 Einleitung	28
2.11.2 Einteilung des Kernforschungszentrums in Anlagen und Materialbilanzzonen	29
2.11.3 Kernmaterialüberwachung an der SNEAK	29
2.11.4 Kernmaterialüberwachung am FR 2	30
2.11.5 Überwachung des Siemens-Unterrichts-Reaktors (SUR)	30
2.11.6 Überwachung der anderen Anlagen und Materialbilanzzonen außerhalb von Anlagen	31
2.11.7 Überwachungstechnische Behandlung von Abfällen	31
3. Sicherung	32
3.1 Objektsicherungsdienst	32
3.2 Ermittlungsdienst	33
3.3 Güterkontrolle	34
3.4 Verkehrsdienst	35
3.5 Ausweisbüro	40

	Seite
4. Strahlenschutzüberwachung	41
4.1 Arbeitsplatzüberwachung	42
4.1.1 Personendosimetrie mit Taschenionisationskammern	42
4.1.2 Oberflächenkontaminationen	42
4.1.3 Raumlufkontaminationen	42
4.1.4 Personenkontaminationen	45
4.2 Arbeitsplatzüberwachung in der Abteilung Dekontaminationsbetriebe (ADB)	45
4.3 Messungen im Strahlenschutzlabor	62
4.4 Untersuchung der Aktivitätsverteilung auf 5 Korngrößenfraktionen des aktivitäts-tragenden Aerosols in der Raumluf des Ofenbeschickungsraumes der FERAB	64
5. Emissionsüberwachung, Umgebungsüberwachung und Radioökologie	66
5.1 Die Aufgaben der Abteilung Sicherheit/Radioökologie	66
5.2 Emissionsüberwachung, Umgebungsüberwachung	67
5.2.1 Abluftüberwachung	67
5.2.2 Abwasserüberwachung	80
5.2.3 Umgebungsüberwachung	86
5.2.3.1 Das Überwachungsprogramm	86
5.2.3.2 Meßergebnisse des Routineprogrammes	89
5.2.3.3 Besondere Überwachungsmaßnahmen	103
5.2.4 Arbeiten der Gruppe Radiochemie	107
5.2.5 Spektrometrie	107
5.3 Radioökologie	111
5.3.1 Die Radioökologie von ¹²⁹ J	111
5.3.1.1 Überblick über die durchgeführten Forschungsarbeiten	111
5.3.1.2 Schlußfolgerung aus den Ergebnissen	114
5.3.2 Radioökologie von Radium	116
5.3.3 Zur Radioökologie des Tritiums	117
5.3.3.1 Die Tritiumkontamination von Niederschlägen, Oberflächen-, Grund- und Trinkwasser	117
5.3.3.2 Die Tritiumkontamination von Pflanzen	122
5.3.4 Einfaches Verfahren zur Abschätzung der Lungendosis aus Radon und Folgeprodukten in Wohnräumen	124
5.3.5 Trennung von Plutonium, Americium und Curium mittels Hochdruckflüssigkeits-chromatographie	131
5.3.6 Transport von Plutonium, Americium und Curium aus Böden in Pflanzen durch Wurzel Aufnahme	133
5.3.7 Die Radioökologie von Aktiniden	135
6. Dosimetrie	137
6.1 Dosismessung	137
6.1.1 Personendosimetrie	137
6.1.2 Ortsdosimetrie	140
6.2 Photonendosimetrie	140
6.2.1 Zur Theorie der Exoelektronenemission	140
6.2.2 Automatische Auswertung von Phosphatglasdosimetern	142
6.2.3 Standardtestprogramm für TLD- und RPL-Systeme	144
6.2.4 Leistungsnachweis von Thermolumineszenz- und Radiophotolumineszenz-Dosimetersystemen zur Personen- und Umgebungsüberwachung	146

	Seite	
6.2.5	Derzeitiger Stand der Automatisierung in der Personenüberwachung	151
6.2.6	Zur Reproduzierbarkeit von TLD-Systemen	153
6.2.7	Langzeitinstabilität der internen Lichtquelle in einem TLD-Auswertegerät	154
6.3	Neutronendosimetrie	156
6.3.1	Kalibrierung von Neutronen-Moderatortypdetektoren	156
6.3.2	Kalibrierung des Albedo-Neutronendosimeters mit monoenergetischen Neutronen	159
6.3.3	Methode zur Interpretation von Neutronenstreustrahlungsfeldern	161
6.3.4	Zur Kalibriertechnik in der Albedodosimetrie	163
6.3.5	Anwendung von Albedodosimetern	164
6.3.6	Energieabhängigkeit von Kernspürätzdetektoren	166
6.3.7	Verfahren zur Verringerung der Untergrundspuren bei der elektrochemischen Ätzung von Makrofolien	167
6.3.8	Anwendungen der elektrochemischen Ätzmethode zur Neutronendosimetrie	169
6.4	Inkorporationsmessung	171
6.4.1	Routinemessungen	171
6.4.2	Sondermessungen	172
6.4.3	^{137}Cs -Erhebungsmessungen	173
6.4.4	^{226}Ra -Erhebungsmessungen	174
6.4.5	Kalibrierung eines Ge(Li)-Ganzkörperzählers	175
6.5	Strahlenschutzmeßgeräte	176
6.5.1	Aufgaben	176
6.5.2	Wartung und Reparatur	177
6.5.3	Dichtigkeitsprüfungen	178
6.5.4	Sonderaufgaben	178
6.6	Kalibrierung	179
6.6.1	Aufgaben	179
6.6.2	Routinekalibrierungen	179
6.6.3	Amtliche Eichabfertigungsstelle	180
7.	Umweltmeteorologie	181
7.1	Meteorologische Messungen	181
7.1.1	Windmessungen	181
7.1.2	Feldmessungen	181
7.1.3	Ausbreitungsstatistik	182
7.1.4	Häufigkeitsverteilung des σ_{ϕ}	186
7.1.5	Weitergabe meteorologischer Daten	186
7.2	Meßwerterfassung und -verarbeitung	187
7.2.1	Instrumentierung	187
7.2.2	Datenerfassung	188
7.2.3	CALAS-Benutzerprogramme	188
7.3	Ausbreitungsversuche	189
7.3.1	Durchführung	189
7.3.2	Ausbreitungsparameter	191
7.3.2.1	Emissionshöhen von 60 m und 100 m	191
7.3.2.2	Emissionshöhen von 160 m und 195 m	193
7.3.2.3	Glättung und Zentrierung der Ausbreitungsparameter für 60 m und 100 m Quellhöhe	193
7.3.2.4	Glättung und Zentrierung der Ausbreitungsparameter für 160 m und 195 m Quellhöhe	195
7.3.2.5	Einfluß der Mittelungszeit auf σ_y	195
7.4	Tetroonflüge	196
7.4.1	Flugserien	196
7.4.2	Auswertung	197
7.4.3	Transponder	200

	Seite	
7.5	Strahlenbelastung der Umgebung des Kernforschungszentrums Karlsruhe	202
7.5.1	Strahlenbelastung im Jahre 1978 aufgrund der mit der Abluft abgeleiteten Aktivität	202
7.5.2	Vorausgeschätzte Strahlenbelastung aufgrund des Abluftplanes 1979	205
7.5.3	Strahlenbelastung der Umgebung aufgrund der mit der Abluft der WAK im Jahre 1977 abgeleiteten Aktivität	213
7.5.4	Die maximal zu erwartende Umgebungsbelastung durch die Emission radioaktiver Stoffe mit der Abluft der KNK-II	214
7.5.5	Verteilung der Bevölkerung in der Umgebung des KfK	214
7.6	ISOLA-III	216
7.7	Überlagerung mehrerer Kühlturm-fahnen	218
7.8	Unfallfolgenmodell der Deutschen Reaktor-Risikostudie	220
7.8.1	Stand der Arbeiten	220
7.8.2	Ausbreitungsmodell	220
7.8.3	Schadensmodell	222
7.8.4	Durchgeführte Rechnungen	224
7.9	Grenzwertsetzung bei chemischen Schadstoffen	224
7.9.1	Zusammenfassung	224
7.9.2	Schadenswirkung	225
7.9.3	Vergleich schädlicher und zulässiger Schadstoffmengen	225
7.9.3.1	Akute Schäden	225
7.9.3.2	Spätschäden	226
7.9.4	Analogiebetrachtungen	227
7.9.5	Das "chemische rem-Äquivalent"	227
8.	Bibliographie, Beratertätigkeit	228
8.1	Veröffentlichungen 1978	228
8.2	Primärberichte 1978, unveröffentlicht	234
8.3	AS-Berichte 1978, unveröffentlicht	234
8.4	Beratertätigkeit	236

Verzeichnis der Abkürzungen

ABRA	Abteilung Behandlung radioaktiver Abfälle
ADB	Abteilung Dekontaminationsbetriebe
ADI	Abteilung Datenverarbeitung und Instrumentierung
AS	Abteilung Sicherheit
AS/D	Abteilung Sicherheit/Dosimetrie
AS/M	Abteilung Sicherheit/Umweltmeteorologie
AS/R	Abteilung Sicherheit/Radioökologie
AS/S	Abteilung Sicherheit/Sicherung
AS/TSB	Abteilung Sicherheit/Technisches Sicherheitsbüro
AS/U	Abteilung Sicherheit/Strahlenschutzüberwachung
AV	Abteilung Allgemeine Verwaltung
AV/FD	Abteilung Allgemeine Verwaltung/Fahrdienst
AVW	Abteilung Versorgungsbetriebe und Werkstätten
AVW/HW	Abteilung Versorgungsbetriebe und Werkstätten/Hauptwerkstatt
BE	Brennelement
BÜF	Beirat Überbetriebliche Fragen
BGA	Bundesgesundheitsamt
BMFT	Bundesministerium für Forschung und Technologie
BMI	Bundesministerium des Innern
CALAS	Computer Aided Laboratory Automatic System
DEKO	Dekontamination
DWD	Deutscher Wetterdienst
EKM	Einkauf und Materialwesen
EKM/HL	Einkauf und Materialwesen/Hauptlager
ELMA	Einrichtung zur Lagerung mittelaktiver Abfälle
FK	Fertigungskontrolle
FERAB	Anlage zur Einengung fester radioaktiver Abfälle
FR 2	Forschungsreaktor 2
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
HDR	Heißdampfreaktor
HFK	Hand-Fuß-Kleider-Monitor
HTR	Hochtemperaturreaktor
IAEA	International Atomic Energy Agency
IAK	Institut für Angewandte Kernphysik

IAS	Institut für Angewandte Systemtechnik
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
INR	Institut für Neutronenphysik und Reaktortechnik
IRB	Institut für Reaktorbauelemente
IRCh	Institut für Radiochemie
IRE	Institut für Reaktorentwicklung
ISL	Institut für Strahlentechnologie der Lebensmittel der Bundesforschungsanstalt für Ernährung
IT	Ingenieurtechnik
ITP	Institut für Technische Physik
KBG	Kernkraftwerk-Betriebsgesellschaft mbH.
KFA	Kernforschungsanlage Jülich
KFK	Kernforschungszentrum Karlsruhe GmbH.
KKP-I	Kernkraftwerk Philippsburg, Block I
KNK	Kompakte Natriumgekühlte Kernreaktoranlage
KTB	Kerntechnische Betriebe
KTB/FR 2	Kerntechnische Betriebe/Forschungsreaktor 2
KTB/HZ	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
LIT	Laboratorium für Isotopentechnik
MAGS	Ministerium für Arbeit, Gesundheit und Sozialordnung Baden-Württemberg, Stuttgart
Med	Medizinische Abteilung
MAW	Medium Activity Waste (Mittelaktiver Abfall)
MZFR	Mehrzweckforschungsreaktor
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
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
VDE	Verband Deutscher Elektrotechniker
WAK	Wiederaufarbeitungsanlage Karlsruhe
Zykl.	Zyklotron

1. Aufgabengebiete und Organisation der Abteilung Sicherheit

H. Kiefer, W. Koelzer

Die Abteilung Sicherheit - am 1.6.1978 aus der bisherigen Abteilung Strahlenschutz und Sicherheit (ASS) und dem Objektsicherungsdienst hervorgegangen - 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 KfK GmbH. bestellt.

Die Aufgabenstellung der Abteilung umfaßt sowohl alle Strahlenschutz-, Sicherheits- und Sicherungsaufgaben für die Institute und Abteilungen der KfK 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 Schadstoffe im Nah- und Fernbereich, Ermittlung der radiologischen Folgen von 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 31.12.1978 waren in der Abteilung Sicherheit 26 Akademiker, 23 Ingenieure, 224 sonstige Mitarbeiter, 4 ausländische Gastwissenschaftler und 24 Mitarbeiter zur Ausbildung als Strahlenschutzingenieur bzw. Strahlenschutzassistent beschäftigt.

"Radioökologie"

Aufgabe der Unterabteilung "Radioökologie" ist die Bearbeitung radioökologischer Fragen, die sich aus den Ableitungen radioaktiver Stoffe über Abluft und Abwasser aus kerntechnischen Anlagen in die Umwelt ergeben. Primär werden die Probleme durch die Emissionen aus dem Kernforschungszentrum Karlsruhe behandelt. Zu ihrer Überwachung werden Aktivitätsmessungen in Abluft und Abwasser durchgeführt. Die Immission wird durch Messungen des Radioaktivitätsgehalts und der Strahlung in der Umgebung überwacht. Messungen dieser Art werden auch für andere kerntechnische Anlagen in deren Auftrag durchgeführt. Radioökologische Forschungsarbeiten befassen sich mit dem Verhalten verschiedener Radionuklide in der Umwelt.

Entsprechend der Aufgabenstellung und den anzuwendenden Methoden, die weitgehende Spezialisierung voraussetzen, ist die Unterabteilung in die Gruppen "Emissionsüberwachung", "Umgebungsüberwachung", "Radiochemie" und "Spektroskopie" gegliedert.

Die Gruppe "Emissionsüberwachung" überwacht die Ableitung radioaktiver Abwässer aus dem Kernforschungszentrum Karlsruhe und ist federführend bei der Überwachung der Emissionen radioaktiver Gase und Aerosole in die Atmosphäre. Die Abwasserüberwachung umfaßt die Kontrolle der Abwässer, die Entscheidung darüber, ob diese dekontaminiert werden müssen oder aber direkt der Kläranlage zugeführt werden können und die Endkontrolle der aus der Kläranlage abgeleiteten Abwässer. Die Abluftüberwachung ermittelt die Radioaktivitätsableitungen von 26 verschiedenen Emittenten des Kernforschungszentrums Karlsruhe. Insgesamt werden jährlich rund 15 000 Proben bearbeitet.

Die Gruppe "Umgebungsüberwachung" ist federführend bei der Routineüberwachung des Strahlungspegels und des Radioaktivitätsgehaltes in Luft, Wasser, Boden und biologischem Material in einem Umkreis von 10 km um das Kernforschungszentrum Karlsruhe. Die Direktstrahlung wird mit Hilfe von Zählrohrstationen in benachbarten Ortschaften, Meßstellen auf dem Betriebsgelände des Kernforschungszentrums Karlsruhe sowie rund 300 Meßstellen mit Festkörperdosimetern überwacht.

Die Gruppe "Radiochemie" bestimmt die Radionuklide von Plutonium und Strontium in der Abluft von Anlagen des Kernforschungszentrums Karlsruhe und in Mischproben des abgegebenen Abwassers sowie in Umgebungsproben. Die Gruppe "Radiochemie" führt auch eigene Forschungsarbeiten durch - z.B. das Forschungsvorhaben "Radium in der Umgebung eines Uranbergwerkes" im Auftrag des Ministeriums für Wirtschaft, Mittelstand und Verkehr, Stuttgart - oder arbeitet an Vorhaben im Rahmen des Projekts Nukleare Sicherheit mit.

Die von der Gruppe "Spektrometrie" betriebenen α - und γ -Spektrometer werden zu einem wesentlichen Anteil für Messungen der Routineproben der Emissions- und Umgebungsüberwachung und der bei den Forschungsarbeiten anfallenden Proben der Gruppe Radiochemie eingesetzt.

"Dosimetrie"

Eine Hauptaufgabe der Unterabteilung "Dosimetrie" ist die Entwicklung und Erprobung von Strahlenschutzmeßverfahren und -meßgeräten. Von der Gruppe "Dosismessung" werden Routine- und Unfalldosimeter zur Personen- und Ortsdosisüberwachung weiterentwickelt. Ein besonderer Schwerpunkt liegt hierbei auf Dosimeterentwicklungen zur Neutronendosimetrie. Durch diese Gruppe erfolgt auch die Überwachung der Personendosis aller Mitarbeiter des Kernforschungszentrums Karlsruhe.

Die Gruppe "Inkorporationsmessung" betreibt die Ganzkörperzähler und Lungenzähler zur routinemäßigen Inkorporationskontrolle aller Mitarbeiter, die mit offenen radioaktiven Stoffen umgehen und führt die Direktmessungen nach Zwischenfällen durch. Weiterentwicklung der Meß- und Auswerteverfahren nehmen in dieser Gruppe einen breiten Raum ein.

Wartung, Test und Kalibrierung aller Strahlenschutzmeßgeräte des Kernforschungszentrums Karlsruhe, Dichtigkeitsprüfungen umschlossener radioaktiver Stoffe und der Betrieb eines Hochdosisstandes sind Aufgaben der Gruppen "Strahlenmeßgeräte" und "Kalibrierung".

"Umweltmeteorologie"

In der Unterabteilung "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. Breite und Höhe der Abluftfahne ergeben die gesuchten Ausbreitungsparameter. Diese bilden wiederum die Grundlage für realistische Ausbreitungsrechnungen. Dem Studium der atmosphärischen Ausbreitung auch 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 die gewünschten Informationen. Auf der Basis der meteorologischen Messungen und der Erfahrungen aus den Ausbreitungsexperimenten wurde ein meteorologisches Informationssystem entwickelt, welches an einem Sichtgerät jederzeit die Ausbreitungsverhältnisse in der Umgebung des Kernforschungszentrums Karlsruhe darstellt.

In der Gruppe "Risikoanalysen" werden die Strahlendosen, verursacht durch in die Atmosphäre abgeleiteten nuklearen 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 Unterabteilung "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, wie Arbeitsschutzausschuß und Sicherheitsbeirat für das Kernforschungszentrum und die Abwicklung ihrer Sitzungen erfolgt 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 ständige Belehrung und Ausbildung wird das Sicherheitsbewußtsein gefördert.

Der "Sicherheitsingenieur Strahlenschutz" unterstützt die Tätigkeit der Institutsstrahlenschutzbeauftragten 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 Unterabteilung "Sicherung" obliegt mit ihren Gruppen Objektsicherungsdienst, technische Objektsicherung und Ermittlungsdienst, personelle und administrative Sicherungsfragen, 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 empfindliche Anlagen in Abstimmung mit dem Betreiber mit und sorgt für die Einhaltung spezieller Zutrittsregelungen. Der Objektsicherungsdienst übt die Kontrolle aller zur Ein- oder Ausfuhr bestimmter 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.

Dem Geheimschutzbeauftragten obliegt für das Kernforschungszentrum Karlsruhe die personelle und materielle Geheimschutzbetreuung in behördlichem Auftrag. Ihm ist die Verschlusssachenstelle zugeordnet.

"Strahlenschutzüberwachung"

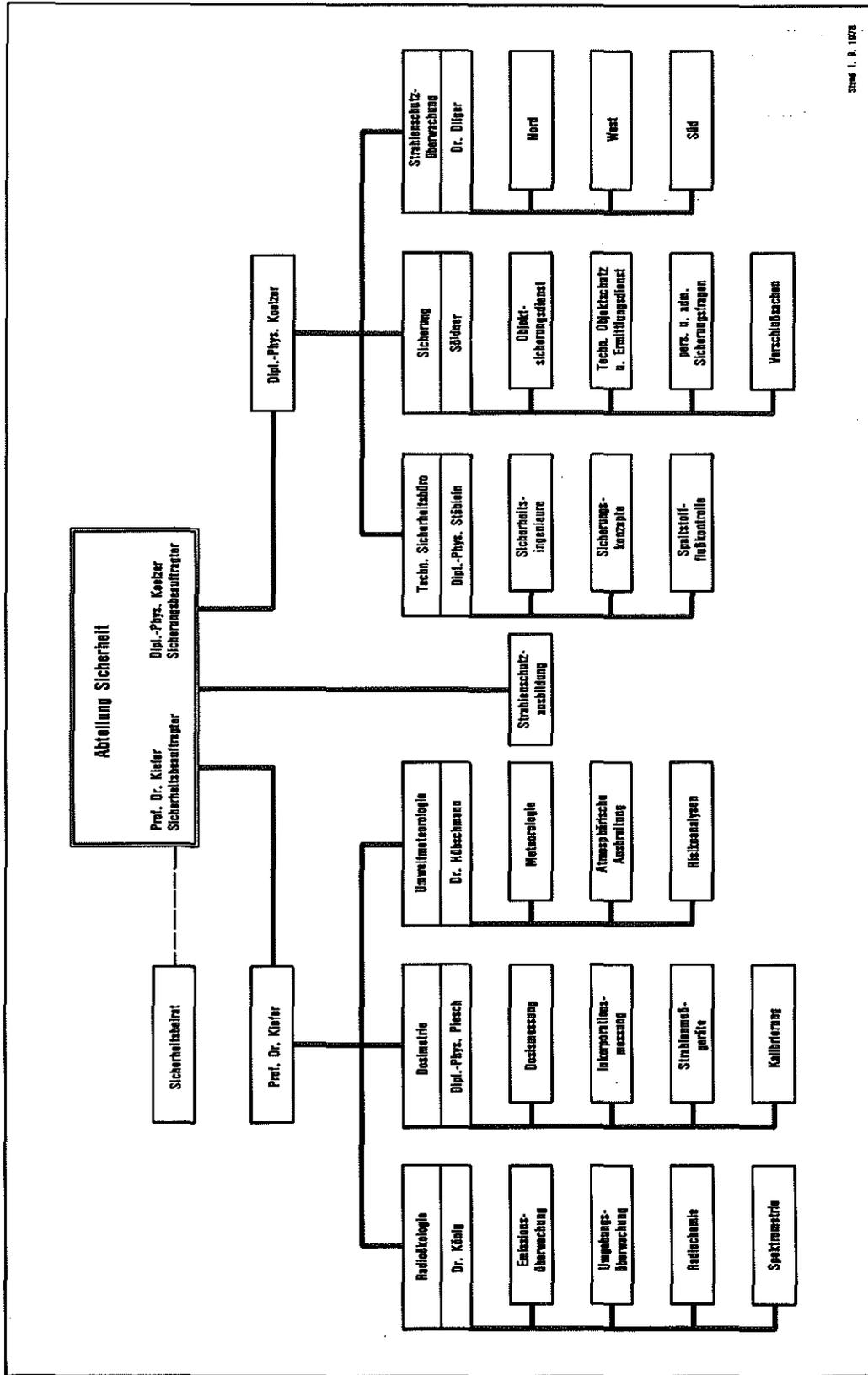
Die Unterabteilung "Strahlenschutzüberwachung" ist innerhalb der Abteilung Sicherheit vor allem für den Schutz der mit radioaktiven Stoffen umgehenden oder ionisierender Strahlung ausgesetzten Personen der Kernforschungszentrum Karlsruhe GmbH zuständig. Aus dieser Aufgabenstellung heraus sind die Mitarbeiter dezentral in den einzelnen Instituten und Abteilungen des Kernforschungszentrums tätig. Sie sind vor Ort die Ansprechpartner für die jeweiligen Instituts- oder Abteilungsangehörigen. Einerseits achten die Mitarbeiter der Strahlenschutzüberwachung auf strahlenschutzgerechtes Verhalten und melden Verstöße dem örtlichen Strahlenschutzbeauftragten, andererseits übernehmen sie Aufgaben des Strahlenschutzbeauftragten.

Dazu gehören die Ausgabe, die tägliche Auswertung und die Registrierung der empfangenen Personendosis mittels Stabdosimeter. Monatlich werden die amtlichen Filmdosimeter, sowie in Bereichen, wo mit einem größeren Anteil von β -Strahlung gerechnet werden muß, Thermolumineszenzdosimeter ausgegeben. In den Gebäuden und Anlagen werden nach vorgegebenem Plan routinemäßige Kontaminationsmessungen durchgeführt. Die Unterabteilung 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. Sie ermitteln, ob ein Gegenstand die von der Strahlenschutzverordnung vorgegebenen Grenzwerte für die Oberflächenkontamination oder Aktivität unterschreitet und geben ihn daraufhin "frei". Können die Grenzwerte nicht eingehalten werden, so werden geeignete Verpackungen oder Behälter für den Materialtransport vorgeschlagen.

Die Unterabteilung 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 Strahlenschutztrupps bereitgestellt, die im Alarmfall zusammen mit zwei Ausrüstungs- und Meßfahrzeugen zur Verstärkung in einzelnen Bereichen eingesetzt werden können.



Stand 1. 6. 1978

Abb. 1/1: Organisationsplan der Abteilung Sicherheit

2. Technisches Sicherheitsbüro

G. Stäblein

Die Unterabteilung "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 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.

Technisches Sicherheitsbüro	<ul style="list-style-type: none"> - Leitung und Koordinierung - Behördenkontakte - Sicherheitsbeirat - 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 - Transportaufsicht - Begleitung behördlicher Inspektionen - Kernmaterialüberwachungskonzepte

2.1 Sicherheitsingenieur - Strahlenschutz

H. Roock

2.1.1 Strahlenschutzsicherheit

Sicherheitsüberwachung

Zur Überprüfung der getroffenen Strahlenschutzmaßnahmen, der Einhaltung von Verordnungen, Genehmigungsaufgaben und Vorschriften wurden im Berichtsjahr 56 Begehungen in den Instituten und Abteilungen des Kernforschungszentrums Karlsruhe durchgeführt, in denen mit radioaktiven Stoffen umgegangen wird. Schwerpunkte der Routinebegehungen, die nach vorheriger Terminabsprache im Beisein eines Strahlenschutzbeauftragten und des örtlichen Strahlenschutzes erfolgen, zu denen weiterhin der Betriebsrat und die Medizinische Abteilung eingeladen wurden, waren nicht eindeutige oder unzureichende Kennzeichnung (Beschilderung), verbesserungsbedürftige Abschirmung von Einzelkomponenten in Handschuhkästen und verzögerte Beseitigung der in den Arbeitsräumen angefallenen möglicherweise radioaktiven Abfälle.

Personen, die Tätigkeiten ausüben, wodurch sie der Belehrungsfrist nach §39 StrlSchV unterliegen und bei denen erhebliche Überschreitungen der Belehrungstermine vorlagen, wurden für Tätigkeiten in Kontrollbereichen und für den Umgang mit radioaktiven Stoffen oberhalb der Freigrenzen gesperrt.

Unterstützung der Strahlenschutzbeauftragten

Der in 196 Exemplaren an alle Strahlenschutzverantwortung tragenden Personen ausgegebene Strahlenschutzordner wurde weiter ergänzt.

Außer Anzeigen für den genehmigungsfreien Umgang gemäß § 4 StrlSchV wurden 17 Genehmigungen bzw. Genehmigungsänderungen bei den zuständigen Behörden beantragt. Zur Erlangung der Genehmigungen fanden Vorgespräche und Ortsbesichtigungen mit den Behördenvertretern statt.

Ein wesentlicher Anteil der Unterstützung ist die Beantwortung der häufigen telefonischen Anfragen aus dem Strahlenschutzbereich, hierbei insbesondere die Beratung bei der Erfüllung von Behördenauflagen, bei der Einrichtung und Abgrenzung von Kontrollbereichen, sowie auch die Einschaltung bei neuen Bauvorhaben.

Bestellung von Strahlenschutzbeauftragten

Die Neuordnung der Verantwortung im Strahlenschutz im Sinne von § 29 der StrlSchV wurde abgeschlossen. Es wurden 52 Strahlenschutzbeauftragte und 119 Stellvertreter des Strahlenschutzbeauftragten bestellt.

Zwischenfallerfassung

Die im Laufe des Jahres 1978 aufgetretenen 40 Zwischenfälle - deren unterste Erfassungsgrenze Personenkontaminationen sind, bei denen die Dekontamination in der Medizinischen Abteilung erfolgte (z.B. auch geringfügige Kopfkontaminationen wegen Inkorporationsverdacht) - wurden unter den gleichen Voraussetzungen wie in den vergangenen Jahren erfaßt und deren Ursachen ermittelt.

Zwischenfallursache	
Technische Mängel	30,0 %
Organisatorische Mängel	7,5 %
Verhaltensmängel	57,5 %
Unbekannt	5,0 %
Betroffenes Objekt	
Personen	80,0 %
Gegenstände	12,5 %
Luft	7,5 %
Bei Personen überwiegend betroffen	
Kopf	42,5 %
Hände	22,5 %
Ganzkörper	35,0 %

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

2.1.2 Personendosiskartei

Routineaufgaben

Die Aufgaben der Personendosiskartei, in der derzeit 3 Mitarbeiterinnen und in unregelmäßigen Abständen für jeweils einen Monat ein Strahlenschutzassistent oder -assistentin in Ausbildung beschäftigt werden, haben sich in den letzten Jahren auch unter Berücksichtigung der neuen Strahlenschutzverordnung zunächst nicht wesentlich verändert, so daß die im Jahresbericht 1973 (KfK-Bericht 1973) gemachten Angaben über den Arbeitsbereich und den Umfang weiterhin zutreffen.

Personendosimetrie

Im Berichtsjahr wurden 4383 Personen (Stand: Dezember 1978) einschließlich der Fremdfirmenangehörigen erfaßt und überwacht. Die Überwachungsart und die prozentuale Einteilung in die jeweilige Dosimetergruppe sowie die Veränderungen in den Jahren 1972 bis 1978 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, amtll.	LfU			X		
Glasdosimeter, intern	KfK (AS/D)	X	X		X	X
Stabdosimeter	KfK (AS/U)	X	X	X	X	
Kritikalitätsdosimeter	KfK (AS/D)	X	X	X	X	

Tab. 2/2 : Dosimetergruppen

Einstufungen in die Dosimetergruppen in Prozent					
Jahr	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	28,1
1977	24,5	8,1	10,4	13,2	43,8
1978	27,2	8,1	10,8	11,7	42,2

Tab. 2/3 : Einstufung in die Dosimetergruppen

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

Überwachungs- zeitraum 1978	Antliche Glasdosimetrie				
	Prozentuale Anzahl der Personendosiswerte (mrem)				
	<100	100-499	500-999	1000-2499	>2500
I. Quartal	96,3	3,7	-	-	-
II. Quartal	88,6	11,4	-	-	-
III. Quartal	92,7	7,3	-	-	-
IV. Quartal	84,1	15,9	-	-	-

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

Überwachungs- zeitraum 1978	Antliche Filmdosimetrie					
	Prozentuale Anzahl der Personendosiswerte (mrem)					
	<100	100-499	500-999	1000-1499	1500-2499	>2500
Januar	93,7	6,2	0,1	-	-	-
Februar	95,9	4,0	0,1	-	-	-
März	93,6	6,2	0,2	-	-	-
April	95,3	4,6	0,1	-	-	-
Mai	93,2	6,7	0,1	-	-	-
Juni	94,5	5,2	0,3	-	-	-
Juli	94,3	5,4	0,2	-	-	<0,1
August	92,8	7,1	0,1	-	-	-
September	93,1	6,8	0,1	-	-	-
Oktober	92,3	7,4	0,3	-	-	-
November	98,5	1,5	-	-	-	-
Dezember	97,3	2,2	0,4	0,1	-	-

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

In Anpassung an die neue Strahlenschutzverordnung (§ 63) wurde der in Tabelle 2/6 angegebene Entwurf zur Neuordnung Personendosimetrie, unter Berücksichtigung der Erfahrungen mit den bisher eingesetzten Dosimetersystemen, erarbeitet.

EINSTUFUNGSKRITERIEN			DOSIMETERART					
			amtlich		intern			
zu erwartende Ganzkörperdosis/a	Belastungsart	beruflich strahlenexponierte Person	Glas (monatl.)	Kernspurdetektor (monatl.)	Glas (1/2-jährl.)	TLD (monatl.)	Stab	Dosimetergruppe
> 1,5 rem	alle Strahlenarten einschl. Röntgenstrahlen außer Neutronen	X	X	-	-	X	X (täglich)	A 1
> 1,5 rem	alle vorkommenden Strahlenarten	X	X	X	-	X	X (täglich)	A 2
≤ 1,5 rem > 0,5 rem	nur umschlossene radioaktive Stoffe	X	-	-	X	-	X (wöchentl.)	B 1
≤ 1,5 rem > 0,5 rem	alle vorkommenden Strahlenarten außer Neutronen und Röntgenstrahl.	X	-	-	X	X	-	B 2
≤ 0,5 rem	nicht definiert	Tätigkeit im betrieblichen Überwachungsbereich	-	-	X	-	-	C

Anmerkung:
In Absprache mit der AS sind für spezielle Meßaufgaben, wie z.B. Teilkörperbelastungen, weitere zusätzliche Personendosimeter einzusetzen.

Tab. 2/6 : Einteilung in Dosimetergruppen

2.2 Durchführung der Röntgenverordnung

W. Reuble

Basierend auf der Röntgenverordnung (RöV) in der Fassung vom März 1973 wurden die Röntgengeräte erfaßt und der Aufsichtsbehörde gemeldet. Mit Inkrafttreten der Strahlenschutzverordnung in der Fassung vom Oktober 1976 ergab sich die Notwendigkeit, für den Strahlenschutzverantwortlichen vor Ort nach der Röntgenverordnung und den Strahlenschutzbeauftragten nach der Strahlenschutzverordnung getrennte Bestellungen zu formulieren. Beide Zuständigkeiten, häufig in Personalunion ausgeübt, waren bisher in einer Bestellung zusammengefaßt.

Zum aktuellen Stand wurden alle in den Bereichen der Kernforschungszentrum Karlsruhe GmbH vorhandenen und der Röntgenverordnung unterliegenden Geräte zum Zwecke der erforderlichen Anzeige (§ 11 Abs. 1 Nr. 2 RöV) neu erfaßt und bisher 10 neue Bestellungen als für den Strahlenschutz Verantwortlichen i.S. der Röntgenverordnung zugestellt.

Mehrere Röntgenanlagen wurden vor Ort besichtigt, Anmeldungen sowie Änderungsanzeigen sind den zuständigen Behörden mitgeteilt worden. In diesem Zusammenhang wurden mit dem Sachverständigen der Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg gemäß § 4 der RöV Prüfungen durchgeführt und nach teilweise erforderlicher Mängelbeseitigung die Berichte mit Bescheinigung ausgestellt.

Inst./Abt.	Anlagen-Bezeichnung
AS	Seifert: Isovolt 300/10 D - 300 kV Seifert: OEG 60/SW - 50 kV
AVW/HW	Seifert: Isovolt 150; PW 2184/00
EKM/FK	Seifert: Eresco 160 kV Seifert: Isovolt 150
IGT	Philips: MH 306
IK	Protonenbeschleuniger 750 KeV
IMF I	C.H.F. Müller: Mikro 111/PW 1016 Seifert: Eresco F0E/120 kV; 5 mA Seifert: Iso-Debeyflex III A/1000 Watt
IMF III	Rasterelektronenmikroskop: ISI-60 Elektronenmikroskop: Ien 200 A Siemens: Elmiskop I a Seifert: Debeyflex - 1000 Watt/MCF 50 Siemens: Kristalloflex K 2 Siemens: Kristalloflex K 4 Siemens: Kristalloflex 4/div 64 b
IRB	Siemens: Stabilipan 200 TH 220/200 d
IRCH	Siemens: Kristalloflex 4/J-div 64 Siemens: Diffraktorder U 13007/j div 64 b
IRE	C.H.F. Müller: MON 421
ITP	Seifert: Debeyflex 1000 Seifert: Debeyflex 1000/Mo 4 Siemens: Bildwandler Siremobil
KTB	C.H.F. Müller: Mikro 1120, Dy 644
SKT	Seifert: Isovolt 150/20 - 150/12

Tab. 2/7 : Besichtigungen und Prüfungen gemäß § 4 der Röntgenverordnung

2.3 Sicherheitsingenieur - konventionelle Bereiche

E. Windbühl

2.3.1 Betriebsüberwachung

Im Berichtszeitraum erfolgten im Rahmen der allgemeinen Überwachung 147 protokollierte Begehungen und Kontrollgänge in den Instituten und Abteilungen. Hierbei mußten 67 Beanstandungen ausgesprochen und 87 Auflagen erteilt werden. Daneben wurden 178 Empfehlungen und Hinweise gegeben.

Die Routinebegehungen wurden mit dem jeweils zuständigen Sicherheitsbeauftragten/RVO durchgeführt. Vertreter des Betriebsrates haben an 10 Begehungen teilgenommen. Gemeinsame sicherheitstechnische und arbeitsmedizinische Begehungen erfolgten in 7 Fällen.

Mit einem Vertreter des Gewerbeaufsichtsamtes Karlsruhe wurden Überprüfungen in 8 Teilbereichen durchgeführt.

2.3.2 Arbeitsschutzausschuß

Der Ausschuß wurde auch im Jahre 1978 einberufen zur Beratung von Fragen und Problemen zur betrieblichen Arbeitssicherheit.

Wesentliche Themen waren:

Zwischenfalluntersuchungen

Bestellungen von verantwortlichen Personen für den Strahlenschutz nach neuem Recht

Vorgezogene Arbeitszeit in verschiedenen Betriebsbereichen während der Hitzeperiode

Erfahrungsaustausch der Betriebsräte von der KfA Jülich und der KfK Karlsruhe

Baumaßnahmen im Kantinenbereich

Probleme an Bildschirmarbeitsplätzen

Durchführung des Arbeitssicherheitsgesetzes.

2.3.3 Informationen, Belehrungen

Den Instituten, Abteilungen und Sicherheitsbeauftragten wurden im Berichtszeitraum die jeweils neu erschienenen einschlägigen Arbeitsschutzvorschriften, Richtlinien und Merkblätter zugeleitet.

Ausgelegt sind in den Instituten und Abteilungen folgende Ordner und Sammelbände zur Unfallverhütung:

1. Eine Auswahl von Unfallverhütungsvorschriften (110 Vorschriften und Richtlinien)
2. Sicherheitsnormen und Merkblätter zur Unfallverhütung (ca. 90)
3. Merkblätter gefährliche Arbeitsstoffe (ca. 700).

Neben Sicherheitsbelehrungen, die in zahlreichen Instituten und Abteilungen auf Anforderung durchgeführt wurden, erfolgten mit Hilfe von Arbeitsschutzfilmen und Tonbildschauen Einweisungen in sichere Arbeitsweisen und in menschengerechte Gestaltung der Arbeitsplätze und der Arbeitsumgebung. In einer Sonderveranstaltung wurden Sicherheitsprobleme beim Umgang mit Gasen und Gasgemischen behandelt.

2.3.4 Durchführung von Pflichtenübertragungen im Arbeitsschutz

Im Jahre 1978 wurden auf Grund des § 9 Abs. 2 Nr. 2 des Gesetzes über Ordnungswidrigkeiten und § 708 Abs.1 der Reichsversicherungsordnung 49 Pflichtenübertragungen durchgeführt.

Außerdem wurden 7 Sicherheitsbeauftragte nach § 719 der Reichsversicherungsordnung bestellt.

2.3.5 Unfallgeschehen im Jahre 1978

Im Jahre 1978 wurden an den zuständigen Unfallversicherungsträger - den Badischen Unfallversicherungsverband - 195 Arbeitsunfälle gemeldet. In diesen Unfallzahlen sind auch nichtmeldepflichtige Unfälle, d.h. Unfälle ohne Ausfallzeiten oder mit Ausfallzeiten unter drei Tagen, sowie Wegeunfälle enthalten.

Insgesamt betrachtet ist das Unfallgeschehen in den letzten drei Jahren innerhalb geringer Schwankungsbreiten gleich geblieben. Während die Unfallzahlen im Werkstättenbereich und bei Montagearbeiten seit dem Jahre 1976 um 26 % zurückgingen, ist bei innerbetrieblichen Verkehrswegen mit Fahrzeugen oder auch durch Stolpern und Stürzen innerhalb und außerhalb von baulichen Objekten eine Zunahme zu verzeichnen. Die Unfallursachen liegen auch 1978 Überwiegend im persönlich bedingten Verhaltensbereich. Eine betriebliche Einflußnahme ist hier nur in geringem Maße möglich.

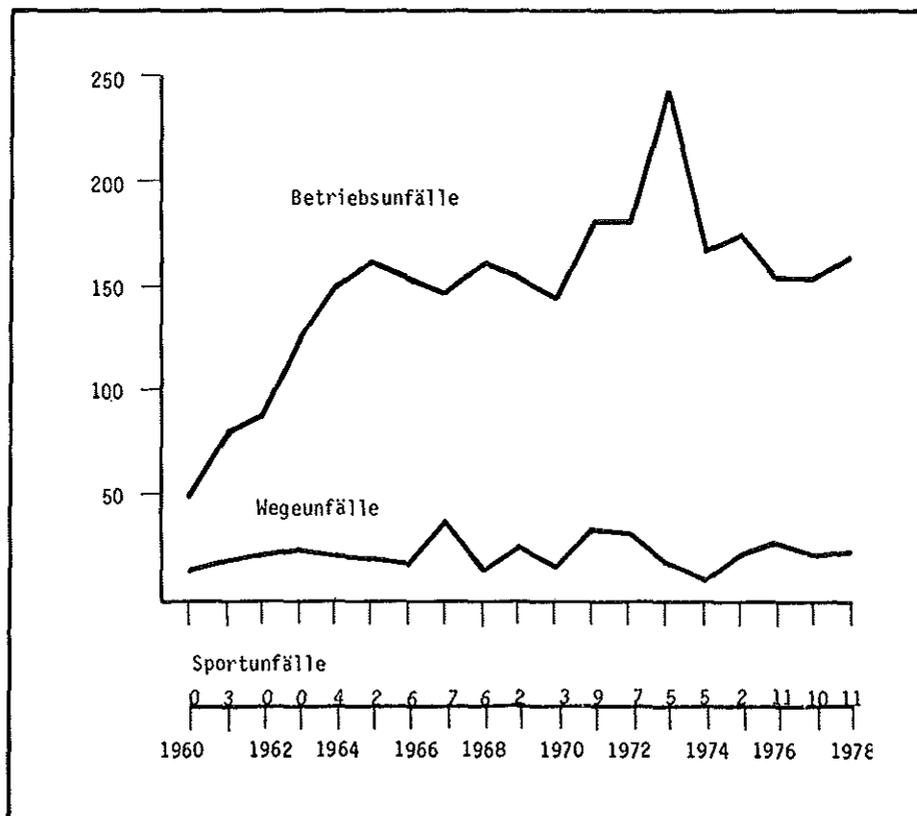


Abb. 2/1 : Arbeitsunfälle aufgeteilt in Betriebs-, Wege- und Sportunfälle 1960 - 1978

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

Tab. 2/8 : Statistik der Unfallarten

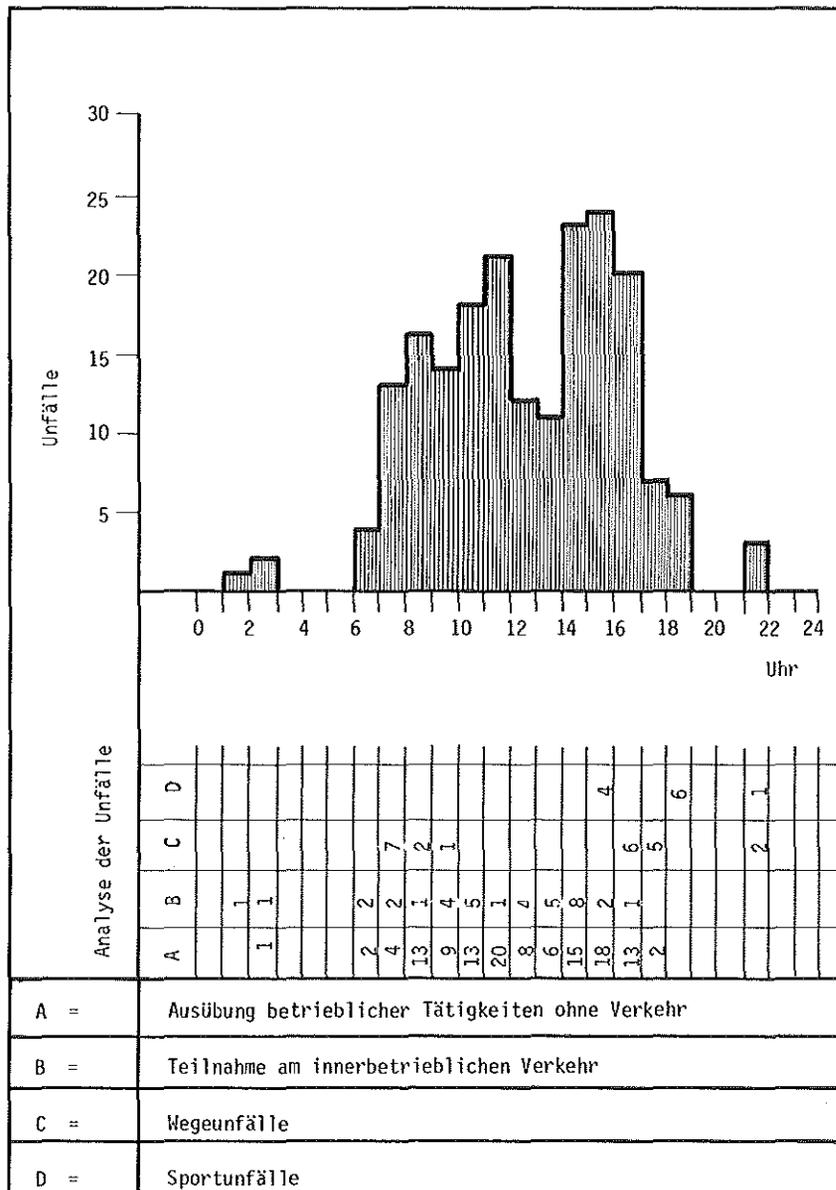


Abb. 2/2 : Verteilung der Unfälle auf die tägliche Arbeitszeit 1978

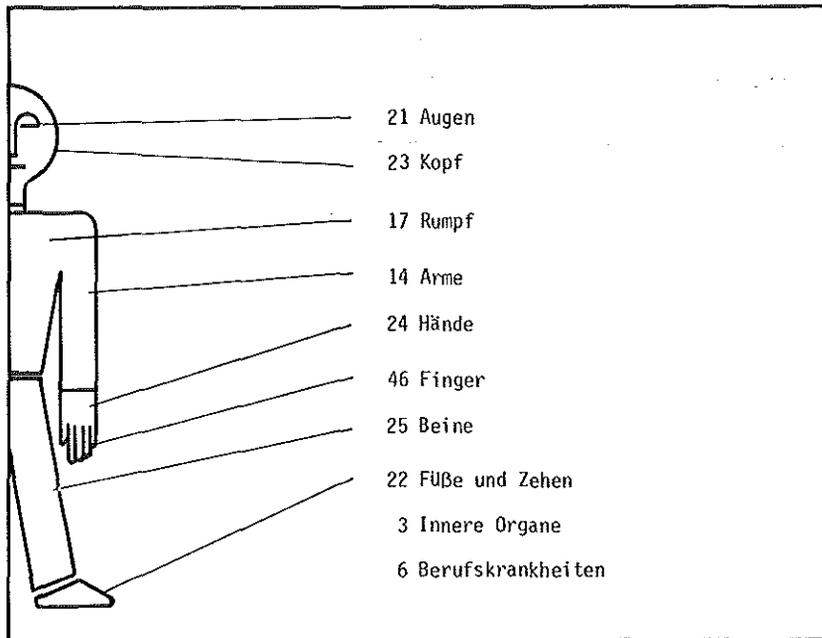


Abb. 2/3 : Analyse der Arbeitsunfälle nach verletzten Körperteilen - 1978
(einschließlich Wege- und Betriebssportunfällen)

	Kopf	Augen	Rumpf	Beine	Füße und Zehen	Arme	Hände	Finger	innere Organe	Berufs-krankh.
Bauhof	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-
Werkst./Montage	3	12	1	3	1	3	5	20	1	2
Labors	-	4	1	-	-	-	3	4	-	2
Betrieb	-	1	3	2	1	-	4	4	-	-
Läger	-	-	-	1	-	-	-	1	-	-
Wartung/Kontrolle	1	2	2	2	1	2	-	2	1	-
Versuchsstände	1	-	-	-	2	-	1	2	1	2
Transporte	5	-	-	1	2	1	1	5	-	-
Kantine	-	-	-	-	-	1	-	1	-	-
Innerbetr. Verkehr	5	-	4	11	9	5	3	1	-	-
Reinigung/Müllabfuhr	-	-	-	-	-	-	2	1	-	-
Büro	1	-	-	-	-	1	1	1	-	-
insgesamt	16	19	11	20	16	13	20	43	3	6

Tab. 2/9 : Analyse der Verletzten bei Betriebsunfällen 1978

2.3.6 Abnahme von Baustelleneinrichtungen

F. Merschroth

Gemäß bestehender Auflage für Fremdfirmen auf dem Gelände des Kernforschungszentrums Karlsruhe wurden 51 Baubaracken bzw. Bauwagen überprüft und abgenommen. Folgende Mängel wurden dabei festgestellt:

Bei 80 % war der Handfeuerlöscher nicht vorhanden bzw. die Prüffrist abgelaufen.

Bei 6 % war die elektrische Einrichtung mangelhaft.

Bei 4 % waren nichtzulässige Heizgeräte eingesetzt.

Bei 2 % wurden Kraftstoffe ohne zulässige Sicherheitseinrichtung gelagert.

Bei 5 % war die zugeteilte Nummerbezeichnung nicht angebracht.

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

2.3.7 Ausbildung für Führer von Flurförderzeugen

1978 wurden Mitarbeiter aus den Bereichen KNK, ADB und KTB zu Führern von Flurförderzeugen ausgebildet.

Weitere 22 Mitarbeiter aus denselben Bereichen sind zur Zeit in Ausbildung.

2.3.8 Arbeitsplatzüberwachung

Im Rahmen der Arbeitsplatzüberwachung wurden hinsichtlich Lärm und Schadstoffeinflüssen zahlreiche Kontrollen und Messungen durchgeführt (siehe Tabelle 2/10). An Lärmschwerpunkten wurde mit systematischen Messungen der gesamten Lärmbeaufschlagung sowie der Erstellung von Lärmzonenplänen begonnen.

Inst./Abt.	Gebäude, Räume	Art der Untersuchung	Anzahl der Messungen	Ergebnis	Empfehlung
IMF	Technikumshalle und angrenzende Labor-u.Büroräume	Lärmpeilmessung	9	54-91,5 dB(A)	Lärmkapselung
INR	Labor	"	4	62-71 dB(A)	Schallschutzkabine
EKM/Ekf	Sekretariat	"	3	71-72 dB(A)	
AS/TSB	Büro	"	6	57-83 dB(A)	Lärmkapselung
LIT	Technikumshalle und Labor	"	4	79,5-83 dB(A)	Lärmkapselung
IHCH	Mech. Werkstatt und angrenzende Räume	"	9	60-100 dB(A)	Vorsorgeuntersuchung
IRB	Technikumshalle	"	26	72-102 dB(A)	Lärmkapselung und Vorsorgeuntersuchung
ADI	Maschinenhallen, angrenzende Büroräume und Locherraum	"	30	41-83 dB(A)	Lärmschutzwand
AV/FD	KfK-Busse Typ Mercedes 309 D	"	5	60-82 dB(A)	Vorsorgeuntersuchung
SNEAK	Schaltwarte	Lichtverhältnisse	3	500 Lux	Beleuchtungsstärke reduzieren
ITP	Epoxidharz-Labor	Luftzirkulation	9	--	zusätzliche Bodenabsaugung
EKM	Geb. Nr. 256	Geruchsbelästigung		--	Verschließung eines Mauerdurchbruchs

Tab. 2/10 : Messungen am Arbeitsplatz

2.4 Sicherheitsbeirat

G. Stäblein

Der Sicherheitsbeirat für das Kernforschungszentrum Karlsruhe trat unter Vorsitz des Sicherheitsbeauftragten in der jeweiligen Besetzung im Jahre 1978 wie folgt zusammen:

Datum	Gremium	Thema
14. 4.	ADB	- Betriebsbericht 1977 - Planung und Änderungen - Neubau: Kerosinreinigungsanlage Pufferlager
9. 6.	WAK	- Anlage zur Reinigung von Auflöserabgasen (AZUR) - Prozeßerweiterungsgebäude (LABSAN) - Kurzlebige α -Strahler in der Aerosolemission

Tab. 2/11 : Sicherheitsbeirat-Sitzungen

Nach der seit 1970 bestehenden neuen Satzung für den Sicherheitsbeirat fanden insgesamt 86 Sitzungen mit unterschiedlichen Gremien statt:

	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	Summe
ADB				3	5	4	4		1	17
ALKEM		3								3
BÜF	2	1			1	2	1	1		8
IKVT							1			1
IHCH	1		1		1	1	1	1		6
IRCH							1			1
IMF		1								1
KNK		1								1
MZFR	1	1								2
RBT/FR 2	2			1			1	1		5
RBT/HZ	1		1		2		2	1		7
SNEAK	2	2	1	1	1	1		1		9
STARK	1	1								2
TEKO						1				1
WAK	2	5	6	3	2	2		1	1	22
Summe	12	15	9	8	12	11	11	6	2	86

Tab. 2/12 : Sicherheitsbeiratssitzungen

2.5 Einsatzplanung und Organisation

W. Reuble

Kommunikationsmittel im Sicherheitsdienst der Kernforschungszentrum Karlsruhe GmbH

Die einzelnen Systeme wurden wie folgt betreut:

- Lautsprecheranlage:
Prüfung von Beanstandungen über mangelhafte Wiedergabequalität von Durchsagen, Beseitigung von Störungen, Installation weiterer Lautsprecher, Probendurchsagen
- Notrufvermittlung (Rotes Telefon):
Anschluß- und Funktionsprüfungen, neue Aufstellung der angeschlossenen Teilnehmer, notwendige Zuordnungsänderungen
- Sprechfunk:
Entwicklung und Vorbereitung eines neuen Systems der Erfassung und Handhabung der Sprechfunkgeräte.
Erweiterung des Gerätebestands nach speziell festgelegten Ausführungsstandards
- Personenrufanlage:
Ertüchtigung des Systems durch Neuvergabe leichterere Geräte mit besserer Empfangsleistung. Weitestgehend können jetzt auch die allgemeinen Wartungsdienste jederzeit und überall im Kernforschungszentrum angesprochen werden.
- Sicherheitstechnische Unterlagen
Gebäudepläne für die Einsatzdienste und zugehörige textliche Angaben zur Brandbekämpfung wurden teilweise ergänzt. Der damit verbundene Änderungsdienst beschränkt sich auf aktuelle Erfordernisse. Hier zu nennen sind auch Begehungen und Inspektionen sowie die in diesem Berichtszeitraum für die Einsatzleiter vom Dienst (EvD) wieder aufgenommenen Ortseinweisungen in verschiedene Gebäude und Anlagen. Auch die Ausarbeitung einer Räumungsübung des ganzen Kernforschungszentrums erfolgte von hier und war verbunden mit der Herausgabe eines neuen Räumungsplans. Die Anschlußpläne zum Räumungsplan wurden mit verschiedenen Instituten neu überarbeitet. Entwürfe für Überarbeitungen des Alarmplans und der Allgemeinen Sicherheitsregelung wurden bearbeitet.

Allgemeine sicherheitstechnische Aufgaben

- Auskünfte und Vorschläge zu sicherheitstechnischen Problemen
- Prüfungen von Sicherheitseinrichtungen, Räumungswegen, Nottoren u.a.m.
- Beschaffung von Unterlagen und Geräten
- Ausweiskennzeichnung und Benachrichtigungsverzeichnis für den Alarmfall
- Beachtung der Flugbeschränkung über dem Kernforschungszentrum sowie der Landeerlaubnis für Hubschrauber.

2.6 Räumungsübung

W. Koelzer

Allgemeines zum Räumungsplan

Für das Kernforschungszentrum Karlsruhe besteht ein Räumungsplan, der auch für den Fall eines schweren

Unfalls und bei Bedrohung durch äußere Ereignisse eine sichere, ordnungsgemäße und schnelle Räumung des Zentrums ermöglicht.

Um eine geordnete Räumung innerhalb der erforderlichen Zeit durchführen zu können, ist das Kernforschungszentrum in (örtliche) Räumungsgebiete und in (zeitliche) Räumungszonen eingeteilt. Die Einteilung in Räumungsgebiete soll eine möglichst reibungslose Räumung durch Verteilung auf verschiedene Verkehrswege ermöglichen. Die Einteilung in Räumungszonen, die den Anlagen mit dem größten Gefährdungspotential zugeordnet sind, berücksichtigt die unterschiedliche Dringlichkeit der Räumung der verschiedenen Gebäude in Abhängigkeit vom Abstand vom potentiellen Gefahrenpunkt.

Die Räumung soll mit den privaten Fahrzeugen der Mitarbeiter erfolgen. Die motorisierten Mitarbeiter sind verpflichtet, Mitarbeiter ohne Fahrzeug in ihren Fahrzeugen mitzunehmen. Räumungsziel ist grundsätzlich die häusliche Wohnung.

Allgemeine Informationen für die Mitarbeiter über die Maßnahmen bei einer Räumung des Kernforschungszentrums sind in der an alle Mitarbeiter verteilten Allgemeinen Sicherheitsregelung des Kernforschungszentrums Karlsruhe enthalten.

Bisherige Übungen

Bei der ersten Übung zum Räumungsplan waren der Tag der Übung und der ungefähre Zeitpunkt bekanntgegeben worden. Die Übung war als "Abfahrübung" speziell für die Mitarbeiter mit Fahrzeug zum Kennenlernen der Räumungswege konzipiert. Die Räumung des Kernforschungszentrums erfolgte zeitlich gestaffelt. 1994 Fahrzeuge verließen in 30 Minuten das Kernforschungszentrum.

Bei der zweiten Übung waren die Mitarbeiter durch Rundschreiben nur über die Durchführung einer demnächst stattfindenden Räumungsübung informiert worden. Die Räumung erfolgte gleichzeitig für alle Gebäude. 1798 Fahrzeuge verließen während der Übung das Kernforschungszentrum. Trotz ungünstiger Witterungsbedingungen (Regen, Schneematsch, Glätte) hatten nach 20 Minuten 80 % und nach 28 Minuten über 90 % der Fahrzeuge das Kernforschungszentrum verlassen.

Die dritte Übung zum Räumungsplan sollte nach einer längeren Übungspause die Mitarbeiter wieder mit den Räumungswegen vertraut machen. Die Übung wurde durch ein Rundschreiben angekündigt. Die Räumung erfolgte zeitlich gestaffelt. 1659 Fahrzeuge verließen während der Übung das Kernforschungszentrum. 20 Minuten nach Räumungsaufforderung für die letzte Räumungszone war die Räumung durchgeführt.

Übung zum Räumungsplan am 7. 9. 1978

An der Übung beteiligten sich neben der Kernforschungszentrum Karlsruhe GmbH das Europäische Institut für Transurane, das Fachinformationszentrum Energie, Physik, Mathematik, die Gesellschaft zur Wiederaufarbeitung von Kernbrennstoffen und das Institut für Strahlentechnologie der Lebensmittel.

Die Übung erfolgte ohne vorherige Information der Mitarbeiter.

Die Aufforderung an die Mitarbeiter zur Räumung erfolgte zeitlich gestaffelt nach Räumungszonen (s. Abb. 2/4). Vorgesaltet war die Phase "Räumungsbereitschaft".

Zur Überwachung des Übungsablaufes und des Verhaltens der Übungsteilnehmer sowie zur Feststellung der zeitlichen Fahrzeugdichte an den Räumungstoren (s. Abb. 2/4) waren Mitarbeiter der Abteilung Sicherheit eingesetzt.

Während der Übung haben 2000 Fahrzeuge das Kernforschungszentrum verlassen. Es ergab sich folgende Verteilung auf die einzelnen Tore:

Südtor, Ausfahrt nach Osten	431
Südtor, Ausfahrt nach Westen	527
Tor 3	240
Tor 5	113
Nordtor	377
Tor 9	312

Die Übung zeigte, daß auch bei einer nicht angekündigten Räumungsübung rund 12 Minuten nach der Aufforderung zur Räumung für die letzte Zone das Kernforschungszentrum geräumt sein kann. Gegenüber bisherigen Übungen ist festzustellen, daß die Anzahl der Mitarbeiter, die ihrem Räumungsgebiet nicht zugeordnete Tore benutzen, zugenommen hat. Es kam zu keinen Unfällen.

2.7 Elektronische Datenverarbeitungsanlage

A. Antoni, G. Stäblein

Der seit 1975 für administrative Aufgaben des Technischen Sicherheitsbüros eingesetzte Tischrechner ist inzwischen durch zahlreiche Programme zeitlich ausgelastet.

Programmieren) 20 %
Programme aktualisieren)
Testläufe	5 %
Eingabe/Datenaktualisierung	40 %
Sortierläufe	15 %
Listenausgabe	15 %
Programmumrüstung) 5 %
Dokumentation)
Maschinenzeit	100 %

Tab. 2/13 : Zeitliche Auslastung der EDV-Anlage

Die Bedienung durch eine, auch mit dem Programm vertraute Person allein hat sich dabei als zeitlich rationell erwiesen, da Erfahrungen bei der Benutzung des Programms im System sofort verwertet werden können und Fehlleistungen der Maschine besser erkannt werden.

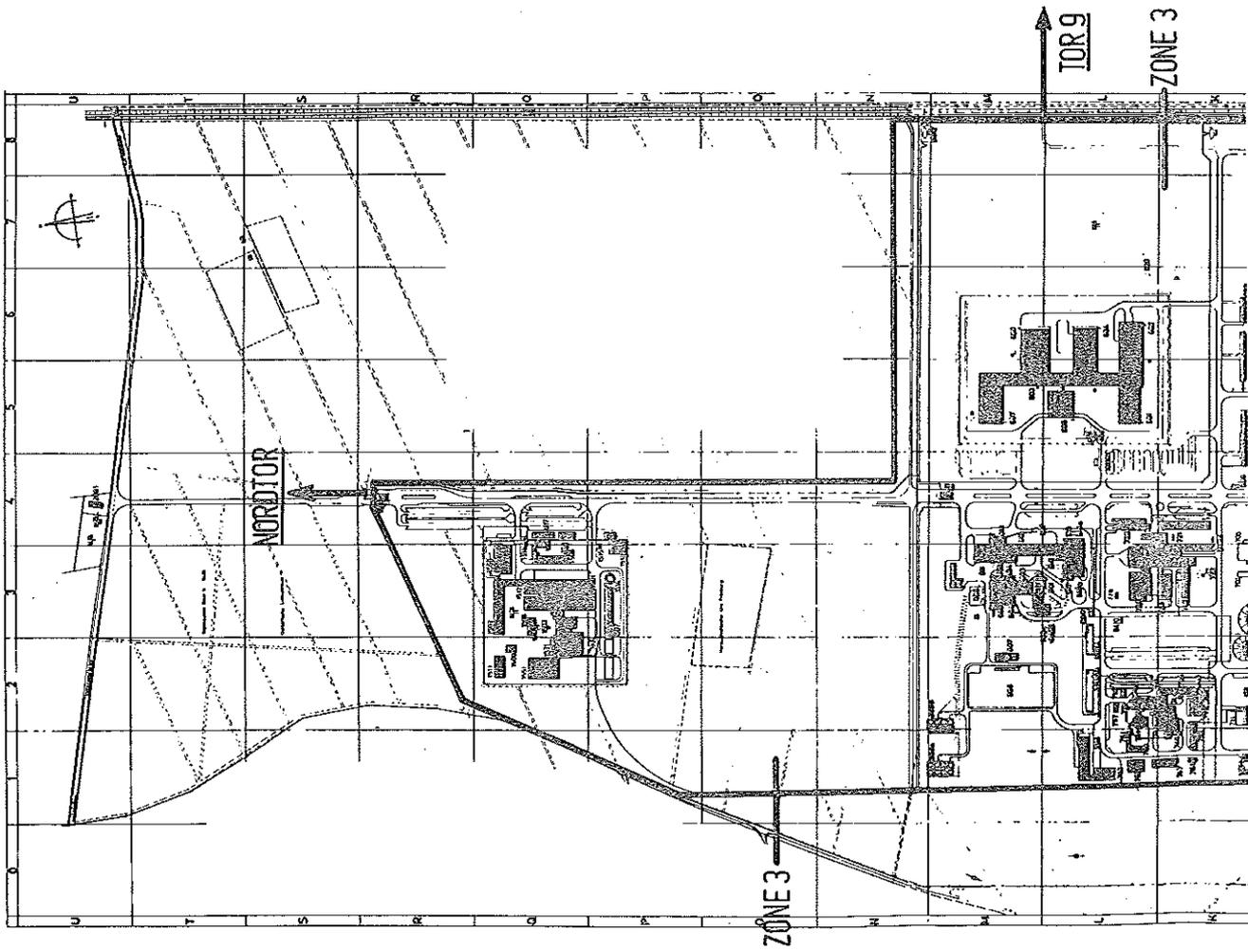
Die inzwischen zahlreichen Katalogprogramme zu administrativ hilfreichen Auswahllisten von Personal- und Sachdaten stehen wegen der damit verbundenen Umrüstzeit nur nach Zeitplan zur Verfügung.

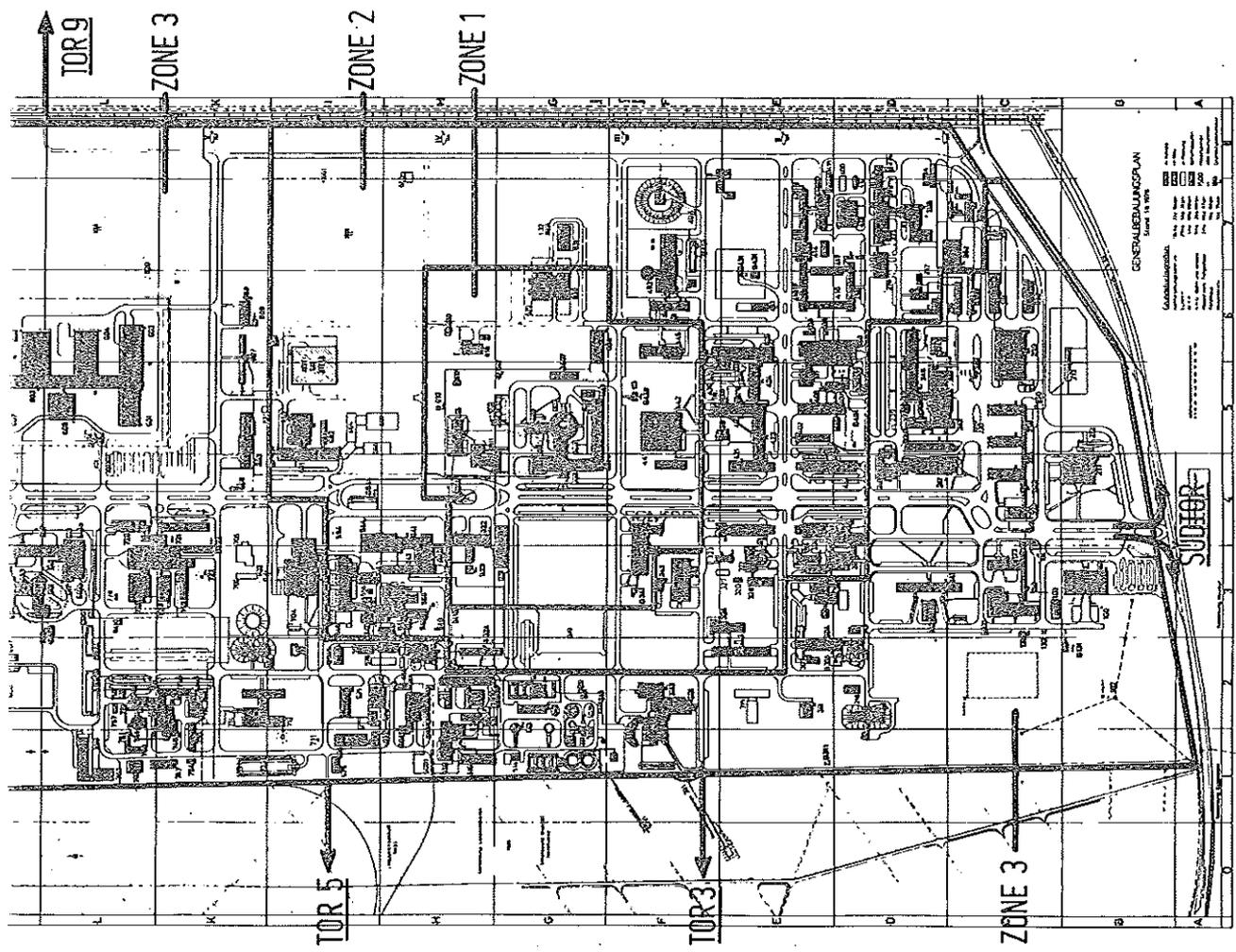
Beispiel:

Programm: DOKAR (= Dosiskartei)

Einen zeitlich breiten Raum nimmt das inzwischen weiter ausgebaute Programm für die Dosiskartei im Sinne der Strahlenschutzverordnung in Anspruch:

Ein gekürzter Probeausdruck der Hauptliste mit angenommenen Werten zeigt die hierbei entstehende Dokumentation (Abb. 2/5).





KERNFORSCHUNGSZENTRUM KARLSRUHE

Abb. 2/4 : Räumungszonen und -tore

JAHRESBILANZ 1978

 * 'ABTEILUNG' *

ZEICHENERKLÄRUNG :

MONATSWERTE IN MILLIREM
 V = VIERTELJAHRESWERTE
 J** = JAHRESWERT
 * = ÜBERPRÜFUNGSSCHWELLE ÜBERSCHRITTEN
 0 = UNTER DER NACHWEISGRENZE
 - = KEINE MESSUNG
 / = AUSGESCHIEDEN

FIG = GAMMAFILM
 FIB = BETAFILM
 TIK = TASCHEIONISATIONSKAMMER (STARDOSIMETER)
 TLD = THERMOLUMINESZENZDOSIMETER
 GLS = GLASDOSIMETER
 USU = DATUM; AERZTLICHE UNTERSUCHUNG
 BEL = DATUM; STRAHLENSCHUTZBELEHRUNG

NAME		JAN	FEB	MARZ	APR	MAI	JUN	JUL	AUG	SEP	OKT	NOV	DEZ	V1	V2	V3	V4	J78	
1	ZUNAME	FIG	140	50	110	100	200	100	0	180	140	100	40	40	300	400	320	180	1200
	VORNAME	FIB	90	60	190	70	120	60	-	120	-	-	-	280	340	250	120	280	990
		TIK	250	145	300	140	240	130	20	225	115	150	60	175	175	530	460	385	2070*
		TLD	274	88	225	124	239	164	0	209	156	99	47	99	587	527	365	245	1724+
		GLS	160	60	150	140	150	100	60	200	150	120	0	0	370	390	410	120	1290
		TIK/FIG	1.7	2.9	2.7	1.4	1.2	1.5	-	1.2	1.5	1.5	1.5	4.3					
I	USU	14.12.77 / 04.12.78 /											FAELLIG : DEZEMBER 79						
	BEL	26.08.77 / 03.04.78 / 21.12.78 /											FAELLIG : JUNI 79						
2	ZUNAME	FIG	170	100	80	60	160	80	80	140	60	120	80	60	350	300	300	260	1210
	VORNAME	FIB	100	100	-	50	160	-	-	-	-	-	40	-	200	210	0	40	450
		TIK	245	210	95	160	245	85	115	205	135	145	80	65	550	490	455	290	1785*
		TLD	221	152	85	91	215	98	81	137	82	118	74	63	458	404	300	255	1417
		GLS	200	90	40	80	130	0	80	120	0	100	0	40	330	210	200	140	880
		TIK/FIG	1.4	2.1	1.1	2.6	1.5	1.0	1.4	1.4	1.6	1.2	1.0	1.0					
I	USU	10.08.78 /											FAELLIG : AUGUST 79						
	BEL	14.11.77 / 03.04.78 / 25.09.78 /											FAELLIG : MAERZ 79						
3	ZUNAME	FIG	50	40	50	0	60	0	60	40	80	60	60	140	60	100	200	500	
	VORNAME	FIB	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	0	0	0
		TIK	80	40	65	0	60	0	20	80	60	60	60	40	185	80	140	180	565
		TLD	70	49	63	42	62	52	27	54	47	62	62	50	182	156	128	174	640
		GLS	60	0	0	80	70	0	60	40	50	40	0	60	60	150	150	100	460
		TIK/FIG	1.6	1.0	1.3	-	1.0	-	-	1.0	1.5	0.7	1.3	0.6					
I	USU	30.08.77 / 21.09.78 /											FAELLIG : SEPTEMBER 79						
	BEL	05.09.77 / 23.03.78 / 31.10.78 /											FAELLIG : APRIL 79						
	FIG	0	60	60	90	60	40	0	60	80	60	60	80	120	190	140	200	650	

3	ZUNAME	FIB	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	0	0	0	
	VORNAME	TIK	80	40	65	0	60	0	20	60	60	60	60	40	185	60	140	180	565
		TLD	70	49	63	42	62	52	27	54	47	62	62	50	182	156	128	174	640
		GLS	60	0	0	80	70	0	60	40	50	40	0	60	60	150	150	100	460
		TIK/FIG	1.6	1.0	1.3	-	1.0	-	-	1.0	1.5	0.7	1.3	0.6					
I	USU	30.08.77 / 21.09.78 /												FAELLIG : SEPTEMBER 79					
	BEL	05.09.77 / 23.03.78 / 31.10.78 /												FAELLIG : APRIL 79					
4	ZUNAME	FIG	0	60	60	90	60	40	0	60	80	60	60	120	190	140	200	650	
	VORNAME	FIB	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	0	0	0	
		TIK	65	60	75	100	0	0	20	105	85	40	60	235	200	100	210	335	645
		TLD	37	49	61	101	52	46	20	56	70	43	42	67	147	199	146	182	644
		GLS	0	0	80	100	0	0	60	70	90	40	0	80	80	100	120	120	520
	TIK/FIG	-	1.0	1.2	1.1	0.0	0.0	-	1.7	1.0	0.6	1.0	2.9						
I	USU	01.03.78 /												FAELLIG : MAERZ 79					
	BEL	05.09.77 / 23.03.78 / 31.10.78 /												FAELLIG : APRIL 79					
ABTEILUNGSSUMME :		FIG	360	250	300	250	480	220	80	440	340	360	240	240	910	950	860	840	3560
	FIB	190	160	190	120	380	60	0	120	0	0	40	380	540	460	120	320	1440	
	TIK	640	455	535	400	545	235	175	595	495	395	280	515	1630	1180	1265	1190	5265	
	TLD	602	338	434	358	568	360	128	456	355	322	225	279	1374	1286	939	826	4425	
	GLS	420	150	270	400	350	100	260	430	290	300	0	180	840	850	980	480	3150	
MITTL.PERS.DOSIS :		FIG	90	62	75	62	120	55	20	110	85	90	60	60	227	237	215	210	890
	FIB	47	40	47	30	70	15	0	30	0	0	10	70	135	115	30	80	360	
	TIK	160	113	133	100	136	58	43	148	123	98	70	128	407	295	316	297	1316	
	TLD	130	64	108	89	142	90	32	114	88	80	56	69	343	321	234	206	1106	
	GLS	105	37	67	100	67	25	65	107	72	75	0	45	210	212	245	120	787	
VERHAELTNIS TIK/FIG :			1.7	1.8	1.7	1.6	1.1	1.0	2.1	1.3	1.4	1.0	1.1	2.1	1.7	1.2	1.4	1.4	1.0
VERHAELTNIS TLD/FIG :			1.8	1.3	1.4	1.4	1.1	1.6	1.6	1.0	1.0	0.8	0.9	1.1	1.5	1.3	1.0	0.9	1.1
ZAHL DER UEBERPRUEFUNGEN - VIERTELJAHRESWERT :		0																	
JAHRESWERT :		3																	

Abb. 2/5 : Übersichtsliste der Strahlenschutzwerte nach Programm DOKAR

Im einzelnen sind erforderlich

- EINGABE - Personendaten
- Zu-und Abgänge
 - Einstufung nach Dosimetriegruppe (z.Zt. Gruppen I - IV)
 - Bestellung als Strahlenschutzbeauftragter
 - Meßwerte der Personendosis nach § 63 Strahlenschutzverordnung
 - Termine der ärztlichen Untersuchung nach § 67 Strahlenschutzverordnung
 - Termine der Strahlenschutzbelehrung nach § 39 Strahlenschutzverordnung

Dafür werden Leistungen erbracht

- AUSGABE - Übersichtsliste (siehe Abb. 2/5)
Über persönliche Strahlenschutzdaten innerhalb einer Abteilung und Abteilungsquerschnitt mit:
- Monatsergebnissen verschiedener Dosimetersysteme und deren Relation
 - Laufende Vierteljahres - und Jahresbilanzwerte der Personendosis im Sinne von § 49 Strahlenschutzverordnung
 - Hervorhebung von auffälligen Dosiswerten, die eine Überprüfung im Sinne der Richtlinien erforderlich machen = Richtlinie für die physikalische Strahlenschutzkontrolle (§§ 62 und 63 Strahlenschutzverordnung) verabschiedet vom Länderausschuß für Atomkernenergie am 22. Februar 1978 - Bekanntmachung des BMI vom 5.6.1978 - RS II 2 - 515503/1 -
 - Fälligkeitsmonat für nächste ärztliche Untersuchung
 - Gegebenenfalls Vorhandensein ärztlicher Bedenken und vorzeitige Nachuntersuchung
 - Fälligkeitsmonat für nächste Strahlenschutzbelehrung
 - Auswahlliste der Personen mit fälliger Überprüfung der Expositions-und Meßbedingungen, gegebenenfalls Berechnung der Körperdosis
 - Auswahlliste der im Abrufmonat zur ärztlichen Untersuchung fälligen Personen
 - Auswahlliste der im Abrufmonat zur Strahlenschutzbelehrung anstehenden Personen.

Das Programm wird zur Zeit für drei größere Abteilungen probeweise neben der üblichen Kartei geführt und soll im kommenden Jahr so erweitert werden, daß für mehrere Abteilungen die erforderlichen Daten gespeichert und abgerufen werden können.

Die mindestens einmal monatlich ausgefertigte Hauptliste wird zur Information an die zuständigen Strahlenschutzbeauftragten, die Strahlenschutzbereichsleiter und den Leiter AS/O gegeben, sie steht der Aufsichtsbehörde zur Einsichtnahme offen.

Durch Auflistung des Programms wird der Aufzeichnungspflicht im Sinne des § 66 Strahlenschutzverordnung Genüge getan, wobei die Vorschriften des Bundesdatenschutzgesetzes (BDSG) über die Verarbeitung personenbezogener Daten entsprechende Beachtung finden.

- 2.8 Durchführung von Genehmigungsverfahren nach der Strahlenschutzverordnung und dem Atomgesetz sowie Erarbeitung von Sicherheitskonzepten für kerntechnische Anlagen der Kernforschungszentrum Karlsruhe GmbH

R. Schütten

Die Bearbeitung von Genehmigungsanträgen nach dem Atomrecht und der Strahlenschutzverordnung für das Kernforschungszentrum Karlsruhe wird vom Betreiber der kerntechnischen Anlage und in besonderen Fällen vom Technischen Sicherheitsbüro durchgeführt.

Zur Errichtung von Kontrollbereichen auf dem Betriebsgelände und zur Erweiterung von Beförderungsgenehmigungen für flüssige, mittelaktive Abfälle, die von der Wiederaufarbeitungsanlage Karlsruhe zur Kernforschungszentrum Karlsruhe GmbH transportiert werden, wurden die technischen Unterlagen erarbeitet und bei den zuständigen Stellen die Genehmigungsanträge gestellt. Außerdem wurden im Rahmen der Vorbereitungen für das Wiederaufarbeitungsprojekt in Gorleben, z.B. für das Forschungsprojekt "REDUKTION", einer Versuchseinrichtung im halbertechnischen Maßstab, die dem Ziel dient, das bei der Headend-Auflöserabgasreinigung anfallende NO_x und O_2 mit H_2 katalytisch umzusetzen, in Zusammenarbeit mit der Projektleitung die technischen Unterlagen für den Genehmigungsantrag erstellt. Im einzelnen konnte in dieser Arbeit nachgewiesen werden, daß selbst im hypothetischen Fall der Freisetzung und Zündung des gesamten H_2 -Inventars, das als Reduktionsmittel im separaten Gaslager vorgehalten wird, sicherheitstechnisch bedenkliche Auswirkungen auf kerntechnische Einrichtungen der Kernforschungszentrum Karlsruhe GmbH auszuschließen sind. Nach Abschluß des konventionellen Genehmigungsverfahrens für diese Anlage ist mit der Aufnahme des Betriebes im 1. Halbjahr 1979 zu rechnen.

Da i.a. zwischen der Fertigstellung einer Versuchseinrichtung und der Vorlage der atomrechtlichen Genehmigung für den Betreiber wegen der Vielzahl der eingeschalteten Instanzen eine beträchtliche Zeitspanne besteht, wurde für das Projekt "Schmelzanlage für Versuche unter stimulierten Unfallbedingungen" in Verhandlungen mit der atomrechtlichen Genehmigungsbehörde festgelegt, daß bereits nach Fertigstellung und Abschluß der Abnahmeprüfung durch den TÜV mit einem zunächst auf 1 Jahr befristeten Probetrieb begonnen werden kann.

Für die in der Kernforschungszentrum Karlsruhe GmbH befindlichen kerntechnischen Einrichtungen wurden in Zusammenarbeit mit dem Betreiber die für F + E -Programme notwendigen Kernbrennstoffinventare überprüft und, falls erforderlich, für die bestehenden Genehmigungen ein Änderungsantrag gestellt. Dies war geboten, da die kerntechnischen Anlagen entsprechend ihrer Genehmigungsmenge an Kernbrennstoffen und radioaktiven Stoffen in unterschiedliche Sicherungskategorien, für die jeweils differenzierte Sicherungsmaßnahmen vorgeschrieben sind, eingestuft werden. Unter Berücksichtigung eines einheitlichen Sicherungskonzeptes für das gesamte Kernforschungszentrum wurde mit der Ausarbeitung eines Konzeptes für die sicherungsrelevanten kerntechnischen Einrichtungen der Kernforschungszentrum Karlsruhe GmbH begonnen. Besonders eingehend wurden in diesem Zusammenhang Personenzugangskontrollsysteme, die zur Zeit auf dem Markt angeboten werden, getestet. Dabei wurde einem Zugangskontrollsystem, das auf der Basis der Sprecherverifikation arbeitet, besondere Aufmerksamkeit gewidmet. Inwieweit die hohen Anforderungen, die an ein solches Sprechererkennungssystem gestellt werden, wie

- hohe Sicherheit
- kurze Antwortzeit des Systems
- einfache Bedienbarkeit durch die Benutzer

von den Geräten erfüllt werden, kann erst abschließend in einer praktischen Versuchsdurchführung beurteilt werden.

2.9 Technische Objektsicherungs-Konzepte und Koordination

B. Bull

Im Berichtsjahr wurde an zahlreichen Konzepten, insbesondere für vorläufige Sicherungsmaßnahmen, bei verschiedenen Objekten mitgearbeitet.

Alarmzentrale

Ein Konzept für die schwachstromtechnischen Einrichtungen der geplanten neuen Alarmzentrale als Grundlage für Planung und Bauausführung sowie zur Vorstellung bei den Aufsichtsbehörden wurde erstellt.

Die Vorstellungen der für die Sicherung und Sicherheit zuständigen Stellen über die Funktion der Anlage mußten abgestimmt und in das technische Konzept umgesetzt werden.

Eine besondere Problematik lag darin, die Anlage so zu gestalten, daß alle anzuschließenden Sicherungs- und Sicherheitssysteme sicher beherrscht werden können. Dies gilt insbesondere für etwaige Einsatzfälle, bei denen eine Vielzahl von Informationen innerhalb kurzer Zeit verarbeitet werden müssen.

In der Konzeption sind daher weitgehend automatisierte, rechnergestützte Systeme vorgesehen. Die Bedieneinrichtungen der verschiedenen Systeme werden, soweit möglich, konzentriert, um eine einfache und übersichtliche Bedienung zu ermöglichen.

Die Anlage setzt sich im wesentlichen aus den folgenden Systemen zusammen:

- Gefahrenmeldeanlage
 - mit den Meldegruppen
 - Objektsicherung
 - Strahlenschutz
 - Feuermelder
 - Technische Sicherheit
 - Aufzüge
- Videoüberwachungsanlage

Insbesondere auf Grund von Auflagen der Behörden sind zahlreiche Bereiche durch Videoanlagen zu überwachen. Da die gleichzeitige sichere Beobachtung vieler Monitore problematisch ist, werden die bei bestimmten Ereignisfällen wichtigen Videobilder automatisch auf den Bedienplatz geschaltet.
- Funkanlage

Im Einsatzfall ist eine sichere Funkverbindung zu den mobilen Kräften besonders wichtig. Die Funkanlage ist daher so ausgelegt, daß Störungen durch fremde Sender oder Ausfälle an anderen Teilen auf ein Minimum reduziert werden. Die Bedienung der verschiedenen ortsfesten Stationen mit unterschiedlichen Frequenzen wird durch konzentrierte Abfrage erleichtert. Eine weitere Notrufeinrichtung ist vorgesehen.
- Weitere Systeme:
 - Tonbanddokumentationsanlage
 - Fernsprechkommandoanlage
 - Lautsprecheranlage
 - Personenrufanlage
 - Fernsprechanlage
 - Gegensprechanlage

Kleinrechner

Einsatz eines Kleinrechners und Erstellung entsprechender Programme zur Schulung von Bedienungspersonal der Alarmzentrale.

Das Bedienungspersonal wird nach Fertigstellung der Einrichtungen mit einer im wesentlichen völlig neuen Technik konfrontiert. Zur Erleichterung des Überganges, insbesondere bei der Handhabung der Bildschirmsysteme, sollen rechtzeitig Schulungen durchgeführt werden.

KfK-Funknetze

Unabhängig von der Planung der neuen Alarmzentrale wurden die folgenden Konzepte erstellt und mit den beteiligten Stellen abgestimmt:

- Interne Neuverteilung der vorhandenen Frequenzen dem heutigen Bedarf entsprechend
- Erweiterung und Modernisierung der Notrufeinrichtung
- Einführung eines Kennungssystems für alle Funkteilnehmer
- Diversity-System

Die Funkausleuchtung des Gesamtsystems ist mit den bisher vorhandenen Stationen nicht ganz ausreichend.

Störungen von fremden Sendern können unter Umständen den Funkverkehr stark beeinträchtigen. Das Diversity-System mit mehreren abgesetzten Stationen beseitigt diese Nachteile. Entsprechende Ausleuchtungsversuche wurden durchgeführt.

2.1o 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 des Kernforschungszentrums Karlsruhe.

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

- Artikel 79, 81 und 82 des EURATOM-Vertrages
- Verordnung Nr. 8 der EURATOM-Kommission
(für KfK teilweise noch gültig)
- Artikel 71 a und 48 des NV-Vertrages (IAEO-EURATOM)
- Verordnung Nr. 3227/76 der EURATOM-Kommission
(für KfK teilweise in Kraft)
- Strahlenschutzverordnung Bundesgesetzblatt
- sowie Umgangs-, Lager-, Betriebs- und Beförderungsgenehmigungen.

Die zentrale Erfassung erfordert die Prüfung und Buchung einer Vielzahl von Materialbewegungen.

	Meldungen der Anlagen an AS/TSB	Lieferscheine intern und extern	Gesamt
Kernmaterial	750	890	1 640
sonstige radioaktive Stoffe	540	630	1 170
Schwerwasser	20	18	38
Gesamt	1 310	1 538	2 848

Tab. 2/14 : Interne Meldungen über Materialbewegungen 1978

Aus den Unterlagen der Buchführung wurden erstellt:

- Monatsberichte - Kernmaterial
- sonstige radioaktive Stoffe
- Quartalsberichte - Kernmaterial (Kanadischen Ursprungs)
- Schwerwasser
- Halbjahresbericht - Erzeugung radioaktiver Stoffe
- umschlossene radioaktive Stoffe
- Anfall von radioaktivem Abfall
- Jahresberichte - Bestand an Kernmaterial
- Bestand an sonstigen radioaktiven Stoffen
- Bestand an radioaktivem Abfall

Behörde	Kernmaterial	sonstige radio-aktive Stoffe	Schwerwasser	Gesamt
EURATOM-Luxemburg	520	-	16	536
BMFT-Bonn	4	-	-	4
BAW-Frankfurt	514	-	-	514
MAGS-Stuttgart	514	65	-	579
GAA-Karlsruhe	12	61	-	73
LFU-Karlsruhe	-	64	-	64
Gesamt	1 564	190	16	1 770

Tab. 2/15 : Meldungen und Berichte an deutsche und internationale Behörden

Zusätzlich wurden vom 31. 5. bis 31.12. 1978 der EURATOM-Kommission, Luxemburg 150 Bestandsveränderungsberichte für fünf Anlagen des Kernforschungszentrums Karlsruhe übermittelt. Es waren die ersten Berichte (computergerechte Meldungen) nach der neuen Verordnung (EURATOM) Nr. 3227/76 und betrafen die Anlagen INR, IKVT, IRCH, SUA und SUR 100.

Die restlichen Anlagen des Kernforschungszentrums Karlsruhe verfahren noch nach der alten EURATOM-Verordnung Nr. 8, da die besonderen Kontrollbestimmungen der EURATOM-Kommission noch nicht erlassen sind. Es betrifft die Anlagen: KTB/FR 2, KTB/SNEAK, KTB/HZ und die Laboratorien.

Inspektion des Kernmaterials durch IAEO und EURATOM

1978 hat die Internationale Atomenergie-Organisation (IAEO) und die EURATOM-Kommission, Luxemburg folgende Inspektionen im Kernforschungszentrum Karlsruhe durchgeführt:

Anlage	EURATOM-Code	Zeitraum	Behörde
AS/TSB	-	15. bis 17. 2.1978	EURATOM
AS/TSB	-	10. bis 13. 4.1978	IAEO/EURATOM
KNK II	WKNK	"	"
MZFR	WMZF	"	"
KTB/HZ	WHZK	"	"
AS/TSB	-	6. bis 8. 6.1978	IAEO/EURATOM
KTB/SNEAK	WSNK	"	"
AS/TSB	-	15. bis 16. 8.1978	IAEO/EURATOM
KTB/FR 2	WF2K	"	"
IMF III	WCRK	"	"
AS/TSB	-	28. bis 29. 8.1978	IAEO/EURATOM
SUR 100	WSUR	"	"
SUA	WSUA	"	"
INR	WKVS	"	"
IMF III	WCRK	21. 9.1978	EURATOM
AS/TSB	-	4. bis 8.12.1978	IAEO/EURATOM
IRCH	WRCH	"	"
MZFR	WMZF	"	"
KTB/SNEAK	WSNK	"	"

Tab. 2/16 : Kernbrennstoffinspektionen

Alle Inspektionen wurden in der Meldestelle vorbereitet, die Inspektoren durch die kontrollierten Anlagen begleitet und für jede Inspektion ein Abschlußbericht erstellt. Die Buchführung im TSB und die physikalischen Kontrollen des Kernmaterials verliefen reibungslos und führten zu keiner Beanstandung. Der Zeitaufwand für die Meldestelle betrug 34 Arbeitstage.

Zu bemerken ist, daß sich der Inspektionsablauf gegenüber den früheren EURATOM-Kontrollen geändert hat. Durch die Doppelkontrollen IAEA und EURATOM beträgt der Inspektionsaufwand für die Buchprüfung ca. 80 % der gesamten Inspektionszeit. Bei den früheren EURATOM-Kontrollen war das Verhältnis: 20 % Buchführung und 80 % physikalische Kontrolle des Kernmaterials. Ursache ist, daß die IAEA nicht nur die Unterlagen des Betreibers (in diesem Fall AS/TSB), sondern auch gleichzeitig die von EURATOM an IAEA erstellten Berichte überprüft.

Kernmaterialtransporte

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

Kategorie	KfK-intern	KfK-extern	Gesamt
Natururan	198	170	368
abgereichertes Uran	106	39	145
Thorium	9	6	15
angereichertes Uran	126	97	223
Plutonium	282	225	507
Gesamt	721	537	1 258

Tab. 2/17 : Kernmaterialbewegungen

2.11 Die Durchführung der Kernmaterialüberwachung nach dem Verifikationsabkommen im Kernforschungszentrum Karlsruhe

Chr. Brückner

2.11.1 Einleitung

Nach dem Inkrafttreten des Verifikationsabkommens zum Nichtverbreitungsvertrag am 21. Februar 1977 begann in den Unterzeichnerstaaten der Europäischen Gemeinschaft, darunter der Bundesrepublik Deutschland, die Erarbeitung der technischen Einzelheiten der von der IAEA und EURATOM durchzuführenden Überwachungstätigkeiten, die für jede kerntechnische Anlage in einem sogenannten Anlagespezifischen Anhang festgelegt werden. Diese Festlegungen werden zwischen der IAEA und EURATOM verhandelt, doch ist der Betreiber einer kerntechnischen Anlage durch ein Anhörungsverfahren einbezogen, die Zustimmung des betroffenen Staates zum Verhandlungsergebnis muß überdies entsprechend einer innerhalb der EG getroffenen Vereinbarung eingeholt werden.

Die Verhandlungen für das Kernforschungszentrum Karlsruhe mit allen seinen Einrichtungen begannen Anfang des Jahres 1978 und sind noch nicht vollständig abgeschlossen. Sie werden von der Abteilung Sicherheit in engem Kontakt mit den Betreibern der einzelnen Einrichtungen geführt. In ihrem Verlauf waren Konzepte zu entwickeln, die bei den Verhandlungen sowohl hinsichtlich genereller Fragen, wie auch bei der Behandlung der Überwachungsmodalitäten für die einzelnen Einrichtungen zugrundegelegt werden konnten.

2.11.2 Einteilung des Kernforschungszentrums in Anlagen und Materialbilanzzonen

Das Kernforschungszentrum wird in sieben Anlagen

- Schnelle-Nullenergie-Anordnung-Karlsruhe (SNEAK)
- Forschungsreaktor FR 2 (KTB/FR 2)
- Anlage Heiße Zellen (KTB/HZ)
- Institut für Heiße Chemie (IHCH)
- Teilinstitut III des Instituts für Materialforschung (IMF III)
- Institut für Neutronenphysik und Reaktortechnik (INR)
- Schule für Kerntechnik (SKT) mit Siemens-Unterrichts-Reaktor (SUR) und Siemens-Unterkritischer-Anordnung (SUA)

und drei sogenannte Materialbilanzzonen außerhalb von Anlagen (locations outside facilities)

- Institut für Radiochemie (IRCH)
- Institut für Kernverfahrenstechnik (IKVT)
- Laboratorien (zu welchen zusammengefaßt sind: IRE, IAK mit Zyklotron, IMF I, AS, EKM/FK, IRB, LIT, ABRA, LAF)

eingeteilt. Bei dieser Einteilung sind, mit Ausnahme wie der SNEAK und des FR 2, alle als "Anlage" eingestufteten Einrichtungen zum gegenwärtigen Zeitpunkt Anlagen mit einem Bestand von maximal 5 kg eff, für die eine Inspektion pro Jahr vorgesehen ist. Bei den entsprechend einem Kernmaterialbestand von jeweils maximal 1 kg eff als "Materialbilanzzone außerhalb von Anlagen" bezeichneten Einrichtungen wird maximal eine IAEA-Inspektion pro Jahr festgelegt, so daß de facto mit weniger als einer pro Jahr zu rechnen ist. Die zeitliche Durchführung der Inspektionen kann entsprechend der Einteilung individuell geeignet abgestimmt werden. Schließlich bietet die Einteilung die Möglichkeit, für jede Anlage und Materialbilanzzone außerhalb von Anlagen, falls erforderlich, individuell passende Regelungen für die Abbuchung von Abfall vom überwachungspflichtigen Kernmaterial zu finden.

2.11.3 Kernmaterialüberwachung an der SNEAK

Die SNEAK-Anlage zeichnet sich durch einen besonders hohen Kernmaterialbestand aus, dessen Verteilung auf mehrere Bereiche, wie Kernmateriallager, Brennelementzwischenlager und Reaktor, sich ständig ändert, dessen Gesamtwert jedoch praktisch konstant ist. Das Kernmaterial hat die Form von Plättchen, Blöcken und ähnlichem, es wird betrieblich nur nach Stückzahl gehandhabt.

Die Forderungen der IAEA und Euratoms zu Beginn der Verhandlungen des Anlagenspezifischen Anhangs umfaßten zwei Komplexe: zum einen die Kernmaterialbilanzierung mit zweimaliger Bestandsaufnahme und -prüfung pro Jahr, zum anderen eine ständige Verifikation der internen Kernmaterialbewegungen beim Be- und Entladen der Brennelemente und Versiegelungs- und Beobachtungsmaßnahmen zum Aufdecken nichtdeklarerter Bewegungen mit dem Ziel, alle 10 Tage die Vollständigkeit des Kernmaterialbestands feststellen zu können. Der Haupteinwand gegen diese Forderungen war, daß die zweimalige Bestandsprüfung im Reaktor jeweils zu mehrwöchigen Betriebsstillständen und damit zu einer unakzeptablen Betriebsbehinderung führt. IAEA und Euratom akzeptierten bezüglich des Kernmaterialbestandes im Reaktor, jedenfalls für Brennelemente mit einer Bandbreite bis zu einem Jahr, das Argument, daß die ständige Verifikation der Zu- und Abgänge verbunden mit der optischen Überwachung zur Aufdeckung nichtdeklarerter Manipulationen allein das Überwachungsziel zu erreichen gestattet und Bestandsprüfungen im herkömmlichen Sinne überflüssig macht. Nach der Entwicklung eines Versiegelungssystems für Brennelemente durch die Entwicklungsgruppe Kernmaterialsicherung konnte dieses Konzept verbessert werden, so daß nunmehr Bestandsverifikationen vollständig entfallen. Das Konzept sieht vor:

- SNEAK bildet eine Anlage mit einer Materialbilanzzone, 3 Schlüsselmeßpunkten für Bestandsaufnahmen (Lager, Zwischenlager, Reaktor), mehreren strategischen Punkten für Beobachtungs- und Versiegelungsmaßnahmen und zusätzlichen strategischen Punkten für die Verifikation der internen Materialbewegungen (u.a. Umladebereich).
- je ein Inspektor der IAEA und Euratoms sind ständig anwesend,
- eine interne Verifikation des bewegten Materials wird durchgeführt mit dem Ziel, etwa alle 10 Tage eine

Aussage über die Vollständigkeit des Bestandes machen zu können, mit

- a) Versiegelung der Lagerbehälter (Entsiegelung und Versiegelung durch Inspektoren beim Be- und Entladen von Subassemblies)
 - b) Stichprobenweiser Verifikation von Subassemblies nach deren Beladung (Verfahren: Herausgreifen von Subassemblies nach Abschluß der Beladung nach einem am Jahresanfang aufgestellten Probenplan, bezogen auf die erwartete Anzahl von Ladungen, Zählen der Plättchen der verschiedenen Typen und Identifizieren nach Einkerbungen, Probenahme von Plättchen und Ausmessung mit NDA)
 - c) Gewährleistung einer Aufdeckung von unerlaubten Manipulationen an den Subassemblies nach deren Beladung, also im Zwischenlager, auf dem Weg ins Core, im Core und zurück bis zur Entladung durch Beobachtungsmaßnahmen sowie am Versiegelungssystem an Brennelementen bzw. Corepositionen der Brennelemente
 - d) Stichprobenweiser Verifikation von Subassemblies bei deren Entladung, Verifikation der Beladung von Lagerbehältern vor deren Versiegelung.
- eine Bestandsverifikation durch Siegelprüfungen, wie sie ohnehin ständig bei der internen Verifikation (siehe c) durchgeführt wird
 - eine Anfangsinventarverifikation, nach Versiegeln der Corepositionen und Lagerbehälter sowie Einrichten der Kameraüberwachung am Stichtag, durch Verifizieren des Materials im Verlaufe seiner Umladung während des nächsten Jahres.

2.11.4 Kernmaterialüberwachung am FR 2

Der FR 2 ist ein mit schwach angereichertem Uran als Brennstoff und Schwerwasser als Moderator und primäres Kühlmittel betriebener Forschungsreaktor. Seine thermische Nennleistung beträgt 44 MW. Besonderer Gesichtspunkt der Kernmaterialüberwachung ist das in seinen Brennelementen in einer Menge von rund 2 kg pro Jahr erzeugte Plutonium. Die Überwachung des frischen wie des abgebrannten Brennstoffs in ihren Lagern bietet keine Schwierigkeiten. Die Brennelemente im Core jedoch sind ohne besonderen Aufwand einer Verifikation nicht zugänglich, da, anders als zum Beispiel bei Leichtwasser-Leistungsreaktoren, die Reaktorabdeckung bei Revisionen nicht abgehoben wird. Das Überwachungskonzept für den FR 2 sieht dementsprechend vor:

- eine ständige Überwachung des Lagerbeckens für abgebrannte Brennelemente und der Abtransportwege für diese Elemente aus dem Lagergebäude mittels Kameras
- viermal pro Jahr eine Verifikation des Bestandes an abgebrannten Elementen im Lagerbecken (Zählen, falls möglich, Identifizieren der BE-Nummern, Ergänzung gegebenenfalls durch zerstörungsfreie Messungen) durch Inspektoren
- Verifikation der Abtransporte bestrahlter Brennelemente, falls diese nicht eindeutig mittels der Kameraüberwachung erkennbar sind, durch Inspektoren
- einmal pro Jahr eine Bestandsverifikation durch Inspektoren im Core und Absetzblock durch Ziehen von maximal fünf statistisch ausgewählten Brennelementen und (qualitatives) Ausmessen mit der γ -Meßeinrichtung der Ladeflasche
- gemeinsam mit jeder Verifikation des Bestandes an abgebranntem Material eine Verifikation des Bestandes an frischen Brennelementen (Zählen, Identifizieren der BE-Nummern, zerstörungsfreie Messungen)
- einmal im Jahr eine Verifikation des Bestandes an sonstigem (nichtbestrahltem) Kernmaterial.

Der FR 2 bildet eine Materialbilanzzone. Für die Bestandsaufnahmen und -prüfungen werden 5 Schlüsselmeßpunkte unterschieden. Strategische Punkte sind eingerichtet für die erwähnten Beobachtungsmaßnahmen mittels Kamera.

2.11.5 Überwachung des Siemens-Unterrichts-Reaktors (SUR)

Der Siemens-Unterrichts-Reaktor SUR 100 ist der Schule für Kerntechnik zugeordnet, er bildet einen Schlüsselmeßpunkt für Bestandsaufnahme und -prüfung in dieser Anlage. Die Festlegung der Überwachungsmodalitäten für den SUR erwies sich insofern als problematisch, als IAEA und Euratom in einem ersten Entwurf des Anlagenspezifischen Anhangs als Bestandsaufnahme und -prüfungsverfahren am SUR 100 die Zählung und Identifizierung der Brennstoffplatten vorgesehen hatten, das heißt ein Verfahren, das ein mit erheblichen Betriebsbehinderungen

und genehmigungstechnischen Schwierigkeiten verbundenes Öffnen des Reaktors im Verlaufe jeder Bestandsverifikation voraussetzt. Mittlerweile konnte Euratom davon überzeugt werden, daß der indirekte Bestandsnachweis durch Kritischfahren des Reaktors, der die erwähnten Schwierigkeiten umgeht, mit gleicher Aussagefähigkeit von den Überwachungsbehörden angewendet werden kann. Die Verhandlungen mit der IAEA hierüber dauern noch an.

2.11.6 Überwachung der anderen Anlagen und Materialbilanzonen außerhalb von Anlagen

Jede der in Kap. 2.11.2 genannten Anlagen und Materialbilanzonen außerhalb von Anlagen umfaßt je eine Materialbilanzzone. Der Schwerpunkt der Überwachungstätigkeit liegt bei der Durchführung der Bestandsaufnahmen und -prüfungen. Hierfür werden für jede Anlage und Materialbilanzzone außerhalb von Anlagen geeignete Schlüsselmeßpunkte (SMP) festgelegt, Kernmaterialchargen und -posten mit den zugehörigen Chargendaten und Primärdaten definiert und Verifikationsverfahren angegeben. Die Tabelle 2/18 gibt eine Übersicht.

Einrichtung	SMP	Chargen	Prüfungsverfahren
KTB/HZ ^{x)}	13	Fullelements, pins, plates kleine Mengen, sonst.Mat.	Zählen, Identifizieren soweit möglich
IHCH ^{x)}	4	Kernmaterial in einer Materialposition	Zählen von Posten, Identifizieren Wiegen, Analyse von Proben, NDA
IMF III ^{x)}	4	"testmints", kleine Mengen, sonst.Mat.	Zählen, Identifizieren, Wiegen, chem. Messungen an Proben, NDA
INR ^{x)}	2	Fullrods or pins, kleine Mengen, sonst.Mat.	Zählen, Identifizieren, Wiegen, qualitat. NDA
SKT ^{x)}	5	Brennstoffplatten, die SUR- Core bilden, rods, sonst.Mat.	Nachweis Kritikalität am SUR, sonst. Zählen, Identifizieren, Wiegen, NDA
IRCH	1	kleine Mengen, sonst.Material	Zählen der Posten und Identifizieren
IKVT	1	kleine Mengen, sonst.Material	Zählen der Posten und Identifizieren
Laboratorien ^{x)}	9	kleine Mengen, sonst.Material	Zählen der Posten und Identifizieren
NDA: zerstörungsfreie Messungen ^{x)} Anlagenspezifischer Anhang noch in Verhandlung			

Tab. 2/18 : Verifikationsverfahren

Der Überwachung unterworfen ist grundsätzlich das gesamte Kernmaterial (besonders spaltbares Material und Ausgangsmaterial). Neben der Buchführung umfaßt die Verifikationstätigkeit der Inspektoren, die anhand einer vom Betreiber vorzulegenden Liste aller Kernmaterialposten in der Materialbilanzzone durchgeführt wird, die Prüfung aller Posten auf Vorhandensein; darauf folgend an Stichproben Nachmessungen der Kernmaterialmengen mit den jeweils festgelegten Verfahren.

2.11.7 Überwachungstechnische Behandlung von Abfällen

Das Konzept der Kernmaterialüberwachung nach dem Verifikationsabkommen sieht vor, daß unter bestimmten Bedingungen die Kernmaterialüberwachung an gemessenem Abfall beendet werden kann. Die Anlagenspezifischen Anhänge weisen die Höchstmengen pro Zeiteinheit (Monat, Jahr) aus, an denen die Überwachungsmaßnahmen ohne besondere Konsultationsverfahren mit den Überwachungsorganisationen beendet werden können, das heißt, als Abfall abgebucht und als nicht überwachungspflichtiges Material aus der Anlage oder Materialbilanzzone außerhalb von Anlagen abgegeben werden können. Diese Mengen liegen bei 10 g effektiv, bei einigen Anlagen (HZ, IHCh) konnte unter Hinweis auf "historische Daten" eine Erhöhung erreicht werden. Nach diesem Verfahren wird Abfall nach Verlassen der Einrichtung, die ihn erzeugt hat, nicht weiter überwacht.

3. Sicherung

F. Schäfer, F. Söldner

Der auf der öffentlichen Sicherheit lastende Druck hat auch im Jahre 1978 unvermindert angehalten. Nach Hinweisen der zuständigen Behörden scheinen in Zukunft auch kerntechnische Anlagen nicht mehr unbehelligt zu bleiben. Der hieraus abgeleitete Gefährdungsgrad für den Bereich des Kernforschungszentrums Karlsruhe führte zu einer Aufrechterhaltung der Ende 1977 angeordneten Sicherungsmaßnahmen, wobei in allen Bereichen eine steigende Tendenz zu verzeichnen ist. Die augenfälligste Veränderung in der Sicherung des Kernforschungszentrums Karlsruhe wurde durch den wesentlich verstärkten Einsatz von Polizeikräften erreicht.

3.1 Objektsicherungsdienst

G. Beck, W. Hagert, F. Paltian

Die aufgrund von Auflagen durchzuführenden Streifen haben trotz Anmietung von Fremdfirmen die Dienstschichten an die Grenze der Belastbarkeit geführt. Zur Erfüllung objektsicherungsbezogener Aufgaben war die personelle Aufstockung des Objektsicherungsdienstes erforderlich. Die erforderliche Schulung des mit Objektsicherungsaufgaben betrauten Personals ist angelaufen. Die Einführung in das Ausbildungsprogramm wurde im Dezember mit einem Test abgeschlossen. Da die Schulung der Objektsicherungsdienst-Mitarbeiter durch Ableisten zusätzlicher Oberstunden eine weitere erhebliche Mehrbelastung darstellt, ist eine Umstellung des Objektsicherungsdienstes auf einen 5-Schichten-Dienst vorgesehen.

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

Der Objektsicherungsdienst verfügt z.Z. über 17 Diensthunde. An den Ausbildungslehrgängen der Landespolizei-Hundeschule haben 6 Mitarbeiter des Objektsicherungsdienstes mit den ihnen persönlich zugewiesenen Diensthunden teilgenommen, 5 Mann sind 1978 als Schutzhundeführer und 1 Mann als Fährtenhundeführer ausgebildet worden. Die planmäßige Fortbildung wird innerhalb der eigenen Zwingieranlage sowie im KfK-Gelände und bei den örtlichen Hundesportvereinen der näheren Umgebung betrieben. Bei den örtlichen Hundesportvereinen haben unsere Diensthundeführer an 37 Schutzhundeprüfungen mit Erfolg teilgenommen. Eine Vergrößerung der Hundestaffel und die damit verbundene bauliche Erweiterung der Zwingieranlage sind vorgesehen.

Im Berichtszeitraum sind in der Alarmzentrale folgende Alarm- und Störmeldungen eingegangen:

Gruppe	Anzahl
Objektsicherung	107
Feuer	59
Störung (Aufzüge, Stromausfall usw.)	495
allg. Störmeldungen	667

Tab. 3/1: Alarm- und Störmeldungen

In den letzten drei Gruppen ist ein deutlicher Rückgang gegenüber dem Vorjahr zu verzeichnen. Insgesamt wurden 545 Einsätze registriert (Tab. 3/2). Es ist ein Rückgang gegenüber 1977 zu verzeichnen.

Einsatzleiter vom Dienst	50 Einsätze
Feuerwehr	55 Einsätze
Wartung	251 Einsätze
Versuchsleiter	85 Einsätze
Rufbereitschaft	104 Einsätze

Tab. 3/2: Registrierte Einsätze 1978

Der Empfangsdienst hat im Jahr 1978 40 580 Besucher des Kernforschungszentrums Karlsruhe registriert. An ausländischen Gästen wurden 4 600 Personen erfaßt. Von den insgesamt ausgestellten Besucherscheinen wurden lediglich 220 beim Empfangsdienst bei Verlassen des Zentrums nicht zurückgegeben.

3.2 Ermittlungsdienst

A. Baumgärtner

Im Jahre 1978 wurden 276 Verstöße gegen die Ordnungs- und Kontrollbestimmungen erfaßt und bearbeitet (siehe Abb. 3/1). Es mußten 38 Sicherstellungen von Material u.a. vorgenommen werden, weil zum Zeitpunkt der Ausfuhr kein Eigentumsnachweis erbracht werden konnte.

Die Anzahl der gemeldeten oder bekanntgewordenen Sachbeschädigungen belief sich im Berichtszeitraum auf 63 (siehe Abb. 3/2). Bis auf einen Fall konnten alle Verursacher ermittelt und dem Versicherungsreferat mitgeteilt werden. Damit wurden im abgelaufenen Jahr insgesamt DM 32 952,- den Verursachern zugunsten des KfK angelastet (siehe Tab. 3/3).

Im Berichtszeitraum wurden 44 Diebstähle gemeldet oder sind auf andere Weise bekanntgeworden. Gegenüber dem Vorjahr ist ein leichter Anstieg feststellbar. Die Aufklärungsquote betrug 61,3 % (siehe Abb. 3/3).

Vom Ermittlungsdienst wurden im Jahre 1978 z.T. zusammen mit anderen Abteilungen 470 Betriebsunfälle und sonstige Unfälle, an denen 248 Mitarbeiter und 222 Angehörige von Fremdfirmen beteiligt waren, untersucht. Die Tendenz ist rückläufig. Zur Unfallstatistik vergl. Kap. 2.

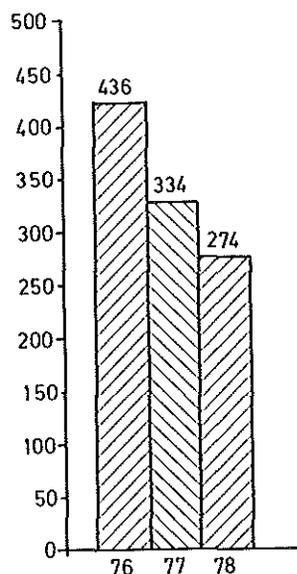


Abb. 3/1: Verstöße gegen die Ordnungs- und Kontrollbestimmungen

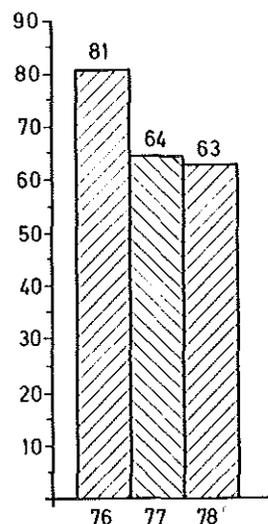


Abb. 3/2: Sachbeschädigungen

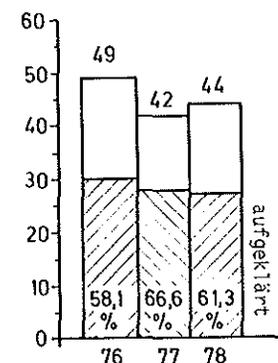


Abb. 3/3: Diebstähle

beschädigte Gegenstände	Jahr	bekannt-gewordene Fälle	aufgeklärte Fälle	Geschätzter Schaden in DM
Kabelschäden	1978	4	4	15 000
	1977	1	1	1 000
	1976	4	4	6 000
Lichtmasten	1978	7	7	3 500
	1977	3	3	3 000
	1976	2	2	1 500
Tore, Einzäunung	1978	11	10	10 000
	1977	6	6	5 000
	1976	14	14	6 000
Brände, Explosionen, Gebäudeschäden	1978	4	4	20 000
	1977	3	3	10 000
	1976	3	3	5 000
Dienst-Kfz	1978	11	11	27 000
	1977	8	8	10 500
	1976	20	20	10 500
Verschiedenes (Fenster, Bedachungen)	1978	26	26	28 000
	1977	43	43	18 000
	1976	38	38	24 000
S u m m e	1978	63	62	103 500
	1977	64	64	47 500
	1976	81	81	53 000

Tab. 3/3: Sachbeschädigungen; Einsatz des Ermittlungsdienstes

3.3 Güterkontrolle

F. Paltian

Die Güterkontrolle stellte im Jahre 1978 für Fremdfirmen und Anlieferer 24 558 Warendurchlaßscheine aus. Für Anlieferer oder Abholer von radioaktiven Materialien oder Kernbrennstoffen wurden im gleichen Berichtszeitraum 1 334 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 größerer Beanstandungen vermieden werden konnten. Diese positive Tendenz dürfte auf das seit Jahren praktizierte Verfahren zurückzuführen sein, das Belehrungen von Fremdfirmen vorsieht.

In Erfüllung von Sicherungsaufgaben müssen Warensendungen, die für bestimmte Schutzbereiche bestimmt sind, einer besonderen Kontrolle unterzogen und in diese Bereiche begleitet werden. Im Berichtszeitraum wurden 6 450 Sendungen einer Kontrolle unterzogen und 250 Warenbegleitungen durchgeführt.

3.4 Verkehrsdienst

W. Hauth

In der Berichtszeit wurden 89 Verkehrsunfälle einschl. Wegeunfälle, davon 65 Verkehrsunfälle im Kernforschungszentrum Karlsruhe, aufgenommen. Es waren 56 Unfälle mit leichtem Sachschaden und 23 Unfälle mit Schäden von jeweils über DM 1 000.- sowie 10 Unfälle mit Personenschaden zu bearbeiten (Tab. 3/4). Die häufigsten Unfallursachen waren:

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

Monat	Anzahl der Verkehrsunfälle (einschl. Wegeunfälle)			davon			Beteiligte				
	1976	1977	1978	leichter Sachschaden	Sachschaden > 1 TDM	Personenschaden	Personen Mitarbeiter	sonst. Pers.	Pkw	Lkw	sonst. Fahrz.
Januar	8	7	8	6	2	-	8	6	11	2	1
Februar	5	5	16	9	6	1	20	5	20	2	4
März	6	11	6	4	2	-	2	7	6	1	2
April	9	9	3	2	-	1	3	3	4	-	2
Mai	8	2	5	2	2	1	4	7	5	-	3
Juni	7	10	6	3	3	-	5	4	6	1	3
Juli	3	10	4	4	-	-	2	4	5	-	3
August	6	8	6	5	1	-	3	7	8	2	2
Sept.	7	10	10	8	1	1	10	6	7	3	6
Oktober	6	5	9	5	1	3	15	7	13	-	3
Nov.	14	8	8	4	3	1	8	3	9	3	2
Dez.	5	6	8	4	2	2	9	5	9	3	2
Summe	84	91	89	56	23	10	89	64	103	17	33

Tab. 3/4: Verkehrsunfälle

Mit Belehrungen im Sinne der Straßenverkehrsordnung wurden im Jahre 1978 insgesamt 472 Personen des Zentrums bedacht (1977 = 628 und 1976 = 612).

Bei Verkehrszählungen am 30.5.1978 und 15.12.1978 wurden die in den Tabellen 3/5 bis 3/8 wiedergegebenen Daten ermittelt.

Uhrzeit	Pkw		Lkw, Kombi, Busse		Kräder, Mopeds		Fahrräder	
	Ein	Aus	Ein	Aus	Ein	Aus	Ein	Aus
00.00 - 05.00	2	5	-	3	-	-	1	-
05.00 - 06.00	47	7	3	-	1	-	1	-
06.00 - 07.00	115	38	18	5	5	-	8	-
07.00 - 08.00	683	29	72	21	12	2	126	4
08.00 - 09.00	776	65	51	23	16	9	168	19
09.00 - 10.00	238	100	18	27	7	2	16	8
10.00 - 11.00	144	92	28	26	3	-	14	10
11.00 - 12.00	112	279	21	18	2	6	10	35
12.00 - 13.00	236	321	12	38	4	2	50	62
13.00 - 14.00	325	118	27	16	2	6	68	14
14.00 - 15.00	113	135	26	24	2	6	14	12
15.00 - 16.00	64	200	20	15	4	2	13	22
16.00 - 17.00	37	1019	20	66	-	18	3	230
17.00 - 18.00	22	340	1	14	-	6	1	52
18.00 - 19.00	20	96	1	7	-	1	2	12
19.00 - 20.00	15	55	3	2	-	-	1	6
20.00 - 21.00	12	33	-	5	-	-	-	2
21.00 - 24.00	56	75	12	9	-	2	2	2
Insgesamt	3017	3007	333	319	58	62	498	490

Tab. 3/5: Verkehrszählung am 30.5.1978 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	3	3	1	2	-	-	-	-
05.00 - 06.00	20	9	2	-	1	-	-	-
06.00 - 07.00	68	49	8	4	10	-	4	-
07.00 - 08.00	294	29	15	7	15	-	68	1
08.00 - 09.00	246	46	16	16	3	-	49	2
09.00 - 10.00	41	32	11	5	1	1	6	1
10.00 - 11.00	35	29	8	3	-	-	1	-
11.00 - 12.00	44	81	5	6	-	1	2	6
12.00 - 13.00	86	95	7	12	1	1	6	5
13.00 - 14.00	141	69	8	9	-	3	7	4
14.00 - 15.00	35	45	6	14	-	2	3	3
15.00 - 16.00	43	78	7	7	1	6	2	6
16.00 - 17.00	42	434	6	24	-	12	2	89
17.00 - 18.00	19	68	5	3	-	-	1	26
18.00 - 19.00	15	46	1	1	-	-	-	6
19.00 - 20.00	2	13	1	2	-	-	-	-
20.00 - 21.00	1	1	2	4	-	-	-	-
21.00 - 24.00	21	48	6	6	-	-	1	-
Insgesamt	1156	1175	115	125	32	26	152	149

Tab. 3/6: Verkehrszählung am 30.5.1978 von 00.00 Uhr bis 24.00 Uhr, Ein- und Ausfahrt Nordtor

Uhrzeit	Pkw		Lkw, Kombi, Busse		Kräder, Mopeds		Fahrräder	
	Ein	Aus	Ein	Aus	Ein	Aus	Ein	Aus
00.00 - 05.00	1	8	-	5	-	-	-	-
05.00 - 06.00	46	6	7	-	-	-	2	-
06.00 - 07.00	95	30	4	3	1	-	2	-
07.00 - 08.00	689	27	32	14	2	-	15	-
08.00 - 09.00	981	90	63	29	8	8	32	17
09.00 - 10.00	277	135	26	24	3	2	13	7
10.00 - 11.00	154	126	21	13	2	1	6	4
11.00 - 12.00	144	432	25	28	1	-	4	12
12.00 - 13.00	401	408	36	37	6	-	13	20
13.00 - 14.00	425	120	12	21	-	4	11	6
14.00 - 15.00	104	211	18	19	-	-	2	4
15.00 - 16.00	69	321	17	23	-	-	4	7
16.00 - 17.00	48	1050	21	48	-	4	1	27
17.00 - 18.00	35	286	3	7	-	1	-	8
18.00 - 19.00	10	94	-	2	-	-	-	2
19.00 - 20.00	9	54	2	2	-	-	-	-
20.00 - 21.00	6	26	-	1	-	-	-	-
21.00 - 24.00	39	80	8	9	-	-	1	1
Insgesamt	3533	3504	295	285	23	20	106	115

Tab. 3/7: Verkehrszählung am 15.12.1978 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	1	4	-	1	-	-	-	-
05.00 - 06.00	22	6	2	-	-	-	-	-
06.00 - 07.00	65	57	6	3	-	-	-	-
07.00 - 08.00	367	39	27	10	1	-	12	-
08.00 - 09.00	336	37	19	11	-	-	4	1
09.00 - 10.00	52	40	12	12	-	-	-	-
10.00 - 11.00	41	42	6	7	-	-	1	-
11.00 - 12.00	54	124	8	10	-	-	-	1
12.00 - 13.00	76	84	11	11	-	-	-	-
13.00 - 14.00	123	76	9	11	-	-	1	-
14.00 - 15.00	47	78	11	11	2	-	-	-
15.00 - 16.00	48	97	6	6	-	-	-	1
16.00 - 17.00	43	420	10	17	-	2	-	9
17.00 - 18.00	19	88	-	3	-	1	-	3
18.00 - 19.00	11	32	2	4	-	-	-	-
19.00 - 20.00	11	12	3	4	-	-	-	-
20.00 - 21.00	4	13	1	1	-	-	-	-
21.00 - 24.00	37	40	7	5	-	-	-	-
Insgesamt	1357	1289	140	127	3	3	18	15

Tab. 3/8: Verkehrszählung am 15.12.1978 von 00.00 Uhr bis 24.00 Uhr, Ein- und Ausfahrt Nordtor

3.5 Ausweisbüro

E. Schleicher

Das Ausweisbüro verwaltete am 31.12.1978 rund 82 500 Ausweiskarteikarten. Es stellte im Jahre 1978 für neue Mitarbeiter im Kernforschungszentrum Karlsruhe 527 Lichtbildausweise aus. Für Fremdfirmenangehörige, einschl. der Angehörigen von Universitäten und Hochschulen, mußten 4 223 Ausweise gefertigt werden. Bearbeitungsschwerpunkte waren:

- Bearbeitung von Anträgen für in Verlust geratene Lichtbildausweise
- Bearbeitung von Anträgen für in Verlust geratene Fremdfirmenausweise
- Erstellen von Gebäudeausweisen
- Sonderausweise für Bereich ADB
- Lichtbildausweise für Mitarbeiter fremder Firmen, die u.a. auch nach der allgemeinen Dienstzeit Zutritt zum Kernforschungszentrum Karlsruhe haben mußten.

4. Strahlenschutzüberwachung

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

Die Unterabteilung Strahlenschutzüberwachung ist vorallem 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 Instituten und Abteilungen des Kernforschungszentrums Karlsruhe tätig. Nach der räumlichen Lage der zu überwachenden Gebäude gliedert sich die Unterabteilung 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 Bereichs aufgeführt.

Gruppe	Bereich	Anzahl der Mitarbeiter der Strahlenschutzüberwachung	Anzahl der Überwachten Personen (Dez.78)	Fläche des Überwachten Bereichs in m ²
Nord	1. IHCH	8 ⁰	210	12050
	2. KTB/HZ, IMF, AVW/E	8 + 1*	240	12910
	3. KTB/FR 2, IT, IRE	11 ⁺	310	23500
West	4. ADB, ABRA, AVW/VB EKM/TAB-FK	15 [#] + 3*	560	31800
	5. IRCH	5	90	7390
SÜD	6. KTB-SNEAK, EKS, AV/ RD, ADI I, INR, IAK, LIT, LAF, KTB/EA	6	320	15570
	7. AS, AV, AVW/VB, AVW/HW, IK, ITP, IKVT, MPI, MED, IRB, IGT, EKM, Bau, SKT, ADI II, Zyklotron, PHDR, VST, BR	5	980	8590

* Leihpersonal, + Wechselschicht, # Schichtdienst, ⁰ zeitweise Schichtdienst

Tab. 4/1 Personalstand, Überwachte Personen und Bereichsgröße

Eine wichtige Aufgabe ist die Durchführung der Personendosimetrie. In Tab. 4/1 ist die Anzahl der Personen aufgeführt, die mit selbstablesbaren Taschenionisationskammern (TIK) ausgerüstet wurden (Stichmonat Dezember 1978). Über diese Meßergebnisse wird in Kap. 4.1.1 berichtet. Neben den Taschenionisationskammern werden je nach der möglichen Strahlenart weitere Dosimetertypen ausgegeben, wie Thermolumineszenzdosimeter (TLD), amtliche Phosphatglasdosimeter oder amtliche Film dosimeter. Über die Ergebnisse dieser Messungen wird in Kap. 2 berichtet.

In den Gebäuden und Anlagen werden Wischteste, Kontaminations-, Dosisleistungs- und Raumluftmessungen vorgenommen, sowie die Abluftmeßanlagen gewartet. In Tab. 4/1 ist die Fläche der jeweiligen betrieblichen Überwachungs-, Kontroll- und Sperrbereiche aufgeführt.

Die Mitarbeiter der Strahlenschutzüberwachung kontrollieren strahlenschutzmäßig den Materialtransport aus den Kontrollbereichen in den das ganze Gelände des KfK umfassenden betrieblichen Überwachungsbereich.

Die Unterabteilung unterhält ein zentrales Meßlabor, in dem die Aktivität von Luftfiltern ausgemessen und nuklidspezifische Analysen durchgeführt werden.

Im vergangenen Jahr wurde ein Arbeitsprogramm zur Bestimmung der Korngrößenverteilung radioaktiver Aerosole in Angriff genommen. Dabei wurden als erstes die Verhältnisse im Ofenbeschickungsraum in der Verbrennungsanlage der ADB untersucht (siehe 4.4).

4.1 Arbeitsplatzüberwachung

H. Dilger

Die Art und Menge der gehandhabten radioaktiven Stoffe und die Strahlenart sind in den einzelnen Instituten und Abteilungen unterschiedlich. Bei der folgenden Aufstellung werden die Einrichtungen des KfK in sechs Organisationseinheiten eingeteilt, die sich nicht mit den in Tab. 4/1 aufgeführten Bereichen decken.

4.1.1 Personendosimetrie mit Taschenionisationskammern

Die Tab. 4/2 zeigt, daß in der Einheit 5 Dekontamination und Abfallbeseitigung (ADB) die Zahl der Personen mit einer Jahresdosis von > 1500 mrem sowohl absolut als auch prozentual zur Anzahl der überwachten Personen am höchsten liegt. Auch die drei Personen in der Einheit 6 mit einer Jahresdosis von mehr als 1500 mrem bzw. die 4 Personen mit einer Jahresdosis zwischen 501 und 1500 mrem waren in der ADB beschäftigt. Insgesamt erhielten nur 56 der im Kernforschungszentrum Karlsruhe beschäftigten Personen eine Jahresdosis von mehr als 1500 mrem, d.h. nur knapp 2% aller Personen sind als strahlenexponierte Personen der Kategorie A zu betrachten. Weitere 205 oder rund 6% der im Kernforschungszentrum Karlsruhe beschäftigten Personen erhielten eine Jahresdosis zwischen 501 und 1500 mrem und sind somit als strahlenexponierte Personen der Kategorie B anzusehen. Somit ergibt sich, daß ca. 92% aller im Kernforschungszentrum Karlsruhe tätigen Personen nicht als strahlenexponierte Personen gemäß der Strahlenschutzverordnung zu gelten haben.

In der Abbildung 4/1 sind die Häufigkeitsverteilungen der mit Taschenionisationskammern gemessenen Personendosen für die Einheit 3 und Einheit 5 dargestellt.

4.1.2 Oberflächenkontaminationen

In Tab. 4/2 sind weiterhin die im Jahre 1978 gemessenen Oberflächenkontaminationen aufgeführt. Oberflächenaktivitäten oberhalb der Grenzwerte für den betrieblichen Überwachungsbereich werden dabei als Kontaminationen bezeichnet. Es handelt sich hierbei sowohl um Kontaminationen von Gebäudeoberflächen und Arbeitsplätzen als auch von Arbeitsgegenständen und Material. Am häufigsten traten α - und β -Kontaminationen in den Einheiten 3 und 5 auf, wo mit größeren Mengen radioaktiver Stoffe umgegangen oder wo sie beseitigt werden. In den Reaktoren, Beschleunigern und Einrichtungen mit geringen Mengen radioaktiver Stoffe traten α - und β -Kontaminationen in viel geringerem Maße auf. Dagegen kam es in den Reaktoren vereinzelt, in den Beschleunigeranlagen häufiger zu Tritiumkontaminationen.

4.1.3 Raumlufkontaminationen

Raumlufkontaminationen traten nur in der ADB, in den "Heißen Zellen" und im Forschungsreaktor FR 2 auf. Die Anzahl der Fälle ist in der Tabelle 4/2 angegeben. Aktivitätskonzentrationen oberhalb $1 \cdot 10^{-12} \text{Ci/m}^3$ für α -aktive Aerosole und oberhalb $4 \cdot 10^{-11} \text{Ci/m}^3$ für β -aktive Aerosole werden dabei als Raumlufkontamina-

Nummer	1	2	3	4	5	6
Organisations- einheiten	Reaktoren (KTB/FR 2, KTB/SHAK)	Beschleuniger (IAK, INR)	Einrichtungen mit hoher Aktivität (IHCh, IRCh, KTB/HZ, IMF III)	Einrichtungen mit niederer Aktivität (IMF I, II, IT, LAF II, LIT, ABRA)	Dekontamina- tion, Abfall- beseitigung (ADB)	Sonstige Einrich- tungen
Personendosis ermittelt mit TIK in mrem (1978)	Anzahl der Personen					
0 - 500	162	185	368	468	221	1 031
501 - 1500	17	13	50	2	119	4
1501 - 5000	1	2	6	-	44	3
Oberflächen- kontaminationen α in $\mu\text{Ci}/\text{cm}^2$	Anzahl der Fälle					
$10^{-4} - 10^{-5}$	4	2	328	-	368	-
$10^{-3} - 10^{-4}$	1	1	209	1	153	-
$10^{-2} - 10^{-3}$	4	-	73	-	31	-
$10^{-1} - 10^{-2}$	1	-	16	-	7	-
β in $\mu\text{Ci}/\text{cm}^2$						
$10^{-3} - 10^{-4}$	-	43	334	2	271	-
$10^{-2} - 10^{-3}$	-	5	555	2	100	-
$10^{-1} - 10^{-2}$	-	-	271	-	73	-
$10^0 - 10^{-1}$	-	-	86	-	21	-
^3H in $\mu\text{Ci}/\text{cm}^2$						
$10^{-2} - 10^{-3}$	1	17	-	-	-	-
$10^{-1} - 10^{-2}$	2	156	-	-	-	-
$10^0 - 10^{-1}$	-	42	-	-	-	-
$10^1 - 10^0$	1	14	-	-	-	-
Raumluft- kontaminationen α in Ci/m^3	Anzahl der Fälle					
$10^{-11} - 10^{-12}$	-	-	1	-	274	-
$10^{-10} - 10^{-11}$	-	-	1	-	83	-
$10^{-9} - 10^{-10}$	1	-	1	-	6	-
β in Ci/m^3						
$10^{-10} - 10^{-11}$	-	-	4	-	117	-
$10^{-9} - 10^{-10}$	1	-	2	-	112	-
$10^{-8} - 10^{-9}$	5	-	2	-	13	-
^3H in Ci/m^3						
$10^{-4} - 10^{-5}$	2	-	-	-	-	-
$10^{-3} - 10^{-4}$	-	-	-	-	-	-
$10^{-2} - 10^{-3}$	1	-	-	-	-	-
Personen- kontaminationen Anzahl	20	-	18	-	51	-

Tab. 4/2: Strahlenschutzmeßergebnisse in den verschiedenen Organisations-
einheiten des Kernforschungszentrums Karlsruhe

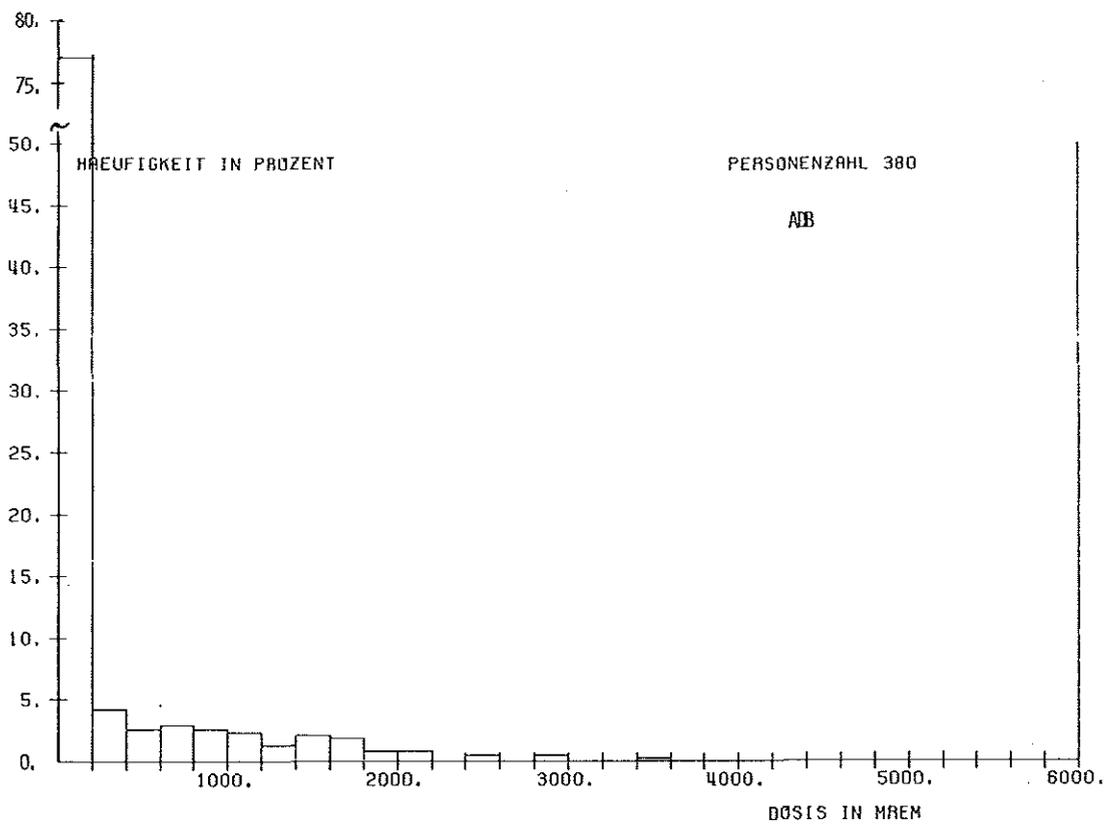
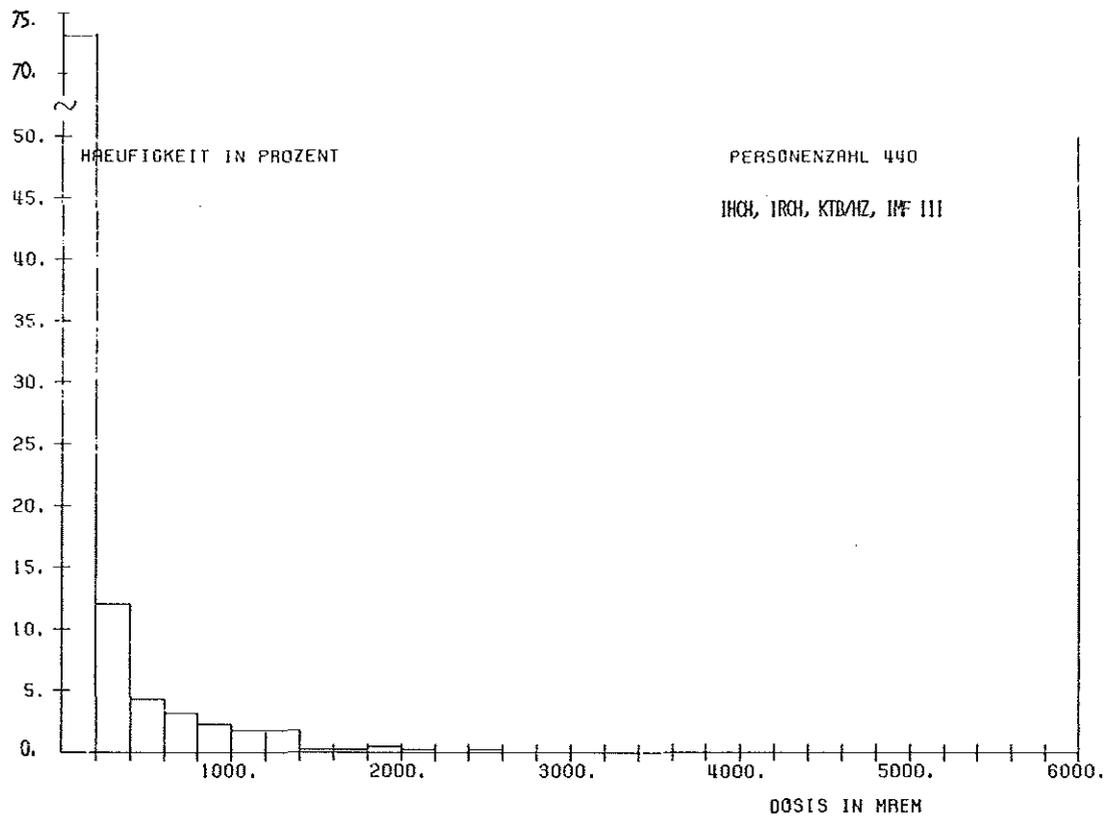


Abb. 4/1: Häufigkeitsverteilungen der mit Taschenionisationskammern gemessenen Personendosen

tion bezeichnet. Diese Grenzwerte wurden aus der maximal zulässigen Jahresaktivitätszufuhr bei einem Jahresinhalationsvolumen von 2500 m^3 für strahlenexponierte Personen der Kategorie A für Pu-239 und Ra-228 abgeleitet. Die weitaus meisten Raumluftkontaminationen kamen in der ADB vor. Hier war es vor allem die Verdampferanlage für LAW, die die erhöhten Werte aufwies' (vgl. hierzu 4.2).

4.1.4 Personenkontaminationen

Die Fälle von Personenkontaminationen sind in der letzten Zeile von Tab. 4/2 aufgeführt. In Tab. 4/3 ist eine Aufschlüsselung nach dem betroffenen Körperteil vorgenommen.

Körperteil	Hände	Kopf	Haare	Arme	Beine	Rumpf
Zahl der Fälle	34	26	7	9	6	7

Tab. 4/3 Von Kontaminationen betroffene Körperteile

4.2 Arbeitsplatzüberwachung in der Abteilung Dekontaminationsbetriebe (ADB)

H. Schüler

Die Entsorgung des Kernforschungszentrums und der Wiederaufarbeitungsanlage Karlsruhe (WAK) sowie die gleichzeitig stattgefundenen Umbauarbeiten in der Abteilung Dekontaminationsbetriebe (ADB) erforderten auch 1978 eine intensive Betreuung durch den Strahlenschutz.

Das bei der Arbeitsplatzüberwachung angefallene Datenmaterial stand den entsprechenden Bereichen der ADB jederzeit zur Verfügung und sollte Entscheidungshilfen liefern. Durch die Teilnahme des Strahlenschutzes an den regelmäßig stattfindenden Besprechungen der Betriebsleitung der ADB wurde ein stets aktueller Informationstransfer gewährleistet.

Die tägliche Auswertung der selbstablesbaren Taschenionisationskammern ist die am schnellsten zu Verfügung stehende Information über die personenbezogene Dosisbelastung des Betriebs- und Einsatzpersonals. Die Ergebnisse dieser Auswertung wurden in Form von Wochendosislisten den Betriebs- und Gruppenleitern übergeben und bei der Einsatzplanung berücksichtigt. Es ist festzustellen, daß 1978 keine Überschreitung der gesetzlichen Grenzwerte für Einzelpersonen zu verzeichnen war.

Bestandteil der intensiven Strahlenschutzbetreuung war 1978 die Bearbeitung von ca. 1800 Arbeitsanweisungen und Interventionserlaubnissen. Auf diesen wird vor Beginn der Arbeit Ort und auszuführende Tätigkeit beschrieben. Vor Arbeitsbeginn müssen auf jeder Arbeitsanweisung bzw. Interventionserlaubnis von autorisierten Mitarbeitern des Strahlenschutzes die der Tätigkeit angemessenen Strahlenschutzauflagen vorge-schrieben und unterzeichnet werden.

Durch Umbaumaßnahmen, zu denen z.B. die Abschirmung stark strahlender Komponenten gehörten sowie der Sanierung von Anlageteilen und kontaminierten Betriebsräumen, konnte die durchschnittliche Ortsdosisleistung an den Arbeitsplätzen des Betriebspersonals gegenüber dem Vorjahr verringert werden.

Benötigt eine vorgegebene Routinearbeit oder Reparatur einen feststehenden Zeitaufwand, so bestimmt die Dosisleistung vor Ort die Strahlungsdosis der mit der Ausführung betrauten Gruppe. Während man die Einzeldosen durch den Einsatz von mehr Personal verringern kann, ist die Gruppendosis im wesentlichen durch die Senkung der Ortsdosisleistung reduzierbar. Sie gibt also unmittelbar den Erfolg von Abschirm- oder Dekontaminationsarbeiten wieder.

In Tab. 4/4 sind neben der mittleren Einzeldosis die Gruppendosen der einzelnen Bereiche dargestellt.

		BETRIEBSGRUPPEN					
Bereich		Jahr	Anzahl der Überwacht. Personen	Gruppendosis		mittl. Einzeldosis	
				Film mrem	TIK mrem	Film mrem	TIK mrem
I	MAW-Verdampfer LAW-Verdampfer	1975	30	65 570	82 210	2 186	2 740
		1976	32	50 780	69 445	1 587	2 045
		1977	28	36 940	50 160	1 319	1 792
		1978	37	24 320	38 813	657	1 049
II	Oberflächendeko LAW-Verschrottung	1975	19	26 410	36 840	1 390	1 930
		1976	23	23 730	30 245	1 032	1 315
		1977	28	20 130	27 415	719	979
		1978	30	10 950	22 500	365	750
III	FERAB Paketierung Kerosinreinigung	1975	13	18 710	24 810	1 439	1 908
		1976	16	14 430	17 735	902	1 108
		1977	13	9 970	13 205	767	1 016
		1978	22	13 940	19 492	634	886
IV	Zementierung MAW-Verschrottung Lager	1975	12	23 220	28 360	1 935	2 363
		1976	15	21 060	22 350	1 404	1 490
		1977	16	20 440	23 195	1 278	1 450
		1978	32	29 140	30 560	911	955
V	Gruppe Technik	1975	16	20 050	24 645	1 253	1 540
		1976	23	17 030	20 155	740	876
		1977	12	9 750	12 910	813	1 076
		1978	13	3 840	7 540	295	580
ADB-Personal		1975	90	153 960	196 865	1 711	2 187
		1976	109	127 030	155 930	1 165	1 431
Gesamt		1977	97	97 230	126 885	1 002	1 308
		1978	134	82 190	118 909	613	887
Fremdpersonal		1975	84	220 528	252 003	2 625	3 000
		1976	456	156 340	160 710	343	352
Gesamt		1977	153	156 670	157 425	1 023	1 029
		1978	415	102 110	141 930	246	342

Tab. 4/4 Gruppendosis und mittlere Einzeldosis im Bereich ADB.

Monatsdosen auf Filmen unterhalb der Nachweisgrenze von 40 mrem wurden dabei nicht berücksichtigt.

Die für den Bereich I in dieser Tabelle feststellbare Reduktion der Gruppendosis (Taschenionisationskammerwerte) um ca. 23% ist im wesentlichen durch den Abbau bzw. eine sinnvolle Abschirmung stark strahlender Anlageteile und, wo dieses nicht möglich war, durch Einrichten von Sperrbereichen, erreicht worden. Weiterhin trug auch die Stilllegung der Bituminierungsanlage zu diesem Rückgang bei.

Die um 18% verringerte Gruppendosis im Bereich II wurde überwiegend durch die zeitweise Stilllegung der α - und der Kleingerätedekontamination verursacht.

Die Zunahme der Gruppendosis im Bereich III um ca. 46% ist nur bedingt durch die Übernahme der bis Mitte 1977 im Bereich I angesiedelten Pilotanlage für die Kerosinreinigung. Ohne diese wäre die Gruppendosis in etwa gleich geblieben.

Der Bereich IV verzeichnet eine Erhöhung der Gruppendosis um ca. 32%. Die Gründe hierfür sind die Zunahme der 1978 verarbeiteten β -Gesamtaktivität gegenüber dem Vorjahr um rund 35%, wobei sich die Zahl der zementierten Fässer fast verdoppelt hat, sowie der verstärkte Abtransport aus dem Zwischenlager in die Versuchsendlagerstätte ASSE.

Der Rückgang der Gruppendosis für den Bereich V sowie der des gesamten Fremdpersonals hat die gleichen Ursachen wie sie für den Bereich I gelten, in dem ein großer Teil dieses Personals eingesetzt war. Allgemein kann gesagt werden, daß zum Rückgang der Dosisbelastung eine besser werdende Disziplin bezüglich der Einhaltung von Strahlenschutzauflagen beigetragen hat.

Ein wesentlicher Bestandteil der Strahlenschutzüberwachung ist die routinemäßige Messung der Boden- sowie der Raumluftkontamination. Ziel der Umbauarbeiten in den Anlagen der ADB ist unter anderem, diese Kontaminationen so weit als möglich herabzusetzen. Für die Bodenkontamination sollen möglichst 1/10 der in der Strahlenschutzverordnung für Kontrollbereiche angeführten Werten 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 wurden an festgelegten Stellen eine der Raumgröße angemessene Zahl von Wischtests routinemäßig genommen und ausgemessen. Die zu wischende Fläche betrug 100 cm^2 . Der Abnahmefaktor wurde mit 10% festgelegt.

Die bis einschließlich 1977 gültigen Grenzwerte für die Raumluftkontamination von $A_{\alpha} \leq 2 \cdot 10^{-12} \text{ Ci}/\text{m}^3$ sowie $A_{\beta} \leq 3 \cdot 10^{-10} \text{ Ci}/\text{m}^3$ wurden für 1978 mit $A_{\alpha} \leq 1 \cdot 10^{-12} \text{ Ci}/\text{m}^3$ und $A_{\beta} \leq 4 \cdot 10^{-11} \text{ Ci}/\text{m}^3$ festgelegt. Diese Werte wurden aus den Grenzwerten der Jahresaktivitätszufuhr durch Inhalation ermittelt, wie sie für Radionuklidgemische unbekannter Zusammensetzung in der Strahlenschutzverordnung angegeben sind.

In den Abb. 4/2 - 4/15 ist für einige Räume der Verlauf der jeweils über eine Woche gemittelten Konzentrationswerte der Boden- sowie der Raumluftaktivität dargestellt. Der ab 1978 geltende niedrigere Grenzwert für die Raumluft wurde in den entsprechenden Diagrammen gestrichelt eingezeichnet.

Die zum Teil starke Streuung der Meßwerte ist durch den in einer Sanierungsphase unvermeidlich vorhandenen Wechsel von Arbeiten mit Kontaminationsfolge, wie z.B. Abspitzarbeiten mit starker Staubentwicklung, und anschließenden Zwischendekontaminationen bedingt.

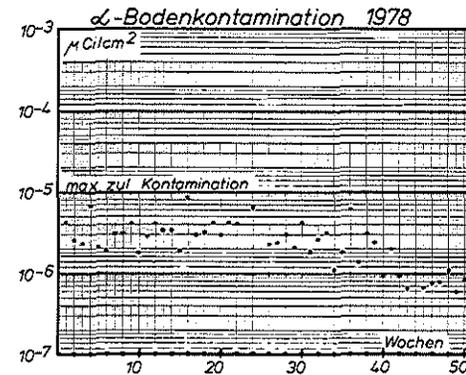
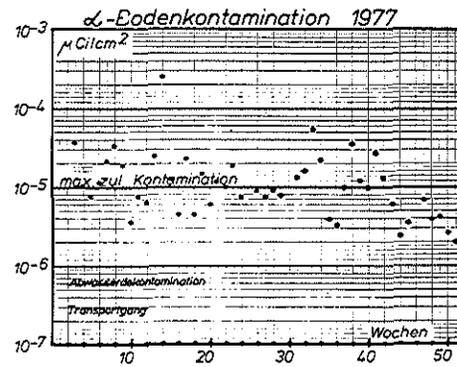
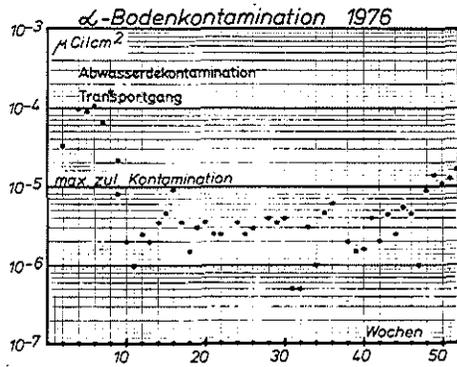
Aus diesen Diagrammen ist der Erfolg der Umbau- und Sanierungsmaßnahmen ersichtlich.

In einigen Räumen wurde die Zielsetzung bezüglich der Dekontamination weitgehend erreicht, während sich bei anderen erste Erfolge ablesen lassen.

So sind z.B. im Geb. 545, in dem sich der LAW-Verdampfer befindet, in der G-Behälterhalle (Abb. 4/8 und 4/9) die Sanierungsarbeiten seit einiger Zeit abgeschlossen, während sie im sogenannten Transport- oder Bedienungsgang (Abb. 4/2 und 4/3) erst in der 40. Woche beendet wurden. In der A-Behälterhalle (Abb. 4/4 und 4/5) wurden die Arbeiten über das ganze Jahr 1978 fortgesetzt und waren nur unter Atemschutz durchführbar.

Die Abb. 4/10 bis 4/13 zeigen den Kontaminationsverlauf in der großen sowie in der kleinen Halle der Betriebsgruppe "Oberflächendekontamination", in der Kleingeräte, Manipulatoren usw. dekontaminiert wurden. Hier sind die Überschreitungen der Grenzwerte durch kleinere Zwischenfälle bei diesen Dekontaminationsarbeiten bedingt und wegen ihrer sofortigen Beseitigung stets kurzfristig.

In Abb. 4/14 und 4/15 sind die Meßwerte des Betriebsraumes im 2. OG der FERAB dargestellt, in dem sich die Beschickung der Verbrennungsanlage für brennbare radioaktive Abfälle befindet. Der gleichmäßig gute Zustand dieses Betriebsraumes wurde nur durch einen kleinen Zwischenfall in der 27. Woche unterbrochen.



Anmerkung: Die mit "max. zul. Kontamination" bezeichneten Werte sind KfK/ADB-interne Grenzwerte, sie betragen 1/10 der Werte der Anlage IX/2 der Strahlenschutzverordnung.

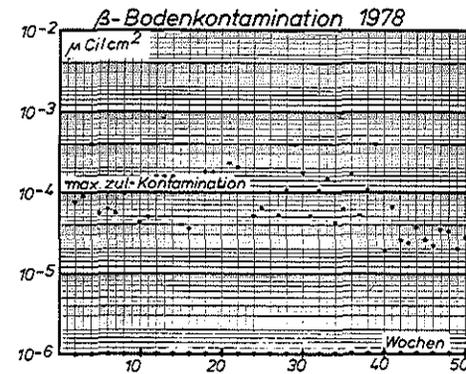
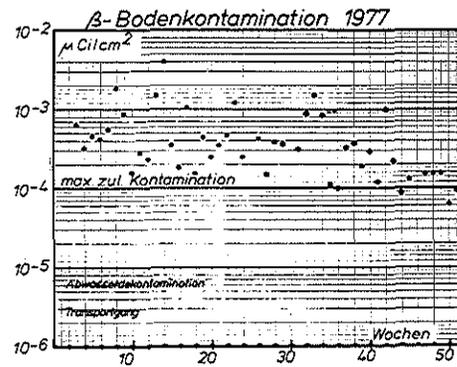
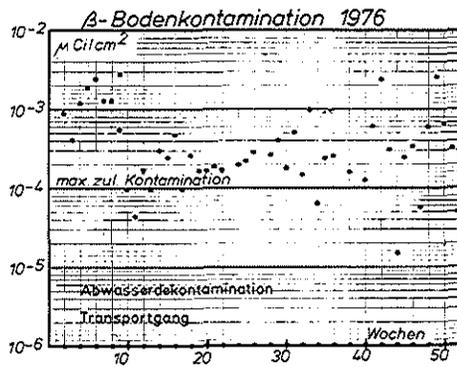
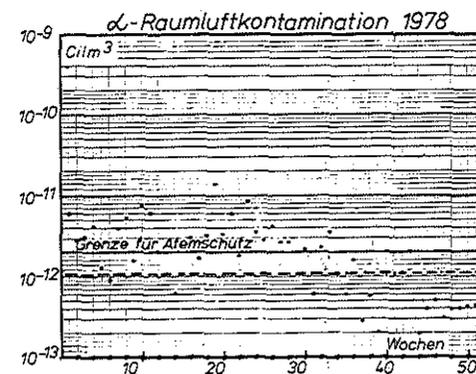
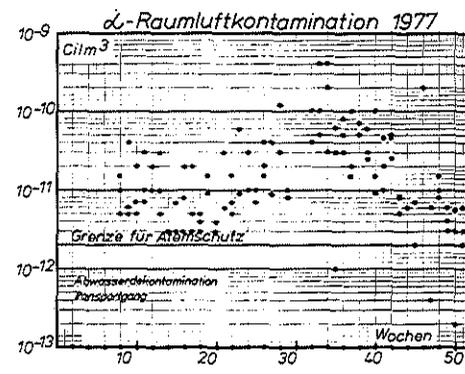
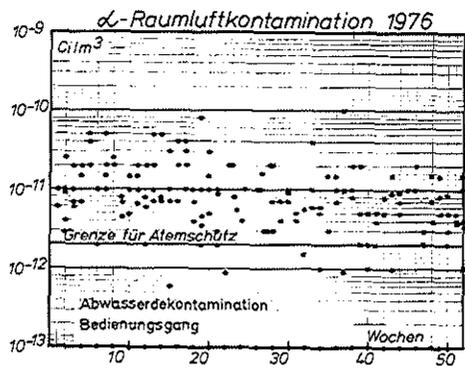


Abb. 4/2: Bodenkontamination Geb. 545, "Transport-/Bedienungsgang"



Anmerkung: Zur Definition der "Grenze für Atemschutz" siehe Kap. 4.2

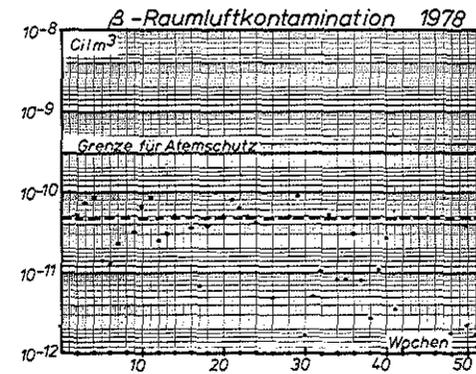
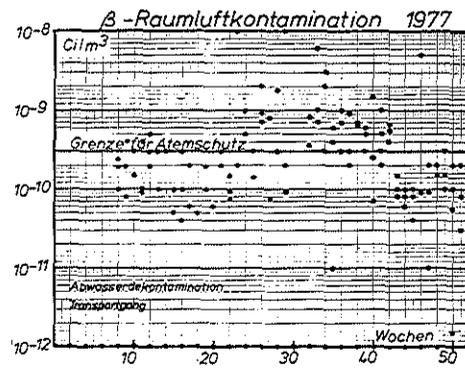
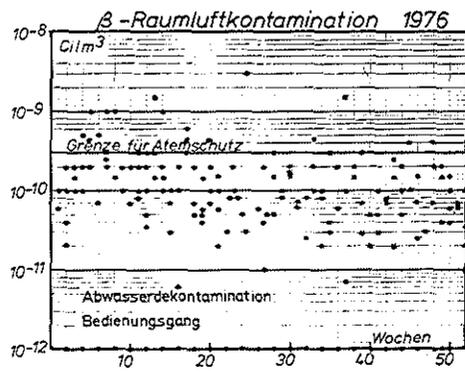
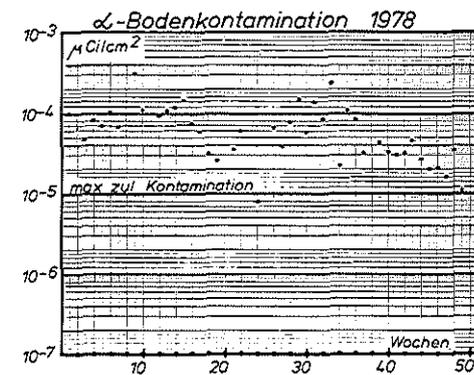
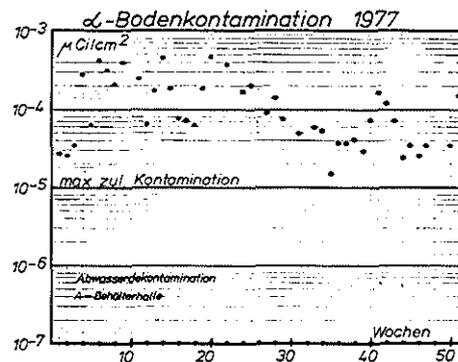
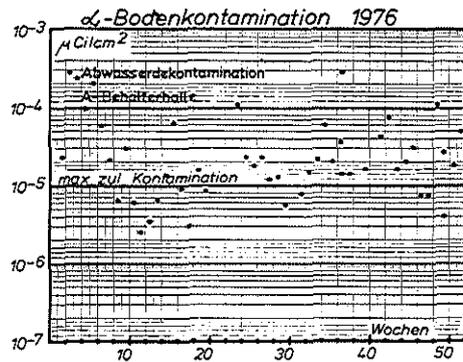


Abb. 4/3: Raumlufkontamination Geb. 545 "Transport-/Bedienungsgang"



Anmerkung: Die mit "max. zul. Kontamination" bezeichneten Werte sind KFK/ADB-interne Grenzwerte, sie betragen 1/10 der Werte der Anlage IX/2 der Strahlenschutzverordnung.

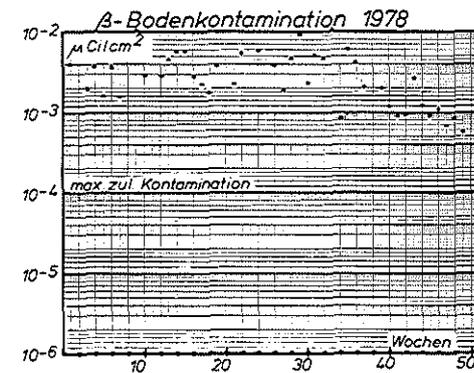
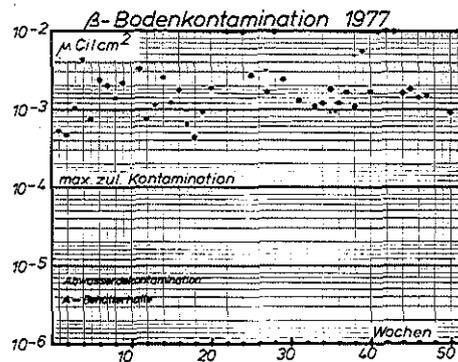
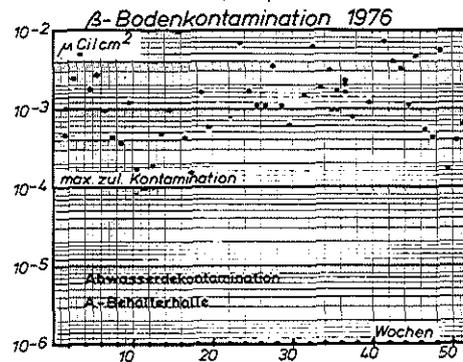
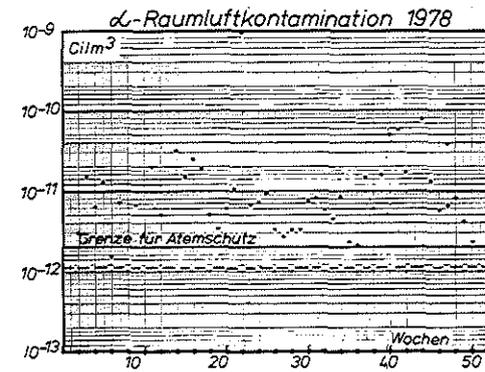
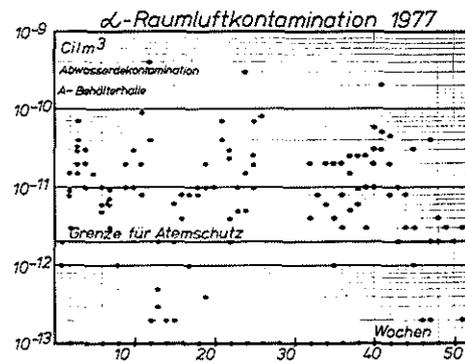
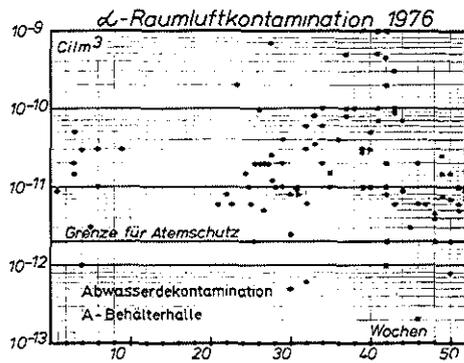


Abb. 4/4: Geb. 545 Bodenkontamination "A-Behälterhalle"



Anmerkung: Zur Definition der Grenze für Atemschutz" siehe Kap. 4.2

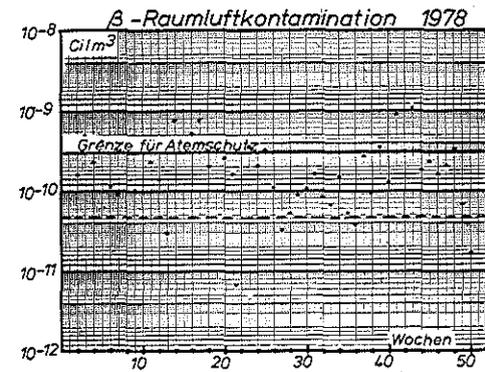
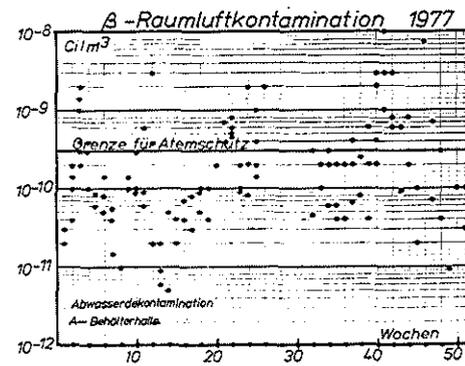
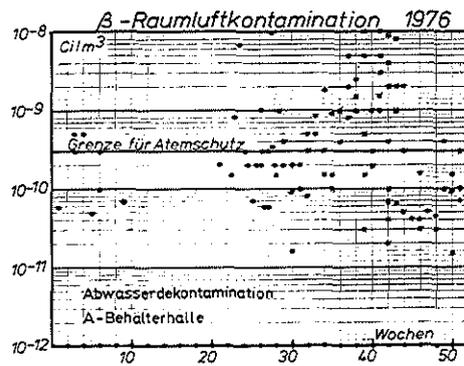
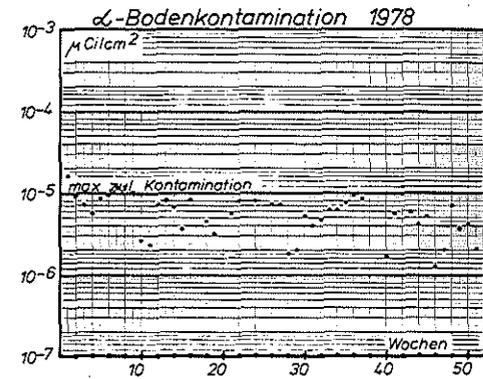
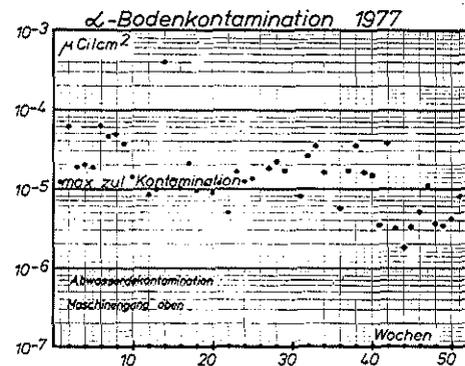
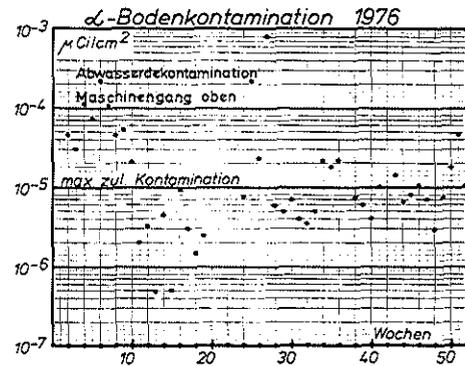


Abb. 4/5: Geb. 545 Raumluftkontamination "A-Behälterhalle"



Anmerkung: Die mit "max. zul. Kontamination" bezeichneten Werte sind KfK/ADB-interne Grenzwerte, sie betragen 1/10 der Werte der Anlage IX/2 der Strahlenschutzverordnung.

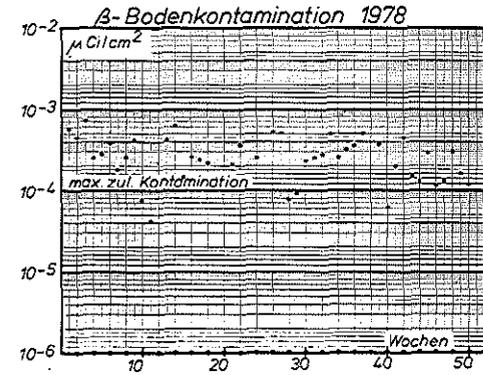
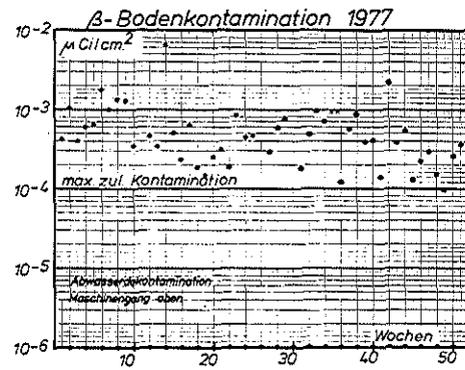
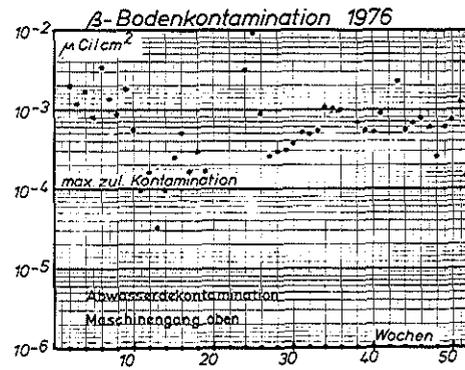
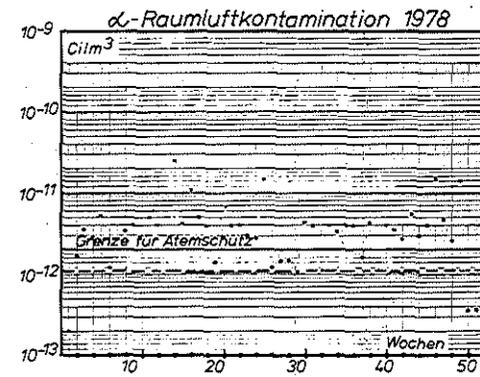
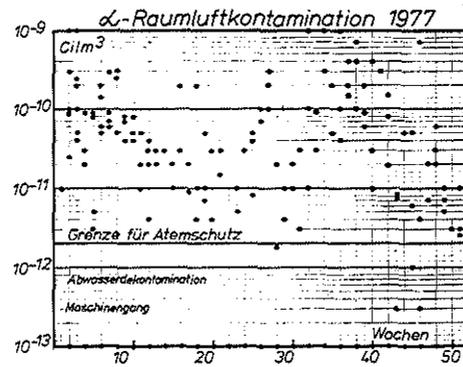
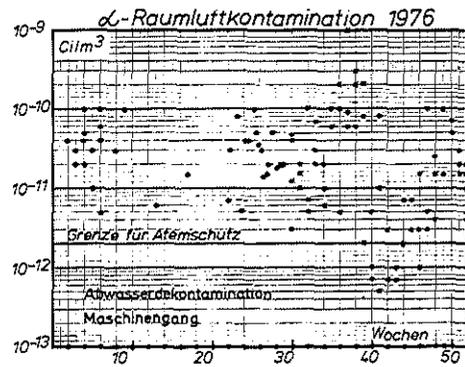


Abb. 4/6: Geb. 545 Bodenkontamination "Maschinengang"



Anmerkung: Zur Definition der "Grenze für Atemschutz" siehe Kap. 4,2

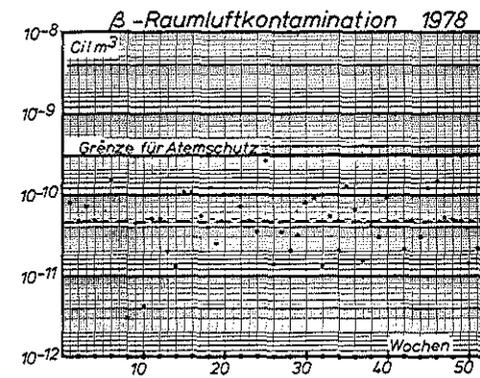
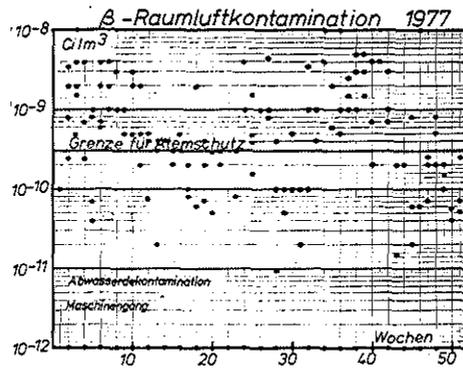
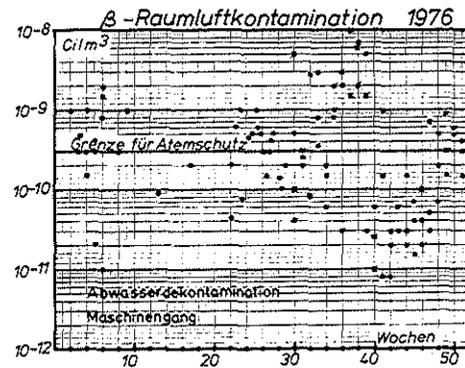
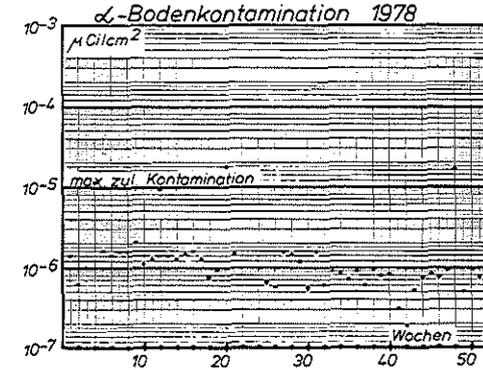
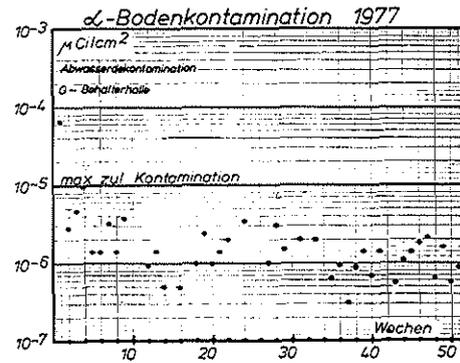
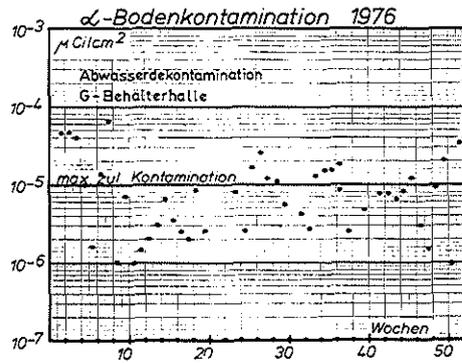


Abb. 4/7: Geb. 545 Raumluftkontamination "Maschinengang"



Anmerkung: Die mit "max. zul. Kontamination" bezeichneten Werte sind KfK/ADB-interne Grenzwerte, sie betragen 1/10 der Werte der Anlage IX/2 der Strahlenschutzverordnung

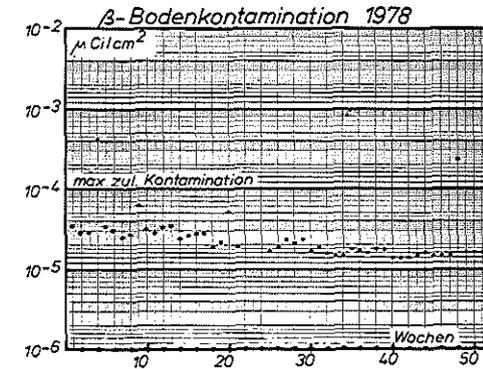
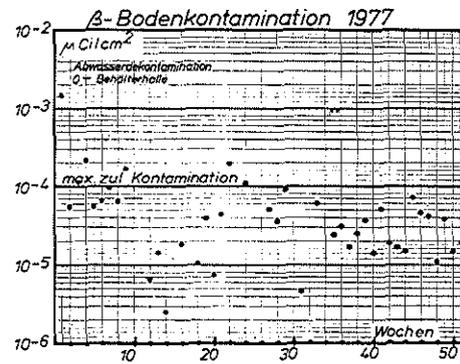
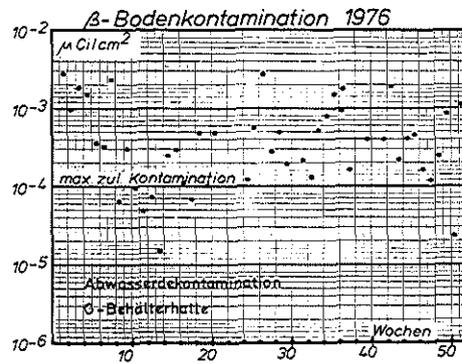
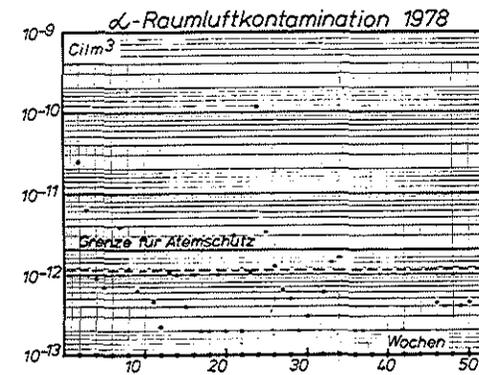
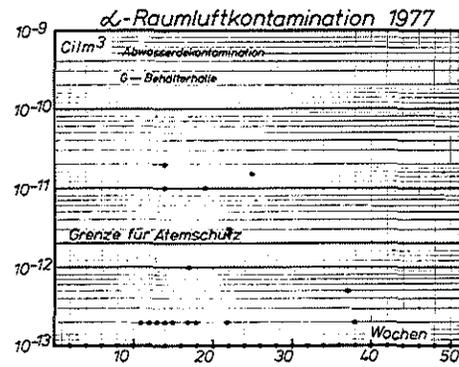


Abb. 4/8: Geb. 545 Bodenkontamination "G-Behälterhalle"



Anmerkung: Zur Definition der "Grenze für Atemschutz" siehe Kap. 4.2

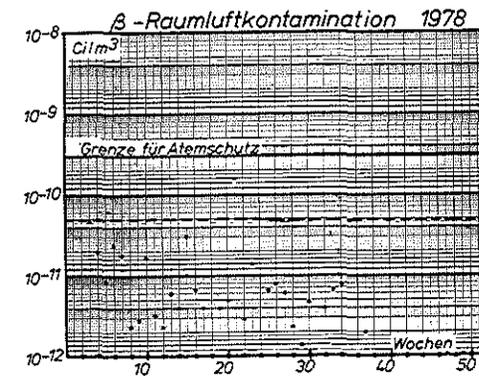
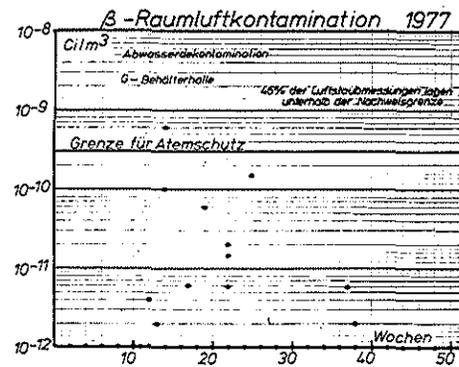
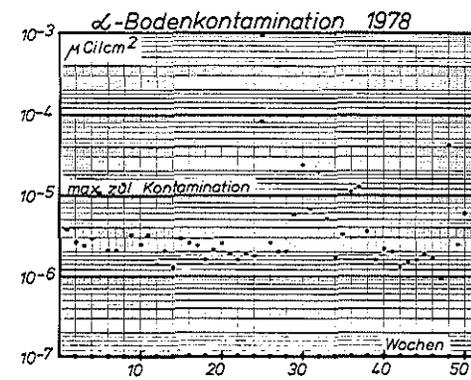
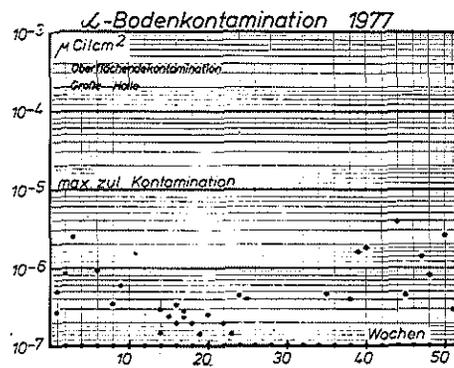
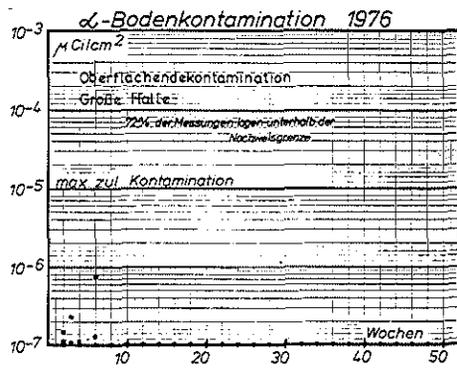


Abb. 4/9: Geb. 545 Raumluftkontamination "G-Behälterhalle"



Anmerkung: Die mit "max. zul. Kontamination" bezeichneten Werte sind KfK/ADB-interne Grenzwerte, sie betragen 1/10 der Werte der Anlage IX/2 der Strahlenschutzverordnung.

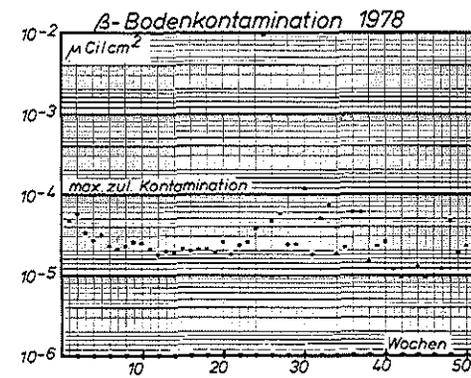
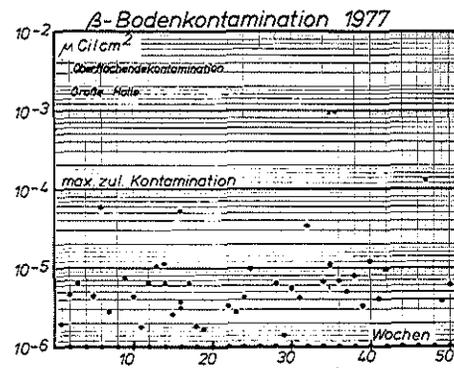
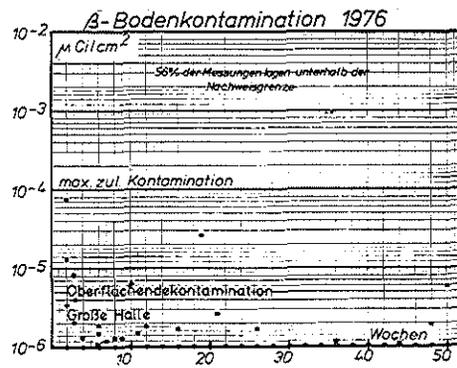
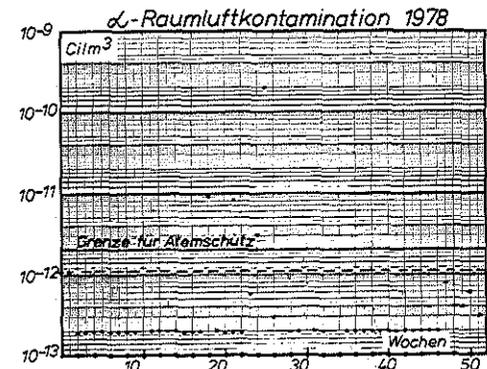
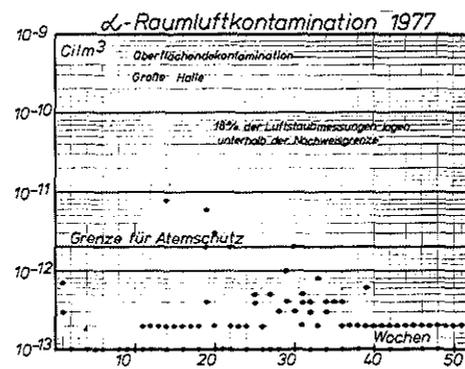
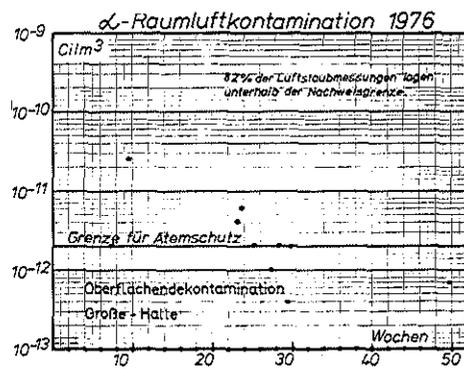


Abb. 4/10; Geb. 548 Bodenkontamination "Große Halle"



Anmerkung; Zur Definition der "Grenze für Atemschutz" siehe Kap. 4.2

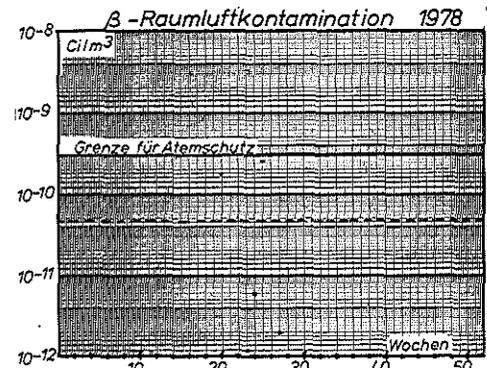
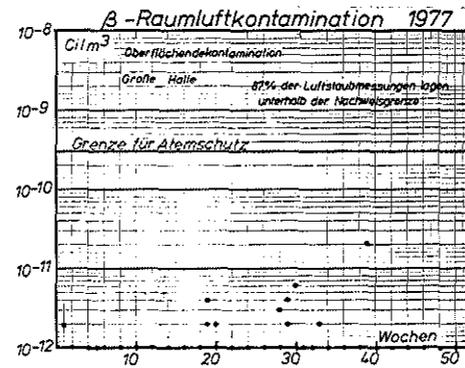
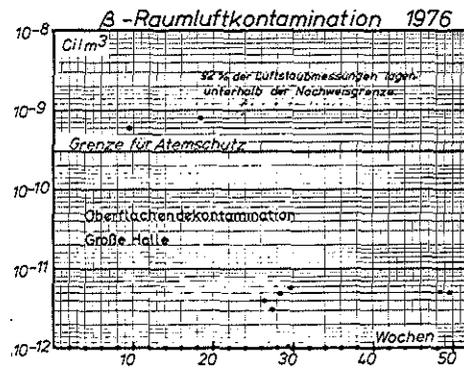
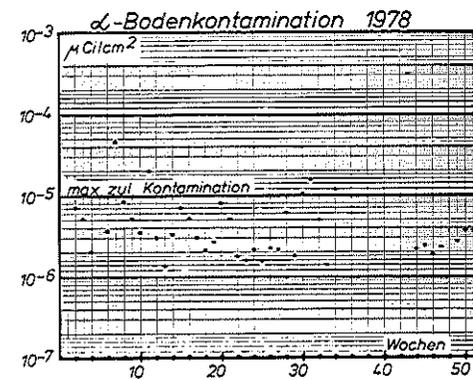
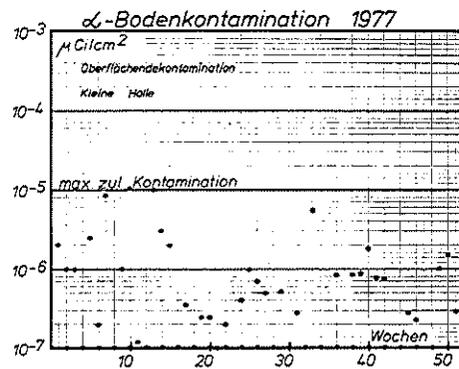
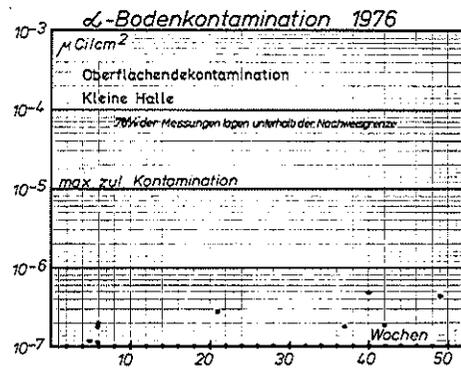
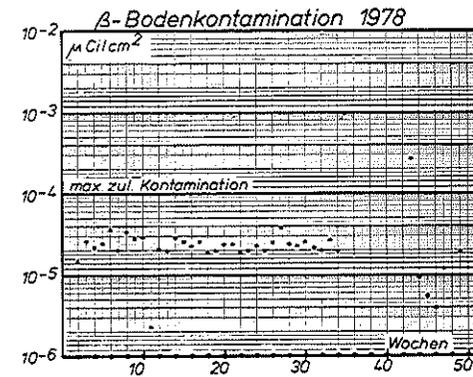
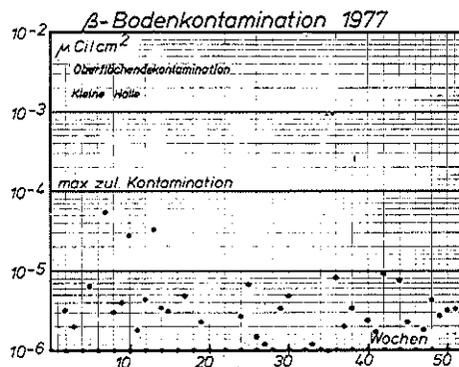
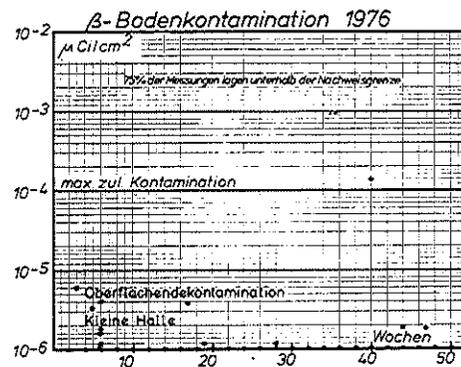


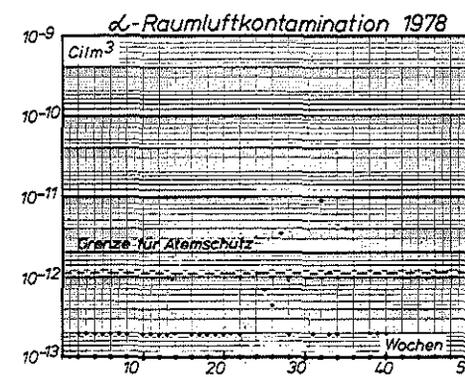
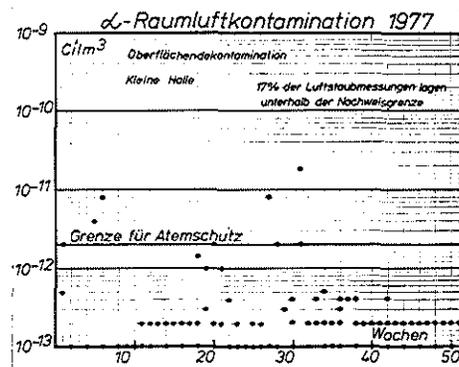
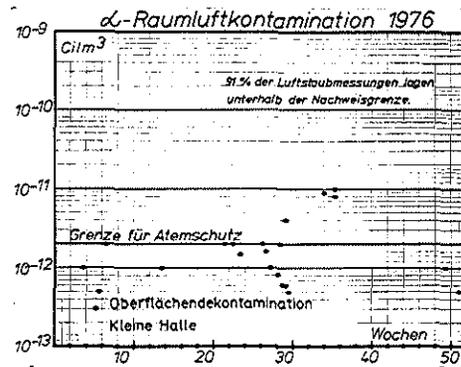
Abb. 4/11: Geb. 548 Raumluftkontamination "Große Halle"



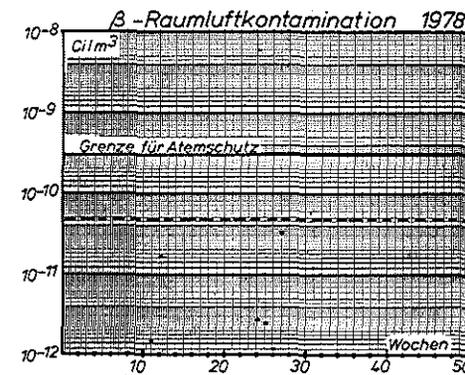
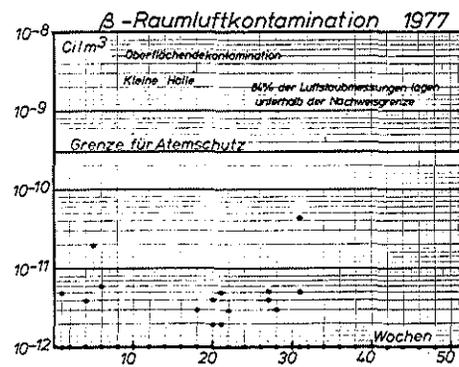
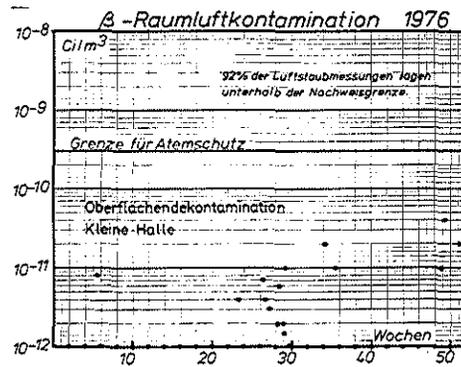
Anmerkung: Die mit "max. zul. Kontamination" bezeichneten Werte sind KfK/ADB-interne Grenzwerte, sie betragen 1/10 der Werte der Anlage IX/2 der Strahlenschutzverordnung.



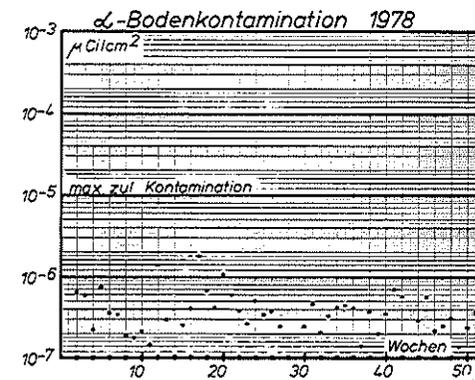
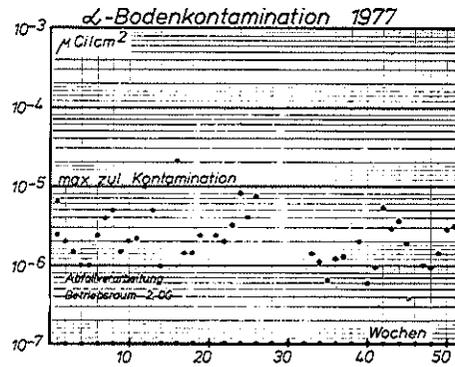
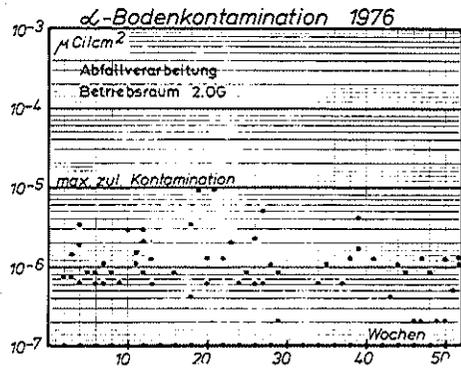
Abb, 4/12: Geb. 548 Bodenkontamination "Kleine Halle"



Anmerkung: Zur Definition der "Grenze für Atemschutz" siehe Kap. 4,2



Abb, 4/13: Geb. 548 Raumluftkontamination "Kleine Halle"



Anmerkung; Die mit "max. zul. Kontamination" bezeichneten Werte sind KfK/ADB-interne Grenzwerte, sie betragen 1/10 der Werte der Anlage IX/2 der Strahlenschutzverordnung.

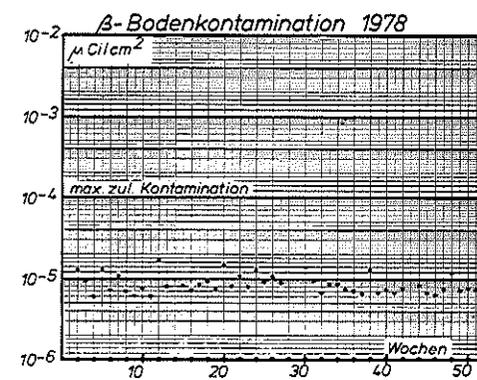
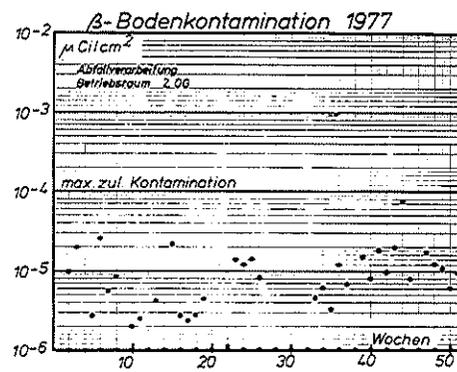
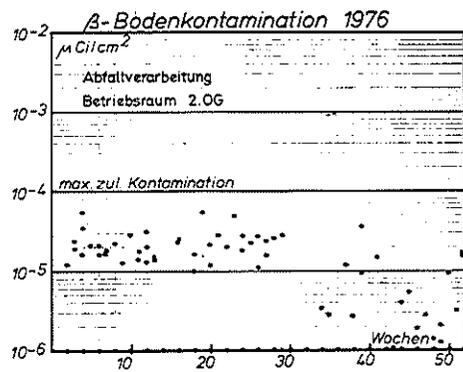
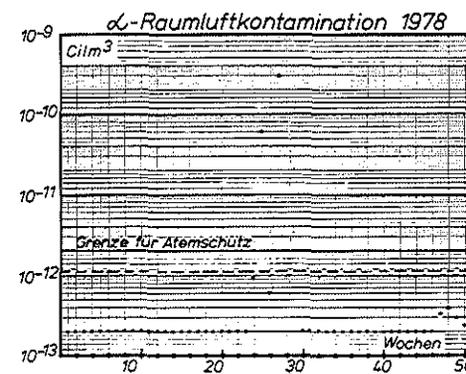
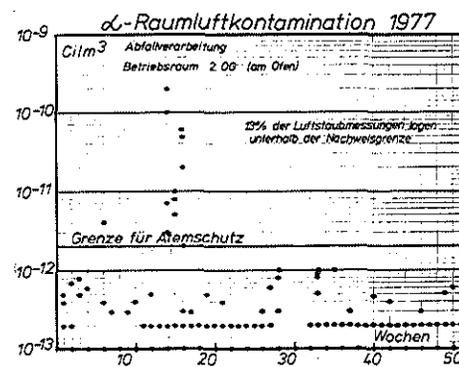
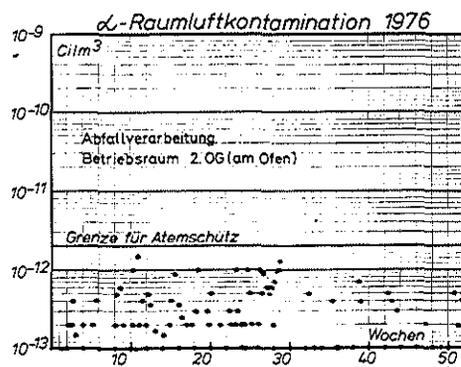


Abb. 4/14: Geb. 536 Bodenkontamination "Betriebsraum 2. 0G"



Anmerkung: Zur Definition der "Grenze für Atemschutz" siehe Kap. 4.2

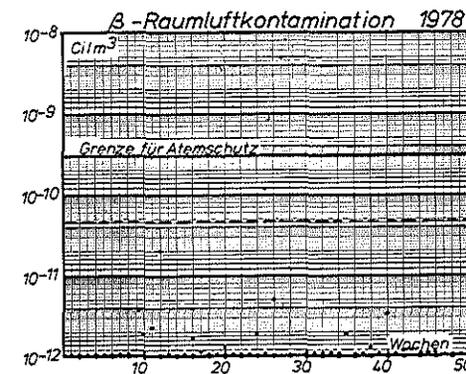
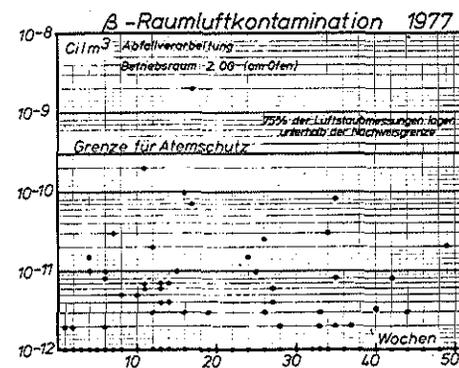
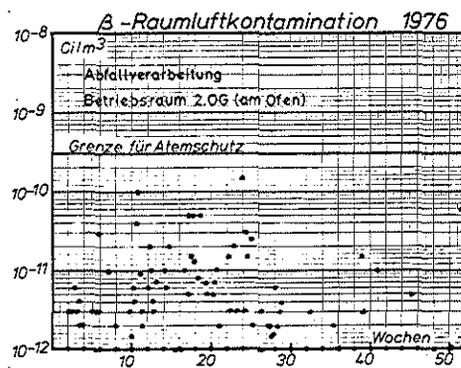


Abb. 4/15: Geb. 536 Raumlufkontamination "Betriebsraum 2. OG"

Der verminderte Kontaminationspegel in den Anlagen sowie die Beachtung der Strahlenschutzauflagen haben 1978 zu einer weiteren Senkung der Inkorporationsfälle im Bereich ADB geführt (Tab. 4/5).

Gruppe	Jahr	Anzahl der gesamten Messungen	ohne Befund %	Anzahl der Inkorporationen in % der "body burden"		
				< 1	1-10	10-20
Betrieb	1975	146	55	66	0	0
	1976	182	85	27	0	0
	1977	285	95	13	0	0
	1978	330	96	14	0	0
Fremdfirmen	1975	351	68	112	1	0
	1976	332	87	42	1	0
	1977	445	89	49	1	0
	1978	482	95	23	0	1

Tab. 4/5 Inkorporationsüberwachung im Body Counter für die Betriebs- und Fremdfirmengruppen der ADB

Während die Werte für das Betriebspersonal denen des Vorjahrs gleichen, zeigen die der Fremdfirmen eine rückläufige Tendenz.

Für die nahe Zukunft sind eine weitgehend automatisierte Anlage zum Einzementieren von Fässern in die Betonabschirmung sowie eine Phasentrennung für die Pilotanlage zur Kerosinreinigung geplant. Dadurch ist für das dort beschäftigte Personal eine weitere Reduzierung der Dosisbelastung zu erwarten.

4.3 Messungen im Strahlenschutzmeßlabor

D. Beier

1978 wurden im Strahlenschutzmeßlabor 676 Proben qualitativ γ -spektroskopisch untersucht. Die 676 Proben teilten sich auf in 152 Luftfilter, 39 Wischtests, 464 Kohlefilter und 21 kontaminierte bzw. aktivierte Gegenstände. Der Rückgang der analysierten Luftfilter von 190 (1977) auf 152 (1978) und der Rückgang der Kohlefilter von 856 (1977) auf 464 (1978) ist auf die Übernahme der Abluftüberwachung durch die Unterabteilung "Radioökologie" der Abteilung Sicherheit während des Jahres zurückzuführen. Die identifizierten Nuklide sind in Tab. 4/6 in der Reihenfolge ihrer Häufigkeit aufgeführt. Aus Tab. 4/6 ist auch zu ersehen, aus welchen Organisationseinheiten die Nuklide stammen.

26 Proben wurden 1978 α -spektroskopisch untersucht. Davon entfielen auf Wischtests 15 Stück, auf Luftfilter 10 Stück und auf sonstige 1 Stück. In Tab. 4/7 sind die identifizierten Nuklide in der Reihenfolge ihrer Häufigkeit und nach Organisationseinheiten gegliedert aufgeführt.

Bei den Messungen der Raum- und Abluftfilter mit den α - β -Pseudokoinzidenzanlagen im Strahlenschutzmeßlabor wurden 1978 auf 622 Filtern künstliche α -Aktivität $> 0,1$ nCi und auf 1236 Filtern künstliche β -Aktivität $> 0,5$ nCi gefunden. Untersucht wurden insgesamt rund 30 000 Filter.

Nuklid	Reaktoren	Beschleuniger	Einrichtungen mit hoher Aktivität	Einrichtungen mit niedriger Aktivität	ADB	Summe
Cs-137/Ba-137m	19		10	1	129	159
Cs-134	18		4		117	139
Ru-106/Rh-106	9		8		61	78
Sb-125/Te-125m			4		46	50
J- 131	3		17	6	4	30
Zr-95/Nb-95	26		1			27
Ce-144/Pr-144	23		2		1	26
Co-60	15	1	2	2	2	22
J-123		18				18
Ce-141	18					18
Ru-103/Rh-103	17					17
Zn-65	4	1			2	7
U-Folgeprodukte	1		2	2		5
U nat	1		1	2		4
Rn-220-Folgeprodukte	1		3			4
Cr-51	3			1		4
Ba-140/La-140	4					4
Na-24		1	2			3
Ag-110m					3	3
Sb-124	3					3
Eu-152	1			2		3
Ta-182		3				3
Np-239	3					3
Be-7		1		1		2
Mn-54	1			1		2
Se-75					2	2
C-11		1				1
N-13		1				1
F-18		1				1
Mg-27		1				1
Cl-38		1				1
Cl-39		1				1
Co-57				1		1
Co-58				1		1
Fe-59	1					1
Cu-64	1					1
Ga-66		1				1
As-76	1					1
Br-82	1					1
Sb-122			1			1
Te-123m		1				1
J-124		1				1
Cs-138	1					1
Ba-139	1					1
Eu-154					1	1
Hf-175		1				1

Tab.4/6 Häufigkeit der γ -spektroskopisch im Strahlenschutzmeßlabor identifizierten Radionuklide, geordnet nach Nuklid und Organisationseinheit.

Nuklid	Reaktoren	Beschleuniger	Einrichtungen mit hoher Aktivität	Einrichtungen mit niedriger Aktivität	ADB	Summe
Am-241 u/o Pu-238	1		9		8	18
Pu-239			7		7	14
Cm-242 u/o Cf-252	1		3			4
U nat	1		1	1		3
Cm-243 u/o Cm-244			3			3
U-234 u/o Np-237	2			1		3
Th-Folgeprodukte			1			1
U-238				1		1

Tab. 4/7 Häufigkeit der α -spektroskopisch im Strahlenschutzmeßlabor identifizierten Radionuklide, geordnet nach Nuklid und Organisationseinheit.

4.4 Untersuchung der Aktivitätsverteilung auf 5 Korngrößenfraktionen des aktivitätstragenden Aerosols in der Raumluft des Ofenbeschickungsraumes der FERAB.

H.-U. Berger

Die Korngröße einer radioaktiven oder radioaktiv kontaminierten Partikel ist dafür maßgebend, wie tief diese Partikel im Inhalationsfall in die Atemwege eindringen kann und welche körpereigenen Reinigungsmechanismen die Ausscheidung der Aktivität beeinflussen. Auch für die Abschätzung der Probenverfälschungen, die in Luftüberwachungsgeräten und Probenahmeleitungen durch Partikelabscheidung vor dem Meßfilter auftreten, benötigt man die Kenntnis der Aktivitätsverteilung auf die einzelnen Korngrößen des aktivitätstragenden Aerosols.

Daher wird seit Anfang September 1977 mit einem vierstufigen Kaskadenimpaktor untersucht, wie sich die in der Raumluft des Ofenbeschickungsraumes der FERAB enthaltene Radioaktivität künstlichen Ursprungs auf 5 Korngrößenfraktionen verteilt. Die Auswertung der 27 ersten Verteilungsmessungen ergab in 19 Fällen auswertbare Ergebnisse. Die restlichen acht Messungen waren bei Berücksichtigung der statistischen Zählfehler nicht auswertbar.

Die aktivitätsbezogene Korngrößenverteilung folgt für die α -Aktivität in 16 Fällen und für die β -Aktivität in 12 Fällen einer logarithmischen Normalverteilung. Wie aus Tabelle 4/8 zu ersehen ist, treten sowohl im aktivitätsbezogenen Zentralwert des aerodynamisch äquivalenten Partikeldurchmessers als auch der Streuung erhebliche Schwankungen von Sammelperiode zu Sammelperiode auf. Es ist daher nicht möglich, eine "für den Raum typische" Korngrößenverteilung anzugeben, die für die strahlenschutzmäßige Prognose des Inkorporationsrisikos geeignet wäre. Die aktivitätsbezogenen Zentralwerte der Partikeldurchmesser sind für die

α -Aktivität durchweg größer als für die β -Aktivität, während die σ -Werte der Verteilungen für die α -Aktivität kleiner sind als für die β -Aktivität.

Die Streuung σ einer Häufigkeitsverteilung ist definiert durch $\sigma = \lg(d_z/d_{15,9\%}) = \lg(d_{84,1\%}/d_z)$ und daher stets dimensionslos. Sie stellt ein Maß für die Streubreite der Korngrößenverteilung dar und kein Maß für die Unsicherheit von d_z .

Probenahme		Sammelzeit (h)	α -Aktivität		β -Aktivität	
von	bis		d_z (μm)	σ	d_z (μm)	σ
9. 9.77	16. 9.77	166	3,85	0,75*	0,9*	2,4*
23. 9.77	30. 9.77	168	7,00	0,72	$5 \cdot 10^{-3}$ *	2,8*
3.10.77	7.10.77	94	1,82	0,58	—	—
7.10.77	14.10.77	161	5,18	0,41	$1 \cdot 10^{-5}$ *	5,8*
17.10.77	21.10.77	96	4,47	0,49	—	—
21.10.77	28.10.77	161	3,63	0,52	5,80	10*
18.11.77	25.11.77	162	4,25	0,65*	—	—
25.11.77	2.12.77	161	39*	1,0*	$4 \cdot 10^{-7}$ *	5,4*
2.12.77	9.12.77	162	2,35	0,63*	—	—
9.12.77	16.12.77	161	2,48	0,77*	—	—
20.12.77	13. 1.78	570	—	—	2,88	1,1*
17. 2.78	3. 3.78	329	—	—	2,78	1,4*
17. 3.78	31. 3.78	331	9,5*	0,47*	0,9*	1,8*
14. 4.78	28. 4.78	331	24*	0,75*	0,05*	4*
28. 4.78	12. 5.78	330	6,90	0,20	—	18*
12. 5.78	26. 5.78	330	—	—	2,95	2,5*
26. 5.78	23. 6.78	669	7,2*	0,40*	0,6*	2,8*
23. 6.78	28. 7.78	834	22*	1,1*	—	—
25. 8.78	22. 9.78	667	17*	0,74*	1,60	1,8*

Tab. 4/8 Zentralwert der Äquivalentdurchmesser und Streuung σ .
Mit * bezeichnete Werte basieren auf extrapolierten Werten, da Zentralwert d_z , "84,1%-Wert" oder "15,9%-Wert" außerhalb des von Meßwerten erfaßten Bereichs liegt. Diesen extrapolierten Werten von d_z und σ kommt keine reale physikalische Bedeutung zu, es handelt sich lediglich um formale geometrische Beschreibungsgrößen der Ausgleichsgeraden in einem halblogarithmischen Wahrscheinlichkeitsdiagramm.

5. Emissionsüberwachung, Umgebungsüberwachung und Radioökologie

5.1 Die Aufgaben der Abteilung Sicherheit/Radioökologie

L.A. König, H. Fessler, K.-G. Langguth, H. Schüttelkopf, M. Winter

Die Unterabteilung Radioökologie ist zuständig für die Messung von radioaktiven Emissionen und Immissionen des KfK und für die experimentelle Untersuchung radioökologischer Auswirkungen dieser Emissionen. Zur Emissionsüberwachung erfolgen Aktivitätsmessungen in Abluft und Abwasser. Die Immissionsüberwachung erfolgt durch Messung der Aktivitätskonzentrationen und der Strahlung in der Umwelt. Im Auftrag werden solche Messungen auch für andere kerntechnische Anlagen durchgeführt. Als radioökologische Forschungsarbeiten wird das Verhalten in der Umwelt von Tritium, ^{129}J , Ra und der Transurane untersucht. Außerdem ist die AS/R an einem Forschungsvorhaben zur Ausbreitung von Schadstoffen in der Atmosphäre beteiligt. Die jährlich eingehenden 21 000 Proben werden in den entsprechend den angewandten Meßmethoden eingeteilten Arbeitsgruppen "Emissionsüberwachung", "Umgebungsüberwachung", "Radiochemie" und "Spektroskopie" bearbeitet.

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 in 39 Abwassersammelstationen mit 186 Abwassertanks gesammelten Abwässer zur Entscheidung, ob diese dekontaminiert werden müssen oder direkt der Kläranlage zugeführt werden dürfen, sowie der aus der Kläranlage zum Vorfluter abgeleiteten $5 \cdot 10^5 \text{ m}^3$ Abwasser/a. Die Abluftüberwachung erfaßt die Ableitungen pro Woche, Monat und Jahr von 26 verschiedenen Emittenten des Kernforschungszentrums. Insgesamt werden jährlich 15 000 Proben bearbeitet.

Die Gruppe "Umgebungsüberwachung" mißt die α - und β -Aktivitäten sowie die Tritiumkonzentrationen in Probenmaterialien der Umgebung, die bis zu einem Umkreis von 10 km um den FR 2-Kamin gesammelt werden. Die Direktstrahlung wird mit Hilfe von 8 Zählrohrstationen, 31 Meßstellen einer Zählrohr-Monitor-Anlage auf dem Betriebsgelände des KfK sowie 310 Meßstellen mit Festkörperdosimetern überwacht. Die Gruppe "Umgebungsüberwachung" erfaßt alle in der AS/R und der AS/D zur Umgebungsüberwachung erarbeiteten Daten und meldet diese Ergebnisse in vierteljährlichen Berichten an die zuständigen Behörden. Bei nicht geplanten Freisetzen werden Proben genommen und erste Messungen von dieser Gruppe durchgeführt und entsprechende Proben zu erforderlichen Nuklidbestimmungen an die Gruppen Radiochemie und Spektroskopie weitergeleitet. Messungen zur Radioökologie von Tritium werden als Forschungsaufgabe in dieser Arbeitsgruppe durchgeführt. Die Gesamtzahl der bearbeiteten Proben liegt bei ca. 5 000/a.

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. Die Gruppe "Radiochemie" führt ferner die Arbeiten durch zu den Forschungsvorhaben "Radium in der Umgebung eines Uranbergwerkes", die "Untersuchung der Ausbreitung nuklearer Schadstoffe im Nah- und Fernbereich" (in Zusammenarbeit mit der AS/M, PNS 4820), die "Untersuchung zur Radioökologie des ^{129}J " (PNS 4312) und die "Untersuchungen des physikalischen und chemischen Verhaltens biologisch besonders wirksamer Radionuklide in der Umwelt: Aktiniden" (PNS 4812). Bei den Forschungsaufgaben zu den Themen Ra, ^{129}J und Aktiniden erfolgt ein wesentlicher Teil der Messungen in der Gruppe "Spektroskopie". Die Gesamtzahl der jährlich in der Gruppe Radiochemie durchgeführten Analysen liegt bei ca. 2 400.

Die Gruppe "Spektroskopie" mißt in Abwasser- und Abluftproben die Konzentrationen wichtiger γ - und Röntgenstrahler. Ebenso werden in Proben der Umgebungsüberwachung die wichtigsten künstlichen γ -Strahler gemessen. Die von der Gruppe Spektrometrie betriebenen α - und γ -Spektrometer werden zu einem wesentlichen Anteil für Messungen der Routineproben und der bei den Forschungsarbeiten anfallenden Proben der Gruppe Radiochemie eingesetzt. Insgesamt werden ca. 1 700 Messungen/a durchgeführt.

5.2 Emissionsüberwachung, Umgebungsüberwachung

5.2.1 Abluftüberwachung

K.-G. Langguth, S. Rinn

Die Ableitung radioaktiver Stoffe aus dem Kernforschungszentrum Karlsruhe in die Atmosphäre wird gemäß den 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 AS/U in Zusammenarbeit mit AS/R, teils in Zusammenarbeit mit den überwachten Institutionen ermittelt. Bei speziellen meßtechnischen Problemen wird die Hilfe von AS/D in Anspruch genommen. 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 1978 zugrundeliegenden Definitionen der Nuklidgruppen. In Tab. 5/2 wird eine Übersicht über die im Jahr 1978 von den einzelnen Anlagen des Kernforschungszentrums Karlsruhe abgeleitete Aktivität gegeben. Bei den Jahressummen wurden in den Fällen, in denen zu einzelnen größeren Werten kleine Werte unter einem Schwellwert addiert wurden, wobei die kleinen Werte 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 Vorjahreswerte wiederholt. Die ^{41}Ar -Ableitungen des FR 2 und die ^{85}Kr -Ableitungen der WAK stellen die vorherrschenden Ableitungen dar, wenn man Aktivitätswerte vergleicht.

In Tab. 5/4 sind die insgesamt aus dem Kernforschungszentrum Karlsruhe in die Atmosphäre abgeleiteten Aktivitäten zusammengestellt. Da die Standorte der einzelnen Emittenten 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*, Pb-210, Ac-227, Ra-228, Pu-241, Am-242m und Cf-254 unberücksichtigt bleiben können**.
C	H-3, N-13, C-14***, S-37, O-15, Cl-38, Ar-41, Spaltedelgase.
J	J-131-Äquivalent (siehe Tab. 5/3).

* Die Radiojodisotope müssen gesondert gemeldet werden.

** "Unberücksichtigt bleiben" können diese Radionuklide nur dann, wenn die Konzentration in der Luft nur einen geringfügigen Teil der in Tabelle 1 des Anhangs III der Euratom-Strahlenschutznormen angegebenen höchstzulässigen Konzentrationen darstellt. Die Ableitungen an ^{90}Sr dürfen $\frac{1}{10}$ des für Nuklidgruppe B zugelassenen Aktivitätswertes nicht überschreiten.

*** Die ^{14}C -Ableitung in Gruppe C wird auf jeweils 10 % der in dieser Gruppe zulässigen Ableitung, aber auf nicht mehr als 10 Ci/a bzw. 1 Ci/Monat beschränkt.

Tab. 5/1: Definitionen der Nuklidgruppen (Stand Ende 1978)

Jodisotop	f_1
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 1978)

Nuklid	^{41}Ar	^{85}Kr	^3H	J	A	B	C	
Ableitung in Ci	1977	78 774	114 800	1 767	$2,9 \cdot 10^{-2}$	$3,5 \cdot 10^{-3}$	0,6	767
	1978	65 069	33 596	2 212	$3,3 \cdot 10^{-2}$	$5,1 \cdot 10^{-3}$	0,2	920

Tab. 5/4: Gesamtableitungen aus dem Kernforschungszentrum Karlsruhe in die Atmosphäre in den Jahren 1977 und 1978 (Diese Tabelle darf nicht für eine Dosisberechnung verwendet werden, da darin Emissionen von verschiedenen Emissionsorten aufsummiert sind).

Anlage	ADB, Geb. 534			ADB (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	< 1,2 E-8	< 5,2 E-8	0,01	1,7 E-5	1,1 E-2	1,0	< 4,0 E-5	< 9,1 E-6		< 7,5 E-5
Februar	< 1,5 E-8	< 5,2 E-8	0,02	3,0 E-5	4,4 E-3	1,0	< 5,9 E-5	< 2,0 E-4		< 8,2 E-4
März	< 1,4 E-8	< 5,5 E-8	0,01	1,1 E-4	5,6 E-3	11,1	< 5,1 E-5	< 1,7 E-5	4,1 E-4	< 4,1 E-4
April	< 1,5 E-8	< 1,1 E-7	0,01	4,4 E-5	3,3 E-3	583,9	< 5,7 E-6	< 1,3 E-5	1,7 E-3	1,3 E-3
Mai	< 1,4 E-8	5,0 E-7	0,01	7,2 E-5	4,6 E-3	6,5	< 2,4 E-5	< 1,5 E-5	5,4 E-4	4,7 E-4
Juni	< 1,3 E-8	2,6 E-7	0,02	1,5 E-5	8,1 E-3	36,4	< 1,7 E-5	< 2,5 E-5	1,5 E-3	1,2 E-3
Juli	< 1,4 E-8	< 7,5 E-8	0,003	< 4,5 E-6	5,7 E-4	0,1	< 3,3 E-6	< 5,9 E-6	3,7 E-5	< 5,1 E-5
August	< 1,9 E-8	< 8,5 E-8	0,01	2,0 E-5	1,4 E-3	0,9	< 6,4 E-6	< 1,2 E-5	1,7 E-4	< 1,7 E-4
September	< 9,4 E-9	< 4,1 E-8	0,01	9,4 E-5	3,9 E-3	12,9	< 7,6 E-6	< 1,2 E-5	4,0 E-4	3,4 E-4
Oktober	< 3,6 E-9	< 4,6 E-8	0,002	2,5 E-5	4,2 E-3	2,2	< 2,1 E-5	< 2,0 E-5	1,8 E-3	1,4 E-3
November	< 5,1 E-9	< 5,8 E-8	0,004	1,1 E-5	1,4 E-3	226,7	< 6,6 E-6	< 1,8 E-5	2,4 E-3	1,8 E-3
Dezember	< 3,4 E-9	< 4,0 E-8	0,005	3,6 E-6	8,1 E-4	0,2	2,8 E-5	< 1,6 E-5	2,5 E-4	< 2,7 E-4
S u m m e	< 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
nach Abluftplan zul. Jahreswert	1 E-5	1 E-2	1	2 E-3	0,4	1000				1 E-2
Vorjahreswert	< 3,0 E-7	< 1,3 E-6	0,061	4,7 E-4	0,26	330,4	< 3,5 E-3	< 2,0 E-4	1,6 E-2	1,5 E-2

Tab. 5/2: Ableitung radioaktiver Stoffe im Jahre 1978 aus dem Kernforschungszentrum Karlsruhe in die Atmosphäre (Aktivität in Ci)
1 E-6 = 1·10⁻⁶

Anlage	ADB, Geb. 545/555, Deko-flüssig						
Nuklid	A	B	3H	131J	129J	125J	J
nach Abluftplan zul. Monatswert	4 E-6	2 E-3	30				4 E-4
Januar	< 2,6 E-7	4,1 E-6	4,2	< 2,8 E-6	< 1,2 E-5		< 4,8 E-5
Februar	< 2,3 E-7	2,4 E-6	0,7	< 2,8 E-6	< 1,6 E-4		< 6,1 E-4
März	< 1,3 E-7	2,8 E-6	0,8	< 3,3 E-6	< 1,0 E-5	4,4 E-6	< 4,4 E-5
April	< 1,4 E-7	2,0 E-6	1,6	< 2,8 E-6	< 1,3 E-5	1,8 E-6	< 5,3 E-5
Mai	< 1,0 E-7	2,0 E-6	2,4	< 2,8 E-6	< 1,1 E-5		< 4,5 E-5
Juni	< 1,7 E-7	3,1 E-6	2,0	< 3,3 E-6	< 2,6 E-5		< 1,0 E-4
Juli	6,6 E-7	3,1 E-5	0,3	< 2,4 E-6	< 1,1 E-5	3,1 E-4	2,6 E-4
August	< 3,5 E-7	2,6 E-6	1,9	< 1,1 E-5	< 2,2 E-5	2,5 E-5	< 1,1 E-4
September	< 5,8 E-8	< 7,0 E-7	1,4	< 3,7 E-6	< 1,9 E-5	4,2 E-6	< 7,9 E-5
Oktober	< 6,1 E-8	< 6,1 E-7	0,1	< 7,4 E-5	< 2,5 E-5	1,6 E-6	< 1,7 E-4
November	< 2,5 E-7	3,6 E-5	4,5	< 5,1 E-5	< 2,8 E-5	3,1 E-5	< 1,8 E-4
Dezember	< 9,0 E-8	1,1 E-6	0,9	< 2,5 E-6	1,9 E-5	1,1 E-5	8,2 E-5
S u m m e	< 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
nach Abluftplan zul. Jahreswert	3 E-5	1,5 E-2	100				4 E-3
Vorjahreswert	< 3,6 E-5	< 1,6 E-4	35,1	< 3,1 E-5	< 2,2 E-4	1,0 E-6	< 8,7 E-4

Tab. 5/2: Fortsetzung

Anlage	ADB (ABRA), Geb. 547		ADB, Geb. 548, Deko-fest					
Nuklid	A	B	A	B	³ H	¹³¹ J	¹²⁹ J	J
nach Abluftplan zul. Monatswert	1,3 E-6	2 E-6	8 E-6	2 E-3	15			2 E-5
Januar	< 7,0 E-8	< 1,8 E-7	< 4,9 E-8	< 5,2 E-7	0,61	< 3,6 E-6		< 3,6 E-6
Februar	< 2,5 E-8	< 2,8 E-7	< 6,7 E-8	< 5,0 E-7	0,64	< 3,6 E-6		< 3,6 E-6
März	< 6,6 E-8	< 2,5 E-7	< 8,9 E-8	1,7 E-6	0,34	< 6,9 E-6	< 5 E-6	< 2,6 E-5
April	< 5,5 E-8	< 2,4 E-7	< 9,4 E-8	< 4,9 E-7	0,03	< 5,6 E-6		< 5,6 E-6
Mai	< 4,5 E-8	< 3,9 E-7	< 6,0 E-8	< 4,4 E-7	0,01	< 5,3 E-6		< 5,3 E-6
Juni	< 8,4 E-8	< 4,7 E-7	< 2,9 E-7	1,7 E-6	0,03	< 8,5 E-6		< 8,5 E-6
Juli	< 5,5 E-8	< 2,2 E-7	< 1,9 E-7	< 6,0 E-7	0,01	< 8,9 E-6		< 8,9 E-6
August	< 3,7 E-8	< 2,5 E-7	< 8,9 E-8	< 5,6 E-7	0,10	< 1,2 E-5		< 1,2 E-5
September	< 5,2 E-8	< 1,9 E-7	< 6,1 E-8	< 4,4 E-7	0,01	< 1,1 E-5		< 1,1 E-5
Oktober	< 2,1 E-8	< 2,2 E-7	< 4,1 E-8	< 4,1 E-7	< 0,004	< 1,0 E-5		< 1,0 E-5
November	< 2,7 E-8	< 2,7 E-7	< 7,4 E-8	< 7,9 E-7	0,01	< 6,4 E-6		< 6,4 E-6
Dezember	< 2,0 E-8	< 1,6 E-7	< 3,6 E-8	< 4,9 E-7	< 0,004	< 4,9 E-6		< 4,9 E-6
S u m m e	< 5,6 E-7	< 3,1 E-6	< 1,1 E-6	< 8,6 E-6	1,80	< 8,7 E-5	< 5 E-6	< 1,1 E-4
nach Abluftplan zul. Jahreswert	1,5 E-5	2,5 E-5	2,5 E-5	7 E-3	30			2 E-4
Vorjahreswert	< 4,8 E-6	< 1,9 E-5	< 3,6 E-5	< 1,0 E-4	1,88	< 9,1 E-5		< 9,1 E-5

Tab. 5/2: Fortsetzung

Anlage	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	12 000	120						5 E-3
Januar	< 6,8 E-8	3,0 E-3	3,6 E-2	3 580	17,0	1,1 E-4	5,9 E-4	5,4 E-4	3,4 E-3	7,4 E-4	1,2 E-4
Februar	< 3,9 E-7	< 2,1 E-3	7,2 E-2	6 780	8,7	2,4 E-4	3,5 E-3	1,7 E-3	1,0 E-2	2,4 E-3	2,7 E-4
März	< 2,1 E-7	2,7 E-3	1,4 E-1	5 322	25,8	9,0 E-5	6,8 E-4	5,2 E-4	8,5 E-4	1,1 E-3	9,9 E-5
April	< 2,0 E-7	3,2 E-3	2,0 E-1	8 200	6,0	1,2 E-4	1,4 E-3	7,5 E-4	5,4 E-3	1,0 E-3	1,4 E-4
Mai	< 3,2 E-7	4,1 E-3	1,8 E-1	6 700	21,0	1,5 E-4	2,7 E-3	1,0 E-3	8,6 E-3	1,4 E-3	1,7 E-4
Juni	< 1,2 E-6	2,7 E-3	1,5 E-1	5 516	12,4	2,0 E-4	8,1 E-4	1,2 E-3	8,8 E-2	1,8 E-3	2,5 E-4
Juli	< 5,2 E-7	< 1,0 E-6			11,6	< 1,3 E-5					< 1,3 E-5
August	< 3,9 E-7	1,1 E-3	2,5 E-1	9 300	14,9	1,3 E-4	2,6 E-3	1,3 E-3	1,3 E-2	2,1 E-3	1,6 E-4
September	< 1,2 E-7	2,7 E-4	1,3 E-1	4 842	4,3	7,2 E-5	1,3 E-3	4,3 E-4	2,3 E-3	2,8 E-4	8,1 E-5
Oktober	< 5,3 E-8	2,8 E-4	4,6 E-2	1 687	9,9	< 2,1 E-5	5,6 E-4	2,5 E-4	2,5 E-3	4,7 E-4	< 2,6 E-5
November	< 6,1 E-8	3,3 E-4	1,7 E-1	6 242	7,7	7,2 E-5	1,4 E-3	6,7 E-4	2,7 E-3	8,2 E-4	8,5 E-5
Dezember	< 1,1 E-7	9,0 E-5	1,9 E-1	6 900	4,0	< 6,5 E-5	8,1 E-3	4,8 E-4	3,7 E-3	5,6 E-4	< 8,1 E-5
S u m m e	< 3,6 E-6	2,0 E-2	1,56	65 069	143,3	1,3 E-3	2,4 E-2	8,8 E-3	1,4 E-1	1,3 E-2	1,5 E-3
nach Abluftplan zul. Jahreswert	3 E-4	0,15	2 000	80 000	1 000						5 E-2
Vorjahreswert	< 2,6 E-6	4,4 E-2	0,81	78 774	192,1	2,1 E-3	3,3 E-2	1,3 E-2	7,4 E-2	2,7 E-2	2,3 E-3

Tab. 5/2: Fortsetzung

Anlage	IT					MZFR			
Nuklid	A	B	C	³ H	¹³¹ J	B	C	³ H	¹³¹ J
nach Abluftplan zul. Monatswert	3 E-6	2,1 E-5	1	0,3	1,5 E-5	1,5 E-2	300	500	5 E-3
Januar	< 2,8 E-7	< 5,9 E-7	4,1 E-6	4,3 E-2	1,7 E-6	2,1 E-5	30,2	45,7	
Februar	< 1,2 E-7	< 3,0 E-7	5,0 E-6	4,8 E-2	< 1,6 E-6	1,6 E-5	35,6	114,5	
März	< 2,3 E-7	< 4,7 E-7	6,0 E-6	6,2 E-2	< 2,1 E-6	2,0 E-5	23,4	108,5	
April	< 2,2 E-7	< 4,7 E-7	4,6 E-6	5,0 E-2	< 1,8 E-6	3,0 E-5	60,1	275,7	
Mai	< 2,3 E-7	< 5,6 E-7	4,1 E-6	4,6 E-2	< 2,0 E-6	2,9 E-5	28,5	51,6	
Juni	< 6,6 E-8	< 3,7 E-7	4,1 E-6	4,6 E-2	< 1,7 E-6	6,2 E-5	15,6	40,9	
Juli	< 7,3 E-8	< 2,2 E-7	3,7 E-6	4,1 E-2	< 1,4 E-6	1,2 E-4	12,6	64,4	
August	< 1,1 E-7	< 2,6 E-7	5,5 E-6	6,2 E-2	< 1,5 E-6	5,1 E-4	51,5	89,5	
September	< 2,2 E-8	< 1,6 E-7	4,1 E-6	4,6 E-2	< 1,9 E-6	5,1 E-5	13,9	105,4	3,2 E-5
Oktober	< 2,1 E-8	< 1,6 E-7	4,6 E-6	5,2 E-2	< 1,8 E-6	3,2 E-5	54,7	48,0	
November	< 2,8 E-8	< 2,2 E-7	5,5 E-6	6,2 E-2	< 1,6 E-6	2,1 E-5	51,4	42,7	
Dezember	< 4,6 E-8	< 2,2 E-7	3,7 E-6	4,1 E-2	< 1,4 E-6	1,5 E-5	34,1	49,8	
S u m m e	< 1,4 E-6	< 4,0 E-6	5,5 E-5	0,6	< 2,1 E-5	9,3 E-4	411,6	1 037	3,2 E-5
nach Abluftplan zul. Jahreswert	3 E-5	2,1 E-4	12	3	1,5 E-4	0,15	3 000	4 000	5 E-2
Vorjahreswert	< 2,0 E-6	< 5,7 E-6	6,2 E-5	0,6	< 2,4 E-5	6,6 E-4	316,3	1 017	4,9 E-5

Tab. 5/2: Fortsetzung

Anlage	KTB/HZ				IMF I		IMF III	
	A	B	C	¹³¹ J	A	B	A	B
nach Abluftplan zul. Monatswert	1 E-4	5 E-2	500	1 E-3	2 E-6		4 E-6	
Januar	< 7,4 E-7	2,7 E-6	10,4 E-1	< 6,0 E-6	< 1,5 E-7	< 4,9 E-7	< 4,8 E-8	< 3,4 E-7
Februar	< 2,0 E-7	1,5 E-6	2 E-2	< 6,0 E-6	< 1,9 E-7	< 5,5 E-7	< 3,6 E-8	< 3,4 E-7
März	< 2,7 E-7	3,4 E-6		< 9,0 E-6	< 1,0 E-7	< 4,3 E-7	< 7,2 E-8	< 3,4 E-7
April	< 2,1 E-7	< 2,6 E-6		< 5,0 E-6	< 3,2 E-8	< 3,0 E-7	< 5,1 E-8	< 3,7 E-7
Mai	< 5,2 E-7	< 1,1 E-6		< 4,4 E-6	< 5,3 E-8	< 2,9 E-7	< 4,3 E-8	< 3,3 E-7
Juni	< 2,0 E-7	8,6 E-6		< 4,6 E-6	< 1,1 E-7	< 5,9 E-7	< 5,1 E-8	< 4,0 E-7
Juli	< 1,4 E-7	3,7 E-5	2,7 E-4	< 3,5 E-6	< 1,9 E-7	< 4,0 E-7	< 4,2 E-8	< 4,1 E-7
August	< 2,4 E-7	2,6 E-5	2,3 E-2	< 4,9 E-6	< 7,9 E-8	< 5,7 E-7	< 5,5 E-8	< 4,6 E-7
September	< 6,2 E-7	2,8 E-4		< 6,0 E-6	< 4,5 E-8	< 4,2 E-7	< 3,5 E-8	< 3,3 E-7
Oktober	< 2,0 E-8	2,3 E-5		< 7,0 E-6	< 3,9 E-8	< 3,9 E-7	< 3,4 E-8	< 3,2 E-7
November	< 6,0 E-8	< 1,5 E-5	8,0 E-3	< 3,2 E-6	< 5,2 E-8	< 4,9 E-7	< 3,7 E-8	< 4,0 E-7
Dezember	< 1,9 E-8	7,6 E-6		< 2,8 E-6	< 5,1 E-8	4,6 E-6	< 2,6 E-8	< 2,5 E-7
S u m m e	< 3,2 E-6	4,1 E-4	1,1	< 6,2 E-5	< 1,1 E-6	< 9,5 E-6	< 5,3 E-7	< 4,3 E-6
nach Abluftplan zul. Jahreswert	8 E-4	0,4	1 000	1 E-2	1,6 E-5		3 E-5	
Vorjahreswert	< 2,4 E-6	6,0 E-3	0,2	< 3,2 E-5	< 1,5 E-6	< 4,2 E-6	< 5,3 E-7	< 1,8 E-6

Tab. 5/2: Fortsetzung

Anlage	IHCh, Geb. 721/724/726						IHCh, Geb. 725		
	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
Januar	< 1,8 E-8	< 1,3 E-7		1,3 E-5	< 8,0 E-6	5,7 E-5	< 1,6 E-9	< 1,6 E-8	< 2,4 E-6
Februar	< 3,6 E-8	< 3,4 E-7		< 2,9 E-4	< 8,0 E-6	< 1,1 E-3	< 1,6 E-9	< 8,0 E-9	< 2,4 E-6
März	< 1,6 E-8	< 7,8 E-8		< 7,4 E-6	< 2,8 E-5	< 5,6 E-5	< 1,6 E-9	< 1,6 E-8	< 2,9 E-6
April	< 1,6 E-7	9,7 E-7		< 8,4 E-6	< 8,0 E-6	< 4,0 E-5	< 8,0 E-9	< 4,0 E-8	< 2,4 E-6
Mai	< 2,7 E-8	5,9 E-7	1,8	< 9,2 E-6	< 8,0 E-6	< 4,3 E-5	< 3,2 E-9	< 8,0 E-9	< 2,3 E-6
Juni	< 2,0 E-8	< 3,2 E-7	46,8	2,3 E-5	< 1,6 E-5	1,0 E-4	< 2,4 E-9	< 3,2 E-8	< 3,3 E-6
Juli	< 3,9 E-8	< 3,0 E-7		< 9,9 E-6	< 1,2 E-5	< 5,0 E-5	< 3,2 E-9	< 3,2 E-8	< 2,1 E-6
August	< 4,9 E-8	< 5,1 E-7		2,5 E-5	< 1,4 E-5	1,1 E-4	< 8,0 E-10	< 6,4 E-8	< 3,5 E-6
September	< 2,9 E-8	< 2,7 E-7		< 2,0 E-5	< 1,1 E-5	< 8,7 E-5	< 4,0 E-9	< 3,2 E-8	< 2,4 E-6
Oktober	< 1,5 E-8	< 2,2 E-7		< 1,0 E-5	< 1,5 E-5	< 5,3 E-5	< 1,6 E-9	< 1,6 E-8	< 2,0 E-6
November	< 1,7 E-7	< 5,2 E-7		< 1,4 E-5	< 1,4 E-5	< 6,7 E-5	< 2,6 E-9	< 2,2 E-8	< 3,8 E-6
Dezember	< 2,4 E-8	4,2 E-7		< 2,0 E-5	< 6,3 E-6	< 8,2 E-5	< 2,2 E-9	< 2,2 E-8	< 1,7 E-6
S u m m e	< 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
nach Abluftplan zul. Jahreswert	8 E-4	0,1	800			1 E-2	1 E-5	1 E-2	1 E-4
Vorjahreswert									

Tab. 5/2: Fortsetzung

Anlage	IRCh					SNEAK		
Nuklid	A	B	C	¹³¹ J	J	A	B	¹³¹ J
nach Abluftplan zul. Monatswert	1 E-6	1 E-4	15		2 E-4	3 E-5	1,5 E-2	3 E-4
Januar	< 1,8 E-8	< 1,2 E-7	3,2 E-3	1,3 E-6	1,3 E-6			
Februar	< 7,0 E-9	8,0 E-8	1,0 E-1	3,7 E-6	3,7 E-6			
März	< 3,2 E-8	< 1,7 E-7	3,2 E-3	1,8 E-6	1,8 E-6	< 1,9 E-7	< 6,8 E-7	
April	< 2,0 E-8	3,3 E-7	4,5 E-1	1,5 E-5	1,5 E-5	< 1,8 E-7	< 6,5 E-7	
Mai	< 1,1 E-8	2,3 E-7	2,6 E-1	1,8 E-5	1,8 E-5	< 1,4 E-7	< 3,1 E-7	
Juni	< 2,1 E-8	2,6 E-7	8,2 E-2	6,4 E-5	6,4 E-5	< 4,1 E-8	< 5,2 E-7	< 2,1 E-6
Juli	< 5,9 E-9	< 4,8 E-8	2,5 E-2	2,1 E-5	2,1 E-5	< 1,9 E-7	< 6,5 E-7	< 4,2 E-6
August	< 1,1 E-8	1,7 E-7	1,3	1,2 E-4	1,2 E-4	< 1,4 E-7	< 6,0 E-7	< 5,2 E-6
September	< 5,7 E-9	< 3,6 E-8	3,7	1,5 E-4	1,5 E-4	< 7,3 E-8	< 3,4 E-7	< 5,9 E-6
Oktober	< 5,1 E-9	< 5,1 E-8	9,2 E-1	7,6 E-5	7,6 E-5	< 3,9 E-8	< 5,5 E-7	< 5,4 E-6
November	< 6,6 E-9	< 3,3 E-7	5,7	1,7 E-4	1,7 E-4	< 6,5 E-8	< 6,5 E-7	< 3,3 E-6
Dezember	< 9,0 E-9	< 6,1 E-8	8,2	3,1 E-5	3,1 E-5	< 3,7 E-8	< 3,8 E-7	< 2,8 E-6
S u m m e	< 1,5 E-7	< 1,9 E-6	20,7	6,7 E-4	6,7 E-4	< 1,1 E-6	< 5,3 E-6	< 2,9 E-5
nach Abluftplan zul. Jahreswert	1 E-5	1 E-3	90		2 E-3	2 E-4	0,1	3 E-3
Vorjahreswert	< 1,9 E-6	< 1,9 E-5	37,3	6,9 E-4	7,0 E-4			

Tab. 5/2: Fortsetzung

Anlage	ISL	LAF II	Zyklotron				
Nuklid	C	¹³¹ J	C	¹²³ J	¹²⁴ J	¹³¹ J	J
nach Abluftplan zul. Monatswert	1,5 E-2	8 E-5	100				2 E-5
Januar		3,9 E-6	13,7	1,1 E-7			1,9 E-11
Februar		< 3,7 E-6	40,7	< 1,3 E-8			< 2,2 E-12
März	7,0 E-5	< 1,4 E-5	14,4	2,9 E-8			4,9 E-12
April		< 1,2 E-5	< 6,6	< 1,3 E-8			< 2,2 E-12
Mai		< 1,3 E-5	19,1	1,2 E-7			2,0 E-11
Juni		< 4,5 E-6	< 5,3	9,3 E-8		< 8,1 E-9	< 8,1 E-9
Juli		< 3,1 E-6	< 15,2	5,8 E-8		< 5,8 E-9	< 5,8 E-9
August	3,0 E-5	9,3 E-7	15,3	2,7 E-6	1,1 E-7	< 8,0 E-9	6,3 E-8
September	4,0 E-5	< 1,2 E-5	31,0	2,5 E-7	8,8 E-9	< 6,1 E-9	< 1,1 E-8
Oktober	2,4 E-5	5 E-5	3,7	6,5 E-9		< 3,1 E-9	< 3,1 E-9
November	7,0 E-5	< 4,0 E-6	21,2	4,8 E-8		< 3,0 E-9	< 3,0 E-9
Dezember		< 3,1 E-6	19,6	6,6 E-9		< 1,9 E-9	< 1,9 E-9
S u m m e	2,3 E-4	< 1,2 E-4	205,8	3,4 E-6	1,2 E-7	< 3,6 E-8	< 9,6 E-8
nach Abluftplan zul. Jahreswert	3 E-2	8 E-4	500				2 E-4
Vorjahreswert	1,6 E-7	< 1,7 E-4	< 136,2	1,7 E-6	1,5 E-8		7,7 E-9

Tab. 5/2: Fortsetzung

Anlage	KNK		TU		IK/ITP		INR
Nuklid	B	C	A	B	¹²⁹ J	J	³ H
nach Abluftplan zul. Monatswert	1,5 E-2	2 000	4 E-6	2 E-3		5 E-6	5
Januar	1,0 E-4	9		2,0 E-7			
Februar	< 1,0 E-4	9	3,0 E-8	2,0 E-7			0,8
März	< 1,0 E-4	9	9,0 E-9	5,0 E-7	1,0 E-6	3,8 E-6	
April	6,8 E-5	23,4		4,0 E-7			
Mai	6,9 E-5	25,0	9,0 E-9	4,0 E-7			
Juni	7,0 E-5	11,1		3,0 E-7			
Juli	1,0 E-4	26,0		4,0 E-7	1,4 E-6	5,3 E-6	
August	< 1,0 E-4	19,0	8,0 E-9	1,6 E-6			
September	1,2 E-4	22,5	6,0 E-9	1,2 E-6			
Oktober	1,2 E-4	22,0	2,0 E-8	4,0 E-7			
November	1,4 E-4	35,9		4,0 E-7			
Dezember	1,5 E-4	18,6		1,0 E-7			
S u m m e	< 1,2 E-3	230,5	8,2 E-8	6,1 E-6	2,4 E-6	9,1 E-6	0,8
nach Abluftplan zul. Jahreswert	0,15	8 000	3 E-5	1 E-2		5 E-5	50
Vorjahreswert	1,2 E-3	228	3,3 E-8	1,1 E-5	6,3 E-6	2,4 E-5	

Tab. 5/2: Fortsetzung

Anlage	WAK							LIT	
	A	B	⁹⁰ Sr	³ H	⁸⁵ Kr	¹²⁹ J	J	A	B
nach Abluftplan zul. Monatswert	2 E-3	0,5		200	45 000		4 E-3		2 E-3
Januar	6,7 E-5	3,4 E-3	2,8 E-4	25,1	13 000	8,1 E-4	3,1 E-3		
Februar	1,5 E-3	8,2 E-3	1,7 E-4	4,1	136	2,2 E-4	8,3 E-4		
März	1,7 E-3	1,9 E-2	1,6 E-3	16,6	5 860	5,0 E-4	1,9 E-3	< 1,2 E-8	< 5,8 E-8
April	8,2 E-4	3,6 E-2	3,6 E-3	24,5	5 310	3,3 E-4	1,3 E-3	< 1,2 E-8	< 4,7 E-8
Mai	2,0 E-4	8,7 E-3	8,6 E-4	26,1	7 690	1,2 E-3	4,5 E-3	< 7,3 E-9	< 5,1 E-8
Juni	1,4 E-4	8,5 E-4	4,9 E-5	14,2	1 600	3,0 E-4	1,1 E-3	< 1,8 E-8	< 9,5 E-8
Juli	1,2 E-4	1,8 E-3	1,5 E-5	3,7	-	3,2 E-4	1,2 E-3	< 9,9 E-9	< 3,9 E-8
August	2,8 E-5	7,9 E-4	7,7 E-6	3,2	-	3,0 E-4	1,1 E-3	< 1,3 E-8	< 5,2 E-8
September	1,5 E-5	1,7 E-3	6,2 E-5	2,2	-	2,1 E-4	8,0 E-4	< 5,8 E-9	< 4,1 E-8
Oktober	1,4 E-5	1,9 E-3	8,8 E-6	2,1	-	2,1 E-4	8,0 E-4	< 3,9 E-9	< 4,4 E-8
November	1,2 E-5	7,9 E-4	4,7 E-5	1,8	-	1,8 E-4	6,8 E-4	< 4,9 E-9	< 5,2 E-8
Dezember	1,9 E-5	7,5 E-4	4,0 E-5	1,8	-	1,0 E-4	3,8 E-4	< 3,1 E-9	< 2,9 E-8
S u m m e	4,6 E-3	8,4 E-2	6,7 E-3	125,4	33 596	4,7 E-3	1,8 E-2	< 9,0 E-8	< 5,1 E-7
nach Abluftplan zul. Jahreswert	1 E-2	2	0,3	1 000	350 000		4 E-2		1,5 E-2
Vorjahreswert	2,9 E-3	0,3	2,0 E-2	189,8	114 800	2,2 E-3	8,2 E-3		

Tab. 5/2: Fortsetzung

5.2.2 Abwasserüberwachung

K.-G. Langguth, M. Winter, H. Schüller

Die Überwachung der radioaktiven Abwässer wird von der Abteilung 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, Abwasser- und Umgebungsüberwachung durch die Abteilung Sicherheit) bedienen.

Am Kernforschungszentrum Karlsruhe fielen 1978 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 Wiederaufarbeitungsanlage 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. 5.2.3).

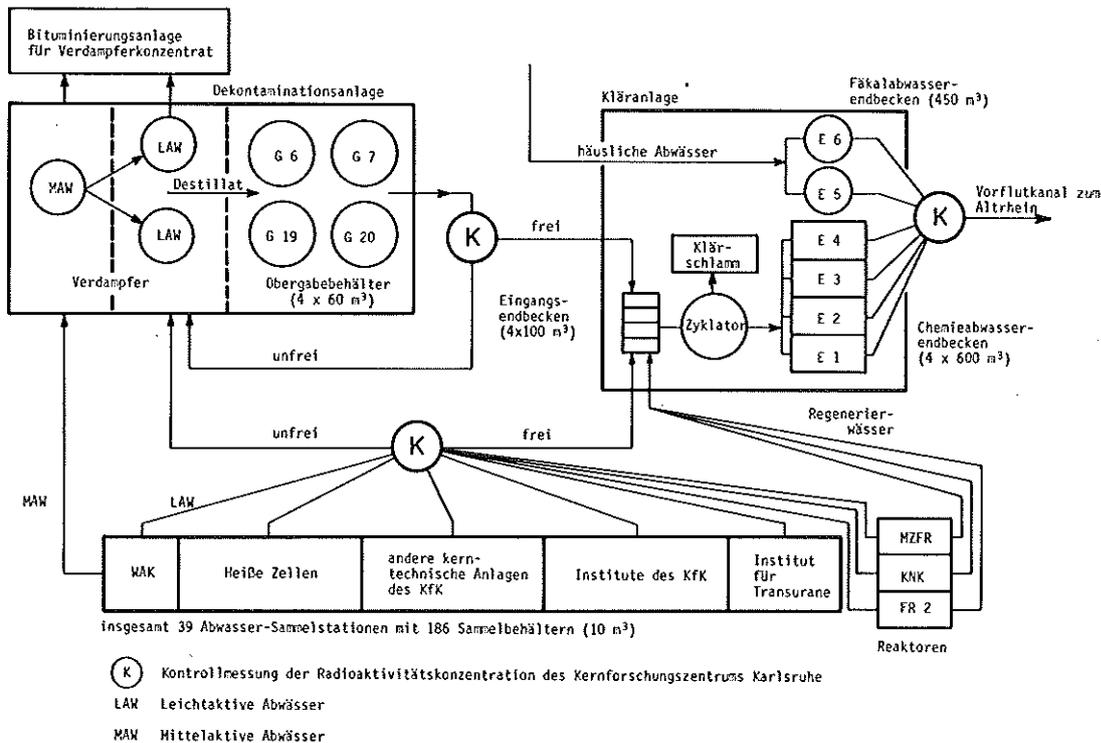


Abb. 5/1: Vereinfachtes Flußschema der Abwässer des Kernforschungszentrums Karlsruhe

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 39 Abwasserstationen mit 186 Abwassertanks gesammelt (siehe Abb. 5/1). Erst die vom Abwasserlabor der Abteilung 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. 5.2.3).

Zur Überwachung der Chemieabwässer aus den einzelnen Sammelstationen waren 1978 insgesamt 12012 Proben zu untersuchen, um im Sinne der geltenden wasserrechtlichen Bestimmungen über ihre Freigabe zu entscheiden. Rund 4,6 % dieser Proben erwiesen sich als "unfrei".

Außerdem waren entsprechend der Zahl der 1978 insgesamt abgeleiteten Endbeckenfüllungen 888 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 12964. Diese Zahl liegt um 3,7 % über der Probenzahl für 1977. Abb. 5/2 zeigt die Entwicklung der jährlich untersuchten Abwasserprobenzahl seit 1964.

Wegen der hohen Betriebskosten zur Dekontamination unfreier Abwässer (1978: ca. 500 DM/m³ für LAW und ca. 5000 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.

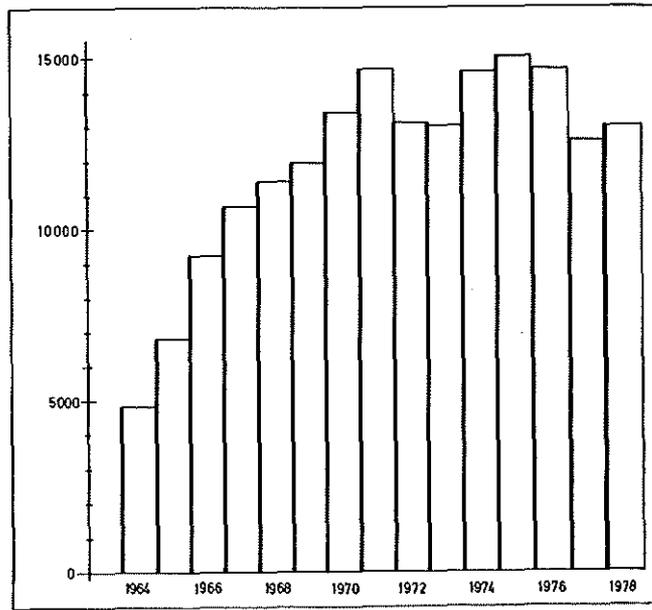


Abb. 5/2: Jährliche Anzahl der untersuchten Abwasserproben

Eine Übersicht über die 1978 im Abwasserlabor durchgeführten Einzelmessungen und über die Herkunft der Proben gibt Tab. 5/5. Der Jahressumme von rund 20000 Proben stehen rund 46500 Einzelmessungen gegenüber, die entweder zur Freigabeentscheid oder zum Erhalt der gewünschten Informationen erforderlich waren. Im Mittel waren 1978 im Abwasserlabor arbeitstäglich 80 Proben auszumessen bzw. 186 Einzelmessungen durchzuführen.

Art der Proben	Zahl der Proben 1978	Zahl der durchgeführten Messungen						Summe der Einzelmessungen
		α	β	^3H	α -Spektr.	β -Spektr.	β -Energiebestimmung	
Abwasser	12964	12964	12964	5011	479	3757	1487	36662
Schlamm aus Zyklorator und Abwasserstationen	346	346	346	-	-	-	-	692
Wasserproben FR 2 (Kühlkreislauf und Absetzbecken)	485	485	485	485	-	485	-	1940
Luftfeuchteproben zur Abluftüberwachung (FR 2, Abwasserdekontaminationsanl. u. FERAB)	2313	182	182	2313	-	182	43	2902
Sonderproben und Auftragsmessungen	1826	299	299	755	26	846	-	2225
Proben im Rahmen des Tritiummeßprogrammes *	2047	-	-	2047	-	-	-	2047
Jahressumme	19981	14276	14276	10611	505	5279	1530	46468

* siehe Kapitel 5.3.3

Tab. 5/5: Art und Zahl der Proben und der 1978 durchgeführten Einzelmessungen

35 % aller Proben waren keine Abwasserproben. Auch 1978 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.

Zur rationelleren Bearbeitung der täglich anfallenden großen Probenstückzahl wurden im Jahre 1978 die α - β - Bruttoaktivitätsmeßplätze mit Meßkanälen ausgerüstet, die durch Kleinrechner gesteuert werden. Abb. 5/3 zeigt die so modifizierten Meßplätze.



Abb. 5/3: Kleinrechnergesteuerte α - β -Bruttoaktivitätsmeßplätze

Die in den 39 Abwassersammelstationen des KfK 1978 angefallene Gesamtmenge an Chemieabwasser lag mit rund $142\,535\text{ m}^3$ (siehe Tab. 5/6) um 10,6 % über dem Wert für 1977.

Die insgesamt 1978 in den leichtaktiven Chemieabwässern angefallene α -Aktivität hat sich gegenüber dem Vorjahr um den Faktor 1,9 auf 668,9 mCi, die angefallene β -Aktivität um den Faktor 2,3 auf 17,8 Ci erhöht.

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 1978 mit 45,1 % die Gerätedekontaminationsanlage, gefolgt vom MZFR mit 36,7 % und der WAK mit 15,2 %. Diese drei Anlagen lieferten damit zusammen 97,0 % der gesamten β -Aktivität bei einem Volumenanteil ihrer Abwässer von nur 5,5 %.

Der Hauptbeitrag zur α -Aktivität der leichtaktiven Abwässer stammte in diesem Jahr ebenfalls von der Gerätedekontaminationsanlage. Er betrug 1978 rund 67 %. Es folgen die WAK mit rund 28 % und - in größerem Abstand - die FERAB mit ca. 1,2 %.

Abwassersammelstationen des KfK	Nachgewiesene α -Aktivität		Nachgewiesene β -Aktivität (ohne ^3H)		Abwassermenge	
	mCi	%	mCi	%	m ³	%
Gerätedekontaminationsanlage	448,1	66,9	8060,2	45,1	608	0,4
MZFR	2,5	0,3	6560,7	36,7	1849	1,3
WAK	190,3	28,4	2722,5	15,3	5378	3,8
Heiße Zellen	4,1	0,7	345,6	2,0	1760	1,2
FERAB	8,2	1,3	76,8	0,4	410	0,3
Abwasserdekontaminationsanlage	0,7	< 0,1	35,9	0,2	1211	0,9
KNK	0,1	< 0,1	24,0	0,1	137	< 0,1
Restliche Abwasser- sammelstationen	15,0	2,2	39,4	0,2	131182	92,0
S u m m e	668,9	100,0	17865,2	100,0	142535	100,0

Tab. 5/6: Herkunft und Aktivitätsanteil der 1978 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 1978 mehr als 97 % sowohl der α -Aktivität als auch der β -Aktivität in nur 7 der insgesamt 39 Abwassersammelstationen des KfK angefallen sind. Der Mengenan- teil der Abwässer von diesen 7 Stationen lag mit 11353 m³ bei rund 8 % der Gesamtmenge der angefallenen leichtaktiven Abwässer.

Von besonderer Bedeutung ist die Überwachung der Endpufferbecken, weil sie den Endpunkt des Über- wachungssystems vor der Ableitung der Abwässer in öffentliche Gewässer markiert. Überwachungsziel ist auch hier, die Einhaltung wasserrechtlicher Bestimmungen und Freigrenzen sicherzustellen und nachzu- weisen. Darüberhinaus 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		495150
Anzahl der abgeleiteten Endbeckenfüllungen		888
Aus dem KfK abgeleitete Abwasseraktivität	Art der Aktivität	Nachgewiesene Aktivität in mCi
	durch Integration der Einzelab- leitungen ermittelte Aktivität	α β ^3H 1,5* 14,3 $2,3 \cdot 10^6$
	aus mengenproportionalen monat- lichen Mischproben ermittelte nuklidspezifische Aktivität	^{89}Sr ^{90}Sr ^{137}Cs ^{238}Pu ^{239}Pu ^{240}Pu 3,0 1,2 0,05 0,07

* Bei 96,5 % der abgeleiteten Endbeckenfüllungen lag die spezifische α -Gesamtaktivität unter der Nachweisgrenze von $1 \cdot 10^{-8}$ Ci/m³

Tab. 5/7: 1978 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. Der Betrag der abgeleiteten Tritiumaktivität entspricht mit rund 2300 Ci nur noch etwa 60 % des Vorjahreswertes. Zur Tritiumgesamtabgabe haben die WAK mit rund 55 % und der MZFR mit rund 44 % beigetragen. Außer den Nukliden ^{89}Sr und ^{90}Sr mit zusammen 21,4 % und ^{137}Cs mit 8,7 % 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. 5/4.

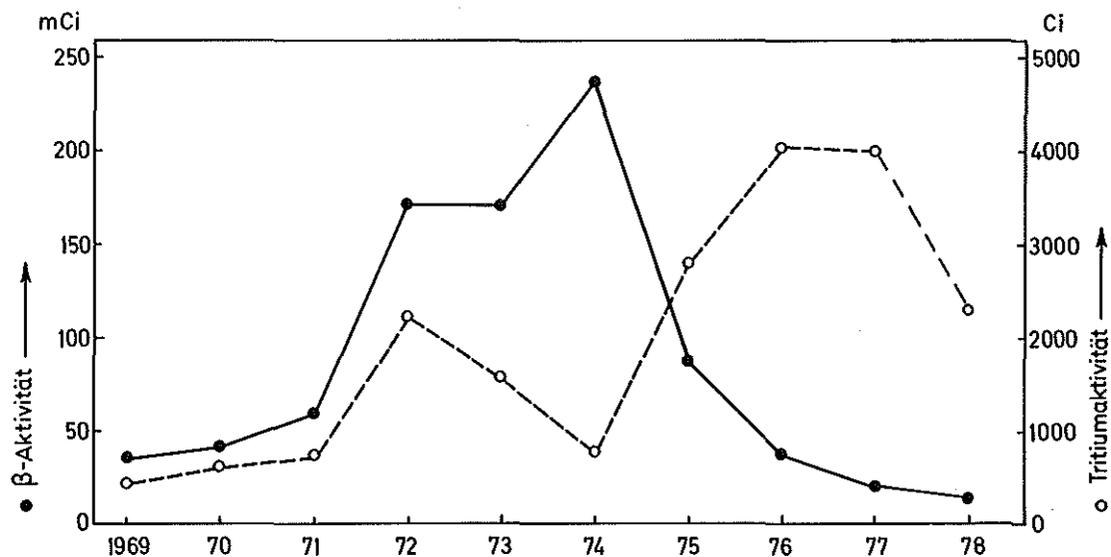


Abb. 5/4: Entwicklung der mit dem Abwasser aus dem KfK jährlich abgeleiteten β -Aktivität und der abgeleiteten Tritiumaktivität seit 1969.

5.2.3 Umgebungsüberwachung

M. Winter

Die Umgebungsüberwachung des Kernforschungszentrums Karlsruhe umfaßt ein 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 Lage der Ortschaften, der natürlichen und künstlichen Wasserwege und der landwirtschaftlichen Nutzflächen sowie die meteorologischen Verhältnisse bedingen weitgehend das bestehende Überwachungsnetz.

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 Dosisleistung herrschen kann. Das Meßstellennetz ist deshalb hier wesentlich dichter als in der eigentlichen Umgebung.

Der Routineteil der Umgebungsüberwachung des Kernforschungszentrums Karlsruhe wurde bis Ende Mai 1978 nach dem im Februar 1969 vom Ministerium für Arbeit, Gesundheit und Sozialordnung Baden-Württemberg gebilligten und seitdem im wesentlichen unveränderten Programm durchgeführt. Am 1. Juni 1978 trat eine Neufassung des Umgebungsüberwachungsprogrammes in Kraft. Das neue Überwachungsprogramm trägt sowohl durch erhöhte Probenahmefrequenz als auch durch mehr nuklidspezifische Aktivitätsbestimmungen in den Medien relevanter Belastungspfade den gestiegenen Anforderungen an die Überwachungsqualität Rechnung.

Darüber hinaus wurden auch 1978 eine Vielzahl von Probenahmen und Messungen durchgeführt, die entweder das Routineprogramm direkt ergänzten (siehe 5.2.3.3) oder Untersuchungen zur Radioökologie des Tritiums (siehe 5.3.3) dienten.

5.2.3.1 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 KfK erhielt dementsprechend folgende Struktur:

I. Direktmessung der Strahlung

- 1.1 Zählrohraußenstationen
- 1.2 Zählrohr-Monitor-Anlage zur Überwachung des Betriebsgeländes
- 1.3 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 Landwirtschaftl. Produkte

II.4.7 Boden

Eine vollständige und detaillierte Beschreibung des neuen Überwachungsprogrammes soll in Kürze veröffentlicht werden. 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. 88) - registrierten Meßwerte des ($\alpha+\beta$)-Strahlungspegels können 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. 90) zur kontinuierlichen Messung der γ -Äquivalentdosisleistung. 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 Warnschwellenüberschreitung 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.

Unabhängig von der mehreren Forschungsprogrammen und der Routinemessung dienenden Instrumentierung des 200 m hohen meteorologischen Meßmastes sorgen die Anzeigeinstrumente je einer Windfahne und eines Anemometers in 40 m und 80 m Höhe für eine meteorologische Mindestinformation in der Umgebungsüberwachungszentrale.

Die Anzeige- und Registriergeräte aller hier genannten Meßstellen befinden sich in der Umgebungsüberwachungs-zentrale im Gebäude der Abteilung Sicherheit. Die Meßwertübertragung von den Meßstellen erfolgt über Meßkabel 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. 88). 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. 90). 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.

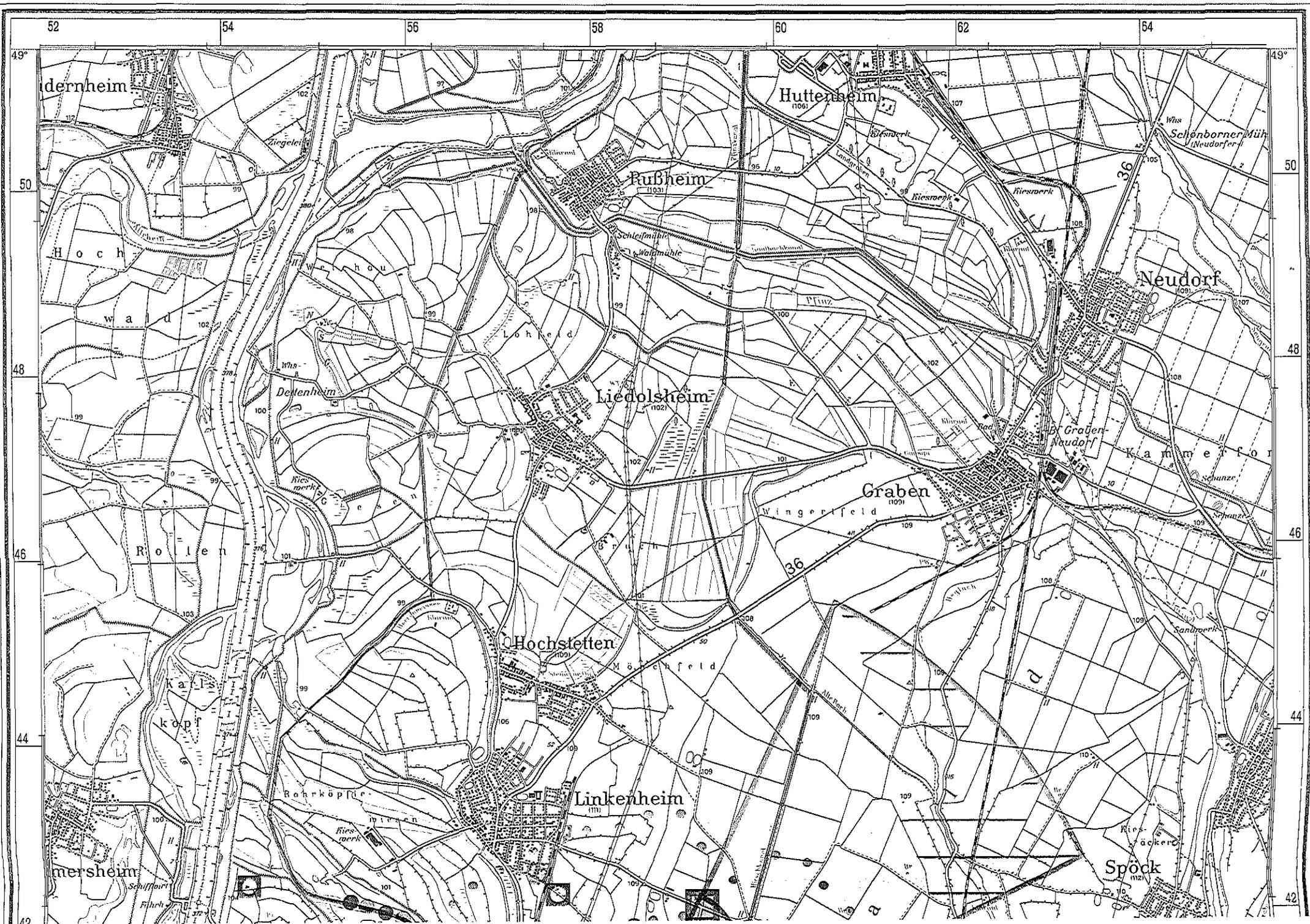
Der zweite Teil des Umgebungsüberwachungsprogrammes betrifft die Radioaktivitätsmessungen. Die Lage der Probenahmeeinrichtungen innerhalb des betrieblichen Überwachungsbereiches zeigt der Lageplan nach S. 90. Die in der topographischen Karte (nach S. 88) wiedergegebenen Probenahmestellen in der Umgebung des Kernforschungszentrums entsprechen bereits in allen Punkten der Programmneufassung vom 1.6.1978. Auf die Programmänderungen wird anhand der einzelnen Programmpunkte in Kapitel 5.2.3.2 eingegangen.

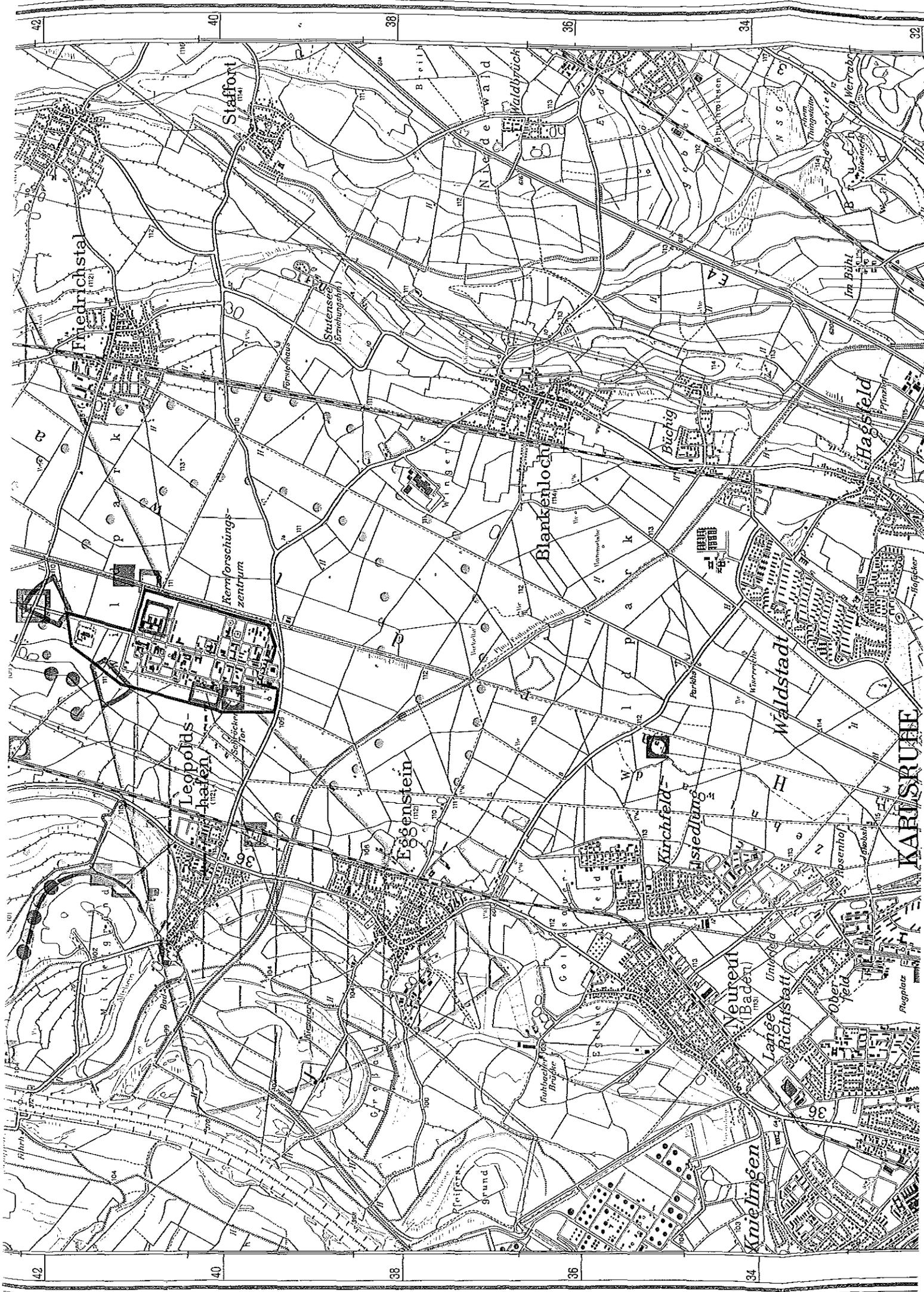
Der Umfang der für das Routineprogramm, für besondere Überwachungsmaßnahmen (siehe Kapitel 5.2.3.3) und für das Meßprogramm zur Untersuchung der Tritiumkontamination in der Umwelt (siehe Kapitel 5.3.3) erforderlichen Probenahmen und auszuführenden Aktivitätsmessungen geht aus Tab. 5/8 hervor.

Art der Proben	Zahl der Proben 1978
Luftstaub auf feststehenden Einzelfiltern	242
Luftstaub auf Schrittfilterband	1460
Niederschlag	96
Grund- und Trinkwasser	217
Oberflächenwasser und Schlamm aus dem Hirschkanal sowie Feststoffe aus dem Kanalisationsnetz für Regen- und Kühlwasser sowie den 6 dazugehörigen Sandfängen	511
Biologische Proben aus dem Altrheingebiet unterhalb und oberhalb der Abwasser-einleitung des KfK (Schlamm, Seston, Fisch und Wasserpflanzen)	70
Landwirtschaftliche Produkte, Bewuchs- und Bodenproben einschließlich Kontrollen an Material, welches im Zusammenhang mit Baumaßnahmen anfällt	190
Pflanzen-, Luftfeuchte-, Boden- und Niederschlagsproben im Rahmen des Meßprogrammes zur Untersuchung der Tritiumkontamination von Pflanzen	496
Niederschlag, Trink- und Oberflächenwasser im Rahmen des Programmes zur Bestimmung der Tritiumkontamination der Umwelt	1656
Sonstige Proben	50
S u m m e	4988

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 standen zwei mit Funk ausgerüstete Fahrzeuge, ein VW-Bus und ein Landrover, zur Verfügung, die 1978 insgesamt rund 14 000 km zurücklegten.





42

40

38

36

34

32

42

40

38

36

34

Friedrichstal

Staffort

Leopoldshafen

Eggenstein

Blankenloch

Kirchfeld

Neureu (Baden)

Kniezingen

Waldstadt

Hagsfeld

KARLSRUHE

Herrforschungs-
zentrum

Stutensee
(Brennerei)

Niederwald
Waldbrück

Büchig

Im Buhl

Josenhof

Langenried

Langenried

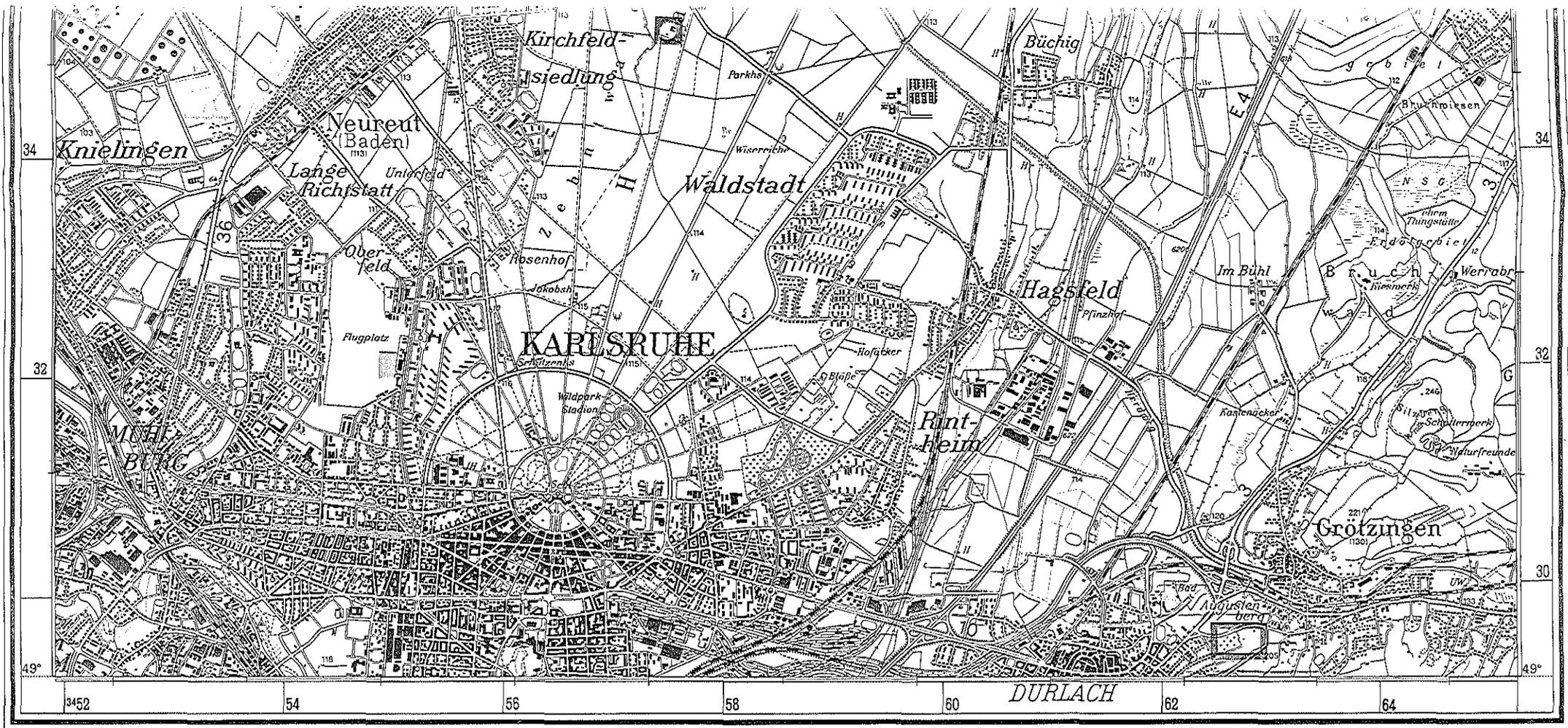
Oberfeld

Flugplatz

Hofgärtner

Werrabühl

Thunberg



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 | | Hauptwindrichtungs-sektoren | | |

Lageplan der Meß- und Probenahmestellen zur Umgebungsüberwachung des Kernforschungszentrums Karlsruhe

5.2.3.2 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 Zählrohraußenstationen erfolgt arbeitstäglich zweimal.

Meßstellenstandorte	$(\beta+\gamma)$ -Strahlungspegel in Ipm		
	Jahresmittel	minimaler Abfragewert	maximaler Abfragewert
KfK	448	301	891
Leopoldshafen	435	292	1230
Linkenheim	433	303	2334
Meßhütte "Forsthaus"	406	267	834
Friedrichstal	464	305	2602
Blankenloch	490	345	1333
Karlsruhe	416	317	1048
Eggenstein	438	288	885

Tab. 5/9: Meßergebnisse der Zählrohraußenstationen 1978

Die Monatsmittelwerte des Jahres 1978 der 7 Außenstationen streuen insgesamt zwischen rund 370 Ipm und 530 Ipm. Die Jahresmittelwerte liegen hingegen sehr viel enger beieinander, so daß es gerechtfertigt erscheint, für diese Stationen einen Gesamtmittelwert für 1978 zu bilden. Er ergibt sich zu 440 Ipm.

Der Jahresmittelwert für die KfK-Station liegt mit 448 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 1978 zu keiner signifikanten Erhöhung des Jahresmittelwertes der KfK-Station.

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

I.2.1 Überwachung der γ -Äquivalentdosisleistung innerhalb des KfK (siehe Lageplan nach S. 90)

Der Nullpegel der γ -Dosisleistung im KfK lag wie im Vorjahr an der unteren Meßbereichsgrenze von 10 $\mu\text{rem/h}$. An den 11 Hochdosisleistungsmeßstellen der Zählrohr-Monitor-Anlage mit einem Meßbereich von 10 mrem/h bis 1000 rem/h herrschte in keinem Fall - auch nicht kurzzeitig - eine γ -Dosisleistung, die der unteren Meßbereichsgrenze dieser Detektoren entspricht.

Von den 14 Niederdosisleistungsmeßstellen mit einem Meßbereich von 10 $\mu\text{rem/h}$ bis 10 mrem/h befindet sich eine (Meßstelle Nr. 15) in der Eichhalle der AS. Die Registrierungen der γ -Dosisleistung dieser Meßstelle entsprechen zeitlich und dem Betrage nach den in der Eichhalle durchgeführten routinemäßigen Bestrahlungen.

1978 kam es an keiner dieser 14 Meßstellen zu einer Überschreitung der eingestellten Warnschwelle von 1 mrem/h . Eine quantitative Auswertung der Registrierungen der Zählrohr-Monitor-Anlage erfolgt nicht. Die Registrierstreifen (rund 2 x 200 m pro Jahr) werden nach arbeitstäglicher Sichtkontrolle zur Dokumentation abgelegt.

I.2.2 Überwachung an der Betriebsgeländegrenze der WAK (siehe Lageplan nach S. 90)

Zwei der insgesamt 6 Meßstellen sind Hochdosisleistungsmeßstellen. Im Meßbereich dieser Detektoren (siehe Programmpunkt I.2.1) wurden auch 1978 keine Meßwerte registriert. Der Streubereich des an den 4 anderen Meßstellen kontinuierlich gemessenen ($\beta+\gamma$)-Strahlungspegels reichte 1978 von Meßwerten im Bereich des Nullpegels (ca. $4 \cdot 10^2$ Ipm) bis zu einem Höchstwert von $2 \cdot 10^5$ Ipm.

An allen 4 Meßstellen ereigneten sich 1978 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 von 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 66 Ereignissen (1977: 77 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. 90. 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 (s. Kap. 5.2.3.3).

Die topographische Karte (Plan nach S. 88) zeigt das äußere Dosimeter-Meßstellennetz. Das Meßstellennetz bestand 1977 noch aus 3 konzentrischen Ringen um das KfK (s. Jahresbericht 1977, KfK 2726 B). Der innere dieser 3 Ringe wurde bereits Ende 1977 aufgrund der westlich des KfK vorgenommenen Erweiterung des betrieblichen Überwachungsbereiches aufgegeben. Die seit mehr als 10 Jahren unterhaltenen Meßstellenringe mit Durchmessern von 4 km (36 Meßstellen) und 6 km (54 Meßstellen) wurden am 1.6.1978 in das auftragsbedingte Umgebungsüberwachungsprogramm mit einbezogen. Zum äußeren Meßstellennetz gehören außerdem weiterhin 7 der 8 Dosimetermeßstellen an den Zählrohrstationen (s. 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/cm^2 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 (siehe Abb. 5/5).

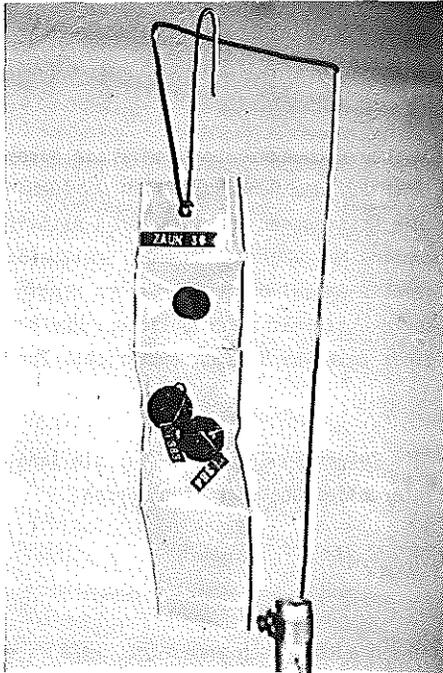


Abb. 5/5: Teilansicht einer Meßstelle mit Festkörperdosimetern.

Plastikbeutel mit 2 Phosphatglasdosimetern in Kugelkapselung und 2 LiF-TL-Dosimetern in Doppelkapsel (oben).

Für den Expositionszeitraum von November 1977 bis November 1978 ergaben sich die in Tab. 5/10 zusammengestellten Jahresdosiswerte. Die Meßergebnisse zeigen, daß die Jahresdosismittelwerte für die Meßstellen entlang der Grenze des betrieblichen Überwachungsbereiches des KfK und der WAK im Streubereich der Jahresdosiswerte liegen, die an den Meßstellen des äußeren Überwachungsringes (ca. 3 km vom KfK entfernt) und in den benachbarten Ortschaften ermittelt wurden.

Meßstellen		Jahresdosiswerte 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	68	57	80	64	56	97
Betriebsgeländegrenze der WAK	5	59	56	63	60	58	62
Meßstellenring um das KfK mit 4 km Durchmesser	36	-	-	-	59	54	66
Meßstellenring um das KfK mit 6 km Durchmesser	54	-	-	-	62	56	89
Zählrohrstationen (benachbarte Ortschaften und KfK)	8	70	60	79	69	64	73

Tab. 5/10: Mittelwerte und Streubereich der mit Glas- und TL-Dosimetern gemessenen Jahresdosiswerte (Expositionszeit: November 1977 bis November 1978)

Die in Tab. 5/10 angegebenen Jahresdosiswerte für November 1977 bis November 1978 sind rund 18 % niedriger als die Werte für den Zeitraum des vorangegangenen Jahres. Der Grund hierfür liegt darin, daß seit Mai 1977 alle TL-Dosimeter mit 500 mg/cm² Plexiglas abgedeckt wurden, um im Gegensatz zu vorher (nur 50 mg/cm² Plexiglas-Abdeckung) künftig ausschließlich die Ganzkörperdosis erfassen zu können (siehe hierzu auch Jahresbericht 1977 der ASS, KfK 2620, Seite 70).

Während des Expositionsintervalles von November 1977 bis Mai 1978 wurden an insgesamt 22 Meßstellen entlang der Grenze des betrieblichen Überwachungsbereiches die Dosimeterbeutel gestohlen. Die arithmetische Mittelwertbildung konnte deshalb nur für die 107 verbliebenen Dosimetermeßstellen durchgeführt werden.

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 AS (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 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. 1978 wurden diese Schwellwerte nie überschritten.

Zur Überwachung der Aerosolaktivität werden außerdem in den Meßhütten "West" und "Nordost" und seit 1.9.1978 zusätzlich in der Meßhütte "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. 90). Die Meßhütte "Forsthaus" ist identisch mit der Zählrohr Außenstation gleicher Bezeichnung. Ihr Standort liegt nordnordöstlich der WAK (siehe Lageplan nach S. 88) und damit am Rande des Hauptausbreitungssektors, bezogen auf den Abluftkamin der WAK.

Die Luftstaubsammlung 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. Nach dem neuen Überwachungsprogramm vom 1.6.1978 werden darüber hinaus monatlich eine γ -spektrometrische Analyse der Aerosolaktivität und eine radiochemische Bestimmung von ²³⁸Pu und (²³⁹+²⁴⁰)Pu 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 Sammelintervalles, also auf die Monatsmitte als fiktivem Probenahmezeitpunkt, bezogen.

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

Die Einzelmeßwerte der spezifischen α -Aktivität der Aerosole lagen 1978 zwischen 0,4 fCi/m³ und 8,5 fCi/m³, ihr Mittelwert entspricht jedoch dem Vorjahreswert. Die Jahresmittelwerte der spezifischen, langlebigen β -Aktivität der Luft erreichten beide an den Meßhütten "Nordost" und "West" mit 72 fCi/m³ und 61 fCi/m³ nur noch rund 55 % der Vorjahreswerte und entsprechen damit fast genau der mittleren Aerosolaktivität des Jahres 1976, die bei 63 fCi/m³ lag.

In die Tab. 5/11 wurden 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 spezifische Aktivität eines Nuklids 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.

Art der Aktivität bzw. Nuklid	Meßhütte "Nordost"*			Meßhütte "West"*			Meßhütte "Forsthaus"***		
	spez. Aktivität in fCi/m ³			spez. Aktivität in fCi/m ³			spez. Aktivität 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	1,4	0,5	2,7	1,2	0,4	8,5	1,5	0,4	2,7
langlebige β - Aktivität bezogen auf ⁴⁰ K	72	12	211	61	11	180	32	17	53
⁹⁵ Nb	< 1,5	< 0,4	3,4	< 1,2	< 0,6	2,9	< 1,0	-	-
¹⁰⁶ Ru	< 7,9	< 2,3	20,4	< 7,2	< 2,8	22,9	< 3,8	-	-
¹²⁵ Sb	< 1,3	< 0,6	1,9	< 1,3	< 0,7	2,1	< 1,1	-	-
¹³⁷ Cs	< 1,9	< 0,3	4,8	1,6	0,4	3,4	< 0,7	0,4	1,2
¹⁴⁴ Ce	<10,9	< 1,0	25,2	<10,9	< 2,2	23,4	< 4,5	< 1,0	12,6
⁷ Be	90,6	52,3	119,8	83,0	68,8	102,4	62,3	57,2	74,5
(²³⁹ + ²⁴⁰)Pu	0,057	0,019	0,149	0,051	0,004	0,123	0,040	0,010	0,070
²³⁸ Pu	< 0,015	0,004	0,029	< 0,037	< 0,002	0,023	< 0,043	-	-

*Angaben für Einzelnuclide nur für die Monate Juni bis Dezember 1978

**alle Angaben nur für die Monate September bis Dezember 1978

Tab. 5/11: Mittelwerte und Schwankungsbereiche der Einzelmeßwerte der spezifischen Aerosolaktivität 1978

II.2 Überwachung des Niederschlags

Auf den Meßhütten "Nordost" und "West" und nordöstlich der Wiederaufarbeitungsanlage (siehe Lageplan nach S. 90) 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 1978 mit dem Niederschlag der Flächeneinheit des Bodens zugeführte Radioaktivität gibt Tab. 5/12.

Sammelort	Niederschlags- menge in mm	Jahres-Flächenbelastung 1978 in nCi/m ²		
		A _{α}	A _{β}	A _{3H}
Meßhütte "West"	845	< 2,5	18,3	433
Meßhütte "Nordost"	839	< 2,5	14,0	1769
WAK	819	< 2,4	15,9	1226

Tab. 5/12: Radioaktivität im Niederschlag 1978

Während des 2. Quartals 1978 wurde der Hiberniatrichter (Auffangfläche 0,05 m²) an der Sammelstelle "WAK" zweimal durch Fahrzeuge schwer beschädigt. Eine Niederschlagssammlung war deshalb vom 15. bis 28.4.1978 und vom 1. bis 15.6.1978 nicht möglich. Die im Überwachungsprogramm vorgesehenen 14-tägigen Messungen der α - und β -Bruttoaktivitätskonzentrationen und der Tritiumkonzentration konnten in den genannten Zeitintervallen nicht durchgeführt werden. Unter der Annahme, daß die verlorenen Niederschlagsteilmengen jeweils dieselben Aktivitätskonzentrationen wie die ausgemessenen Teilmengen aufwiesen, ließen sich die Flächenbelastungswerte für April und Juni unter Verwendung der an benachbarten Sammelstellen korrekt ermittelten Gesamtniederschlagsmengen linear extrapolieren. Die auf diese Weise errechneten Werte wurden zur Ermittlung der Jahreswerte verwendet.

Die Einzelmeßwerte der α -Aktivitätskonzentration lagen mit Ausnahme von Januar 1978 stets unter der Nachweisgrenze (deshalb 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 pCi/l und die α -Flächenbelastungen unter 2,5 nCi/m² lagen.

Die Jahresflächenbelastung durch die β -Bruttoaktivität im Niederschlag ist an den Sammelstellen der Meßhütte "Nordost" und der WAK gegenüber dem Vorjahr um 10 % und an der Meßhütte "West" um 23 % zurückgegangen, obwohl die Niederschlagsmenge 1978 im Mittel um 35 % über der des Vorjahres lag. Die mittlere β -Aktivitätskonzentration an den 3 Sammelstellen hat gegenüber 1977 entsprechend abgenommen. Die Meßwerte des Deutschen Wetterdienstes zeigen für den Raum Stuttgart dieselbe Tendenz.

Hier hat die β -Aktivitätsflächenbelastung gegenüber 1977 um rund 30 % abgenommen. Sie lag 1978 nur um 3 nCi/m² unter dem Mittelwert, der sich 1978 für den betrieblichen Überwachungsbereich des KfK ergab. Die hier beschriebenen Zusammenhänge werden durch Tab. 5/13 verdeutlicht.

Sammelort	Jahresmittelwert der β -Aktivitätskonzentration \bar{a}_β in pCi/l	β -Aktivitätsflächenbelastung $A_\beta(78)$ in nCi/m ²	$\frac{\bar{a}_\beta(78)}{\bar{a}_\beta(77)}$	$\frac{A_\beta(78)}{A_\beta(77)}$	Verhältnis der Niederschlagsmengen $\frac{M(78)}{M(77)}$ q
			f**	p	
Meßhütte "West"	21,7	18,3	0,58	0,77	1,34
Meßhütte "Nordost"	16,7	14,0	0,65	0,90	1,38
WAK	19,4	15,9	0,68	0,90	1,33
Stuttgart*	15,1	13,1	0,52	0,69	1,32

*Meßwerte des DWD; **f = $\frac{p}{q}$

Tab. 5/13: Vergleich der β -Aktivität des Niederschlags 1978/1977

Im Falle der Tritiumflächenbelastung (siehe Tab. 5/12) wird der atmosphärische Tritiumanteil stark von Tritiumimmissionen überlagert, deren Ursache in den Tritiumableitungen mit der Abluft der beiden schwerwassermoderierten Reaktoren MZFR und FR 2 und der FERAB-Anlage liegt. Die mittlere Tritiumflächenbelastung für das Betriebsgelände des KfK betrug 1978 rund 1070 nCi/m², für die nähere Umgebung des KfK bis zu Entfernungen von rund 12 km hingegen nur rund 270 nCi/m² (siehe Kapitel 5.3.3). Die Jahresmittelwerte der Tritiumkonzentration des Niederschlags lagen 1978 an den Sammelstellen innerhalb des KfK zwischen 0,5 nCi/l und 2,1 nCi/l, außerhalb des KfK im Mittel bei 0,32 nCi/l.

Die Bestimmung der monatlichen Plutoniumflächenbelastungen an den 3 Niederschlagssammelstellen ist nach dem seit dem 1.6.1978 geltenden Überwachungsprogramm nicht mehr vorgesehen. Die Plutoniumüberwachung des Nieder-

schlages wurde zugunsten einer Plutoniumüberwachung des Luftstaubes (siehe Programmpunkt II.1) aufgegeben. Die entsprechenden Niederschlagsammeleinrichtungen (Naßsammelwannen mit 1,15 m² Auffangfläche auf den beiden Meßhütten und ein Hiberniatrichter mit 0,5 m² Auffangfläche nordöstlich der WAK) wurden deshalb nur bis Ende Mai 1978 bzw. bis Ende August 1978 (die Inbetriebnahme der neuen Luftstaubsammelstelle in der Meßhütte "Forsthaus" erfolgte erst Anfang September 1978) benutzt.

Die an den 3 Sammelstellen ermittelten Plutoniumflächenbelastungen für die ersten 5 Monate der Jahre 1977 und 1978 zeigt Tab. 5/14.

Sammelorte	Plutoniumflächenbelastung in pCi/m ²			
	²³⁹⁺²⁴⁰ Pu		²³⁸ Pu	
	Januar - Mai 1977	Januar - Mai 1978	Januar - Mai 1977	Januar - Mai 1978
Meßhütte "West"	4,1	3,6	3,7	2,8
Meßhütte "Nordost"	4,2	6,4	3,5	< 6,0
WAK	0,8	20,0	< 1,2	15,1

Tab. 5/14: Plutoniumaktivität im Niederschlag im Zeitraum 1. Januar bis 31. Mai der Jahre 1977 und 1978

Der Vergleich ergibt für die Sammelstelle "WAK" für 1978 sehr viel höhere Plutoniumwerte als für 1977. Die Erhöhung ist jedoch fast ausschließlich auf einen extrem hohen Meßwert für die 2. Maihälfte 1978 zurückzuführen, der zudem noch durch Extrapolation gewonnen werden mußte. Infolge der extrem starken Niederschläge Ende Mai und wegen der großen Auffangfläche von 0,5 m² lief das Sammelgefäß über. Am 23. und 24. Mai fielen rund 60 % der Niederschläge des gesamten Monats (136 mm in zwei Tagen!). Die zur Messung verfügbare und auch verwendete Niederschlagsmenge repräsentierte etwa 2/3 der Gesamtniederschlagsmenge im Mai, was sich durch Vergleich mit benachbarten Regensammlern ergab. Unter der Annahme einer konstanten Plutoniumkonzentration der Niederschläge im Mai wurde mit Hilfe der an benachbarter Stelle korrekt ermittelten Gesamtniederschlagsmenge die Monatsflächenbelastung linear extrapoliert. Auf diese Weise ergaben sich für Mai 1978 extrapolierte Werte von 15,6 pCi/m³ für ²³⁹⁺²⁴⁰Pu und 11,9 pCi/m³ für ²³⁸Pu. Die aus den aufgefangenen Teilmengen ermittelten Werte betragen 10 pCi/m³ bzw. 7,6 pCi/m³.

11.3 Überwachung des Wassers (siehe Lageplan nach S. 88)

11.3.1 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. 3·10⁶ m³/a) in den Hirschkanal eingeleitet werden. Die Aktivität wird wöchentlich in kontinuierlich entnommenen Mischproben bestimmt. Die nach dem neuen Überwachungsprogramm bei β -Aktivitätskonzentrationen der Wochenmischproben von > 20 pCi/l vorgesehenen γ -spektrometrischen Untersuchungen mußten in keinem Fall durchgeführt zu werden, da die Meßwerte aller Wochenmischproben deutlich unter diesem Grenzwert lagen.

Die Meßergebnisse für 1978 wurden in Tab. 5/15 zusammengefaßt.

92 % der Wochenmittelwerte der α -Aktivitätskonzentration und 12 % der Wochenmittelwerte der β -Aktivitätskonzentration lagen unter der jeweiligen Nachweisgrenze.

langlebige Aktivität	Schwankungsbereich der 52 Wochenmittelwerte	Jahresmittelwert
α	< 1,0 bis 2,5 pCi/l	< 1,7 pCi/l
Rest- β	< 0,9 bis 10,1 pCi/l	< 2,2 pCi/l
^3H	0,26 bis 1,82 nCi/l	0,7 nCi/l

Tab. 5/15: Radioaktivität des Hirschkanales 1978

II.3.2 Grund- und Trinkwasser

Überwacht wurden die Wasserwerke "Süd" und "Tiefgestade" des Kernforschungszentrums, die Wasserwerke Leopoldshafen, Linkenheim-Hochstetten und Karlsruhe-Hardtwald, die beiden Schluckbrunnen der WAK sowie der Beobachtungsbrunnen P zwischen dem KfK und Linkenheim (siehe Lageplan nach S. 88). Einen Überblick über die Ergebnisse der Überwachung vermittelt Tab. 5/16. Auch hier erreichten die β -Aktivitätskonzentrationen nie den Grenzwert von 20 pCi/l, so daß eine γ -spektrometrische Analyse der Proben in keinem Fall erforderlich war.

73 %, 80 % bzw. 10 % 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	< 1,3 bis 5,6 pCi/l	< 2,2 pCi/l
Rest- β	< 0,9 bis 1,8 pCi/l	< 1,0 pCi/l
^3H	< 0,14 bis 0,6 nCi/l	< 0,3 nCi/l

Tab. 5/16: Radioaktivität in Grund- und Trinkwasser 1978

II.4 Überwachung von biologischem Material (siehe Lageplan nach S. 88)

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. 88.

Die Überwachung von Bodenproben, Futterpflanzen und (neu im Überwachungsprogramm) 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 Schlammes 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. 90). Aufgrund einer speziellen Auflage des MAGS Baden-Württemberg wurde die Probenahmefrequenz ab Januar 1978 gegenüber dem Vorjahr von monatlich auf wöchentlich erhöht. 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 1978 mit Ausnahme von 2 Wochen stets der Fall.

Tab. 5/17 zeigt die aus den Ergebnissen der Wochenproben ermittelten Jahresmittelwerte \bar{a} und die Schwankungsbereiche a_{\min} ... a_{\max} der Meßwerte der α - und β -Gesamtaktivität und der nachgewiesenen Einzelnuclide. Sowohl die Mittelwerte als auch die Streubreite der Einzelmeßwerte der α - und β -Gesamtaktivität entsprechen mit nur geringfügigen Abweichungen den Vorjahreswerten.

Unter den 6 nachgewiesenen Einzelnucliden dominieren ^{137}Cs und ^{134}Cs , die auch als einzige Nuclide in allen Proben gefunden wurden. Für das Verhältnis $a(^{137}\text{Cs})/a(^{134}\text{Cs})$ ergibt sich im Mittel ein Wert von 10,4.

Art der Aktivität bzw. Nuklid	spezifische Aktivität in pCi/g Tr.		
	\bar{a}	a_{\min}	a_{\max}
langlebige α -Aktivität (bez. auf ^{238}Pu)	6,0	3,1	11,2
langlebige β -Aktivität (bez. auf ^{40}K)	40,4	16,1	67,3
^{60}Co	< 0,4	< 0,1	5,3
^{106}Ru	< 1,2	0,36	3,8
^{134}Cs	2,2	1,0	6,0
^{137}Cs	23,5	12,6	59,3
^{141}Ce	< 0,07	< 0,04	0,13
^{144}Ce	< 0,99	< 0,2	3,9

Tab. 5/17: Spezifische Aktivität der wöchentlich aus dem Hirschkanal geschöpften Schlammproben

Zur Überwachung des Altrheins, dem Vorfluter für die geklärten Chemie- und Fäkalabwässer des KfK, sind nach dem neuen Überwachungsprogramm vom 1.6.1978 monatlich Schlammproben im Altrhein bei Leopoldshafen, ca. 80 m unterhalb der Abwassereinleitungsstelle zu entnehmen (siehe Lageplan nach S. 88). Die behördliche Auflage sah vorher lediglich eine vierteljährliche Schlammprobenahme vor. Der zeitliche Verlauf der spezifischen α - und β -Gesamtaktivität des Altrheinschlammes wurde jedoch - über die behördliche Auflage hinausgehend - auch bisher schon monatlich überwacht. Die Plutoniumüberwachung erfolgt weiterhin an vierteljährlichen Stichproben. Jahresmittelwerte und Streubreite der Meßergebnisse wurden in Tab. 5/18 zusammengestellt.

Art der Aktivität	spezifische Aktivität in pCi/g Tr.				
	"unterhalb"			"unterhalb"	"oberhalb"
	\bar{a}	a_{\min}	a_{\max}	$a_{\text{Aug.78}}$	$a_{\text{Aug.78}}$
langlebige α -Aktivität (bez. auf ^{239}Pu)	9,1	4,7	15,8	6,5	6,4
langlebige β -Aktivität (bez. auf ^{40}K)	22,8	17,0	32,9	23,3	19,0
$^{239} + ^{240}\text{Pu}$	0,23	0,11	0,38	0,11	-
^{238}Pu	0,14	0,07	0,19	0,07	-

Tab. 5/18: Spezifische Aktivität der Schlammproben aus dem Altrhein bei Leopoldshafen 1978, unterhalb und oberhalb der Einleitungsstelle der KfK-Abwässer

Das seit Juni 1978 gültige Überwachungsprogramm fordert außerdem halbjährlich die Entnahme einer Schlammprobe oberhalb der Abwassereinleitungsstelle und die Bestimmung ihrer spezifischen α - und β -Gesamtaktivität. Die geforderte Probenahme erfolgte im August 1978 an der Altrheinbrücke in Leopoldshafen. Die Meßergebnisse wurden ebenfalls in Tab. 5/18 eingetragen und außerdem den Ergebnissen von der am selben Tag "unterhalb" genommenen Schlammprobe gegenübergestellt.

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 im Falle der Proben für die Monate November und Dezember 1978 der Fall. Die Meßergebnisse zeigt Tab. 5/19.

Monat	spezifische Aktivität in pCi/g Tr.							
	a_{α}	a_{β}	^{60}Co	^{106}Ru	^{125}Sb	^{134}Cs	^{137}Cs	^{144}Ce
Nov. 1978	13,6	25,0	0,24	1,7	0,31	0,25	2,1	0,73
Dez. 1978	11,5	32,9	0,58	< 1,7	< 0,48	< 0,21	1,5	0,85

Tab. 5/19: α - und β -Gesamtaktivität und spezifische Aktivität nachgewiesener Einzelnuclide von Schlammproben aus dem Altrhein unterhalb der Einleitungsstelle der KfK-Abwässer

II.4.2 Seston

Über die auflagebedingte vierteljährliche Probenahmefrequenz hinausgehend erfolgte die Sestonprobenahme im Altrhein (siehe Lageplan nach S. 88) monatlich, mit Ausnahme der Monate Juli und August, in denen wegen zeitweise extremer Wasserstände und wegen der Durchführung der sogenannten Uferbereinigung eine Befestigung des Seston-Probenahmegerätes am Ufer unmöglich war. Die Plutoniumanalysen wurden programmgemäß vierteljährlich durchgeführt. Eine Übersicht über die Seston-Meßergebnisse vermittelt Tab. 5/20.

Art der Aktivität	spezifische Aktivität in pCi/g Tr.		
	\bar{a}_{78}	a_{\min}	a_{\max}
langlebige α -Aktivität (bez. auf ^{239}Pu)	14,8	10,3	18,3
langlebige β -Aktivität (bez. auf ^{40}K)	36,1	24,5	48,9
$^{239+240}\text{Pu}$	0,37	0,14	0,65
^{238}Pu	0,22	0,11	0,29

Tab. 5/20: Spezifische Aktivität der Sestonproben aus dem Altrhein bei Leopoldshafen 1978 unterhalb der Einleitungsstelle für KfK-Abwässer

Die angegebenen Mittelwerte erreichten für die spezifische α -, β -, $^{239+240}\text{Pu}$ - und ^{238}Pu -Aktivität nur 93 %, 78 %, 46 % und 31 % der Vorjahreswerte.

Die Ergebnisse der γ -spektrometrischen Untersuchung der Sestonprobe vom 15. November 1978 zeigt Tab. 5/21. Die Nuklidzusammensetzung entspricht erwartungsgemäß jener der Schlammproben aus dem Altrhein (s. Tab. 5/19).

Monat	spezifische Aktivität in pCi/g Tr.						
	^{60}Co	^{95}Nb	^{106}Ru	^{125}Sb	^{134}Cs	^{137}Cs	^{144}Ce
Nov. 78	0,82	0,16	2,3	0,58	0,24	2,5	2,3

Tab. 5/21: Ergebnisse der γ -spektrometrischen Untersuchung einer Seston-Stichprobe aus dem Altrhein bei Leopoldshafen

II.4.3 Fisch

Der Überwachung des Vorfluters dienen vor allem die halbjährlichen Probenahmen von Fisch. Nach dem neuen Überwachungsprogramm sollen möglichst Fried- und Raubfisch 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 1978 wurden in Tab. 5/22 zusammengefaßt.

Abweichend vom vorher gültigen Überwachungsprogramm erfolgt die Aktivitätsanalyse nicht mehr getrennt nach Fischfleisch, Haut und Flossen. Seit Juni 1978 wird nur noch der Aktivitätsgehalt des allein für die Ingestionsdosis relevanten Fischfleisches gemessen.

Art der Aktivität bzw. Nuklid	spezifische Aktivität des Fischfleisches in pCi/g Naßgewicht			
	April 1978		Oktober 1978	
	Barsch	Brachse	Brachse	Hecht
langlebige Rest- β -Aktivität (bez. auf ^{40}K)	0,3	1,0	0,7	0,5
^{40}K	2,3	2,0	2,0	2,5
^{90}Sr	-	-	0,007	-
^{137}Cs	-	-	0,035	0,055

Tab. 5/22: Radioaktivitätsgehalt von Fisch aus dem Altrhein bei Leopoldshafen 1978

II.4.4 Wasserpflanzen

Die Ergebnisse der halbjährlich durchgeführten Überwachung des Aktivitätsgehaltes von Wasserpflanzen aus dem Altrhein wurden in Tab. 5/23 dargestellt. Die Werte für die spezifische Rest- β -Aktivität lagen wie im Vorjahr alle unter 20 pCi/g Tr. Bei der γ -spektrometrischen Untersuchung konnten nur die künstlichen Radionuklide ^{137}Cs , ^{144}Ce und ^{60}Co in Spuren nachgewiesen werden.

Pflanzenart	Schilf		Wasserschwertlilien	
	10.5.78	14.11.78	18.5.78	14.11.78
Art der Aktivität bzw. Nuklid	spezifische Aktivität in pCi/g Tr.			
langlebige Rest- β -Aktivität	15,5	6,6	9,9	10,1
^{40}K	31,9	6,6	23,7	17,8
^{60}Co	< 0,05	0,09	< 0,05	< 0,04
^{137}Cs	0,32	0,11	0,10	0,11
^{144}Ce	0,12	< 0,04	< 0,11	0,30

Tab. 5/23: Ergebnisse der halbjährlichen Untersuchung des Radioaktivitätsgehaltes von Wasserpflanzen aus dem Altrhein bei Leopoldshafen unterhalb der Einleitungsstelle der KfK-Abwässer

II.4.5 Bewuchs

Das seit 1.6.1978 gültige Überwachungsprogramm sieht weiterhin 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 spezifische β -Gesamt- und ^{40}K -Aktivität. Eine γ -spektrometrische Untersuchung wird nur dann vorgenommen, wenn die spezifische β -Aktivität 50 pCi/g Tr. (bisher 100 pCi/g Tr.) übersteigt, was 1978 nie der Fall war. Die spezifische β -Gesamtaktivität betrug an diesen 3 Stellen im Mittel 30 pCi/g Tr. im 1. Halbjahr (Ende April 1978) und 19 pCi/g Tr. im 2. Halbjahr (Anfang Oktober 1978).

Die im bisherigen Überwachungsprogramm enthaltene Einengung der Probenahmezonen auf 2 kreisförmige Gebiete von je ca. 500 m Durchmesser wurde fallengelassen, da sie nicht länger praktikabel war. Die neuen Probenahmebereiche für landwirtschaftliche Produkte wie Futterpflanzen und Nahrungsmittel (siehe auch Programmpunkt II.4.6) entsprechen den beiden Hauptwindrichtungen. Die neuen Bereiche (siehe Abb. 5/6) wurden auf folgende Weise ermittelt:

Die am meteorologischen Meßmast des KfK über einen Zeitraum von 10 Jahren ermittelte Häufigkeitsverteilung der Windrichtungen weist 2 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 7 wichtigsten Emittenten des KfK (siehe Abb. 5/6) mit Emissionshöhen zwischen 60 m und 100 m angebracht. Als innere radiale Begrenzung der verschiedenen Hauptausbreitungssektoren wurde der Grenzsaum 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 eingeengt (siehe Abb. 5/6).

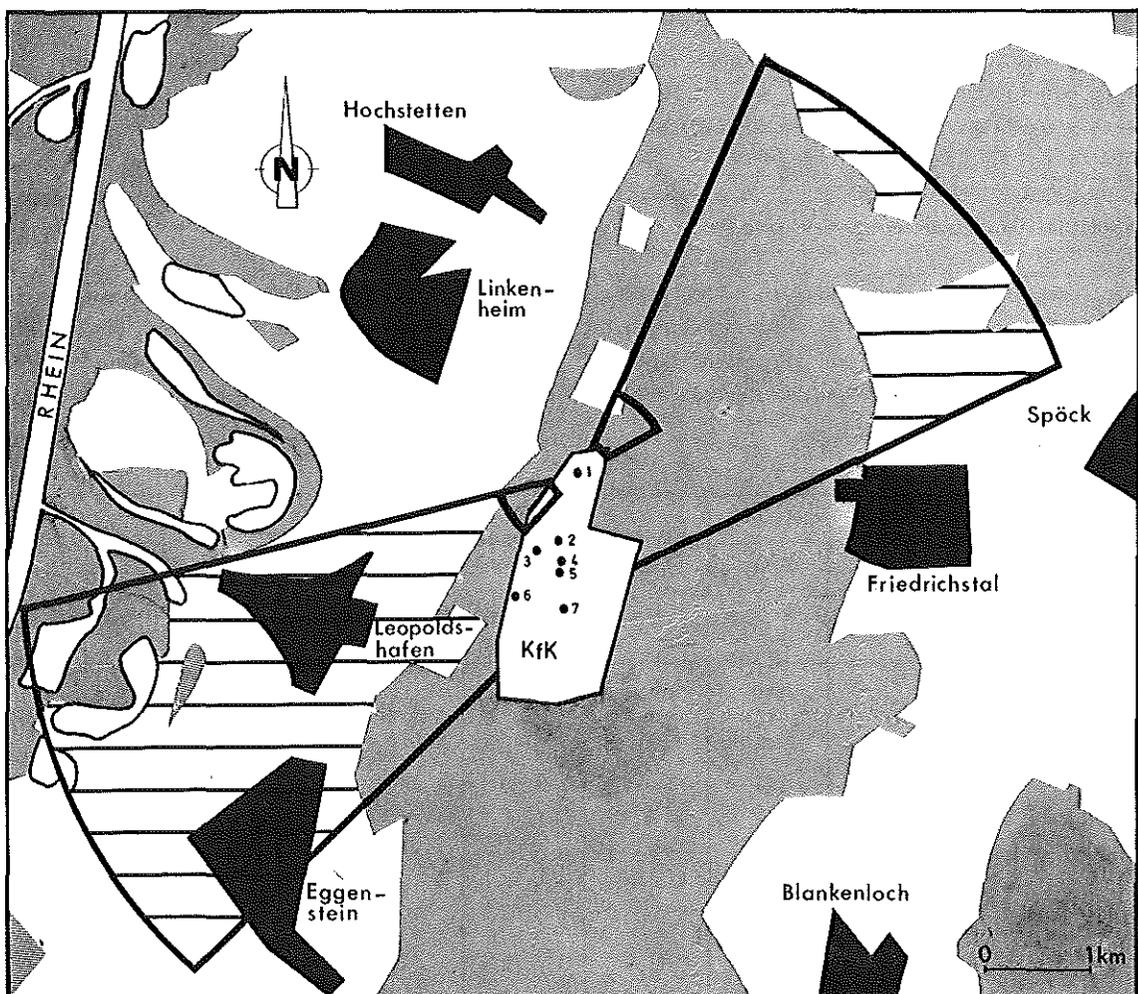


Abb. 5/6: Probenahmebereiche für landwirtschaftliche Produkte aus den beiden Hauptausbreitungssektoren

■ Waldgebiet

• Emittenten: 1 WAK 3 KNK 5 RBT/HZ 7 FR 2
 2 MZFR 4 IHCh 6 FERAB

Das bis Ende Mai 1978 gültige Programm zur Bewuchsüberwachung sah außerdem 1/4-jährliche Probenahmen von Gras oder Kiefernadeln an 4 Stellen in den beiden Hauptwindrichtungen im Nahbereich des KfK bezüglich der nördlichen Hälfte des Betriebsgeländes und an einer Referenzstelle in Grötzingen vor. Ferner waren 1/4-jährlich Gras- oder Kiefernadelproben in 2 Probenahmesektoren zwischen 500 m und 1000 m Entfernung von der WAK zu nehmen (siehe Karte nach S. 48 im Jahresbericht 1977 der ASS, KfK 2620). Die Plutoniumüberwachung der Bewuchsproben von diesen insgesamt 7 Stellen wurde im neuen Programm zugunsten einer Aktivitätsüberwachung von Bodenproben (siehe Programmpunkt II.4.7) aufgegeben.

Die im 1. Halbjahr 1978 noch nach dem alten Programm durchgeführten Messungen hatten folgende Ergebnisse: Die spezifische Plutoniumaktivität ($^{239+240}\text{Pu}$) der 12 Kiefernadelproben von den 6 Stellen in der unmittelbaren Umgebung des KfK bewegte sich 1978 zwischen 2 fCi/g Tr. und 12 fCi/g Tr. Als Mittelwert ergab sich rund 6 fCi/g Tr. Die Meßwerte für die beiden Proben von der Referenzstelle in KA-Grötzingen betragen rund 2 fCi/g Tr. und 5 fCi/g Tr.

Die spezifischen ^{238}Pu -Aktivitätswerte der 12 Proben aus der unmittelbaren Umgebung des KfK lagen zwischen 0,7 fCi/g Tr. und 9,1 fCi/g Tr. Die beiden ^{238}Pu -Werte für die Referenzstelle lagen unter der für diese Proben erzielten Nachweisgrenze von 3,4 fCi/g Tr.

II.4.6 Typische landwirtschaftliche Produkte

Dieser Programmpunkt wurde neu in das Routineüberwachungsprogramm aufgenommen. Es 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. Aus dem Raum Friedrichstal (1. Hauptausbreitungssektor) wurden, über das auftragsbedingte Programm hinausgehend, Proben von Weizen, Möhren, Weiß- und Rotkohl untersucht. Aus dem Raum Eggenstein-Leopoldshafen (2. Hauptausbreitungssektor) wurden darüber hinaus noch Proben von Kopfsalat, Feldsalat und Blumenkohl untersucht.

Die Meßergebnisse der untersuchten Proben wurden in Tab. 5/24 zusammengestellt. Außer ^{137}Cs konnten in keiner der 11 Proben andere künstliche Radionuklide nachgewiesen werden. Da sich beim Probenaufarbeitungsprozeß anfangs Schwierigkeiten bei der Vergleichbarkeit von Trocknungsgraden bei den in ihrem Wassergehalt sehr unterschiedlichen Gemüsesorten ergaben, wurde der Angabe der spezifischen Aktivität in pCi/g Asche der Vorzug gegeben.

Pflanzenart	Weizen	Möhren	Weißkohl	Rotkohl	Kopfsalat	Feldsalat	Blumenkohl
Art der Aktivität bzw. Nuklid	spezifische Aktivität in pCi/g Asche						
<u>Raum Friedrichstal</u>							
Rest- β -Aktivität	< 16	< 16	< 16	< 16	-	-	-
^{40}K	190	340	270	210	-	-	-
^{137}Cs	2,0	0,23	< 0,22	< 0,22	-	-	-
<u>Raum Eggenstein-Leopoldshafen</u>							
Rest- β -Aktivität	19	17	< 16	< 16	21	18	27
^{40}K	180	247	250	270	110	115	272
^{137}Cs	1,8	0,33	< 0,22	< 0,22	0,27	< 0,32	< 0,34

Tab. 5/24: Radioaktivitätsgehalt typischer landwirtschaftlicher Produkte aus den beiden Hauptausbreitungssektoren in der Umgebung des KfK. Probenahme zwischen 10.8. und 27.10.1978.

II.4.7 Boden

Eine Überwachung des Radioaktivitätsgehaltes von Bodenproben (ca. 5 cm der obersten Bodenschicht) ist nach dem neuen Programm vom 1.6.1978 einmal jährlich Ende September an insgesamt 5 Orten durchzuführen. 2 Probenahmegebiete liegen noch innerhalb des betrieblichen Überwachungsbereiches des KfK. Das eine erstreckt sich über die 3 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 Grenz- zaun des betrieblichen Überwachungsbereiches (siehe Lageplan nach S. 90).

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 26. September 1978 ergaben sich für die spezifische α -Aktivität rund 5 pCi/g Tr. und 6 pCi/g Tr. und für die spezifische β -Aktivität rund 20 pCi/g Tr. und 22 pCi/g Tr.

2 weitere Bodenproben sind in den beiden Hauptausbreitungssektoren in je 300 m bis 800 m Entfernung vom Abluftkamin der WAK zu nehmen (siehe Abb. 5/6). Eine Referenzprobe wird jeweils im Raum Durlach (siehe Lageplan nach S. 88) genommen.

Die Meßergebnisse der 3 Proben vom September 1978 zeigt Tab. 5/25.

Probenahme- datum	Probenahmegebiet	spezifische Aktivität in pCi/g Tr.				
		α	β	$^{239+240}\text{Pu}$	^{238}Pu	^{90}Sr
26.9.78	1. Hauptwindrichtungs- sektor (nordöstlich der WAK)	4	23	0,009	0,001	< 0,05
26.9.78	2. Hauptwindrichtungs- sektor (südwestlich der WAK)	3	20	0,008	0,002	< 0,05
28.9.78	Referenzstelle Raum Durlach	11	33	0,005	<0,001	< 1,7

Tab. 5/25: Radioaktivitätsgehalt von Bodenproben

5.2.3.3 Besondere Überwachungsmaßnahmen

Es versteht sich von selbst, daß für eine wirksame Umgebungsüberwachung, die insbesondere den betrieblichen Überwachungsbereich selbst miteinschließt, das Routineprogramm allein nicht ausreicht. Vielmehr muß es je nach Anlaß und oft schon bei Hinweisen auf geringste Unregelmäßigkeiten in den Betriebszuständen der kern- technischen Anlagen durch gezielte Überwachungsmaßnahmen ergänzt werden. Tab. 5/27 vermittelt eine Übersicht über die wichtigsten Überwachungsmaßnahmen die 1978 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 Aero- solpartikel werden vom Regen in das Kanalisationsnetz für die Kühl- und Regenwässer gespült und gelangen auf diese Weise in die sogenannten Sandfänge, die den Einleitungsbauperken in den Hirschkanal vorgelagert sind. Da alle Kühl- und Regenwässer aus dem KfK kontinuierlich in den Hirschkanal abgeleitet werden, wurden auch 1978 - zusätzlich zu der behördlich geforderten verstärkten Überwachung von Schlamm und Wasser im Hirschkanal - die in den 6 Sandfängen (siehe Lageplan nach S. 90) 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. 5/26 gegeben.

Quartal 1978	Sandfang I			Sandfang II			Sandfang III			Sandfang IV			Sandfang V			Sandfang VI		
	\bar{a}_β	$a_{\beta\min}$	$a_{\beta\max}$															
I	39	22	62	19	14	24	24	15	56	255	24	423	511	122	928	26	21	39
II	47	28	106	37	18	146	49	18	128	224	82	352	411	246	906	37	18	114
III	31	14	88	37	14	140	41	14	167	199	26	306	349	175	697	35	13	101
IV	23	20	28	20	12	34	28	12	98	165	25	309	278	17	425	24	13	61

Tab. 5/26: 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 ($a_{\beta\max}$) 1978

Die in Tab. 5/26 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. 5/17 unter Programmpunkt II.4.1), da leichtere Feststoffe vom abfließenden Wasser über die Ablaufschwellen der Sandfänge mitgerissen werden. Um ein besseres Verständnis von den Vorgängen zu gewinnen, wurde im Februar 1978 unmittelbar neben der routinemäßigen Probenahmestelle für die wöchentlich dort geschöpften Schlammproben ein sogenannter "Senkkasten" (35 cm x 35 cm x 7 cm) im Hirschkanal abgesenkt, um den Aktivitätsgehalt frischer Sedimente wöchentlich untersuchen zu können. Im 4. Quartal 1978 wurden, beginnend bei Sandfang I bis ca. 200 m nördlich von Sandfang VI 5 weitere Senkkästen ausgelegt. Die sehr geringen Mengen der frischen Sedimente wurden wöchentlich entnommen und ausgemessen. Dabei zeigte sich, daß die spezifische β -Gesamtaktivität der frischen Sedimente die der geschöpften - und also durch tieferliegende, unkontaminierte Schichten quasi "verdünnten" - Schlammproben im Jahresmittel um den Faktor 4 übersteigt. Die γ -spektrometrischen Meßergebnisse bedürfen noch der genauen Analyse. Eine grobe Übersicht über die Meßergebnisse vermittelt Tab. 5/27.

Als Folge der schon im Jahresbericht 1974 (KfK 2125) berichteten und unverzüglich beseitigten Undichtigkeiten am Rohrleitungssystem der Kläranlage wurde auch 1978 noch die intensive Grundwasserüberwachung auf Wunsch der Aufsichtsbehörden fortgesetzt. Die Tritiummeßergebnisse wurden vierteljährlich dem Landratsamt Karlsruhe - Umweltschutzamt, der Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg - Institut für Immissions- und Strahlenschutz, und dem Wasserwirtschaftsamt Karlsruhe berichtet. Die Messung der langlebigen β -Bruttoaktivität erfolgte entsprechend der geringeren Wanderungsgeschwindigkeit im Boden mit geringer Frequenz. Eine grobe Übersicht über die Meßergebnisse wird in Tab. 5/27 gegeben. Die Lage der Beobachtungsbrunnen zeigt der Plan nach S. 90.

Innerhalb des Betriebsgeländes des KfK (ohne WAK) wurde 1978 an 40 Standorten, die nach einem Rechteck-Raster über das Betriebsgelände verteilt sind, die Ortsdosis mit Festkörperdosimetern gemessen. Festkörperdosimeter-Meßstellen wurden außerdem entlang der westlichen Betriebsgeländegrenze (13 Standorte) im Bereich der ADB und entlang des Betriebsgeländezaunes der ADB (20 Standorte) unterhalten (siehe Lageplan nach S. 90). An allen diesen Meßstellen kommen Glas- und TL-Dosimeter parallel zum Einsatz. Die Expositionsintervalle betragen jeweils rund 6 Monate.

Im Sommer 1978 wurde ein zeitlich befristetes radioökologisches Programm zur Untersuchung der Kontamination des Altrheins durchgeführt, über dessen Ergebnisse auf der Tagung des Fachverbandes für Strahlenschutz e.V. im Oktober in Norderney u.a. genauer berichtet wurde.

Neben den besonderen Maßnahmen zur Umgebungsüberwachung des KfK, über die in Tab. 5/27 in stark geraffter Form berichtet wurde, waren 1978 noch zahlreiche Sondermessungen durchzuführen.

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.90)	312 Schlammproben	spezifische α - u. β -Bruttoaktivität siehe Tab. 5/26 nachgewiesene Nuklide: ^{137}Cs , ^{134}Cs , ^{106}Ru , ^{95}Nb , ^{95}Zr , ^{60}Co , ^{144}Ce , ^{125}Sb																																
Febr.-Dez. 78	Sedimentkontamination im Hirschkanal	Wöchentliche Sammlung frischer Sedimente in sog. "Senkkästen". Febr.-Dez. 78, NO-Ecke des KfK IV. Quartal 78, 5 weitere Stellen	Sedimentproben 44 60	Mittelwerte, Minima u. Maxima der spez. Aktivität a in pCi/g Tr. <table border="1"> <thead> <tr> <th>a</th> <th>a_{α}</th> <th>a_{β}</th> <th>^{60}Co</th> <th>^{106}Ru</th> <th>^{134}Cs</th> <th>^{137}Cs</th> <th>^{144}Ce</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>\bar{a}</td> <td>17</td> <td>171</td> <td><2,1</td> <td><14,6</td> <td>8,1</td> <td>91,7</td> <td><20,1</td> </tr> <tr> <td>a_{min}</td> <td>5</td> <td>42</td> <td><0,3</td> <td><1,9</td> <td>2,0</td> <td>20,0</td> <td><0,4</td> </tr> <tr> <td>a_{max}</td> <td>34</td> <td>344</td> <td>16,0</td> <td>45,5</td> <td>27,0</td> <td>340,0</td> <td>54,4</td> </tr> </tbody> </table> Sammelstelle: NO-Ecke des KfK, unmittelbar unterhalb der 6 Kühl- und Regenwassereinfleuchtungsstellen. Die Mittelwerte der spezif. Aktivität der Sedimente von den 5 anderen Sammelstellen lagen im 4. Quartal 1978 ausnahmslos niedriger.	a	a_{α}	a_{β}	^{60}Co	^{106}Ru	^{134}Cs	^{137}Cs	^{144}Ce	\bar{a}	17	171	<2,1	<14,6	8,1	91,7	<20,1	a_{min}	5	42	<0,3	<1,9	2,0	20,0	<0,4	a_{max}	34	344	16,0	45,5	27,0	340,0	54,4
a	a_{α}	a_{β}	^{60}Co	^{106}Ru	^{134}Cs	^{137}Cs	^{144}Ce																													
\bar{a}	17	171	<2,1	<14,6	8,1	91,7	<20,1																													
a_{min}	5	42	<0,3	<1,9	2,0	20,0	<0,4																													
a_{max}	34	344	16,0	45,5	27,0	340,0	54,4																													
Juni/Juli 78	Untersuchung der Ursachen der Sedimentkontamination im Hirschkanal	Schmutzprobenahmen auf Dächern im Bereich der ABB	4 Schmutzproben	Ergebnisse für die Probe mit maximaler Aktivität: Bruttoaktivität: $a_{\alpha} = 35$ pCi/g Tr. $a_{\beta} = 767$ pCi/g Tr. γ -Spektrometrie: ^{60}Co : 10 pCi/g Tr. ^{106}Ru : 133 pCi/g Tr. ^{125}Sb : 73 pCi/g Tr. ^{134}Cs : 37 pCi/g Tr. ^{137}Cs : 421 pCi/g Tr. ^{144}Ce : 44 pCi/g Tr. ^{241}Am : 58 pCi/g Tr.																																
ganzjährig	1974 erfolgter Austritt schwachaktiver Chemiefabwässer ins Erdreich aufgrund von Undichtigkeiten in Rohrleitungssystem der Kläranlage	Weiterführung der intensiven Tritiumüberwachung des Grundwassers aus 12 Beobachtungsbrunnen (s. Lageplan nach S.90), Probenahmefrequenz zwischen 14-tägig und 1/4-jährlich	143 Grundwasserproben	Streubereich der Jahresmittelwerte der Tritiumkonzentration des Grundwassers von 11 Brunnen innerhalb des betrieblichen Überwachungsbereiches im Bereich der Kläranlage: 0,4 nCi/l bis 27,6 nCi/l Referenzstelle südöstlich des KfK: <0,16 nCi/l																																
ganzjährig	Geplante Tiefablagerung tritiumhaltiger Abwässer in stiftgelegten Erdölbohrungen	Monatliche Probenahme aus dem Beobachtungsbrunnen Nr. 16 und Nr. 20	22 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>< 0,28</td> <td>< 0,16 (Dez.)</td> <td>0,36 (Juni)</td> </tr> <tr> <td>Nr. 20</td> <td>0,47</td> <td>0,32 (Okt.)</td> <td>0,69 (Juni)</td> </tr> </tbody> </table>	Brunnen	\bar{a}	a_{min}	a_{max}	Nr. 16	< 0,28	< 0,16 (Dez.)	0,36 (Juni)	Nr. 20	0,47	0,32 (Okt.)	0,69 (Juni)																				
Brunnen	\bar{a}	a_{min}	a_{max}																																	
Nr. 16	< 0,28	< 0,16 (Dez.)	0,36 (Juni)																																	
Nr. 20	0,47	0,32 (Okt.)	0,69 (Juni)																																	
ganzjährig	Erhöhte Dosiswerte innerhalb des Betriebsgeländes des KfK	Festkörper-Dosimeter-Meßstellen innerhalb des KfK Raster	40 Meßstellen	Ortsdosis H(Nov. 77 - Nov. 78) in mrem <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="3">Glasdosimeter</th> <th colspan="3">TL-Dosimeter</th> </tr> <tr> <th>H</th> <th>H_{min}</th> <th>H_{max}</th> <th>H</th> <th>H_{min}</th> <th>H_{max}</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>114</td> <td>57</td> <td>615</td> <td>116</td> <td>64</td> <td>634</td> </tr> </tbody> </table>	Glasdosimeter			TL-Dosimeter			H	H_{min}	H_{max}	H	H_{min}	H_{max}	114	57	615	116	64	634														
Glasdosimeter			TL-Dosimeter																																	
H	H_{min}	H_{max}	H	H_{min}	H_{max}																															
114	57	615	116	64	634																															
Juni/Juli 78	Beitrag zur radioökologischen Untersuchung des Altrheines	Probenahmen von Schlamm, Seston und verschiedenen Wasserpflanzen aus dem Altrhein in verschiedenen Abständen von der Abwassereinfleuchtungsstelle	15 Schlammproben 2 Sestonproben 12 Wasserpflanzen (Grünalgen)	Maximale spezifische Aktivität in pCi/g Tr. <table border="1"> <thead> <tr> <th>Entfernung von Einl.st.</th> <th>a_{α}</th> <th>a_{β}</th> <th>^{60}Co</th> <th>^{134}Cs</th> <th>^{137}Cs</th> <th>^{144}Ce</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2000 m</td> <td>23</td> <td>60</td> <td>0,5</td> <td>0,7</td> <td>19</td> <td>0,3</td> </tr> <tr> <td>400 m</td> <td>14</td> <td>56</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>2</td> <td>11</td> </tr> <tr> <td>400 m (Grünalgen)</td> <td>7</td> <td>57</td> <td>1,3</td> <td><0,4</td> <td>2,3</td> <td>20</td> </tr> </tbody> </table>	Entfernung von Einl.st.	a_{α}	a_{β}	^{60}Co	^{134}Cs	^{137}Cs	^{144}Ce	2000 m	23	60	0,5	0,7	19	0,3	400 m	14	56	-	-	2	11	400 m (Grünalgen)	7	57	1,3	<0,4	2,3	20				
Entfernung von Einl.st.	a_{α}	a_{β}	^{60}Co	^{134}Cs	^{137}Cs	^{144}Ce																														
2000 m	23	60	0,5	0,7	19	0,3																														
400 m	14	56	-	-	2	11																														
400 m (Grünalgen)	7	57	1,3	<0,4	2,3	20																														
März/Dez.	Oberirdische Zündung zweier chinesischer H-Bomben am 15.3 und 14.12.1978	Intensivierte Überwachung des Radioaktivitätsgehaltes der Aerosole und des Niederschlags	7 Luftstaubproben 4 Niederschlagsproben	In beiden Fällen konnten weder im Luftstaub noch in den Niederschlägen bombentypische, frische Spaltprodukte nachgewiesen werden.																																
29.11.-5.12.78	Auslaufen von Natronlauge aus dem Chemikalienaußenlager der NAK in die Regenwasserkanalisation zum Sandfang VI.	Untersuchung von Wasserproben aus der Regenwasserkanalisation und von Wasser u. Sedimenten aus dem Hirschkanal	9 Wasserproben 1 Sedimentprobe	Wasserproben aus der Kanalisation von 29.11.1978: $a_{\alpha} = < 50$ bis 80 pCi/l; $a_{\beta} = < 100$ pCi/l; $a_{\text{H}} = < 8$ nCi/l Oberflächenwasser aus dem Hirschkanal, Mischprobe 27.11.-1.12.1978: $a_{\alpha} < 1,9$ pCi/l; $a_{\beta} = 1,1$ pCi/l; $a_{\text{H}} = 0,64$ nCi/l Sediment aus dem Hirschkanal vom 28.11.-1.12.78: $a_{\alpha} = 26,4$ pCi/g Tr.; $a_{\beta} = 355$ pCi/g Tr.; $a_{\text{H}} = 217$ pCi/g Tr. Weitere nachgewiesene Nuklide: ^{60}Co , ^{106}Ru , ^{134}Cs , ^{144}Ce , ^{241}Am																																

Tab. 5/27: Übersicht über besondere Überwachungsmaßnahmen 1978

So machten z.B. die anhaltende Bautätigkeit im KfK und der damit verbundene Anfall von Erdaushub bzw. Abbruchmaterial bei 16 Einzelvorgängen die Ausmessung von 157 Proben notwendig. Alle Proben wurden grundsätzlich γ -spektroskopisch untersucht, an einer Auswahl wurde zusätzlich die spezifische α - und β -Bruttoaktivität bestimmt.

Ferner wurden im Auftrag des Gemeinschaftskernkraftwerkes Neckar GmbH. (GKN) Radioaktivitätsanalysen an unterschiedlichen Probenmaterialien aus der Umgebung des GKN und Tritiumbestimmungen an Weinen durchgeführt.

Aus der Umgebung des geplanten Brennelementzwischenlagers in Ahaus wurden Grundwasserproben im Rahmen der erforderlichen Nullpegelmessungen untersucht.

Schließlich waren in 4 Steinbrüchen im Raum Offenburg im Auftrag des Bundesministers des Innern Vergleichsmessungen der durch natürliche Radioaktivität hervorgerufenen γ -Dosisleistung durchzuführen.

5.2.4 Arbeiten der Gruppe Radiochemie

H. Schüttelkopf, M. Pimpl

Die radiochemischen Arbeiten der AS/R umfassen die folgenden Bereiche: Die Bestimmung von Radionukliden im Low-Level-Bereich, die Bestimmung in aktiven Probenmaterialien und die zur Durchführung dieser Messungen notwendigen Entwicklungsarbeiten.

Die Messung von Radionukliden im Low-Level-Bereich erfolgt im Rahmen der Umgebungsüberwachung des KfK, der WAK, der Kernkraftwerke Gundremmingen und Obrigheim, sowie des stillgelegten Kernkraftwerkes Niederaichbach. Die wichtigsten gemessenen Radionuklide sind $^{239+240}\text{Pu}$, ^{238}Pu , ^{90}Sr , ^{89}Sr , ^{131}J , ^{40}K und ^{14}C . 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. In der Abluft der FERAB und der WAK werden monatlich Proben genommen und ebenfalls auf ^{90}Sr , ^{238}Pu und $^{239+240}\text{Pu}$ analysiert. Außerdem wurden eine Reihe von α -, β - und γ -Aktivitätsmessungen durchgeführt. An Vergleichsmessungen für Radiostrontium und ^{131}J hat die Gruppe teilgenommen.

Als vorbereitende Arbeiten zur Untersuchung der Radioökologie der Aktiniden wurde eine Analysenmethode erarbeitet, die es erlaubt, Pu aus sehr großen veraschten Proben zu lösen und von den Matrixelementen zu trennen. Die Trennung, die radiochemische Reinigung und das Elektroplating wurden optimiert. Die erreichbaren Nachweisgrenzen liegen bei 0,1 fCi/g und die chemische Ausbeute beträgt 70 - 80 % (Tab. 5/ 28).

Ein Forschungsprogramm zur Radioökologie von ^{129}J wurde 1978 abgeschlossen. Darüber wird in 5.3.1 berichtet. Die Messung von $\text{CH}_3^{127}\text{J}$, für die noch 1978 ein gaschromatographisches Verfahren erarbeitet wurde, wird 1979 fortgesetzt. Ebenso wurde 1978 ein Forschungsprogramm zur Radioökologie von ^{226}Ra aufgenommen und abgeschlossen. Verbesserungen der radiochemischen Bestimmung von ^{226}Ra nach publizierten Methoden wurden erreicht. Eine schnelle und quantitative Abtrennung von Radium auf $\text{MnO}_2/\text{Dralon}$ aus großen Wasserproben wurde erarbeitet. 1978 wurde mit einem Forschungsprogramm zur Radioökologie der Transurane begonnen. Über die Literaturarbeit, erste Untersuchungen auf dem Gebiet der Flüssigchromatographie und die Ergebnisse der ersten Messungen in der Umgebung des KfK wird in 5.3.5 bis 5.3.7 berichtet. 1978 wurden 9 Ausbreitungsexperimente mit je 2 Leitsubstanzen und bis zu Emissionshöhen von 200 m durchgeführt. Die Probenahmegeräte wurden bis zu 1.200 mal für Probenahmen eingesetzt; 55 neue Probenahmegeräte wurden zusätzlich in Betrieb genommen (Tab. 5/29).

5.2.5 Spektrometrie

H. Fessler

Die Gruppe Spektrometrie verfügt zur Zeit über 3 koaxiale Ge(Li)-Detektoren für γ -Spektroskopie über 60 keV, 1 planaren Ge(Li)-Detektor für γ - und Röntgenspektroskopie unter 150 keV und über 4 Oberflächensperrschicht-Detektoren zur α -Spektroskopie.

Diese Detektoren wurden im Laufe des Jahres für Messungen einer Vielzahl unterschiedlicher Proben eingesetzt. Darüberhinaus 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 5/30 mitaufgeführt werden.

Auftraggeber	Art der Bestimmung und Probenmaterial	Zahl der Analysen
KfK Umgebungsüberwachung	^{238}Pu und $^{239+240}\text{Pu}$ in Pflanzen	20
	in Niederschlägen	18
	in Luftstaub	15
	in Schlamm und Seston	15
	in Erde	5
	sonstige	13
	^{89}Sr und ^{90}Sr in Erde	4
	in Sedimenten	1
	in Fisch	1
	^{40}K in Pflanzen	39
in Fisch	8	
in Sedimenten	6	
in Nahrungsmitteln	2	
Abwasser und Abluft	^{238}Pu und $^{239+240}\text{Pu}$ in Abwasser	12
	in Abluft	22
	^{89}Sr und ^{90}Sr in Abwasser	13
	in Abluft	20
Kernkraftwerke: Obrigheim Gundremmingen Niederaichbach sonstige:	^{131}J in Milch	37
	^{40}K in Wasser	133
	^{40}K in Wasser	37
	^{239}Pu in Gewebe	2
	^{14}C in Abwasser	6
	^{40}K in Wein	8
	^{40}K in Wasser	1

Tabelle 5/28 : 1978 von der Gruppe Radiochemie der AS/R durchgeführte Routine-Analysen

Forschungsvorhaben	Art der Bestimmung und Probematerial	Zahl der Analysen
Radioökologie ^{129}J PNS 4811	^{129}J in Wasser, Milch, Boden, Pflanzen, Luft, Schilddrüsen, Prozeßlösungen	92
	^{127}J in Boden und Gras	45
	$\text{CH}_3^{127}\text{J}$ in Umgebungsluft	9
Radioökologie ^{226}Ra	^{226}Ra in Wasser, Milch, Fisch, Nahrungsmitteln, Umgebungsluft, Pflanzen, Schlamm	290
	^{210}Pb , ^{210}Po , ^{239}U , ^{238}U in Wasser	1
Radioökologie Transurane PNS 4812	^{239}Pu und $^{239+240}\text{Pu}$ in Pflanzen, Schlamm, Erde, Wasser, Fisch, Luftstaub	117
	^{238}Pu zur Prüfung eines α -empfindlichen Detektors für einen HPLC	95
	^{210}Pb , ^{210}Po , ^{224}Ra , ^{226}Ra , ^{228}Ac , ^{228}Th , ^{233}Pa , ^{232}U , ^{237}Np , ^{238}Pu , ^{239}Pu , ^{241}Am , ^{242}Cm , ^{252}Cf Zur Entwicklung eines empfindlichen Analyseverfahrens für Plutonijum	543
Ausbreitungsexperimente PNS 4823	CFCl_3 in Umgebungsluft	850
	CF_2Br_2 in Umgebungsluft	850

Tabelle 5/ 29 : 1978 in der Gruppe Radiochemie der AS/R durchgeführte Analysen für Forschungsarbeiten

Meßgut	Meßmethode	Anzahl der Proben	eingesetzte Detektoren	Bemerkungen
Wasserproben	α - β -Bruttomessung Flüssigszintillation	239	Großflächendurchflußzähler Flüssigszint.Spektrometer	Im Auftrag von Kernkraftwerken
		54		
Biologische- und Boden- proben	β -Bruttomessung Flüssigszintillation γ -Spektroskopie	9	Großflächendurchflußzähler Flüssigszint.Spektrometer Koaxiale Ge(Li)-Detektoren	
		7		
		82		
Aerosol- bzw. Jod- filter	α - β -Bruttomessung γ -Spektroskopie	210	Großflächendurchflußzähler Koaxiale Ge(Li)-Detektoren	
		44		
Abluftfil- ter aufge- arbeitet	γ -Spektroskopie α -Spektroskopie auf Pu	16	Koaxiale Ge(Li)-Detektoren Si-Sperrschichtdetektoren	Messungen für Emissionsüber- wachung
		38		
Endbecken- Mischproben	γ -Spektroskopie α -Spektroskopie auf Pu	65	Koaxiale Ge(Li)-Detektoren Si-Sperrschichtdetektoren	
		13		
Aktivkohle- proben (Abluft- überwachung)	γ -Spektroskopie γ - und Röntgen- spektroskopie	590	Koaxiale Ge(Li)-Detektoren Planarer Ge(Li)-Detektor	
		166		
Schlamm- proben	γ -Spektroskopie	97	Koaxiale Ge(Li)-Detektoren	Messungen für Umgebungsüber- wachung
Aerosol- filter aus Meßhütten	γ -Spektroskopie α -Spektroskopie	33	Koaxiale Ge(Li)-Detektoren Si-Sperrschichtdetektoren	
		49		
Biologische und Boden- proben	γ -Spektroskopie α -Spektroskopie	38	Koaxiale Ge(Li)-Detektoren Si-Sperrschichtdetektoren	
		50		
Sonder- proben	γ -Spektroskopie α -Spektroskopie	10 1	Koaxiale Ge(Li)-Detektoren Si-Sperrschichtdetektoren	
Uranerz- proben	γ -Spektroskopie	90	Koaxiale Ge(Li)-Detektoren	Messungen für Forschungsprogramme Vergleichsmessungen usw.
Umweltprogramm Bergwerk	γ -Spektroskopie	268	Koaxiale Ge(Li)-Detektoren	
Sonder- proben	α -Spektroskopie γ - und Röntgen- spektroskopie γ -Spektroskopie	339	Si-Sperrschichtdetektoren Planarer Ge(Li)-Detektor Koaxiale Ge(Li)-Detektoren	
		34		
		539		

Tab. 5/30: Spektrometrische Messungen 1978

5.3 Radioökologie

5.3.1 Die Radioökologie von ^{129}J

H. Schüttelkopf

Im Jahre 1978 wurden die Forschungsarbeiten zur Radioökologie von ^{129}J abgeschlossen. Es soll daher ein abschließender Überblick über die durchgeführten Arbeiten, die Ergebnisse und die daraus zu ziehenden Schlußfolgerungen gegeben werden.

5.3.1.1 Überblick über die durchgeführten Forschungsarbeiten

Die Verlängerung der Kühlzeit von 150 d auf mindestens 210 d bis zur Wiederaufarbeitung von abgebranntem Kernbrennstoff hatte zur Folge, daß ^{131}J als umweltbelastendes Radiojodnuklid keine Bedeutung mehr hatte. Das verbleibende Radiojodnuklid ^{129}J war bis 1972 kaum untersucht worden. Sein Verhalten in der Umwelt sollte in der Umgebung der WAK studiert werden.

Da zu Beginn des Forschungsprogrammes keine analytischen Methoden für die Bestimmung von ^{129}J in Umweltproben publiziert waren, mußte zuerst eine Reihe analytischer Verfahren für alle interessierenden Problemmaterialien erarbeitet werden. Da in der Umgebung der WAK extrem kleine ^{129}J -Konzentrationen erfaßt werden mußten, wurde die Neutronenaktivierung als empfindlichste Methode der ^{129}J -Bestimmung ausgewählt. Analytische Methoden wurden erarbeitet für Boden und Sedimentproben, Pflanzen-, Schilddrüsen-, Fleisch-, Fisch- und Luftproben. Außerdem wurden für hochaktive Abfalllösungen, mittelaktive Abfalllösungen, niederaktive Abfalllösungen und Oberflächenwasser analytische Methoden entwickelt. Die erreichten Nachweisgrenzen werden in Tab. 5/ 31 wiedergegeben.

Um beurteilen zu können, über welchen Weg ^{129}J aus der WAK in die Umgebung gelangt, wurde in Zusammenarbeit mit der WAK eine umfangreiche Untersuchung der Verteilung von ^{129}J in der WAK durchgeführt. Die Anteile des ^{129}J -Durchsatzes, welche in die hochaktive Abfalllösung gelangen, mit der Abluft und mit dem Abwasser abgegeben werden, wurden bestimmt. Als Ergebnis wurde gefunden, daß der Hauptteil des ^{129}J mit der Abluft sofort abgegeben wird. Nach Einbau eines Filters sank dieser Anteil auf ca. 1 % des ^{129}J -Durchsatzes. Die Abgaben mit dem Abwasser waren zwar höher, aber nach der in den Dekontaminationsanlagen des KfK erfolgten Reinigung waren es nur noch 0,04 % des ^{129}J -Durchsatzes, welche auf diesem Weg in die Umwelt gelangten. Da ^{129}J in der Abluft wegen des Weide-Kuh-Milch-Pfades als wesentlich gefährlicher anzusehen ist, wurde auf eine Verfolgung des kleinen Anteils, der mit dem Abwasser freigesetzt wird, verzichtet.

In der näheren und weiteren Umgebung wurde ^{129}J in Schilddrüsen von Haus- und Wildtieren, in Kuh- und Ziegenmilch, in Boden- und in Luftproben bestimmt. Die in den Schilddrüsen gemessenen ^{129}J -Gehalte werden in Tabelle 5/ 32 angegeben. Am Hauptbeaufschlagungspunkt durch die Abluftfahne der WAK wird Gras gewonnen und dieses zur Fütterung von Ziegen verwendet. Die Milch dieser Ziegen wurde auf ^{129}J untersucht, vor dem Einbau eines Jodfilters in das Abluftsystem der WAK und über drei weitere Jahre nach dem Einbau des Filters. Die ^{129}J -Kontamination der Ziegenmilch hat während dieser Zeit mit einer Halbwertszeit von 0,3 a um den Faktor 200 abgenommen. Da die emittierte ^{129}J -Aktivität mit der Abluft konstant bei 2 bis 4 mCi/a lag, war diese Abnahme nicht aus der Veränderung der Emissionsrate erklärbar. Es wurde angenommen, daß die vom früheren Betrieb herrührende Kontamination des Bodens an der Kontamination der Milch beteiligt ist. Es wurde daher 1976 ein umfangreiches Bodenprobenahmeprogramm in der Umgebung der WAK durchgeführt.

In über 100 Bodenproben wurde festgestellt, wieviel ^{129}J enthalten war. Die höchsten ^{129}J -Kontaminationen des Bodens wurden in der ersten und zweiten Hauptwindrichtung von der WAK aus gefunden. Die Kontamination der obersten 5 cm des Bodens war höher als die der darunterliegenden Schicht von 5 bis 20 cm. An zehn Stellen an der Hauptbeaufschlagung durch die Abluftfahne wurde die Bodenprobenahme 1977 und 1978 wiederholt und festgestellt, daß im Mittel die ^{129}J -Kontamination gleich hoch geblieben war (Tab. 5/33). Aus der Messung des ^{129}J in einem Vertikalprofil des Bodens konnte ersehen werden, daß ein Abwandern von

Art des Probematerials	Probenmenge	Nachweisgrenze für ^{129}J
Hochaktive Abfalllösung	1 - 10 ml	5 - 0,5 nCi/m ³
Mittelaktive Abfalllösung	100 ml	50 pCi/m ³
Niedrigaktive Abwässer	5 l	1 pCi/m ³
Abluft	350 m ³	0,05 pCi/m ³
Oberflächenwasser Grundwasser Trinkwasser Regenwasser Milch	1 - 5 l	$5 \cdot 10^{-3}$ - $1 \cdot 10^{-3}$ pCi/l
Schilddrüsen Fleisch Fisch Pflanzen	20 g	$3 \cdot 10^{-4}$ pCi/g
Boden Sedimente	100 g	$5 \cdot 10^{-5}$ pCi/g
Umgebungsluft Aerosole gasförmiges Jod	10 000 m ³	$0,5 \cdot 10^{-6}$ pCi/m ³ $1,0 \cdot 10^{-7}$ pCi/m ³

Tab.5/31: Erreichte Nachweisgrenzen für ^{129}J bei der Neutronenaktivierungsanalyse verschiedener Probematerialien

^{129}J in die Tiefe nicht erfolgte (Tab. 5/ 34). Aus den Ergebnissen der Bodenuntersuchungen und der exponentiellen Abnahme der Milchkontamination bei gleichbleibender ^{129}J -Emission mit der Abluft wird geschlossen, daß die biologische Verfügbarkeit von ^{129}J im Boden mit der angegebenen $T_{1/2} = 0,3 \text{ a}$ abnimmt (Abb. 5/ 7). Erfolgt eine ausgedehnte Kontamination der Umgebung einer Wiederaufarbeitungsanlage mit ^{129}J , ist eine Abnahme der Langzeitauswirkung mit dieser Halbwertszeit und nicht mit den $1,6 \cdot 10^7 \text{ a}$ zu erwarten.

Aus der Milchkontamination und den bekannten Emissionsraten einerseits und üblichen Faktoren des Weide-Kuh-Milch-Pfades andererseits kann man den Dosisfaktor für diese wichtigste Umgebungsbelastung durch ^{129}J berechnen. Als Ergebnis darf festgestellt werden, daß die Bedeutung von ^{129}J für die Umgebungsbelastung bisher überschätzt wurde. Wie auch bereits bei Messungen von ^{131}J in Milch in der Umgebung von Kernkraftwerken beobachtet, sind die nach den in der Bundesrepublik üblichen Rechenmodellen erhaltenen Milchkonzentrationen wesentlich, nämlich um den Faktor 45, höher als die wirklich gefundenen. Um den vorliegenden Fehler im Modell des Weide-Kuh-Milch-Pfades zu identifizieren, wurden Experimente durchgeführt, welche sich mit der Veränderung des Radiojodes zwischen Abluftkamin und Beaufschlagungspunkt in der Umgebung befaßten. Es wurde die Anlagerung an Aerosole der Umwelt und die Konzentration von $^{129}\text{J}_2$, $\text{CH}_3^{129}\text{J}$ und von ^{129}J -Aerosolen in der Abluft der WAK gemessen. In diesem Zusammenhang erfolgte die Messung von stabilem J_2 und Aerosoljod in der Umgebungsluft. Diese Messungen wurden in Kiel, Stade, Karlsruhe, Gundersheim und in München durchgeführt. Die Messung von stabilem CH_3J , mit dem das Radiojod einen schnellen Isotopenaustausch eingehen könnte und dadurch das für die Deposition bedeutungslose $\text{CH}_3^{129}\text{J}$ bilden würde, wird z.Zt. in der Umgebungsluft des KfK durchgeführt.

Probe Nr.	Tierart	Probenahmedatum	^{129}J -Aktivität in der Schilddrüse in pCi
1	Ziegen	April 1977	0,11
2		Juni 1977	3,5
3	Jungziegen	Juli 1977	0,03
4			0,58
5			0,35
6	Kaninchen	April 1975	9,4
7		Mai 1975	0,85
8		Juni 1975	2,0
9		Sept. 1975	3,6
10	Rehe	Juli 1976	4,0
11		Febr. 1976	196
12		Jan. 1976	60
13	Rehkitz	Okt. 1975	2,0
14	Hirsche	Okt. 1975	11
15		Okt. 1977	3,3
16	Wildschwein	Sept. 1976	1,6

Tab.5/32: ^{129}J -Gehalt in Schilddrüsen von Wild- und Haustieren aus der Umgebung der WAK

Probenahme	Bodenkontamination in pCi ¹²⁹ J/m ²	
	0-5 cm	0-20 cm ¹⁾
1976	116	216
1977	142	237
1978	71	414

¹⁾ ein Ausreißer wurde vor der Mittelung ausgeschieden

Tab.5/33: Mittlere J-129-Kontamination des Bodens im Gebiet der Hauptbeaufschlagung durch die Abluftfahne der WAK

Probenahmetiefe in cm	¹²⁹ J-Konzentration in fCi ¹²⁹ J/g Trockensubstanz
0 - 5	1,5
0 - 10	41,4
10 - 20	0,41
20 - 30	0,32
30 - 40	< 0,41
40 - 50	< 0,64
50 - 60	< 0,78
60 - 70	< 0,29
70 - 80	< 1,85
80 - 90	< 0,41
90 - 100	< 0,40
100 - 110	< 1,35

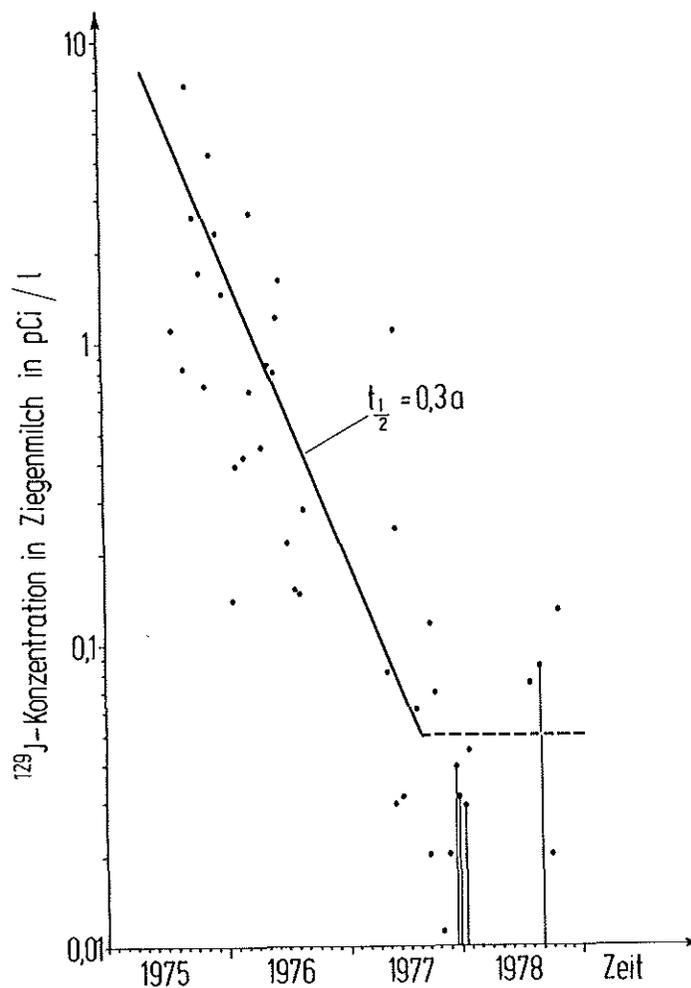
Tab.5/34: ¹²⁹J in Bodenproben eines Vertikalprofils. Probenahme 1978, 1 km Abstand von WAK, Richtung NO

5.3.1.2 Schlußfolgerung aus den Ergebnissen

Wird ¹²⁹J aus einer großen Wiederaufarbeitungsanlage quantitativ emittiert und erfolgt diese Emission über einen 200 m hohen Abluftkamin, so erwartet man nach den Berechnungsgrundlagen 7,9 rem/Jahr für die Schilddrüse eines Kleinkindes, das mit Milch vom Hauptbeaufschlagungspunkt der Abluftfahne dieser Wiederaufarbeitungsanlage ernährt wird. Um das 30 mrem-Konzept einzuhalten, ist daher ein Dekontaminationsfaktor von ungefähr 90 notwendig. Berücksichtigt man, daß die Berechnungsgrundlagen die tatsächliche Kontamination der Milch um mindestens den Faktor 45 überschätzen, so ist für die Einhaltung des 30 mrem-Konzeptes nur ein Dekontaminationsfaktor von 2 notwendig. Es sei erinnert, daß diese Überlegungen auf der Basis von Ziegenmilch erfolgten. Soll die Ernährung des Kindes mit Kuhmilch durchgeführt werden, ist eine weitere Reduktion der zu erwartenden Dosis um den Faktor 2-5 notwendig. Außerdem ist der Ausbreitungsfaktor in den Berechnungsgrundlagen für 200 m hohe Kamine extrapoliert aus den Ergebnissen von Ausbreitungsexperimenten mit Emissionshöhen von 100 m. Dies dürfte eine weitere Überschätzung der Umgebungskontamination um ca. den Faktor 2 bedingen. Die zur Berechnung der Schilddrüsendosis in den Berechnungsgrundlagen verwendeten effektiven Verweilzeiten von ¹²⁹J in der Schilddrüse des Kleinkindes sind nach heutiger Ansicht zu hoch. Eine Überschätzung der Dosis um den Faktor

2-4 ist dann schon allein auf dieser Basis zu erwarten. Berücksichtigt man alle diese Umstände, ist eine Rückhaltung von ^{129}J in einer großen Wiederaufarbeitungsanlage nicht notwendig. ^{129}J reiht sich also in die Gruppe der Nuklide ein, deren Rückhaltung in einer großen Wiederaufarbeitungsanlage zur Einhaltung des 30 mrem-Konzeptes nicht erfolgen muß. Diese Nuklide sind Krypton-85, Kohlenstoff-14 und Tritium.

Aus diesen Ergebnissen soll nicht geschlossen werden, daß auf eine Filteranlage für Radiojod im Abluftsystem vom Auflöser verzichtet wird. Wohl aber sollte entschieden vermieden werden, daß bei Ausfall eines Jodfilters ein Stillstand einer Wiederaufarbeitungsanlage angeordnet wird. Ebenso ist der Einbau von Jodfiltern in untergeordnete Abluftsysteme einer Wiederaufarbeitungsanlage schon auf der Basis der "Berechnungsgrundlagen" fragwürdig. Berücksichtigt man aber die neuen in der Bundesrepublik erhaltenen Ergebnisse, ist der Einbau solcher Filter unnötig. Abschließend soll noch darauf hingewiesen werden, daß ^{131}J entsprechend den Berechnungsgrundlagen eine um den Faktor 6 geringere Radiotoxizität als ^{129}J aufweist. Dies bedeutet, daß die sehr restriktiven Emissionsraten von ^{131}J mit der Abluft von Kernkraftwerken ebenfalls neu durchdacht werden sollten.



5.2.2 Radioökologie von Radium

H. Schüttelkopf

1978 wurde in der Umgebung eines Uranbergwerkes im Südschwarzwald die Kontamination der Umgebung durch den natürlichen Radiumgehalt und durch die zusätzlichen Emissionen mit den Grubenwässern des Uranbergwerkes untersucht. Ziel der Untersuchung war es einerseits, die durch das Uranbergwerk verursachte zusätzliche Dosisbelastung der Bevölkerung zu bestimmen, und andererseits sollte durch die entsprechenden Untersuchungen ein Beitrag zur Radioökologie von Radium geleistet werden.

Eine Belastung der Umgebungsbevölkerung ist grundsätzlich durch Kontaminationen über die Abluft aus dem Uranbergwerk und über den Radiumgehalt des Grubenwassers, das in einen naheliegenden Bach eingeleitet wird, möglich. Die Messungen in der Umgebungsluft zeigen, daß die Radiumemissionen mit der Abluft vernachlässigbar klein sind. Die Radiumkonzentration in der Luft liegt nur im Bereich von 1 aCi/m^3 . Der natürliche Radiumgehalt des Baches von $0,15 \text{ pCi/l}$ steigt durch die Einleitung der Grubenwässer um den Faktor 10 an. Eine Belastung der Bevölkerung durch diese Radiumabgaben ist daher möglich, wenn das Bachwasser als Trinkwasser verwendet wird, durch die Ingestion von Fischen, welche in dem betroffenen Bach gefangen werden und durch die Ingestion von Milch, wenn die Fütterung der Rinder mit Heu erfolgt, das auf zeitweilig überschwemmten Weiden gewonnen wurde. Die Verwendung des Bachwassers als Trinkwasser erfolgt nicht, da andere Quellen für die Trinkwasserversorgung des naheliegenden Ortes Menzenschwand erschlossen wurden. Das Trinkwasser aus diesen Quellen hat einen natürlichen Radiumgehalt von $0,3 \text{ pCi/l}$. Eine Untersuchung der Radiumkonzentrationen in Böden zeigte, daß diese sowohl an den Hängen des Menzenschwandner Tales als auch an anderen Stellen und auch an den potentiell überschwemmten Weiden gleich hoch sind. Sie liegen in dem für Granitböden typischen Bereich von etwa 3 pCi/g . Dies bedeutet aber, daß Überschwemmungen zu keiner zusätzlichen Kontamination der Böden führen. Daher sind Kontaminationen der Milch unter keinen Umständen in Zusammenhang zu bringen mit dem Bergwerksbetrieb. Die Kontamination der Fische liegt etwa 10 mal so hoch, wie sie an anderen Stellen in Europa gemessen wurde.

Außer den Messungen von Wasser-, Fisch- und Luftproben wurden im Raum Menzenschwand eine große Zahl von Boden-, Gras- und Milchproben untersucht. Wichtige, im Südschwarzwald produzierte Nahrungsmittel, wie Getreide, Kartoffeln, Gemüse, Fleisch und Eier wurden auf Radium analysiert. Bei pflanzlichen Nahrungsmitteln wurde immer gleichzeitig eine Bodenprobe genommen, um den Boden-Pflanzen-Transfer berechnen zu können. Zum Vergleich wurden in über 100 Wasserproben aus der Umgebung, Quellen, Brunnen und Bächen, Radiumbestimmungen durchgeführt. Ein Teil der Proben hatte höhere Radiumwerte, als sie nach der Strahlenschutzverordnung maximal zulässig sind. Der höchste gemessene Radiumgehalt einer Quelle nördlich des Schluchsees lag bei 1500 pCi/l . Um die Kontamination von Milch in der näheren und in der weiteren Umgebung von Menzenschwand beurteilen zu können, wurde eine große Zahl von Proben genommen und auf Radium analysiert. Die höchsten Radiumkonzentrationen wurden in Menzenschwand selbst gefunden und der höchste Wert lag bei 56 pCi/l . Vom Standpunkt der Dosisbelastung durch natürliches Radium-226 dürfte Milch also der wichtigste Belastungspfad sein.

Um einerseits einen Überblick über die Kontamination von Wildpflanzen ganz allgemein zu bekommen und andererseits, um evtl. einen biologischen Indikator für Radium zu finden, wurden etwa 15 Wildpflanzen im Raum Menzenschwand auf ihren Radiumgehalt untersucht. Die höchste Konzentration wurde in der Asche von Lupinen mit 258 pCi/g gefunden. Um den wirklichen Gehalt von Radium in der Bevölkerung von Menzenschwand beurteilen zu können, wurden 30 Bürger von Menzenschwand ins Kernforschungszentrum Karlsruhe gebracht und ihr Radiumgehalt im Body Counter ausgemessen. Da die Radiumgehalte unter der Nachweisgrenze des Body Counters blieben, wurde in Zusammenarbeit mit einem Zahnarzt die Sammlung von Zähnen von Mitgliedern der Bevölkerung des Raumes Menzenschwand in Angriff genommen. In diesen Zähnen wird im Laufe des Jahres 1979 der Calcium- und Radiumgehalt bestimmt werden und daraus werden die echten Radiumgehalte der Menzenschwandner Bevölkerung berechnet werden können. Insgesamt wurden über 600 Proben entnommen und ihr Radiumgehalt bestimmt. Ein ähnliches Programm wird im Jahre 1979 im Raum Baden-Baden durchgeführt werden.

5.3.3 Zur Radioökologie des Tritiums

5.3.3.1 Die Tritiumkontamination von Niederschlägen, Oberflächen-, Grund- und Trinkwasser

H. Winter, K.-G. Langguth, H. Schüler, L.A. König

Der Umfang des seit 1971 laufenden Meßprogrammes zur Bestimmung der Tritiumkonzentration von Niederschlägen, Oberflächen-, Grund- und Trinkwasser wurde mit Beginn des Jahres 1978 beträchtlich reduziert. Während 1977 noch 2646 Wasserproben untersucht wurden, waren es 1978 nur noch 1656 Proben. Die Zahl der Probenahmestellen wurde von 127 auf 67 herabgesetzt.

Die große Zahl von Meßergebnissen aus den Jahren 1971 bis Ende 1977 (die Ergebnisse der Jahre 1971 bis einschließlich 1976 wurden in den KfK-Berichten 2382 und 2520 umfassend dokumentiert) erbrachte einen fundierten Überblick über die Verteilungsmuster der Tritiumkonzentration in den verschiedenen Wasserarten und Probenahmebereichen, so daß die weitere Beobachtung des zeitlichen Verlaufes der Tritiumkontamination mit Hilfe eines stark reduzierten Probenahmeprogrammes gerechtfertigt erschien. Besonders stark wurde das Probenahmeprogramm für Grund- und Trinkwasser eingeschränkt. Das Tritiummeßprogramm für Oberflächenwässer beschränkt sich seit Januar 1978 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 Neckarwasserproben. Tritiumbestimmungen in Niederschlägen erfolgen wie bisher an Proben aus dem innerbetrieblichen 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 1978 durchgeführten Probenahmeprogramms wird in Tab. 5/35 wiedergegeben. Dabei wurden Proben aus Brunnen und Bohrungen als "Grundwasserproben" bezeichnet, während sog. "Trinkwasserproben" stets aus Leitungswassernetzen entnommen wurden.

Probenart	Zahl der Probenahmestellen		Probenahmehäufigkeit	Zahl der untersuchten Proben
G Grundwasser	9	4 4 1	1 x monatlich 1/4-jährlich 1/2-jährlich	64
T Trinkwasser	9	9	1 x monatlich	88
O Oberflächenwasser	33	9 24	1 x monatlich kontinuierlich	707
N Niederschlag	16	5 6 5	arbeitstäg. nach Niederschlag 2 x monatlich 1 x monatlich	797
S u m m e	67			1656

Tab. 5/35: Art und Zahl der 1978 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. 5/36 wurden die Meßergebnisse der Jahre 1977 und 1978 zusammengestellt.

Standorte der Niederschlagsammler	1977			1978		
	M mm	\bar{a} nCi/l	A_F nCi/m ²	M mm	\bar{a} nCi/l	A_F nCi/m ²
<u>innerhalb KfK*</u>						
Meßhütte West	631	0,55	349	845	0,51	433
Meßhütte Nordost	609	1,74	1057	839	2,10	1769
WAK	614	1,18	726	819	1,49	1226
Nordtor des KfK	557	1,83	1019	791	1,63	1290
am Sandfang V	599	0,99	593	828	0,62	511
nördlich Wasserwerk Nord	566	1,83	1037	748	1,62	1209
Mittelwert	596	1,35	805	811	1,32	1073
<u>außerhalb KfK</u>						
Augustenberg (Grötzingen)	682	0,30	202	775	0,26	201
Bruchsal	625	0,31	194	893	0,36	321
Eggenstein	611	0,29	178	854	0,33	281
WW Tiefgestade (Leopoldshafen)	601	0,42	250	803	0,33	263
Leopoldshafen	607	0,40	242	835	0,32	264
Mittelwert	625	0,34	213	832	0,32	266
<u>KKW Gundrenmingen</u>						
Niederstotzingen	454	0,32	146	658	0,27	178
Dischingen (Buchmühle)	338	0,30	100	649	0,30	193
Mittelwert	396	0,31	123	653	0,28	185
<u>GKN</u>						
Meßhütte I, Neckarwestheim	506	0,25	125	769	0,30	232
Meßhütte II, Lauffen	506	0,30	151	769	0,32	243
Meßhütte III, Kirchheim	506	0,31	158	769	0,29	226
Mittelwert	506**	0,29	145	769**	0,30	234

*Lage der Sammelstellen siehe Plan nach S.

**Niederschlagsmenge vom Betriebsgelände des GKN

Tab. 5/36: Niederschlagsmenge H , mittlere Tritiumkonzentration \bar{a} und Tritiumflächenbelastung A_F für Sammelstellen innerhalb und außerhalb des KfK für die Jahre 1977 und 1978

Die innerhalb des betrieblichen Überwachungsbereiches des KfK gesammelten Niederschläge haben 1978 im Mittel zu einer Tritiumflächenbelastung von rund $1 \mu\text{Ci}/\text{m}^2$ geführt. Die Zunahme von 33 % gegenüber dem Vorjahreswert ist hauptsächlich auf einen verstärkten Wash-out von tritiiertem Wasserdampf aus den Abluftfahnen der Haupttritiumemittenten des KfK (MZFR, FR 2, FERAB, WAK) infolge der höheren Niederschlagsmenge zurückzuführen und nur zu einem geringen Teil auf den zwar ebenfalls erhöhten Tritium-Wash-out aus höheren Schichten der Troposphäre, der 1978 aber nur mit rund 6,5 % zur Erhöhung der Tritiumflächenbelastung innerhalb des KfK beigetragen hat.

Die bebaute 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 1978 rund $0,5 \text{ Ci}$ Tritium in den Hirschkanal eingeleitet wurden.

Bei einer etwa gleichgebliebenen mittleren Jahreskonzentration von $0,32 \text{ nCi}/\text{l}$ hat die Tritiumflächenbelastung an den 5 Sammelstellen außerhalb des KfK aufgrund der starken Niederschläge 1978 gegenüber dem Vorjahr um rund 25 % zugenommen. Die 5 Sammelstellen sind zwischen rund 2,5 km und 11 km vom KfK entfernt und können als von den Tritiumemissionen des KfK unbeeinflusst angesehen werden. Die Tritiumflächenbelastung \bar{A}_F (außerhalb KfK) betrug hier 1978 im Mittel $266 \text{ nCi}/\text{m}^2$. Zieht man diesen Betrag von den Einzelwerten der Gesamtflächenbelastung im oberen Teil der Tab. 5/37 ab, so erhält man für die einzelnen Sammelstellen innerhalb des KfK die Flächen-Immissionen aufgrund der Tritiumableitungen der verschiedenen Emittenten des KfK. Tab. 5/37 zeigt die Ergebnisse.

Standorte der Niederschlagssammler innerhalb des KfK	Gesamt-Tritiumflächenbelastung A_F (≈ 100 %) in nCi/m^2	Anteil der Tritium-Flächenimmission ΔA_F an der Gesamt-Flächenbelastung $\Delta A_F = A_F$ (innerh. KfK) - \bar{A}_F (außerh. KfK)	
		in nCi/m^2	in %
Meßhütte West	433	167	39
Meßhütte Nordost	1769	1503	85
WAK	1226	960	78
Nordtor	1290	1024	79
am Sandfang V	511	245	48
nördlich Wasserwerk Nord	1209	943	78

Tab. 5/37: Anteil der durch die Tritiumableitungen mit der Abluft bedingten Flächenimmissionen an den Gesamt-Tritiumflächenbelastungen durch Niederschläge 1978

Bei 4 Niederschlagssammelstellen betrug die Tritium-Flächenimmission rund 80 % der Gesamt-Flächenbelastung. Die Standorte dieser Sammelstellen liegen alle im Hauptausbreitungssektor bezüglich eines oder mehrerer der wichtigsten Tritiumemittenten des KfK (siehe Kap. 5.2.1). Deutlich niedrigere Immissionswerte ergaben sich nur an den Sammelstellen der Meßhütte "West" und am Sandfang V (siehe Lageplan nach S. 90), die beide, wie die mit der Niederschlagshäufigkeit korrelierte Windrichtungsverteilung zeigt, in "begünstigten", d.h. deutlich seltener beaufschlagten Sektoren liegen.

Tritium in Oberflächengewässern

In der Doppeltabelle 5/38 wurden die Jahresmittelwerte der Tritiumkonzentration von Rhein und Neckar für die Jahre 1977 und 1978 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 wurden monatlich Flußwasser-Stichproben genommen.

Neckar				Rhein			
Fluß- km	Ort	³ H-Konzentration in nCi/l		Fluß- km	Ort	³ H-Konzentration in nCi/l	
		1977	1978			1977	1978
8,1	Feudenheim	0,38	0,34	29	Ühringen-Stiegen	0,44	0,36
18,1	Schwabenheim	0,38	0,33	91	Reckingen	0,44	0,38
31,0	Neckargemünd	0,38	0,34	113	Albrück-Dogern	0,48	0,39
72,5	Guttenbach	0,38	0,37	155	Wyhlen	0,47	0,39
93,9	Gundelsheim	0,34	0,32	224,7	Breisach (Restrhein)	0,49	0,37
104,1	Kochendorf	0,36	0,34	248,9	Weisweil	0,49	0,40
118,0	Horkheim	0,40	0,34	362,2	Maxau	0,48	0,37
125,5	Lauffen	0,41	0,33	372	*Leopoldshafen (Fähre)	0,41	0,39
143,1	Hessigheim	0,34	0,32	392,6	*Rheinhausen	1,78	0,81
165,2	Poppenweiler	0,35	0,30	400	*Speyer	0,54	0,36
172,3	Aldingen	0,36	0,32	426,2	Mannheim	0,56	0,45
187,0	Stuttg.-Untertürk.	0,35	0,32				
199,7	Deizisau	0,38	0,34				
	Mittelwert	0,37	0,30		Mittelwert	0,59	0,42
					Mittelwert ohne km 392,6 (Ein- leitung der KfK-Abwässer)	0,48	0,38

*An diesen Probenahmestellen wurde monatlich eine Stichprobe genommen. Für alle anderen Probenahmestellen wurden hingegen die Mittelwerte aus den Konzentrationswerten von Mischproben gebildet, die jeweils über 14 Tage kontinuierlich gesammelt wurden.

Tab. 5/38: Tritiumkonzentrationswerte von Neckar und Rhein für 1977 und 1978

In Tab. 5/38 wurden außer den Jahresmittelwerten für die einzelnen Probenahmeorte Gesamt-Mittelwerte für die überwachten Rhein- und Neckarabschnitte angegeben. Sie zeigen, daß die mittleren Tritiumkonzentrationen in Rhein und Neckar gegenüber dem Vorjahr um rund 20 % abgenommen haben.

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

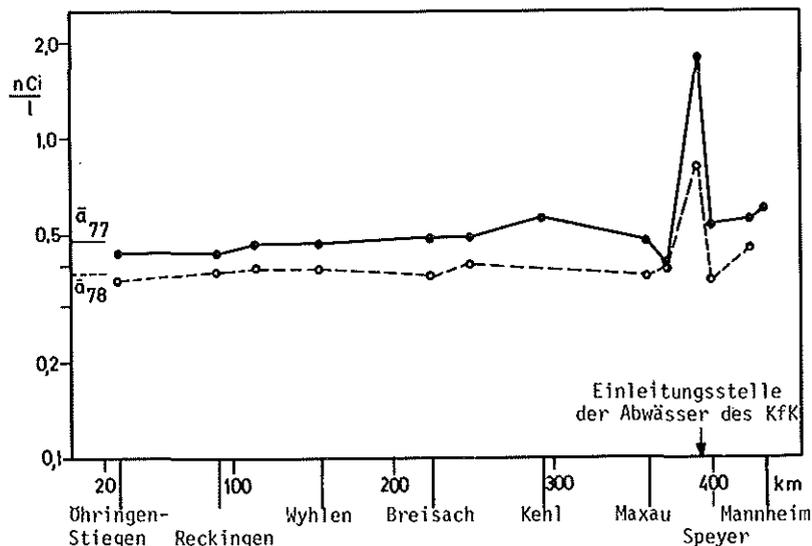


Abb. 5/8: Tritiumkonzentrationsprofile des Rheins für die Jahre 1977 (—) und 1978 (---) (\bar{a} = Profilmittelwert ohne den Spitzenwert)

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 mit den Tritiumableitungen aus den Endbecken der Abwasserkläranlage des KfK (siehe Kap. 5.2.2) korrespondieren. Während 1977 die mit den Abwässern abgeleitete Tritiumaktivität noch 4000 Ci betrug, erreichte sie 1978 nur einen Wert von 2329 Ci. Diese Abnahme der Tritiumemission spiegelt sich qualitativ in der 1978 verringerten Höhe des Spitzenwertes der Tritiumkonzentration im Rhein-Längsprofil wider (siehe Abb. 5/8).

Tritium in Grund- und Trinkwasser

In den Tabellen 5/39 und 5/40 wurden die Jahresmittelwerte der Tritiumkonzentration von Grund- und Trinkwasser 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 1978 lassen gegenüber den Vorjahreswerten keine wesentlichen Veränderungen erkennen.

Aus den Jahresmittelwerten der Tritiumkonzentration läßt sich für die überwachten Ortschaften die Strahlenbelastung der Bevölkerung durch Tritium abschätzen. Entsprechend der Streubreite der Mittelwerte ergibt sich für die Strahlenbelastung ein Bereich von rund 20 $\mu\text{rem/a}$ bis 60 $\mu\text{rem/a}$ unter der vereinfachenden Annahme eines Gleichgewichtszustandes zwischen Körperwasser und Trinkwasser.

Probenahmeort	Jahresmittelwerte der Tritiumkonzentration in nCi/l	
	1977	1978
*Wasserwerk Tiefgestade	0,45	0,41
*Wasserwerk Süd im KfK	0,18	0,14
*Wasserwerk Leopoldshafen	0,32	0,38
*Wasserwerk Linkenheim	0,23	0,26
*Wasserwerk K'he-Hardtwald	0,12	0,15
*Schluckbrunnen A (WAK)	0,41	0,40
*Schluckbrunnen B (WAK)	0,34	0,35
Beobachtungsbrunnen Nr. 16	0,32	0,27
Beobachtungsbrunnen Nr. 20	0,38	0,47

*siehe Lageplan nach S. 90

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

Probenahmeort	Jahresmittelwerte der Tritiumkonzentration in nCi/l	
	1977	1978
Eggenstein	0,18	0,19
Orch-Niederbühl	0,33	0,36
Friedrichstal	0,24	0,24
Karlsruhe	0,21	0,17
Durlach	0,23	0,23
Leopoldshafen	0,33	0,32
Obergrombach	0,29	0,23
Speyer	0,11	0,10
KfK (Gebäude der AS)	-	0,26

Tab. 5/40: Jahresmittelwerte der Tritiumkonzentration des Trinkwassers

5.3.3.2 Die Tritiumkontamination von Pflanzen

B.K. Lee, L.A. König, H. Schüler, M. Winter

Die bereits 1976 begonnenen Messungen zur Bestimmung der Tritiumkonzentration des Gewebewassers von Pflanzen konnten mit Hilfe eines koreanischen Stipendiaten des Deutschen Akademischen Austauschdienstes von Okt. 1977 bis Juni 1978 fortgesetzt werden. Im Rahmen dieses Meßprogrammes wurden an ausgewählten Stellen in unmittelbarer Umgebung der Haupt-Tritiumemittenten des KfK Kiefernadelproben genommen. Gleichzeitig wurde der Tritiumgehalt der Luftfeuchte, der Niederschläge, des Grundwassers und der Erdfeuchte in Proben aus der unmittelbaren Umgebung der untersuchten Bäume bestimmt. Die Tritiumkonzentration in der Luftfeuchte wurde zugleich aus den Emissionswerten unter Verwendung standortspezifischer meteorologischer Daten für die Probenahmestellen berechnet, wobei sich eine befriedigende Übereinstimmung mit den gemessenen Werten ergab. Die Ergebnisse der Messungen bestätigten, daß Tritium von den Kiefernadeln in erheblichem Umfang direkt aus der Feuchte der umgebenden Luft bzw. aus dem die Nadeln benetzenden Niederschlagswasser aufgenommen wird. Für den Tritiumgehalt der Erdfeuchte ergaben sich in der Nähe der Hauptemittenten erwartungsgemäß deutlich erhöhte Werte. Eine umfassende Darstellung der Meßergebnisse wurde in dem im Juni 1978 erschienenen Bericht KfK-2646 gegeben.

Neben diesen zeitlich befristeten, systematischen Untersuchungen wurden 1978 zur Gewinnung erster Orientierungsdaten auch zahlreiche Tritiummessungen an Einzelproben verschiedener Pflanzenarten durchgeführt.

Im Rahmen des radioökologischen Untersuchungsprogrammes des Altrheins bei Leopoldshafen (siehe hierzu auch Kap. 5.2.3.3) wurde im Juli 1978 die Tritiumkonzentration des Gewebewassers verschiedener Wasserpflanzen bestimmt. Hierbei ergaben sich für Grünalgen, Wasserschwertlilien, Wasserstern, Schilf und Laichkraut, abhängig von der Entfernung des Probenahmeortes von der Einleitungsstelle der tritiumhaltigen KfK-Abwässer, Meßwerte zwischen 0,3 nCi/l und 95 nCi/l.

Erste Ergebnisse von Tritiummessungen verschiedener landwirtschaftlicher Produkte aus der Umgebung des KfK wurden in Tab. 5/41 zusammengestellt.

Probenahmedatum 1978	landwirtschaftl. Produkt	1. Hauptausbreitungssektor Raum Friedrichstal	2. Hauptausbreitungssektor Raum Eggenstein
		Tritiumkonzentration in pCi/ml	
10. 8.	Weizen	0,58 ± 0,19	0,40 ± 0,18
21. 9.	Weißkohl	-	0,32 ± 0,17
21. 9.	Kopfsalat	-	0,41 ± 0,17
25.9./17.10.	Möhren	0,36 ± 0,17	0,34 ± 0,17
17.10.	Blumenkohl	-	0,33 ± 0,18
27.10.	Feldsalat	-	0,54 ± 0,19
29.12.	Rotkohl	1,68 ± 0,24	-

Tab. 5/41: Tritiumkonzentration des Gewebewassers von verschiedenen landwirtschaftlichen Produkten aus der Umgebung des KfK

Im Auftrag des Gemeinschaftskernkraftwerkes Heckar (GKN) wurden 1978 Tritiumbestimmungen an 1976er und 1977er Weinen aus Nachbarorten des Kernkraftwerkes durchgeführt. Die Ergebnisse zeigt Tab. 5/42.

Weinsorte	Tritiumkonzentration in nCi/l
76er Gemrigheimer Felsengarten, Schwarzriesling-Kabinett	0,73 ± 0,13
76er Neckarwestheimer Herrlesberg, Schwarzriesling-Kabinett	0,43 ± 0,15
76er Gemrigheimer Felsengarten, Müller-Thurgau	0,67 ± 0,15
76er Neckarwestheimer Herrlesberg, Müller-Thurgau mit Kerner	0,65 ± 0,15
76er Neckarwestheimer Herrlesberg, Riesling-Kabinett	0,60 ± 0,15
77er Gemrigheimer Felsengarten, Schwarzriesling	0,37 ± 0,16
77er Neckarwestheimer Herrlesberg, Schwarzriesling	0,34 ± 0,17
77er Gemrigheimer Felsengarten, Müller-Thurgau	0,79 ± 0,17

Tab. 5/42: Tritiumkonzentration des Wassergehaltes von Weinen aus der Umgebung des Gemeinschaftskernkraftwerkes Neckarwestheim

5.3.4 Einfaches Verfahren zur Abschätzung der Lungendosis aus Radon und Folgeprodukten in Wohnräumen

M. Urban, H. Fessler

Schätzungen der Strahlenbelastung der Lunge durch Radon und dessen kurzlebige Folgeprodukte können von den Aktivitätskonzentrationen verschiedener Baustoffe, deren Abmessungen, deren Anordnung im Gebäude, der Geometrie der Bestrahlung sowie den Verhältnissen im Freien abgeleitet werden, wenn man Exhalationsrate, Ventilationsrate und Wetterbedingungen kennt. Dies in exakten mathematischen Herleitungen zu berücksichtigen wäre sehr schwierig. Deshalb soll eine Abschätzung einer mittleren Inhalationsdosis für die Lunge gemacht werden. Es werden Radon-Folgeprodukte mit einem Filter gesammelt, dessen zeitlicher α -Aktivitätsverlauf nach Sammelende bestimmt wird. Daraus werden mit einem Parameterschätzverfahren die speziellen Aktivitätskonzentrationen der kurzlebigen Radon-Folgeprodukte errechnet und eine Fehlerabschätzung durchgeführt.

Während der Sammelzeit von 3 min werden ca. $2,5 \text{ m}^3$ Luft durch ein Glasfaserfilter (Schleicher & Schüll, Nr. 6) mit einem Abscheidegrad $> 99 \%$ gesaugt. Dazu wird ein Gebläse mit einer Saugleistung von ca. $60 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$ einschließlich Zähler für gesaugtes Luftvolumen verwendet (Staplex mit Quantometer). Zur Messung des α -Aktivitätsverlaufes des Filters wird ein Großflächendurchflußzähler mit Argon-Methan-Gasversorgung eingesetzt. Es werden damit folgende Wirkungsgrade erreicht:

Element	α -Energie	errechneter Wirkungsgrad	2σ -Fehler
Po-218	6,0026 MeV	0,3243	0,057
Po-214	7,687 MeV	0,3788	0,012
Bi-212	6,05 MeV	0,3264	0,050
	6,09 MeV	0,3281	0,050
Po-212	8,784 MeV	0,4008	0,008

Tabelle 5/43: α -Wirkungsgrade der Rn-222- und Rn-220 Folgeprodukte

Der Wirkungsgrad von Po-214 (7,68 MeV α -Strahlung) wurde unter der Annahme eines Gleichgewichtszustandes zwischen Bi-214 und Po-214 durch gleichzeitiges Auswerten der α -Impulse von Po-214 und der 609 keV - γ - Linie des Bi-214 ermittelt. Es kann so zur Kalibrierung des Detektors ein bestaubtes Filter verwendet werden. Die Kalibrierung des NaJ(Tl)-Kristalls erfolgte mittels PTB-Probe Ra-226 im Gleichgewicht mit Folgeprodukten. Die Wirkungsgrade bei anderen α -Energien werden hieraus errechnet.

Als Zähler dient ein digitaler Meßkanal, der folgende Baugruppen enthält:

- Verstärker
- Digitalzähler
- Zählzeitsteuerung
- Drucker
- Hochspannungsversorgung für Detektor
- Netzteil für 220 V und 12 V = Betrieb

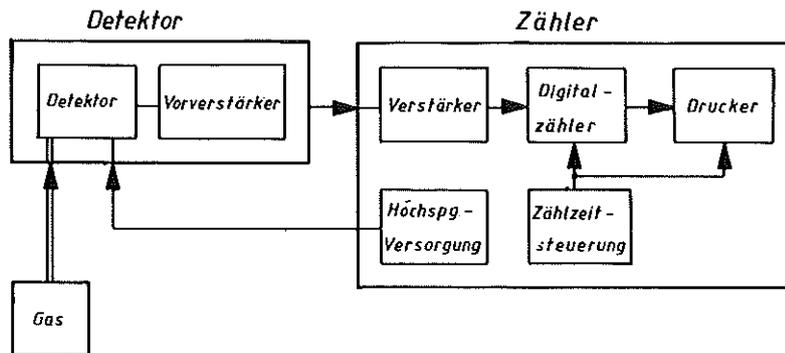


Abb. 5/8: Schematische Darstellung der Meßanordnung

Die Nachweisgrenze einer Messung hängt von den jeweils gemessenen Nulleffekten ab. Diese sind nicht konstant, sondern hängen u.a. auch ab von der Radon-Konzentration der Luft, da die Detektorfolie trotz Kupferabdeckung als elektrostatischer Sammler - z.B. beim Einlegen des Filters - wirken kann.

Es werden deshalb zwei Nachweisgrenzen für das Verfahren angegeben, eine aus allen Messungen gemittelte und die beste, die erreicht wurde.

Nachweisgrenze	Pot. α -Energiekonzentration in der Luft		entsprechende Gleichgewichtskonzentration mit Folgeprodukten		
	gesamt 10^{-3} WL	aus Rn-222 10^{-3} WL	aus Rn-220 10^{-3} WL	Rn-222 pCi l^{-1}	Rn-220 pCi l^{-1}
mittlere	0,5	0,07	0,43	0,007	0,0035
beste erreichte	0,35	0,045	0,30	0,0045	0,0022

Tab. 5/44: Nachweisgrenzen

Mit Blick auf künftige Erhebungsmessungen ist eine Standardisierung des Meßablaufs nötig:

1. Probenahme

- Schließen aller Türen und Fenster
- 30 min Wartezeit
- Besaugen eines Filters mit max. 10 % des Raumvolumens in max. 3 min
- Probenahme in Zimmermitte, ca. 1 m über Boden

2. Messen der Filteraktivität

- sofortiger Meßbeginn nach Sammelende
- Messen der Filteraktivität nach Zeitablauf wie in Tab. 5/45
- in dazwischenliegenden Zeiten Nulleffektmessungen von mindestens gleicher Meßdauer wie bei Filteraktivität
- bei Änderung der Stromversorgung neue Nulleffektmessung

Es kann in den 30 Minuten Wartezeit eine Außenmessung durchgeführt werden.

Meßbeginn nach Sammelende	Meßdauer
min.	
1. bis 5.	1
20.	5
30.	5
60.	5
120.	5
240.	10
300.	10

Tab. 5/45: Zeitlicher Meßablauf

Zur Erprobung des Meßverfahrens wurde eine kleine Meßreihe ausgeführt. Es wurden Filter in Wohnräumen und im Freien bestaubt und ausgewertet.

Als besonderer Vorteil hat sich gezeigt, daß eine Auswertung der bestaubten Filter im Auto über eine 12 V-Versorgung möglich war. Dadurch war die Belästigung der Wohnungsinhaber auf die Zeit der Probenahme beschränkt und der Gesamtaufwand für eine Messung einschließlich Fahrt zur entsprechenden Wohnung und zurück erheblich kleiner als bei 220 V-Versorgung und damit Netzabhängigkeit.

Für die Auswertung während der Fahrt war zu befürchten, daß es durch Schwingungen des Zählglitters und den im elektrischen Feld damit verbundenen Umladungen zu einer Erhöhung des Nulleffekts kommen würde. Es wurden Nulleffektmessungen während der Fahrt durchgeführt, die sich nicht merkbar von denen bei stehendem Auto oder denen bei Netzbetrieb unterschieden. Die gemessenen Wohnräume wurden willkürlich ausgewählt, es soll keine statistisch gesicherte Aussage mit der Meßreihe gemacht werden. Sollen Erhebungsmessungen damit durchgeführt werden, so ist vorher eine repräsentative Auswahl von Wohnräumen, nach geographischen und geologischen Gesichtspunkten, Bauweise des Hauses, Lage des Wohnraumes im Hause usw. zu treffen.

Die Auswertung der Meßreihe kann unter verschiedenen Kriterien erfolgen. Es wird im folgenden unterschieden bezüglich

- Wohnraum, Außenluft
- geologische Verhältnisse

Es sollen Angaben über

- spezifische Aktivität
- potentielle α -Energiekonzentration bzw. mittlere Inhalationsdosis der Lunge bei 7000 h Exposition

gemacht werden.

Zur Ermittlung der Lungendosis werden folgende Annahmen gemacht:

- Aufenthaltsdauer im Wohnraum 20 h pro Tag, 7000 h pro Jahr
- die Aktivitätskonzentration der kurzlebigen Rn-Folgeprodukte sei konstant

Die Lungendosis wird mittels Umrechnungsfaktoren nach ICRP 26 aus der pot. α -Energiekonzentration berechnet.

Die Bestimmung der spez. Aktivitätskonzentration von Bi-212 ist nur schwer möglich. Bei den meisten Messungen lag der Aktivitätsanteil aus Rn-222-Folgeprodukten höher als der aus Rn-220-Folgeprodukten. Die Aktivität aus Po-218 (3,05 min), Pb-214 (26,8 min) und Bi-214 (19,6 min) überdeckt die schwächere Aktivität aus Bi-212 (60,6 min) fast völlig. Deshalb soll keine Aktivitätsangabe für Bi-212 allein, sondern nur zusammen mit Pb-212 gemacht werden. Da die Inhalationsdosis aus der potentiellen α -Energiekonzentration für Pb-212 und für Bi-212 identisch ist, wird der Fehler bei der Dosisberechnung vernachlässigbar sein.

In der Tabelle 5/46 sind die Ergebnisse der Meßreihe aufgelistet. Es wird zum gemessenen Wert jeweils dessen absoluter 2σ -Fehler angegeben. Der Fehler liegt im Mittel ca. eine Größenordnung über der Nachweisgrenze. Für die Inhalationsdosis in rem wurde eine Exposition von 7000 h angenommen.

Die potentielle α -Energiekonzentration zeigt über die Meßreihe einen Häufungspunkt bei Werten kleiner 0,01 WL (Abb.5/9). In diesem Bereich liegen 68 % der Meßwerte. Im Bereich 0,01 bis 0,05 WL liegen demnach 20 %, im Bereich oberhalb 0,05 WL liegen 12 % der gemessenen Werte. Diese Angaben sind allein durch den begrenzten Umfang der gemessenen Wohnräume nicht repräsentativ, dennoch können sie erste Anhaltspunkte liefern.

Aus der potentiellen α -Energiekonzentration läßt sich eine mittlere Lungendosis unter folgenden Annahmen abschätzen (Abb.5/10).

1. Die Rn-Folgeproduktkonzentration sei während der gesamten Exposition konstant.
2. Es wird ein Benutzungsfaktor von 0,8, daraus resultierend 7000 h im Jahr der Exposition, angenommen.

Die erste Annahme ist unrealistisch. Der Rn-Pegel in Wohnräumen unterliegt starken Schwankungen, hervorgerufen durch natürliche Schwankungen des Rn-Pegels in Außenluft, durch Änderungen der Ventilationsrate. Diese Einflüsse könnten mit diesem Verfahren nur durch ständig wiederholtes Messen über einen längeren Zeitraum hinweg berücksichtigt werden. Genau dies soll jedoch nicht damit gemacht werden, es soll vielmehr eine Vielzahl von Wohnräumen mit möglichst geringem Aufwand an Geräten und Zeit mit möglichst geringer Belästigung der Wohnungsinhaber gemessen werden. Dafür wurde das Verfahren ausgelegt. Eine Aussage über eine mittlere Strahlenbelastung der Atemorgane der Bevölkerung ist durch den hohen erreichbaren Umfang an Messungen dennoch möglich.

Es wurden schwerpunktmäßig Messungen im Murgtal und in Villingen und Umgebung durchgeführt. Beide Regionen unterscheiden sich von ihrer geologischen Struktur her.

Im Murgtal wurden Messungen zwischen Gernsbach und Forbach durchgeführt. In diesem Bereich findet man nur Granit bzw. Granitit im Tal sowie Buntsandstein am oberen Teil der Hänge. Hier zeigten Außenmessungen keine großen Schwankungen in den Aktivitätskonzentrationen (siehe Tab.5/49), obwohl die Messungen über mehrere Wochen verteilt gemacht wurden.

Konträr verhält es sich im Schwarzwald-Baar-Kreis. Hier ist Grenzgebiet zwischen Schwarzwald und Alb. Von der Landschaftsstruktur, Tal-Hochplateau, und von den Bodenverhältnissen unterscheiden sich Murgtal - Schwarzwald - Baar-Kreis sehr. Man findet im Schwarzwald-Baar-Kreis Muschelkalk (Trochitenkalk,

mittlerer, unterer Muschelkalk), Buntsandstein sowie Lehm und Löß. Es treten zum Teil deutliche Unterschiede in den Aktivitätskonzentrationen im Freien auf weniger als 10 km auf (siehe Tab. 5/49), was auf unterschiedliche Boden- und Windverhältnisse zurückzuführen ist.

Unterschiede in der Dosis-Häufigkeitsverteilung in Wohnräumen der beiden Regionen sind bei dem kleinen Umfang der Meßreihen nicht zu erkennen.

Anzahl der
Messungen

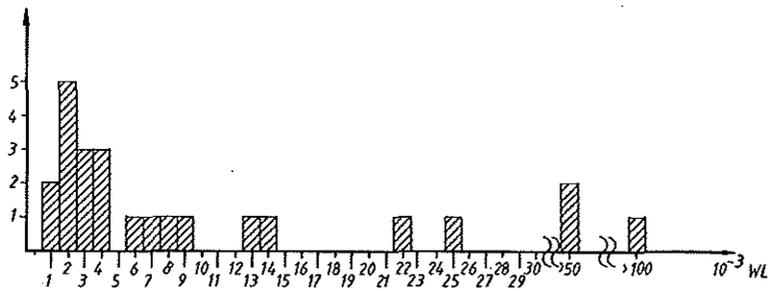


Abb. 5/9: Potentielle α - Energiekonzentration in Wohnräumen

Anzahl der
Messungen

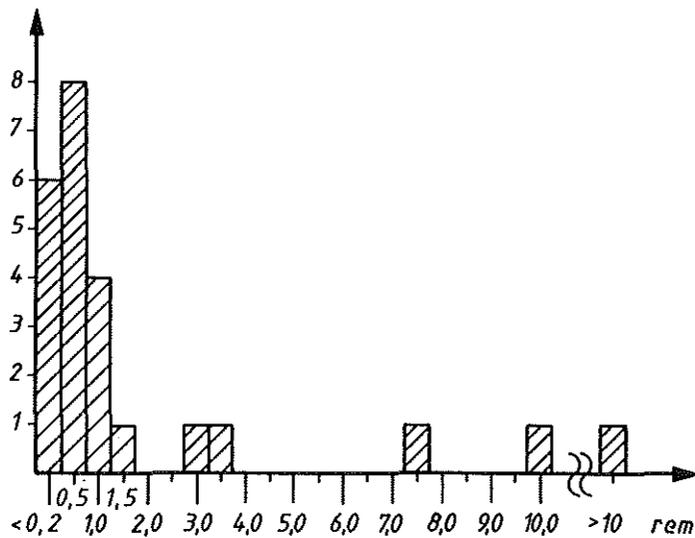


Abb. 5/10: Lungendosis bei 7000 h Exposition in Wohnräumen

Nr.	Haustyp 3)	Po-218 pCi l ⁻¹	Pb-214 pCi l ⁻¹	Bi-214 pCi l ⁻¹	Pb-212/Bi-212 pCi l ⁻¹	potent. α- Energiekon- zentration ·10 ⁻³ ML	Lungen- dosis rea ¹⁾
1	1a	0,83±0,26	0,55±0,07	0,26±0,05	0,008±0,003	5,80±1,10	0,86±0,16
2	1a	0,39±0,16	0,27±0,05	0,12±0,04	0,014±0,004	4,20±1,08	0,53±0,13
3	1a	136±30	27,4±2,47	8,10±1,05	0,360±0,104	356±60	51,0±8,82
4	1b	2,91±0,79	2,17±0,28	1,22±0,16	0,477±0,095	25,20±3,67	3,6±0,51
5	1b	0,11±0,07	0,13±0,02	0,09±0,03	0,005±0,002	1,75±0,55	0,24±0,07
6	1a	0,66±0,27	0,59±0,07	0,38±0,08	0,024±0,006	8,25±1,62	1,08±0,20
7	1b	0,82±0,33	0,84±0,09	0,28±0,08	0,096±0,030	7,45±1,48	1,12±0,21
8	2b	0,13±0,08	0,09±0,03	0,07±0,03	0,010±0,004	2,25±0,78	0,25±0,09
9	2c	0,08±0,04	0,06±0,02	0,04±0,02	0,003±0,001	0,92±0,36	0,12±0,05
10	3	0,78±0,27	0,75±0,10	0,35±0,07	0,022±0,006	8,91±1,76	1,22±0,23
11	3a	0,88±0,28	0,46±0,09	0,32±0,07	0,066±0,013	13,40±2,52	1,46±0,29
12	3b	0,11±0,06	0,04±0,02	0,02±0,01	0,011±0,003	1,91±0,58	0,13±0,07
13	4d	0,09±0,07	0,12±0,03	0,20±0,11	0,009±0,003	2,71±1,00	0,34±0,13
14	4d	0,18±0,13	0,11±0,03	0,06±0,02	0,008±0,004	2,06±0,78	0,25±0,09
15	3a	1,13±0,40	0,83±0,11	0,40±0,10	0,049±0,009	13,60±2,38	1,69±0,31
16	3b	0,19±0,7	0,07±0,02	-2)	0,012±0,003	2,20±0,54	0,23±0,07
17	3a	10,55±2,32	4,43±0,40	1,40±0,22	0,390±0,094	90,08±16,68	10,57±1,80
18	3b	7,07±1,56	3,04±0,27	1,02±0,13	0,270±0,057	62,01±10,41	7,28±1,14
19	3c	2,59±0,70	1,16±0,11	0,36±0,05	0,097±0,019	22,37±3,81	3,08±0,43
20	5b	0,23±0,11	0,20±0,03	0,13±0,04	0,010±0,003	3,17±0,78	0,41±0,10
21	3b	0,12±0,09	0,27±0,06	0,09±0,04	0,007±0,003	2,80±0,80	0,38±0,11
22	6b	0,11±0,07	0,05±0,02	-2)	0,007±0,002	1,46±0,51	0,16±0,06
23	6c	0,36±0,14	0,178±0,04	0,07±0,04	0,014±0,004	3,51±0,90	0,42±0,12
24	3b	0,14±0,08	0,09±0,03	0,103±0,04	0,014±0,003	2,85±0,73	0,32±0,09
25	3c	0,20±0,10	0,15±0,04	0,11±0,04	0,016±0,004	3,61±0,90	0,41±0,11

Erläuterungen: 1) Inhalationsdosis für Lunge bei 7000 h Exposition
 2) Fehler größer als gemessener Wert, unter Nachweisgrenze
 3) Erklärung in Tab. 5/47 und 5/48.

Tab. 5/46: Radon-Folgeprodukte in Wohnräumen

1 Fertighaus, massiv unterkellert Kellerwohnung ca. 80 % im Erdreich
2 Fertighaus, massiv unterkellert
3 Massivbauweise
4 Dachwohnung, Holz
5 Holzhaus
6 Fachwerkhaus

Tab. 5/47: Haustyp

a Kellerwohnung
b Parterre
c 1. OG
d 4. OG, Dachgeschoß

Tab. 5/48: Lage des Wohn-
raums im Haus

spezifische Aktivität in pCi/l					
Ort	Po - 218	Pb - 214	Bi - 214	Pb - 212/ Bi - 212	pot. α - Energie WL
Villingen- Weilersbach*	0,17	0,155	0,078	0,012	$1,41 \cdot 10^{-3}$
	0,074	0,134	0,106	0,0003	$1,19 \cdot 10^{-3}$
Kappel*	0,314	0,413	0,279	0,0096	$4,78 \cdot 10^{-3}$
Niedereschach*	0,043	0,058	0,035	0,0008	$0,58 \cdot 10^{-3}$
Villingen*	0,056	0,067	0,028	0,0010	$0,64 \cdot 10^{-3}$
Weisenbach	0,0476	0,0479	0,021	0,00055	$0,445 \cdot 10^{-3}$
	0,055	0,041	0,026	0,014	$0,055 \cdot 10^{-3}$
	0,045	0,040	0,036	0,0015	$0,60 \cdot 10^{-3}$
Forbach	0,058	0,042	0,012	0,0010	$0,46 \cdot 10^{-3}$
Bermersbach	0,041	0,035	0,013	0,00093	$0,40 \cdot 10^{-3}$

* Messungen innerhalb von 2 Tagen bei praktisch gleichen äußeren Bedingungen:
trocken, heiß, sonnig, windstill

Tab. 5/49: Messungen im Freien

Ist die Aktivitätskonzentration von Radon-Folgeprodukten im Freien höher als im Wohnraum, so kann eine halbstündige Wartezeit nach Schließen aller Fenster und Türen vor Sammelbeginn zu höheren Pb-214- bzw. Bi-214- als Po-218-Konzentrationen im Wohnraum führen, da sich Po-218 mit 3,05 min Halbwertszeit bereits auf den niederen Gleichgewichtszustand eingestellt hat, Pb-214 und Bi-214 mit Halbwertszeiten von 26,8 min bzw. 19,7 min jedoch noch nicht (vgl. Abb.5/11).

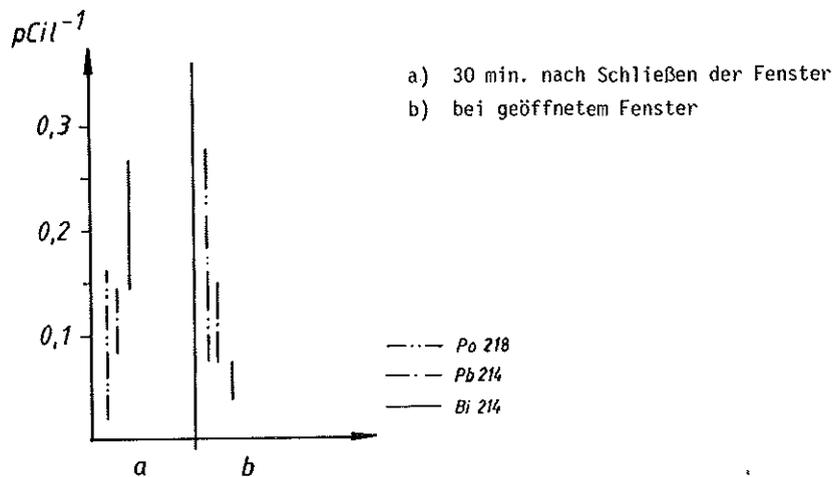


Abb. 5/11: Mögliche Aktivitätskonzentrationen von Radon-Folgeprodukten in einem Wohnraum, wenn die Freiluftkonzentrationen höher sind als die Raumluftkonzentrationen

5.3.5 Trennung von Plutonium, Americium und Curium mittels Hochdruckflüssigkeitschromatographie

M. Pimpi, H. Schüttelkopf

Für die Untersuchung des physikalischen und chemischen Verhaltens von Plutonium, Americium und Curium in der Umwelt (Forschungsvorhaben PNS 4812) muß der Gehalt dieser Nuklide in einer großen Zahl von Boden-, Wasser-, Luft- und Pflanzenproben festgestellt werden. Die simultane Bestimmung in Umweltproben ist äußerst schwierig, weil das chemische Verhalten dieser Elemente sehr verschieden ist und deshalb im naßchemischen Trennungsgang mehrere elementspezifische Trennmethode eingesetzt werden müssen. Da die bisher publizierten Verfahren auf der einen Seite arbeitstechnisch sehr aufwendig sind, auf der anderen Seite aber keine befriedigenden Ergebnisse bringen, wird eine neue Methode entwickelt, bei der die Trennung mittels Hochdruckflüssigkeitschromatographie erreicht werden soll.

Wie beim konventionellen Analysengang wird in einem ersten Schritt das Plutonium gemeinsam mit Americium und Curium mit einem Extraktionsmittel aus dem veraschten Probematerial herausgelöst. Die in dieser Lösung enthaltenen Nuklide werden dann in einem zweiten Schritt auf einer geeigneten Säule in einem Hochdruckflüssigkeitschromatographen derart getrennt werden, daß dem Eluat in bestimmten Zeitintervallen Fraktionen entnommen werden können, in denen dann nur noch je eines der Elemente quantitativ enthalten sein soll. In einem dritten Analysenschritt werden die einzelnen Nuklide aus den betreffenden Fraktionen durch Elektroplattieren auf Edelstahlplättchen abgeschieden und α -spektrometrisch bestimmt.

Die Vereinfachung des mehrstufigen, naßchemischen Trennungsganges auf einen einzigen Schritt bringt zwei wesentliche Vorteile. Einmal wird die Arbeitstechnik einfacher, und damit ist die Analyse schneller und weniger störanfällig. Zum zweiten wird zur Trennung ein Gerät eingesetzt werden, mit dem eine weitgehende Automatisierung dieses Analysenschrittes ermöglicht wird.

Die Ausarbeitung und Optimierung dieses Trennverfahrens muß mit Lösungen erfolgen, die so viel Plutonium, Americium und Curium enthalten, daß diese Nuklide im Eluat der Säule mit einem α -empfindlichen Detektor direkt nachgewiesen werden können. Da ein solcher Detektor zur kontinuierlichen Messung geringer α -Aktivitäten im Eluat von Chromatographiesäulen nicht käuflich zu erwerben war, wurde ein solches Detektorsystem in Zusammenarbeit mit der Fa. Berthold entwickelt. Als Szintillatormaterial benutzten wir ein mit Cer aktiviertes, lithiumhaltiges Glasgranulat, das ursprünglich zum Nachweis von Neutronen entwickelt wurde. Die Annahme, daß nicht nur die durch die Reaktionen ${}^6\text{Li}(n, \alpha)\text{T}$ freigesetzten α -Partikel den Glasszintillator zur Lumineszenz anregen, sondern auch solche, die aus einer umgebenden Lösung auf den Szintillator auftreffen, konnte experimentell bestätigt werden.

Das Verhalten dieses Glasszintillators im Kontakt mit α -aktiven Lösungen wurde überprüft. Eine Adsorption von Pu-239 am Glasmaterial war vernachlässigbar niedrig, auch dann, wenn die Kontaktzeiten sehr lange waren. Im stationären Versuch lag die Zählausbeute bei 20 %. Die Impulsrate und die Aktivitätskonzentration sind proportional. Ein mit diesem Glasszintillator arbeitendes Detektorsystem zum kontinuierlichen Nachweis von α -Strahlern im Eluat von Chromatographiesäulen ist für unsere Aufgabe voll verwendbar (Abb. 5/12). Obwohl die Zählausbeute des Detektorsystems geringer ist, wenn im Durchfluß gemessen wird - die Meßzeit für einen Peak ist sehr klein - können in der Lösung noch Aktivitäten von nur 500 pCi/Probe sicher nachgewiesen werden.

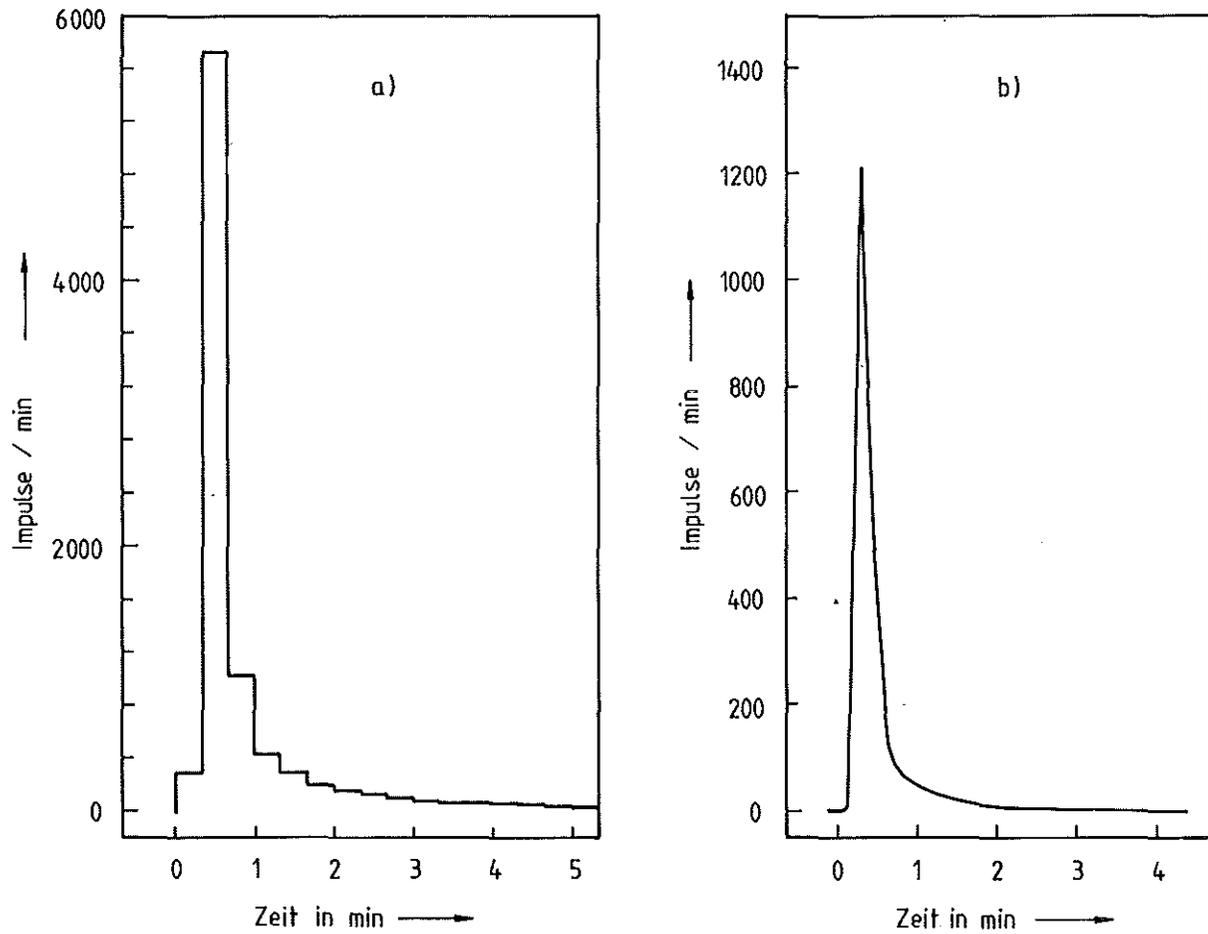


Abb. 5 / 12: 100 μ l Lösung mit 12,3 nCi Pu-238 wurden durch den Detektor mit dem Glasszintillator geleitet mit einer Durchflußgeschwindigkeit von 3,0 ml / min

- a) Das Eluat wurde in 1 ml-Fractionen gesammelt, eingedampft und die α -Aktivität gemessen
- b) Anzeige des Detektorsystems

5.3.6 Transport von Plutonium, Americium und Curium aus Böden in Pflanzen durch Wurzel Aufnahme

M. Pimpl, H. Schüttelkopf

Das Forschungsprogramm PNS 4812, das 1978 zum Thema der Radioökologie der Aktiniden begonnen wurde, setzt eine genaue Kenntnis des gegenwärtigen Wissensstandes voraus. Da ein wesentlicher Teil unserer Arbeit sich mit dem Transport der Aktiniden im Boden befaßt und dem Transport aus dem Boden in die Pflanze, wurde eine Literaturrecherche zum Thema Aktinidentransfer Boden/Pflanze durchgeführt. Die Zusammenfassung der Ergebnisse dieser Recherche wird hier wiedergegeben.

Die in der Literatur publizierten Transferdaten sind auf Böden erhalten worden, die durch Kernwaffentests, durch Freisetzung von Plutonium bei Unfällen, durch wäßrige Ableitungen aus Wiederaufarbeitungsanlagen, durch Fallout oder durch Zusatz von Aktinidenlösungen (bei Topfversuchen) kontaminiert waren. Die Messung erfolgte in Feldversuchen oder, um Kontaminationen durch Fallout oder Resuspension auszuschließen, mit Topfversuchen in Glashäusern.

Verschiedene Arten von Böden wurden verwendet: Während bei Feldversuchen hauptsächlich Wüstenböden zur Verfügung standen, wurde bei Topfversuchen ein breiteres Spektrum an Böden eingesetzt. Als Pflanzen wurden einige Nutzpflanzen und die in den kontaminierten Gebieten wachsenden Wildpflanzen verwendet.

5.3.6.1 Feldversuche

Bei Feldversuchen kann häufig nicht ausgeschlossen werden, daß außer der Aufnahme aus dem Boden auch eine Deposition von Radionukliden aus der Luft zur Kontamination der Pflanzen beiträgt. Viele der in der Literatur gefundenen Transferfaktoren für Aktiniden müssen daher in diesem Sinn interpretiert werden.

Transferfaktoren wurden bestimmt für Pflanzen, die im unmittelbaren Umkreis der Wiederaufarbeitungsanlage von Savannah-River-Plant wachsen. Während in wild wachsenden Pflanzen Transferfaktoren zwischen 10^{-1} und 1 (pCi/g trockene Pflanze / pCi/g trockener Boden) gemessen wurden, wurde in angebautem Weizen bis zum 100-fachen weniger gefunden (Transferfaktoren: 10^{-3} - 10^{-2}). Das Anpflanzen von Hirse, Buschbohnen, Sojabohnen und Tomaten auf einem Boden, der 1944 mit Pu-239 kontaminiert wurde, ergab Transferfaktoren zwischen 10^{-4} und 10^{-3} . In Testgeländen (Nevada Test Site, Eniwetok, Bikini) wurden für die heimische Vegetation Transferfaktoren von 10^{-4} bis 10^{-2} bestimmt, für Pflanzen mit rauher, haariger Oberfläche bis 1. Die in wenigen Fällen parallel ermittelten Transferfaktoren für Americium liegen um den Faktor 100 höher zwischen 10^{-2} und 1. Für Curium-244 wurden bisher keine aus Feldversuchen erhaltenen Transferfaktoren mitgeteilt.

5.3.6.2 Topfversuche in Glashäusern

Unterschiedlich stark kontaminierte Böden (5-70 nCi/g) aus Nevada Test Site wurden mit Klee, Luzerne, Gerste und Sojabohnen bepflanzt. Transferfaktoren von 10^{-6} - 10^{-3} wurden erhalten. Bei Verwendung von Böden, die mit hochgeglühtem Plutoniumoxid kontaminiert waren, ergaben sich für Gerste Transferfaktoren von 10^{-7} - 10^{-5} . Für Americium wurden unter gleichen Bedingungen Transferfaktoren von 10^{-6} - 10^{-1} bestimmt. Durch Verwendung künstlich kontaminierter Böden wurde der Einfluß der Bodenart (pH, Zusammensetzung, Austauschkapazität) auf die Transferfaktoren verschiedener Pflanzen (Tumbleweed, Cheatgrass, Sojabohnen, Buschbohnen, Gerste, Weizen) untersucht. Transferfaktoren von 10^{-7} bis 10^{-4} für Plutonium wurden mitgeteilt, wobei Einflüsse der Bodenart nicht klar zu erkennen sind. Durch Zusatz von Chelatbildnern (AEDTA, DTPA) konnte in allen Fällen der Transferfaktor erheblich erhöht werden (Faktor 1000 - 3000 bei Tumbleweed und Cheatgrass).

Die gleichen Untersuchungen ergaben für Americium Transferfaktoren von 10^{-5} - 10^{-1} . Bei Zusatz von Chelatbildnern wurden Faktoren von 10 erreicht. Für Cm-242 werden Transferfaktoren von 10^{-4} - 10^{-3} bei Bohnen berichtet; der Einfluß von Chelatbildnern ist nicht untersucht.

Die mitgeteilten Transferfaktoren zeigen, daß von dem im Boden vorhandenen Plutonium, Americium und Curium nur sehr geringe Mengen von Pflanzen aufgenommen werden können, wobei Americium etwa um den Faktor 100 besser verfügbar ist als Plutonium. Die wenigen, die Aufnahme von Curium durch Pflanzen dokumentierenden Daten deuten darauf hin, daß die Aufnahme dieses Nuklides durch Pflanzen nur geringfügig größer ist als die des Plutoniums.

In Feld- und Topfversuchen wurde vereinzelt die Verteilung Wurzel-Stengel-Blatt-Frucht des aus dem Boden aufgenommenen Plutoniums und Americiums untersucht. Der größte Nuklidgehalt wurde in den Wurzeln festgestellt. In den Schößlingen nimmt die Konzentration mit wachsender Entfernung von der Wurzel ab, ebenso in den Blättern von der Basis zur Spitze hin. Der geringste Nuklidgehalt wurde unabhängig von der Pflanzenart in den Samen gefunden. Bezieht man die Nuklidgehalte der einzelnen Pflanzenteile auf den Nuklidgehalt im Boden, so erhält man Transferfaktoren, die sich bis zum Faktor 1000 voneinander unterscheiden können.

5.3.6.3 Geplante, weitere Untersuchungen

Der Einfluß der Bodenart in Bezug auf Zusammensetzung, pH und Gehalt an organischen Bestandteilen ist nicht genügend untersucht. Topfversuche deuten darauf hin, daß Aktiniden aus neutral bis schwach basischen Böden am besten aufgenommen werden können, vermutlich durch Bildung wasserlöslicher Komplexsalze zwischen den Aktiniden und im Boden enthaltenen organischen Verbindungen. Die in diesem Zusammenhang wichtige Frage, wie die Aktinidenaufnahme von der Art der Bodenkontamination abhängt, ist ebenfalls nicht eindeutig geklärt. Eine Kontamination mit leichtlöslichen Nitraten sollte zu wesentlich höheren Transferfaktoren führen als eine Kontamination durch hochgeglühte, chemisch fast unlösliche Oxide. Dieser wichtige Aspekt muß Gegenstand weiterer Untersuchungen sein, da beim Zusatz von Chelatbildnern die chemische Form der Aktiniden einen starken Einfluß auf die Bildung wasserlöslicher Komplexsalze hat. Damit kann aber nicht nur eine erhöhte Verfügbarkeit der Aktiniden für Pflanzen erreicht werden, es sollte auch möglich sein, eine Auswaschung der Aktiniden in tiefere Erdschichten durchzuführen, um so die obere, für die Landwirtschaft relevante Bodenschicht zu dekontaminieren. In diesem Zusammenhang bleibt auch zu klären, in welchem Ausmaß verschiedene Düngemethoden die Transferfaktoren beeinflussen.

Die zeitabhängige Aufnahme von Aktiniden aus dem Boden ist nur in Ansätzen untersucht. Der bei anderen Mineralstoffen beobachtete Effekt, daß die Wurzelaufnahme der Bildung an Pflanzensubstanz vorherläuft, scheint auch bei Plutonium und Americium vorzuliegen. Dies führt dazu, daß der zu Beginn einer Vegetationsperiode gemessene Transferfaktor mit zunehmender Wachstumszeit auf 1/60 seines ursprünglichen Wertes absinken kann. In diesem Zusammenhang ist auch zu überprüfen, wie sich der Transferfaktor verschiedener Pflanzen im Verlauf mehrerer, aufeinanderfolgender Vegetationsperioden verhält, wenn immer der gleiche Boden bepflanzt wird. Die in der Literatur mitgeteilten Ergebnisse solcher Versuche sind zum Teil widersprüchlich. Während für Klee, Cheatgrass und Tansy Mustard eine Zunahme des Transferfaktors berichtet wurde, sank beim Anbau von Erbsen und Gerste der Transferfaktor in der zweiten Vegetationsperiode ab. In Langzeitversuchen im Glashaus muß geklärt werden, wie Anbaudauer und Transferfaktor zusammenhängen.

Zu wenige Daten für Americium und Curium sind bekannt. Da beim Abbrand von Kernbrennstoffen erhebliche Mengen dieser Nuklide gebildet werden, muß ihr Verhalten in der Umwelt, z.B. durch Messung der Transferprozesse, untersucht werden.

Beim Vergleich der aus Topf- und Feldversuchen erhaltenen Transferfaktoren stellt man fest, daß bei Topfversuchen der Transferfaktor um 10 bis 100 niedriger liegt als bei Feldversuchen. Zu klären bleibt die Frage, ob dies tatsächlich nur auf zusätzliche Kontamination der Pflanzenoberfläche durch Fallout und Resuspension zurückzuführen ist oder ob die Wachstumsbedingungen bei Topfaufzucht doch stärker von denen bei Feldversuchen gegebenen abweichen. Die Problematik der Wurzelgröße sowie die Verteilung des Wurzelgeflechtes in Töpfen und die sich daraus ergebenden Konsequenzen für die Aktinidenaufnahme ist nicht untersucht. So steht ein sicherer Beweis für die Übertragbarkeit der mit Topfversuchen gewonnenen Transferdaten auf Feldanbau nach wie vor aus.

Wenn man die Belastung des Menschen durch Ingestion von kontaminierten Pflanzen abschätzen will, so darf man nicht mittlere, für die gesamte Pflanze gemessene Transferfaktoren ansetzen, sondern man benötigt die Transferfaktoren, die auf die zum Verzehr geeigneten Pflanzenteile bezogen sind. Solche Transferfaktoren sind jedoch nur sehr vereinzelt gemessen worden. Hinzu kommt, daß die mitgeteilten, unter gleichen Bedingungen gemessenen Transferfaktoren sehr starke Abweichungen voneinander aufweisen (bis zum Faktor 100). Es ist deshalb erforderlich, weitere Untersuchungen durchzuführen, wobei vor allem solche Nutzpflanzen angebaut werden müssen, die in der Bundesrepublik Deutschland als Ernährungsgrundlage dienen.

5.3.7 Die Radioökologie von Aktiniden

H. Schüttelkopf, M. Pimpl

Als Vorbereitung des Studiums des Verhaltens von Pu in der Umwelt (PRS 4812) wird seit Jahren das Abwasser des KfK auf Pu analysiert. In der Abluft der FERAB und der WAK wird ebenfalls seit 1976 Pu bestimmt. Gleichzeitig mit der Pu-Emissionsmessung aus der WAK wurde seit einem Jahr die Immissionsmessung am nächstgelegenen bewohnten Haus in der Hauptausbreitungsrichtung der Abluftfahne der WAK durchgeführt. Mit diesen Daten werden z.Zt. gemessene Langzeitausbreitungsfaktoren bestimmt. Die Pu-Falloutkonzentrationen können wegen des vollständig anderen $^{238}\text{Pu}/^{239+240}\text{Pu}$ -Aktivitätsverhältnisses, verglichen mit dem von der WAK emittierten Pu, subtrahiert werden. Zur unabhängigen Falloutmessung wurden im Südschwarzwald Luftproben genommen und analysiert.

Bei dem genannten Haus wurden außerdem Grasproben genommen und auf Pu analysiert. Aus den Luft- und den Graskonzentrationen werden die Depositionsgeschwindigkeit und die effektive Verweilzeit von Pu auf Gras bestimmt werden. Bodenkonzentrationen von Pu wurden an vielen Stellen der Umgebung der WAK gemessen. Tiefenverteilungen wurden erfaßt; im Vergleich zu einer Tiefenverteilung, gemessen im ungestörten Boden des Südschwarzwaldes, der nur mit Falloutplutonium kontaminiert ist, wurden wesentliche Unterschiede festgestellt. So scheint die Erde der Umgebung der WAK an allen untersuchten Stellen umgegraben zu sein und die spezifischen Aktivitäten, wie auch die Flächenkontamination sind im allgemeinen im Schwarzwald höher. In der Umgebung der WAK erlegte Hirsche und Kaninchen wurden auf Pu analysiert; der Pu-Gehalt wurde in vielen Organen gemessen.

Im Altrhein - dieser dient für das KfK-Abwasser als Vorfluter - wurde die Kontamination der Sedimente aus 12 Proben bestimmt, welche im Bereich von 100 m vor der Abwassereinleitung und 2000 m nach der Abwassereinleitung in gemessenen Abständen entnommen wurden. Aus den Ergebnissen läßt sich erkennen, daß in den ersten 100 m eine exponentiell abnehmende Pu-Kontamination vorliegt, aus deren Verlauf die Ablagerungsgeschwindigkeit von Pu berechnet werden soll. Nach diesen ersten 100 m bleibt im Altrhein die Kontamination konstant.

Entlang dem gesamten Altrhein, rund 18 km, wurden 30 Sedimentproben entnommen, um festzustellen, wie weit der Altrhein mit Plutonium meßbar kontaminiert ist. Die Ergebnisse sind in Abb. 5/13 dargestellt.

In Muscheln, Wasserpflanzen und Wasserproben wurde ebenfalls Pu bestimmt. In einer großen Zahl von Pflanzen-, Luft-, Boden- und einigen anderen Umweltproben aus dem Südschwarzwald wurde zum Vergleich ein "Nullpegel" von Pu bestimmt. Die Proben wurden im Rahmen eines von der AS übernommenen Forschungsauftrages zur Radioökologie von Ra in der Umgebung eines Uranbergwerkes genommen.

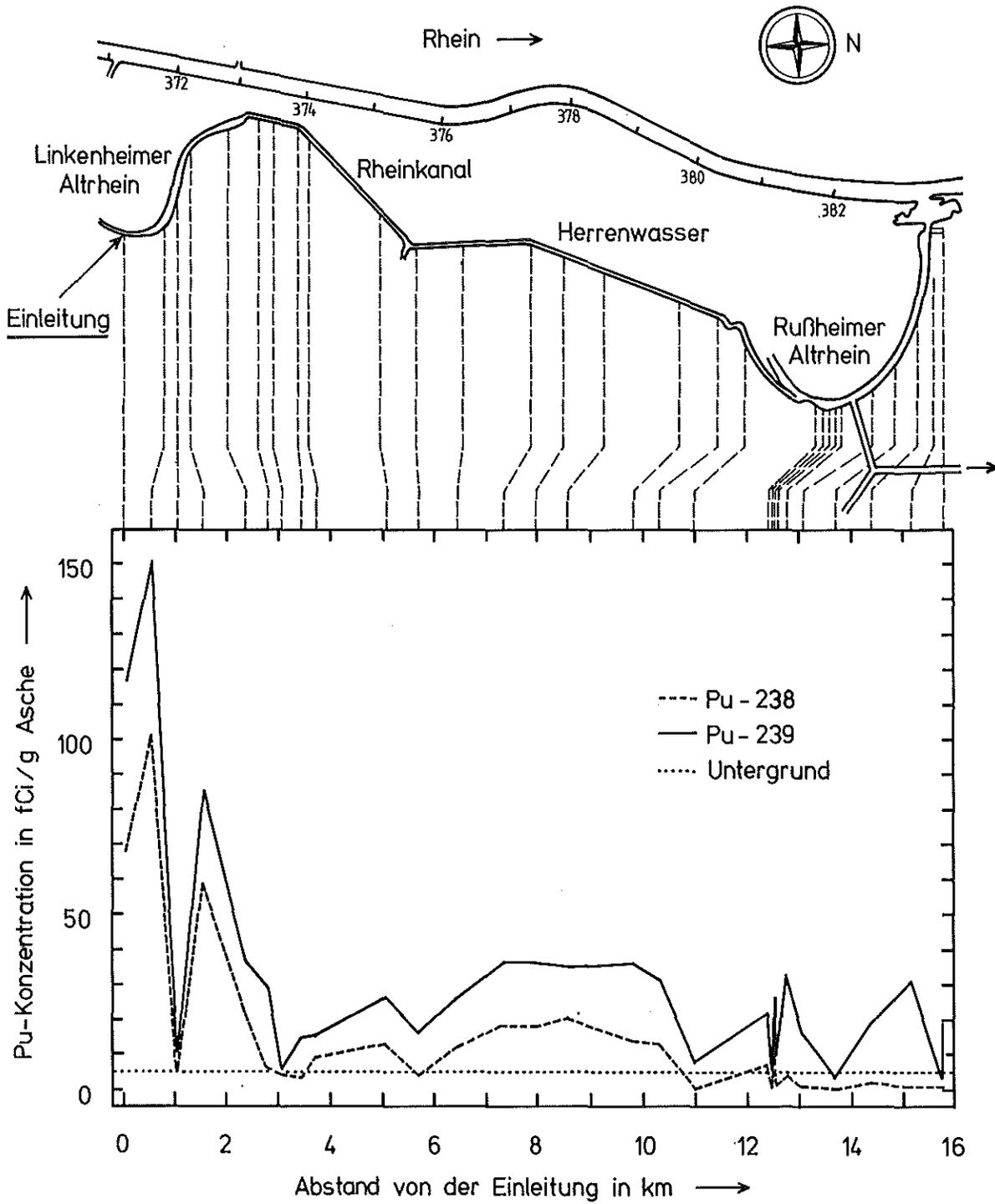


Abb. 5/13: Plutoniumgehalt in Schlammpfobren im Linkenheimer Altrhein, Rheinkanal, Herrenwasser und Rußheimer Altrhein, November 1978

6. Dosimetrie

6.1 Dosismessung

B. Burgkhardt, 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.

6.1.1 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.6/1 wiedergegeben. Im Berichtszeitraum wurden insgesamt 19669 Gläser und 13890 TLD ausgewertet. In diesen Zahlen sind keine Auswertungen für F+E Arbeiten enthalten.

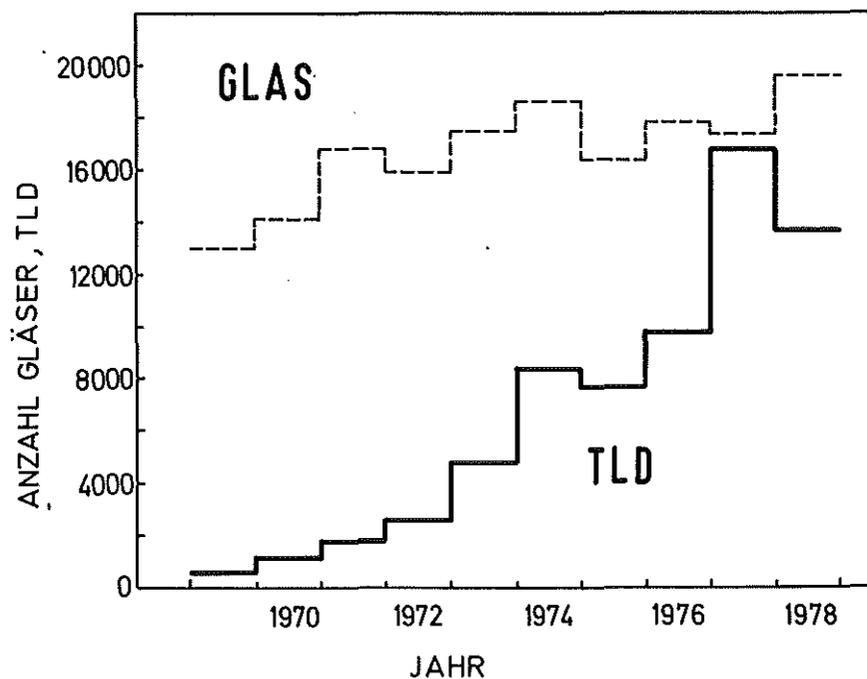


Abb. 6/1 Anzahl der jährlichen Routineauswertungen von TL- und Phosphatglasdosimetern

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 1978 gemessenen Jahresdosis ist in Abb. 6/2 wiedergegeben.

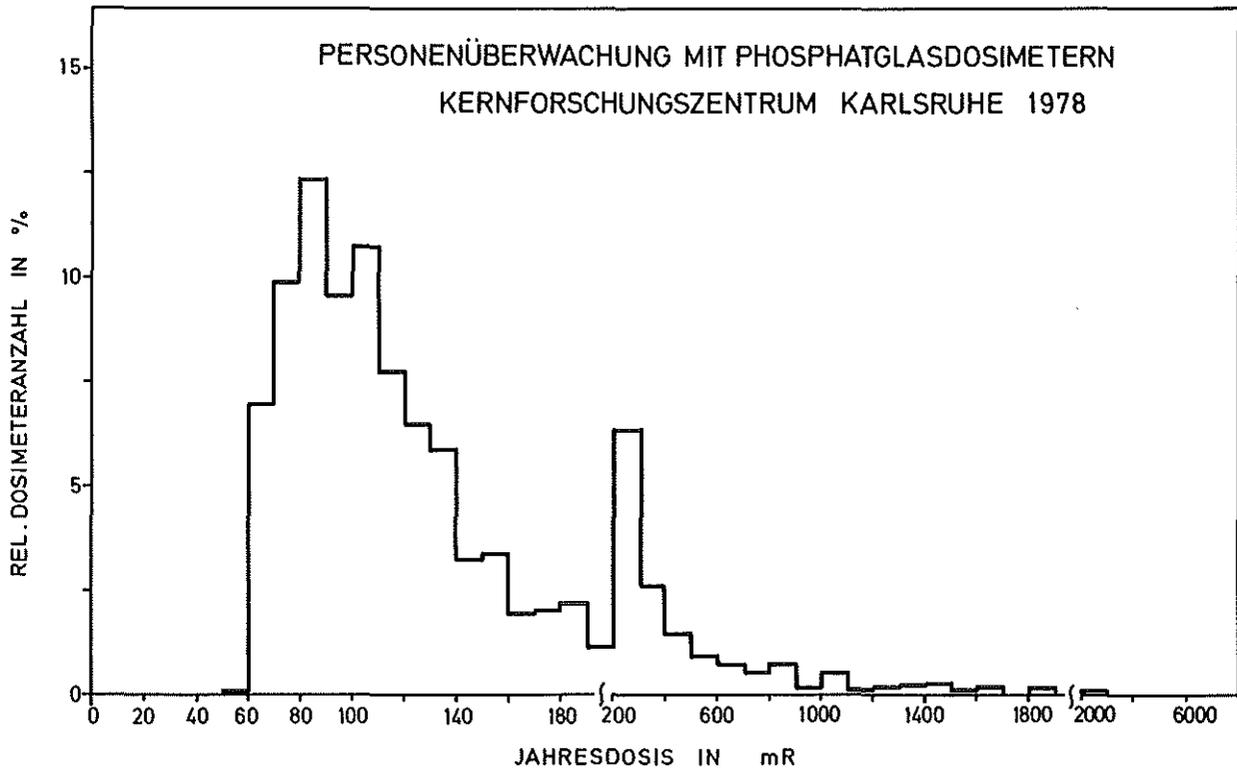


Abb. 6/2 Externe Strahlendosis der Mitarbeiter des KfK - einschließlich natürlicher Strahlung - im Jahre 1978

Im Kernforschungszentrum wurden im Jahre 1978 insg. 3194 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 85 und 500 mrem. Die für die einzelnen Bereiche gefundenen mittleren Jahresdosiswerte pro Person einschließlich der natürlichen Strahlung sind in Tab. 6/1 wiedergegeben.

Anlage	Mittlere Personen- zahl 1978	Personendosis für 1978 in mrem
Beschleuniger	44	474
Biol. u. med. Institute	64	106
Chem. Institute	312	239
Dekontamination	197	500
Physikal. Institute	485	104
Reaktorbetrieb	251	227
Strahlenschutz (Kontrollbereich)	70	374
Versorgungsbetriebe	588	123
Sonstige	1183	85

Tab. 6/1 Glasdosimetrie - Mittlere Jahresdosis für verschiedene Bereiche

In Abb. 6/3 sind die Ergebnisse der Phosphatglasüberwachung im KfK für die Jahre 1968 - 1978 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.

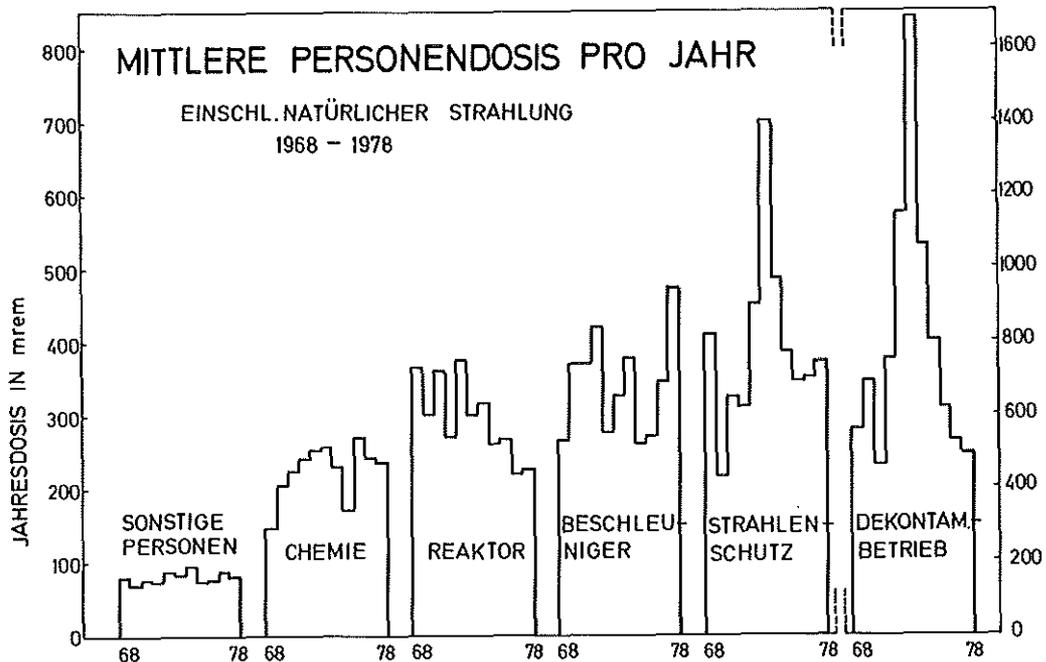


Abb. 6/3 Ergebnisse der langjährigen Glasdosimeterauswertung in den verschiedenen Arbeitsbereichen des KfK

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/cm^2 und 500 mg/cm^2 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/cm^2 zur Verfügung. Im Berichtszeitraum wurden insgesamt 650 Fingerringdosimeter ausgewertet. Die Fingerringdosimeter sind geeignet zur Gassterilisation und werden auch im Auftrag von Krankenhäusern ausgewertet.

Zur Neutronenpersonenüberwachung wird das serienmäßig hergestellte Karlsruher Albedo-Dosimeter 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 Kalibriergenauigkeit unserer Auswertstelle.

6.1.2 Ortsdosimetrie

Im Kernforschungszentrum Karlsruhe werden seit 12 Jahren Glasdosimeter und seit 8 Jahren TL-Dosimeter im Freien zur Ermittlung der natürlichen Strahlenbelastung sowie eines zusätzlichen Einflusses der kerntechnischen Anlagen exponiert.

An 310 Meßstellen in der Umgebung werden je zwei Gläser in der Kugelkapsel bzw. zwei TLD 700 Dosimeter in einer Kunststoffkapselung von etwa 500 mg/cm^2 Wandstärke ausgehängt und halbjährlich ausgewertet. Im Auftrag von Kernkraftwerken und kerntechnischen Anlagen wurden auch 1978 wieder ca. 400 Auswertungen von Umgebungs-Überwachungsdosimetern durchgeführt. Etwa 150 Ortsdosimeterauswertungen dienten insbesondere in β/γ -Strahlungsfeldern in den Heißen Zellen und in den Dekontaminationsbetrieben zur realistischen Abschätzung der zu erwartenden Personenbelastung im Rahmen der Arbeitsvorbereitung.

Im Jahre 1978 wurden in zunehmendem Umfang TL-Dosimeter zur Arbeitsplatzüberwachung in Krankenhäusern eingesetzt, um die Strahlenbelastung des medizinischen Personals an Röntgengeräten abzuschätzen.

Zur Ausmessung des Streustrahlungsfeldes an Neutronengeneratoren sowie der Neutronenstörstrahlung an medizinischen Bestrahlungsanlagen wurde zweckmäßigerweise das Karlsruher Albedodosimeter erfolgreich eingesetzt.

6.2 Photonendosimetrie

6.2.1 Zur Theorie der Exoelektronenemission

H. Doerfel

Ausgehend von einer allgemeinen qualitativen Betrachtung der Potentialverhältnisse an der Oberfläche von Festkörpern wurde eine neue Modelltheorie der thermisch stimulierten Exoelektronenemission (TSEE) entwickelt. Die Theorie basiert auf dem in Abb. 6/4 dargestellten Verlauf der Normalkomponente der potentiellen Energie eines Elektrons im Bereich von zwei verschiedenen Oberflächentraps. Die Traps vom Typ I im inneren Bereich der Oberflächenzone gehen auf chemisorbierten Sauerstoff zurück. Sie bestimmen die Höhe des Oberflächenpotentialwalls sowie die elektrischen Eigenschaften des Materials in der oberflächennahen Schicht. Die Traps vom Typ II sind

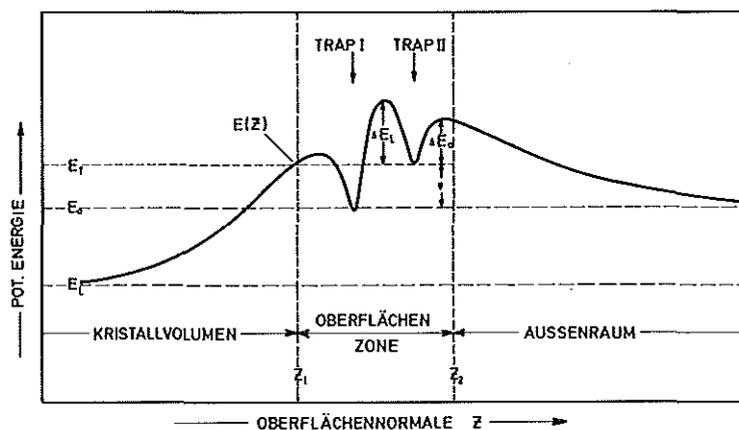


Abb. 6/4 Normalkomponente der potentiellen Energie eines Elektrons im Bereich der Oberfläche eines Festkörpers mit zwei verschiedenen Oberflächentraps unter Gleichgewichtsbedingungen.

ΔE_0 = Aktivierungsenergie für Exoelektronenemission

ΔE_L = Aktivierungsenergie für Emission in das LB

E_T = Energie des gebundenen Zustands

E_0 = Energie eines freien Elektrons im Außenraum

E_L = Energie eines freien Elektrons im Festkörper (Unterkante des LB)

$\phi = E_0 - E_T$ = Elektronenaffinität des TSEE-Traps

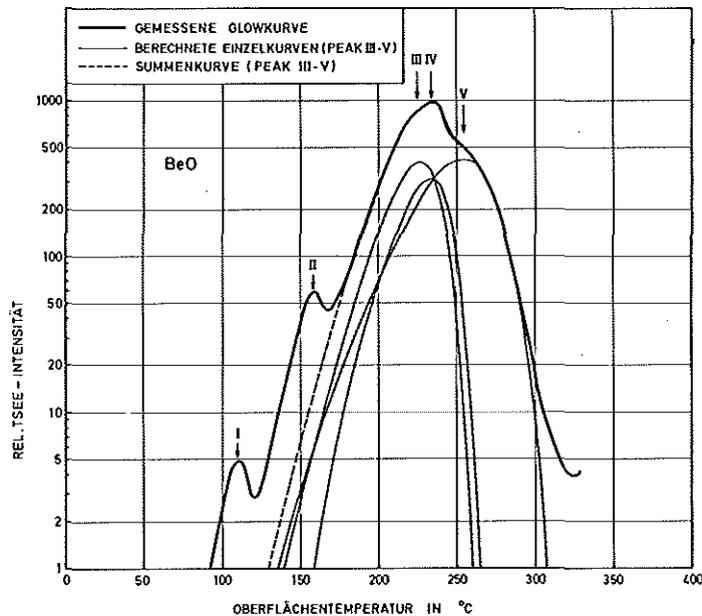


Abb. 6/5 Glowkurve von Berylliumoxid (Brush Thermalox 995) nach Anregung mit Elektronen der mittleren Anregungsenergie 1,49 eV (Aufheizgeschwindigkeit 1 K/s)

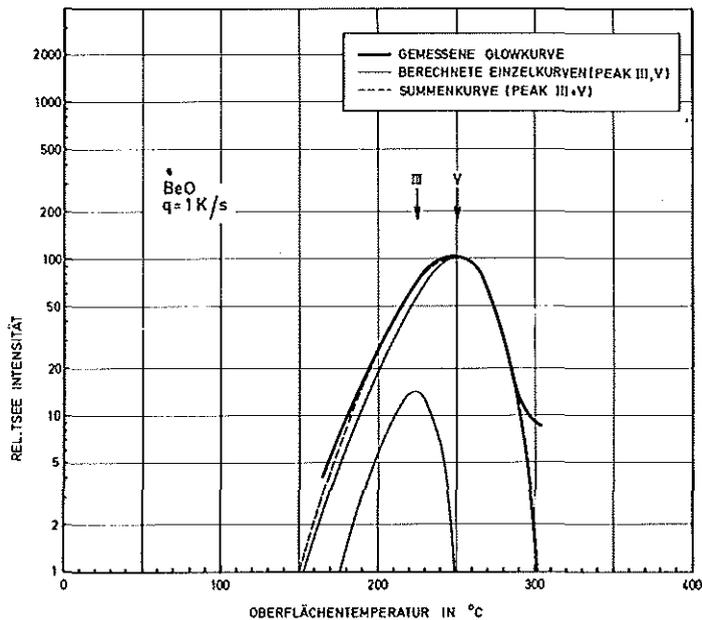


Abb. 6/6 Glowkurve von Berylliumoxid (Brush Thermalox 995) nach Anregung mit ^{137}Cs - γ -Strahlung (Aufheizgeschwindigkeit 1 K/s)

auf OH-Gruppen zurückzuführen, die sich bei der Sorption von Wassermolekülen bilden. Die in diesen Traps lokalisierten Elektronen werden bei thermischer Stimulierung mit hoher Wahrscheinlichkeit in den Außenraum emittiert (TSEE). Auf der Basis dieser Theorie können einige bisher noch sehr rätselhafte Eigenschaften der TSEE erklärt werden. So liefert die Theorie unter anderem eine Erklärung dafür, daß die Exoelektronen weit höhere kinetische Energien haben, als die bei der thermischen Glühemission freigesetzten Elektronen. Die Theorie kann ferner erklären, warum die kinetische Energie der Exoelektronen mit zunehmender Stimulierungstemperatur abnimmt. Sie liefert darüberhinaus auch den physikalischen Hintergrund für die Tatsache, daß TSEE-Traps häufig eine negative Elektronenaffinität haben.

Zur experimentellen Überprüfung des Emissionsmodells wurde eine neuentwickelte Methode der TSEE-Anregung mit extrem niederenergetischen Elektronen angewandt. Die Abb. 6/5 zeigt als Beispiel die Glowkurve von Berylliumoxid (Brush Thermalox 995) nach Anregung mit Elektronen der mittleren Anregungsenergie 1,49 eV. Zum Vergleich ist in Abb. 6/6 die Glowkurve des gleichen Materials nach Anregung mit ^{137}Cs - γ -Strahlung dargestellt. Mit Hilfe einer neuen Methode der differentiellen Glowkurvenanalyse konnte gezeigt werden, daß die beiden γ -induzierten Glowpeaks III und V auch in der elektroneninduzierten Glowkurve auftauchen. Damit konnte sichergestellt werden, daß es sich bei der photoneninduzierten TSEE um einen echten Oberflächeneffekt handelt.

6.2.2 Automatische Auswertung von Phosphatglasdosimetern

W. König, H.G. Röber

Bei RPL-Glasdosimetern ist die Eindringtiefe von Photonenstrahlung im Glas von der Strahlenqualität abhängig. Bei differentieller Abtastung des Glases während der Auswertung können daher Aussagen über die Härte und Einfallrichtung der Strahlung gewonnen werden.

Ziel unserer Arbeiten ist die Entwicklung eines entsprechenden Auswertegerätes bis zur praktischen Betriebsreife. Dieses Gerät soll die dreidimensionale Verteilung der RPL-Zentren in einem würfelförmigen Dosimeterglas vollautomatisch messen und daraus Strahlenqualität und Einfallrichtung berechnen. Abb. 6/7 zeigt eine Darstellung der optischen Meßkammer des Gerätes. Das Licht einer Quecksilberdampf-Höchstdrucklampe wird durch einen Kondensator und einen schwenkbaren Spalt zu einem schmalen Lichtbündel ausgeblendet. Ein UV-Filter begrenzt das Spektrum auf die zur RPL-Anregung erwünschte 365 μm Linie, eine feste Blende verbessert die Schärfe. Mit Hilfe einer Abbildungsoptik und verschiedener Spiegel wird das Lichtbündel auf das Dosimeterglas gelenkt. Der eine Spiegel ist durch ein elektrisches Steuersignal um eine horizontale Achse, der andere um eine vertikale Achse drehbar. Der abgebildete Lichtspalt läßt sich elektrisch in eine waagrechte und eine senkrechte Stellung schwenken. Aufgrund dieser optischen Anordnung kann das würfelförmige Dosimeterglas mit dem schmalen UV-Lichtbündel zeitlich nacheinander in drei zueinander senkrechten Achsen abgetastet werden. Hierbei wird das Dosimeterglas nicht bewegt. Diese Eigenschaft verringert Fehler durch mechanische Positionierung und vereinfacht eine automatische Messung.

Die RPL-Intensität wird senkrecht zum anregenden Lichtbündel mit einem Photomultiplier gemessen, UV-Streulicht wird durch ein vorgeschaltetes Orangefilter gesperrt. Das Signal des Photomultipliers wird über Vorverstärker, Regelverstärker und A/D-Wandler aufbereitet, digital angezeigt und in einen Tischrechner eingegeben.

Der gesamte Ablauf der Messung, die Signalaufbereitung, die Berechnung und Ausgabe von Dosismesswert, Strahlenqualität und Einfallrichtung läuft unter Kontrolle des Rechners selbsttätig ab, ebenso die graphische Ausgabe der RPL-Profile auf einem 4-Farben-Plotter. Weitere Rechenprogramme dienen zur automatischen Justierung des UV-Strahls und zum Abgleich der Anzeige der gemessenen Glastiefe.

Der Umbau der Auswertvorrichtung für das automatische Flachglasdosimeterauswertegerät konnte im Berichtszeitraum zum Abschluß gebracht werden. Zwischenzeitlich waren noch Konstruktionsverbesserungen notwendig, um den widersprüchlichen Forderungen einer relativ großen Toleranz für den Durchlaufkanal des Flachglasdosimeters einerseits und einer hohen Präzision bei der Positionierung des Flachglasdosimeters in den 2 Auswertstellungen andererseits gerecht zu werden.

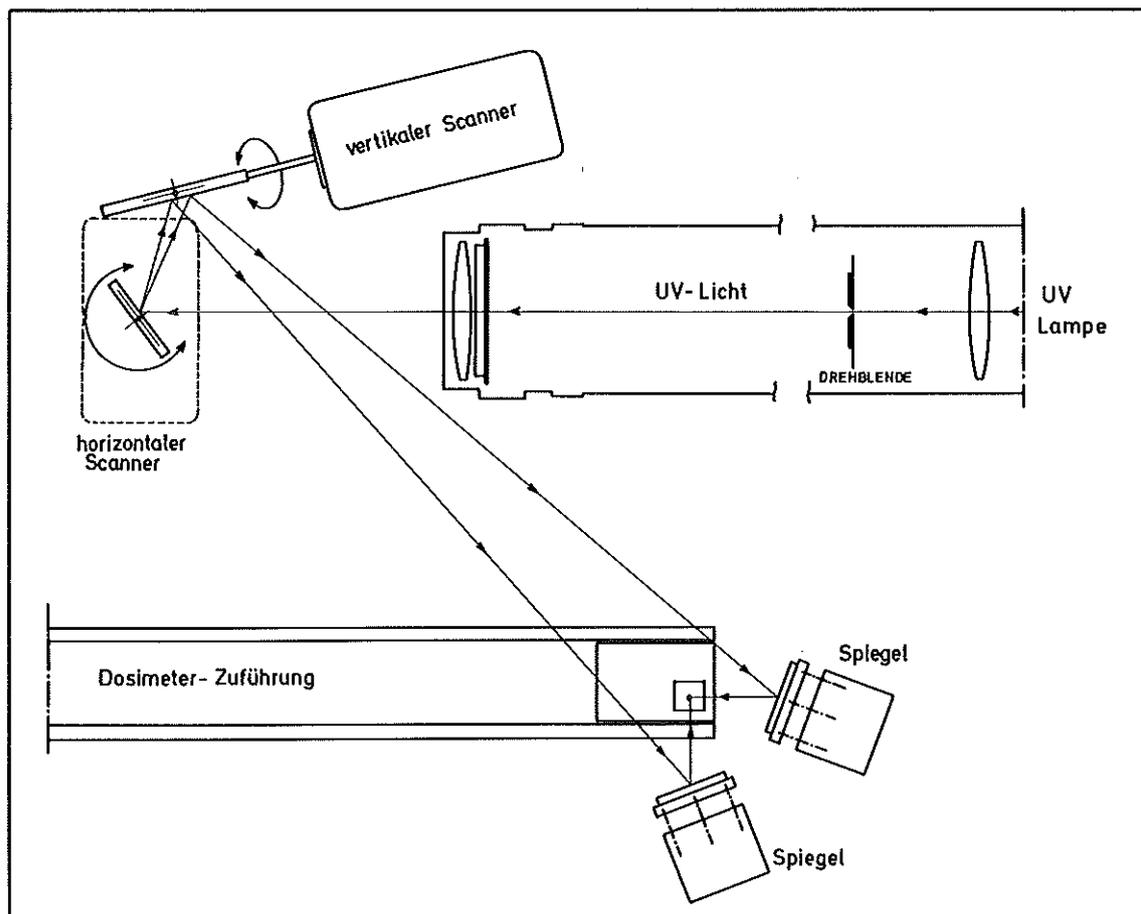


Abb. 6/7 Darstellung der optischen Meßkammer

Für den Umbau der Auswertevorrichtung waren vier elektromechanische Steuerungsfunktionen erforderlich, um die notwendigen Justier- und Positionierfunktionen für das Flachglasdosimeter automatisch ausführen zu können.

Der Funktionsablauf für die neue Auswertevorrichtung ist wie folgt:

1. Feinjustierung des Transportschwertes, das als Anschlag für das Flachglasdosimeter benützt wird,
2. Messen in Meßstellung 1 der Schiebeblende,
3. Positionieren der Schiebeblende in Meßstellung 2 und messen,
4. Positionieren der Schiebeblende in Meßstellung 1, öffnen der Sichtsperrre an der Dosimeraustrittsöffnung, ausschieben des Flachglasdosimeters.

Zur Zeit wird das Testprogramm vorbereitet, welches die Optimierung der Filterung, die Kalibrierung des Dosimeters, die Fertigstellung einer Dosimeternullserie und die Erprobung des Dosimetersystems vorsieht.

6.2.3 Standardtestprogramm für TLD- und RPL-Systeme

B. Burgkhardt, E. Piesch

Eine anwendungsorientierte Auswahl von Festkörperdosimetersystemen wird heute dadurch erschwert, daß die dosimetrischen Eigenschaften der zahlreichen auf dem Markt angebotenen Meßgeräte und Detektoren nur lückenhaft bekannt und damit nur bedingt vergleichbar sind. Außerdem werden Auswertegeräte, Detektoren und Zusatzeinrichtungen sowie erforderliche Meß- und Wärmebehandlungsvorschriften in den meisten Fällen erst vom Anwender zu einem "Dosimetersystem" kombiniert.

Um die Leistungsfähigkeit der angebotenen Dosimetersysteme insbesondere für eine Anwendung in der Umgebungsüberwachung zu untersuchen, wurde ein Standardtestprogramm für TLD- und RPL-Systeme ausgearbeitet, welches innerhalb des Arbeitskreises "Dosismessung externer Strahlung" des Fachverbandes für Strahlenschutz eV. als Labortestprogramm erprobt wurde [47].

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 unter anderem durch

- den Typ des Auswertegerätes und die individuellen Eigenschaften des im jeweiligen Auswertegerät zur Verfügung stehenden Photomultipliers,
- das Dosimetermaterial, den Aktivator, das Trägermaterial, die Form, Dicke und Halterung des Detektors sowie die Vorgeschichte der Charge,
- die Auswertemethode insbesondere die Vorgabe des Ausheizzyklus und der maximalen Ausheiztemperatur,
- die thermische Vorbehandlung des Detektors vor dem Messen (Tempern) oder zur Meßwertlöschung für eine Wiederverwendung (Regenerieren),

Jede Änderung der hier angeführten Parameter kann die dosimetrischen Eigenschaften des Gesamtsystems verändern. Auch bei einer Gleichheit von Auswertegerätetyp, Detektor und Auswertemethode unterscheiden sich die dosimetrischen Eigenschaften von Dosimetersystemen, wenn der Test in verschiedenen Labors, mit verschiedenen Auswertegeräten desselben Typs oder mit unterschiedlicher Wärmebehandlung bzw. Vorgeschichte der Detektoren durchgeführt wurde.

Das Testprogramm wurde so festgelegt, daß für alle zu untersuchenden Kenngrößen entweder Meßreihen mit jeweils einer Charge von 10 Dosimetern, eine Zehnfachmessung oder eine 10-malige Wiederholung des Meßzyklus (z.B. Regenerieren, Tempern, Messen, Bestrahlen) vorgegeben wurden. Damit wurde ein Kompromiß gefunden zwischen einem minimalen Arbeitsaufwand und ausreichend gesicherten statistischen Meßergebnissen.

Für das Standardtestprogramm wurden Formblätter ausgearbeitet, welche die organisatorische und experimentelle Durchführung des Testprogrammes erleichtern. Tab. 6/2 gibt die für TLD-Systeme vorgesehenen Meßreihen wieder.

Zur Ermittlung der Leistungsfähigkeit des Dosimetersystems bei der Messung kleiner Dosen wird eine Testbestrahlung von 30 mR vorgesehen. Bei der Messung kleiner Dosen ist andererseits die Unsicherheit der Anzeige unbestrahlter Dosimeter (Nulldosisanzeige) von besonderer Bedeutung. Die untere Nachweisgrenze D_{NWG} , definiert als die dreifache Standardabweichung der Nulldosisanzeige, wird daher innerhalb des Testes für jedes Dosimetersystem experimentell bestimmt. Im Hinblick auf die gewünschte Vergleichbarkeit der Ergebnisse müssen die unterschiedlich empfindlichen Dosimetersysteme in einem auf das Gerät zugeschnittenen Meßbereich untersucht werden. Der interessierende Dosisbereich wurde daher auf das Vielfache der jeweiligen unteren Nachweisgrenze D_{NWG} bezogen. Damit wird die Meßgenauigkeit eines Dosimetersystemes in einem Dosisbereich von $1 \times D_{NWG}$ zu höheren Dosen von $1000 \times D_{NWG}$ untersucht, welcher in der Regel auch in der Personenüberwachung von besonderem Interesse ist.

Bei der Messung kleiner Dosen kann u.U. mit einer Abweichung von der Linearität der Dosisanzeige gerechnet werden. Der Test soll daher auch Aussagen darüber zulassen, ob die zwangsläufig bei höheren Dosen durchgeführte Kalibrierung des Gerätes auch auf kleinere Dosen übertragbar ist.

Repräsentative Angaben über die Nulldosisanzeige einer Dosimetercharge oder die Reproduzierbarkeit eines Dosimetersystems lassen sich erfahrungsgemäß nur bei mehrmaliger Wiederholung der Meßreihen erhalten.

Innerhalb des Testprogrammes kommt daher der Untersuchung der Langzeitstabilität des Dosimetersystems besondere Bedeutung zu, welche über 10 Tage durchgeführt wird. Die Ergebnisse des zehntägigen Langzeittestes sind damit von gleicher statistischer Aussagekraft wie die Ergebnisse des Kurzzeittestes mit 10 Dosimetern bzw. bei 10-maliger Wiederholung der Messung.

Durch Lagerung, insbesondere bei höheren Temperaturen, kann sich die Nullanzeige auch von regenerierten Dosimetern und damit die untere Nachweisgrenze verändern. Die Messung der Nullanzeige nach Lagerung bei 70°C sowie der Einfluß eines Fadings bei höheren Umgebungstemperaturen sind daher weitere Programmpunkte des Testes.

Durch eine einheitliche Ergebnisdarstellung in vorgegebene Formblätter ermöglicht das Standardtestprogramm einen direkten Vergleich der wichtigsten Eigenschaften der verschiedenen Dosimetersysteme untereinander. Das zum Leistungsnachweis von Festkörperdosimetersystemen vorgeschlagene Standardtestprogramm kann von jedem Meßlabor durchgeführt werden.

Das hier ausgearbeitete Standardtestprogramm soll im Jahre 1979 innerhalb der Länder der Europäischen Gemeinschaft zu einem Meßvergleich von TLD-Systemen eingesetzt werden. Die entsprechenden Vorarbeiten zu diesem EURATOM-Projekt konnten im Jahre 1978 abgeschlossen werden. Das vorliegende Testprogramm bietet jedem interessierten Meßlaboratorium die Möglichkeit, den Test zu jeder Zeit mit verbesserten bzw. neuen Dosimetersystemen zu wiederholen und die eigenen Ergebnisse mit dem vorliegenden Stand der Technik zu vergleichen.

TLD TESTPROGRAMM TEIL A			
EXPERIMENTELLE DURCHFÜHRUNG			
MESS-REIHE	KENNGRÖSSE	ANZAHL DOSIMETER (MESSUNG)	TESTVORSCHRIFT
	NULLANZEIGE		
1	DUNKELSTROM	(10x)	Auswerten ohne Dosimeter
2	SOFORT	10	Neue oder regen. Dosimeter auf 300 mR bestrahlen, regenerieren, auswerten,
3	70°C/16h	10	bestrahlen auf 300 mR, regenerieren, 16h/70°C lagern, auswerten
	REPRODUZIERBARKEIT		JEWELLS REGENERIEREN UND BESTRAHLEN
4	1xD _{NWG}	10	auf 3s der Nullanzeige/sofort (=D _{NWG})
	30 mR	10	auf 30 mR
	5x BIS 1000xD _{NWG}	10	auf 5,10,20,50,100 und 1000xD _{NWG}
	LANGZEITSTABILITÄT		AN 10 TAGEN JE 10 DOSIMETER/MESSUNGEN OHNE ZUSÄTZLICHE GERÄTEKALIBRIERUNG
5	EICHLICHTQUELLE	(10x)	10x messen
6	DUNKELSTROM	(10x)	Abgleichen und 10x messen
7	REFERENZDOSIS	10	Regenerieren, bestrahlen auf 1000xD _{NWG} , auswerten,
	NULLANZEIGE/SOFORT	10	regenerieren, auswerten,
	NULLANZEIGE/70°C,16h	10	lagern bei 70°C/16 h, auswerten,
8	TEMPERATUREINFLUß BEI 70° C	10	2 Dosimeter jeweils vor Lagerung bei 70°C für 10,6,2,1 d und 2 Referenzdosimeter (Lagerung 2h/25°C) auf 1000xD _{NWG} bestrahlen, zusammen auswerten.

Tab. 6/2 Experimentelle Durchführung des Testprogrammes

6.2.4 Leistungsnachweis von Thermolumineszenz- und Radiophotolumineszenz-Dosimetersystemen zur Personen- und Umgebungsüberwachung

B. Burgkhardt, E. Piesch

TL- und RPL-Systeme werden seit über 10 Jahren innerhalb der Strahlenschutzüberwachung zur Personendosimetrie und Umgebungsüberwachung eingesetzt. Hierbei blieb es den Anwendern überlassen, eine Eignungsprüfung und Kalibrierung des Systems durchzuführen. Mit dem Standardtestprogramm ist es möglich, die Eigenschaften einer Vielzahl von Dosimetersystemen miteinander zu vergleichen. Die Ergebnisse des durchgeführten Testvergleiches an 43 verschiedenen Dosimetersystemen [47] geben den derzeitigen Stand der Meßtechnik wieder. Es zeigte sich hierbei, daß bei Adaptation eines bekannten Dosimetersystemes die in einem Labor gefundenen spezifischen Eigenschaften des Dosimetersystemes im allgemeinen nicht auf ein anderes Labor bzw. Gerät übertragbar sind. Im folgenden werden einige der wichtigsten Meßfehlereinflüsse von TL- und RPL-Dosimetersystemen wiedergegeben.

Detektorstreuung

Bei Phosphatglasdosimetern ist die herstellungsbedingte Streuung der Dosimeterempfindlichkeit innerhalb einer Charge sehr gering, eine individuelle Kalibrierung der Detektoren ist daher nicht erforderlich. Die individuelle Streuung der Dosimeterempfindlichkeit liegt unter 1% und ist von der Reproduzierbarkeit der Dosisanzeige des Auswertegerätes nicht zu trennen.

Bei TLD-Systemen ist die Streuung der Dosimeterempfindlichkeit des Einzeldetektors innerhalb einer Charge herstellungsbedingt und kann nach Angaben der Hersteller bis zu ± 10% betragen. Die allgemein gefundene Detektorstreuung liegt zwischen 3% bis 9% (siehe Abb.6/8), bei Chargenkalibrierung ist die Reproduzierbarkeit definitionsgemäß gleich der Detektorstreuung. Durch wiederholte Kalibrierungen einer größeren Charge können vom Benutzer kleine Teilchargen mit Werten von 1% erhalten werden. Dieses Verfahren läßt sich bei Einsatz größerer Chargen generell nicht anwenden.

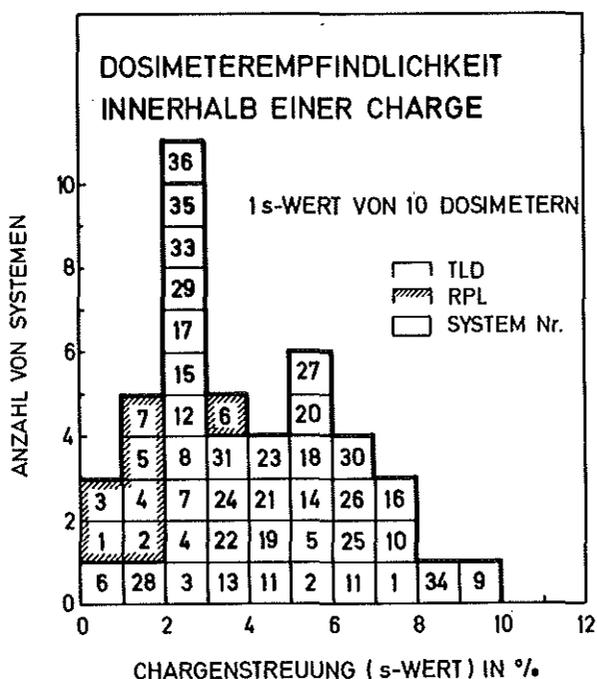


Abb. 6/8 Häufigkeitsverteilung für die rel.Standardabweichung s der individuellen Detektorempfindlichkeit einer Charge

Untere Nachweisgrenze, Nulldosisanzeige

Die Dosis der unteren Nachweisgrenze D_{NWG} , definiert als der 3s-Wert der Nulldosisanzeige α_U , ist beim Phosphatglas dem Betrag nach bis zu einer Größenordnung kleiner als die Nulldosisanzeige selbst. Dies verdeutlicht die relativ geringe Schwankung des PM-Dunkelstromes α_0 und die gute Stabilität des Auswertegerätes. Für gute innerhalb der Umgebungsüberwachung bereits eingesetzte Systeme beträgt D_{NWG} gleich 10 mR.

Bei TLD-Systemen ist D_{NWG} dem Betrag nach in etwa derselben Größenordnung wie die Nulldosisanzeige selbst, kann beim Einzelgerät jedoch zwischen 0,2 und dem 6-fachen der Nulldosisanzeige liegen. Die mittlere Nulldosisanzeige sowie die 3s-Schwankung der Nulldosisanzeige ist für verschiedene TLD-Systeme mit Angabe der Systemnummer in Abb. 6/9 wiedergegeben. Bei der Messung kleiner Dosen ist $(\alpha_0 + \alpha_U)$ derjenige Dosisbetrag in mR, der von der Dosisanzeige subtrahiert werden muß. Die meisten LiF-Dosimetersysteme zeigen mittlere Nulldosisiswerte zwischen 1 und 10 mR. Höhere Werte bis zu 40 mR (System 1, 14, 16) werden vor allem bei Geräten mit einem hohen PM-Dunkelstrom α_0 bzw. bei den Systemen 13, 29, 34 mit hoher Nulldosisanzeige α_U gefunden. Die kleinsten Werte von 0,1 mR (Systeme 32, 33) erhält man für die höchstempfindlichen Bulb-Dosimeter, für einen LiF-Einkristall (System 12) sowie für TLD 200 bei automatischer Auswertung (System 30).

Ein Vergleich von Auswertegeräten desselben Gerätetyps zeigt, daß es von ein- und demselben Gerätetyp unterschiedlich gute Geräte gibt. Das Auswertegerät Harshaw 2000 zeigt Unterschiede im Betrag des Dunkelstromes (Faktor 30), der unteren Nachweisgrenze (Faktor 10) und der kleinsten angezeigten Dosis (Faktor 55), während die Schwankung des Dunkelstromes offensichtlich unabhängig von der individuellen Empfindlichkeit des Photomultipliers ist.

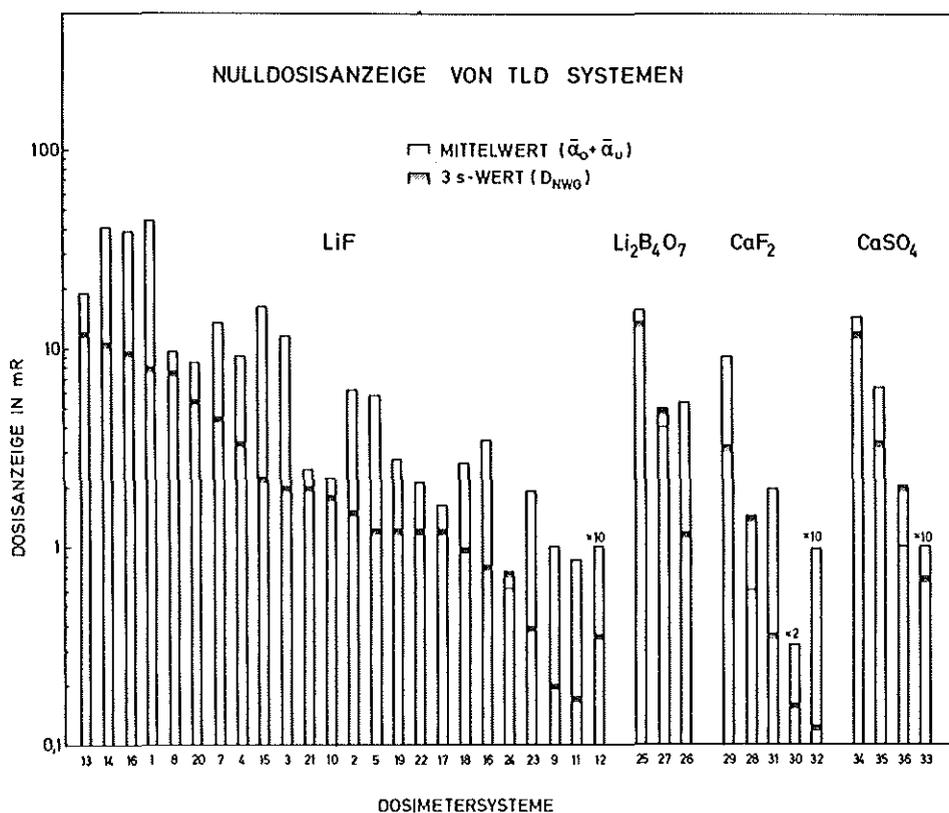


Abb. 6/9 Mittlere Nulldosisanzeige und die untere Nachweisgrenze von TLD-Systemen

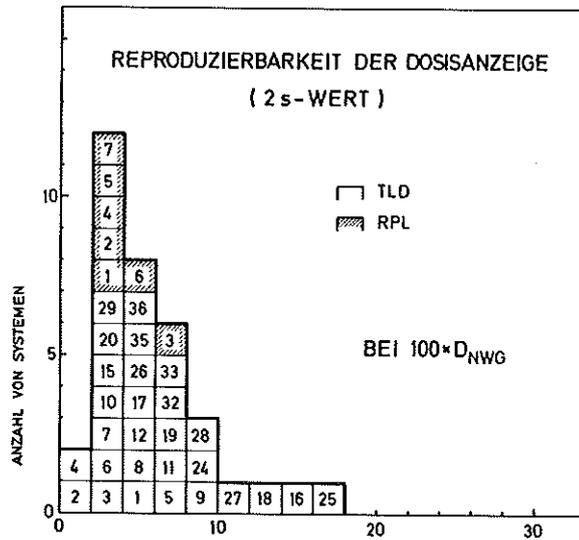
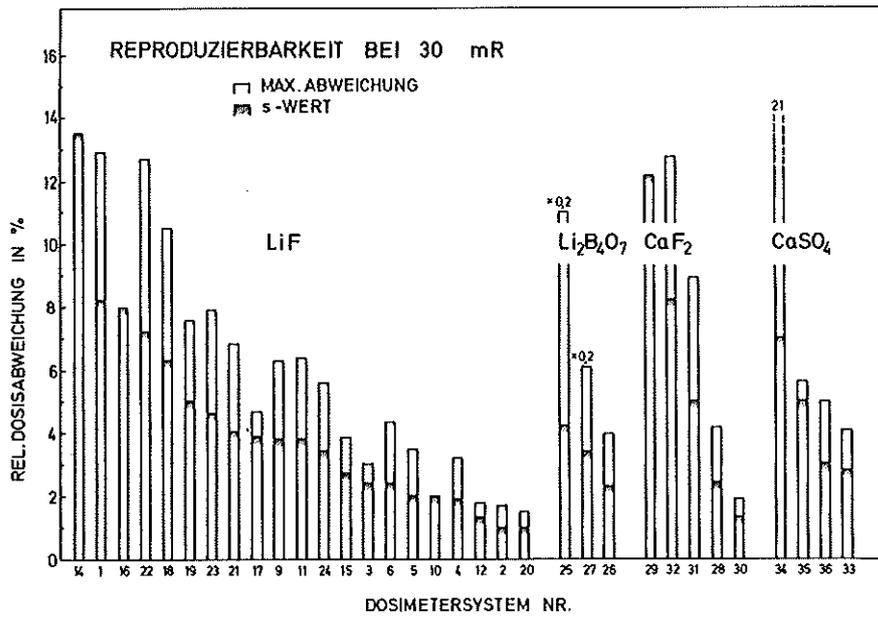


Abb. 6/10 Reproduzierbarkeit der Dosisanzeige für 30 mR und dem 100-fachen der unteren Nachweisgrenze D_{NWG}

Reproduzierbarkeit

Die Standardabweichung bei 30 mR, welche repräsentativ ist für die Reproduzierbarkeit der Dosismessung nach einer Expositionsdauer von 6 Monaten innerhalb der Umgebungsüberwachung, ist für verschiedene TLD-Systeme in Abb. 6/10 für 30 mR und dem 100-fachen von D_{NWG} wiedergegeben. Die entsprechenden 2s-Werte für verschiedene TLD-Systeme zeigen bei 30 mR auch eine relativ große Streuung. Für die Messung einer Dosis von 30 mR können mit den zur Zeit vorhandenen RPL-Systemen bestenfalls s-Werte von 9% bis 13% erzielt werden.

Langzeitverhalten

Die Änderung der Dosisanzeige (Referenzdosis) bei 10-maliger Bestrahlung und Wiederverwendung einer Dosimetercharge ist in Abb.6/13 wiedergegeben. Bei den untersuchten Phosphatglasdosimetersystemen ist die langzeitige Schwankung der Tagesmittelwerte (2s-Werte von 1,4% bis 5%) geringer als die Reproduzierbarkeit für die Referenzdosis (2s-Werte 2,4 - 8%). Die langzeitige Änderung der Vordosisanzeige bei Phosphatglasdosimetern ist u.a. auf den Einfluß des Waschvorganges d.h. auf Waschmittelrückstände an der Glasoberfläche zurückzuführen. Die Änderung der Vordosis einer Charge nach 2-maligem Waschen und Messen gibt die Reproduzierbarkeit des Waschvorganges bzw. den entsprechenden Fehlereinfluß bei der Bestimmung der Dosis wieder. Die 10-malige Wiederholung des Waschvorganges zeigt, daß der maximale Einfluß des Waschvorganges bei guten Waschmethoden 3 mR betragen kann, der ungünstigste Meßfehler bei zwei aufeinanderfolgenden Waschvorgängen bis zu 15 mR. Auch bei TLD-Systemen mit angewandter Regenerierung kann die Langzeitänderung der Nulldosisanzeige innerhalb von 10 Tagen bis zu einem Faktor 10 betragen.

Einfluß der Umgebungstemperatur

Anstelle eines Langzeitversuches unter extremen Expositionsbedingungen im Freien, wobei relativ hohe Temperaturen bei Sonneneinstrahlung nicht auszuschließen sind, wurde der Temperatureinfluß auf die Dosimeteranzeige bestrahlter Dosimeter innerhalb von 10 Tagen bei 70°C untersucht. Die Fadingergebnisse der Abbildungen 6/11 und 6/12 müssen daher als obere Grenze für die langzeitigen Umwelteinflüsse angesehen werden. Sie verdeutlichen die unterschiedlichen Eigenschaften der Detektormaterialien und der angewandten Regenerierungs- und Temperungsmethoden [4,5]. Phosphatgläser (Abb. 6/12) zeigen bei höherer Temperatur aber auch bei Langzeitlagerung unter Lichtausschluß und Laborbedingungen bis zu 10 Jahren die günstigsten Eigenschaften hinsichtlich einer Stabilität der Meßwertspeicherung.

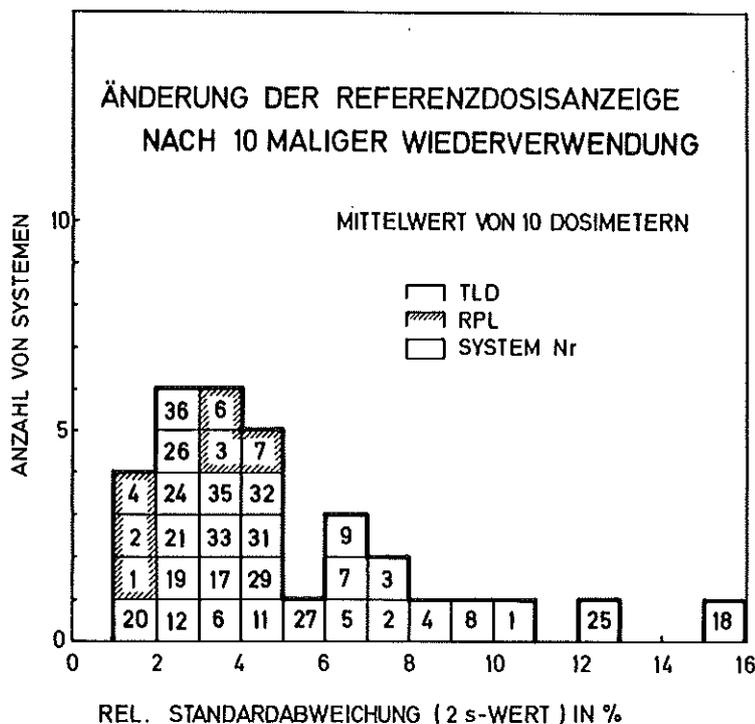


Abb. 6/13 Häufigkeitsverteilung der rel. Standardabweichung der Dosisanzeige bei 10-maliger Bestrahlung auf $100 \times D_{NWG}$

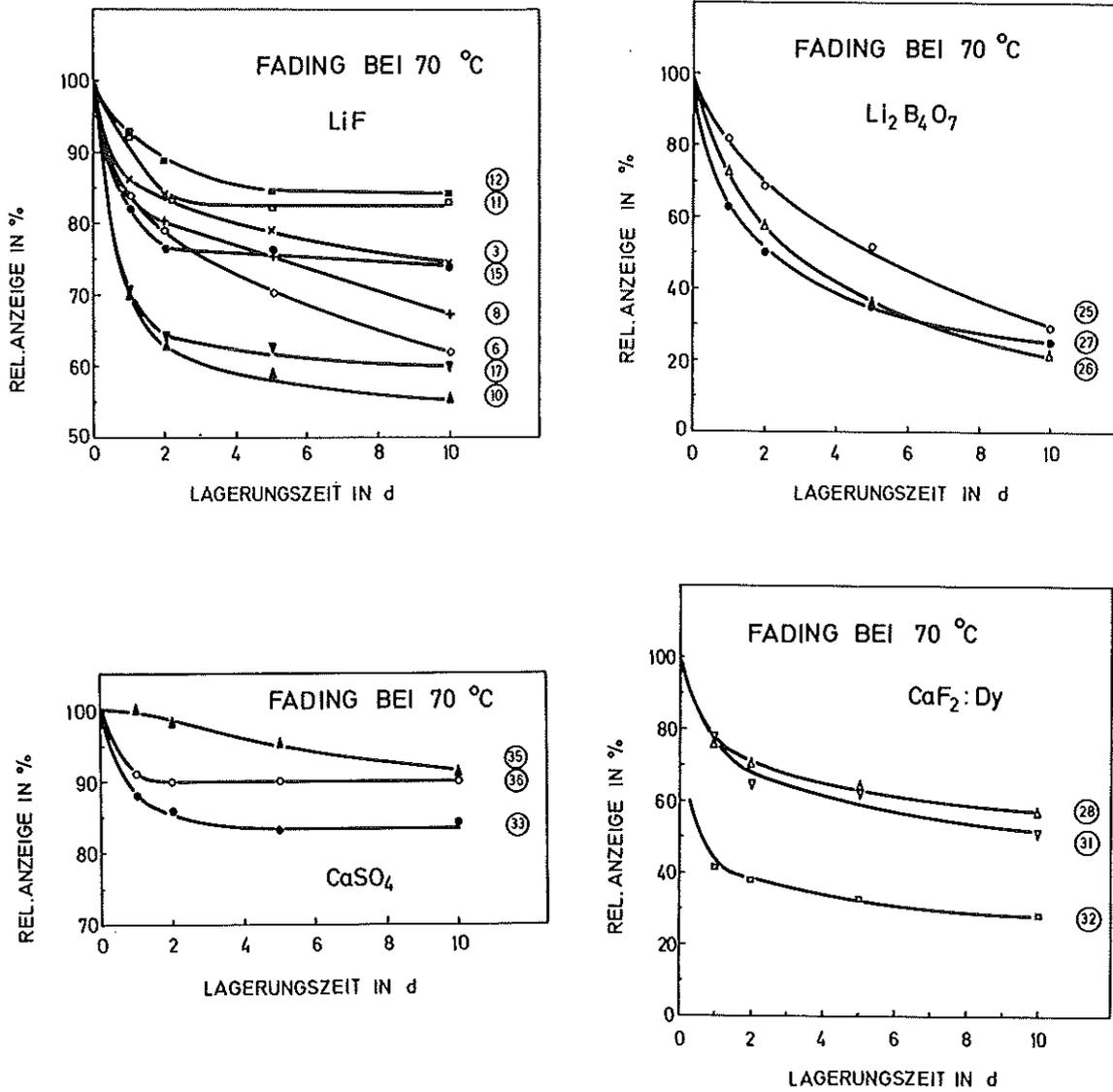


Abb. 6/11 Fading von TLD-Systemen für eine Lagerung bei 70⁰ C

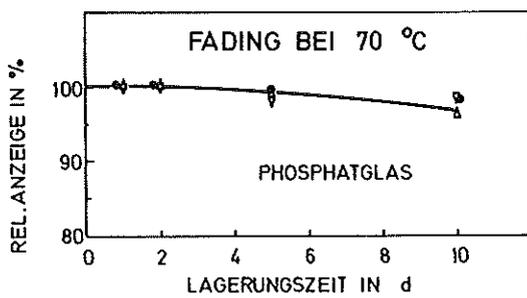


Abb. 6/12 Fading von RPL-Systemen für eine Lagerung bei 70⁰ C

6.2.5 Derzeitiger Stand der Automatisierung in der Personenüberwachung

E. Piesch

Die Entwicklung der letzten Jahre zielte auf die Bereitstellung automatischer und halbautomatischer Dosimetersysteme unter Verwendung herkömmlicher Dosimeter wie Thermolumineszenzdosimeter, Taschenionisationskammern und digitalanzeigende Personendosimeter mit GM-Detektoren. Tab.6/3 gibt einen Überblick über die wichtigsten dosimetrischen Eigenschaften von automatischen Personendosimetersystemen, die zur Zeit für eine tägliche Kontrollmessung am Ausgang von Kontrollbereichen eingesetzt werden [44]. Den TLD-Systemen werden hierbei selbstablesbare Stabdosimeter mit Ladungsmessung am Beispiel des Systems AUTORAD und mit optischer Ablesung am Beispiel des Systems Schallop sowie analog-digitalanzeigende Taschendosimeter am Beispiel des Systems Graetz gegenübergestellt.

Automatische Datenausgabesysteme wurden hierbei auch für die Taschenionisationskammer - mit den Vorteilen einer Direktanzeige, einer guten Empfindlichkeit und einer Energieunabhängigkeit oberhalb 15 keV - und für das GM-Zählrohr - mit den Vorteilen einer guten Empfindlichkeit, einer Analog- oder Digitalanzeige der Dosis und einer zusätzlichen Warnfunktion - entwickelt. Im Vergleich zu den anderen Detektoren können GM-Zähler jedoch nur bis zu Dosisleistungen von 10 R/h eingesetzt werden. Eine halbautomatische Auswertung kann hier im Gegensatz zu TLD-Systemen von jeder Person selbst durchgeführt werden. Die Direktanzeige der Dosismessung vor Ort kann gekoppelt werden mit einer digitalen Datenausgabe und Dosisaufsummierung über einen Mikroprozessor oder einen On-Line-Computer-Anschluß mit einer Zugangs- und Abgangskontrolle.

AUTOMATISCHE PERSONENDOSIMETERSYSTEME			
Eigenschaften	Thermolumineszenzdosimeter	Stabdosimeter	Taschendosimeter
Detektortyp	TLD	selbstablesbares Stabdosimeter	energiekomp.G.M.-Zählrohr
Meßgröße	Dosis	Dosis	Dosis/Dosisleistung
Meßmethode	aufheizen	Ladungsmessung optisch kontaktlos	akustischer Karnton (Dosiswellen, Dosisleistung), Analog-oder Digitalanzeige
Dosisbereich	10 mR - 10 ³ R	linear, bis 200 mR wahlweise höher	digital bis 1,5 R wahlweise höher
Energiebereich	> 15 keV	> 15 keV	> 50 keV
Meßwert Ablesung	automatisch zentral	Direktanzeige KB, halbautomatisch Ein/Ausgang KB	Zusatzgerät KB, halbautomatisch Ein/Ausgang KB
Kontrollan- zeige im KB	keine	ja	diskontinuierlich akustisch, ev. Ana- loganzeige
Nullstellung	mit Ablesung zentral	mit unabhän- gig von Ablesung Ein/Ausgang	mit Sperre, unabhängig von Ablesung, Ein/Ausgang
Akkumulie- rung nach autom. Re- gistr.	nein	nein ja	ja
Meßwertspei- cherung	zus. Dosimeter, Computer	Computer	Dosimeter, Computer
Ausgabe	Anzeige und Ausdruck	Anzeige und Aus- druck	Anzeige bzw. automa- tischer Digitalaus- druck
Computeran- schluß	möglich	vorhan- den möglich	vorhanden
Einsatz Überwachungs- dauer	Tages-bis Monats- dosis	Aufenthaltsdosis	Aufenthaltsdosis bis Wochendosis

Tab. 6/3 Eigenschaften automatischer Personendosimetersysteme
(KB: Kontrollbereich)

AUSWERTEGERÄT	HARSHAW 2271		NATIONAL UD 510		STUDSVIK 1313A			
TL DETEKTOR	TLD 100	TLD 100	Li ₂ B ₄ O ₇ : Ag,Cu	CaSO ₄ :Tm	TLD 700	PTL 717	Li ₂ B ₄ O ₇ : Mn,Si	TLD 200
REGENERIERUNG	nein	nein	intern	intern	nein	nein	nein	400°C/1,5h
D _{NWG} ¹⁾ mR	1,2	0,9	5	2	2	7,5	1,2	0,08
DUNKELSTROM ²⁾								
α ₀ mR	0,7	1,3	2	-	0,55	0,3	3,5	0,06
s%	±26	±2	±62,5	-	±8,1	±21	±6,5	±8
NULLDOSIS ²⁾								
α _U mR	-	2,6	4	3	2,4	6,3	1,8	0,1
s%	-	±40,5	±44,2	±14,6	±24,5	±40	±29,3	23
REPRODUZIERBARKEIT								
1s-Wert in % 100 × D _{NWG}	1,7	7,9	2,6	1,1	1,3	4,5	1,3	2,2
30 mR	3,9	6,3	16,8	3,0	4,1	3,4	2,3	1,3

1) D_{NWG} Dosis an der unteren Nachweisgrenze, entspricht dem 3s-Wert der Nulldosisanzeige α_U

2) Langzeitstabilität innerhalb von 10 Tagen, Änderung des Mittelwertes aus 10 Meßwerten pro Tag

Tab. 6/4 Eigenschaften von automatischen TLD Auswertesystemen

Zur Eigenüberwachung zählt andererseits die genaue Ermittlung und Aufsummierung der Monats- und Jahresdosis, wofür sich zweifellos Festkörperdosimeter wegen ihrer Wartungsfreiheit, geringen Fehleranfälligkeit sowie der Einfachheit der Dosisregistrierung besonders anbieten. Anstelle des Filmdosimeters könnten den TL- und RPL-Systemen künftig eine besondere Rolle innerhalb der Eigenüberwachung zukommen, da sie Auswertungen beim Benutzer beliebig oft zulassen, gleichzeitig aber auch eine Bilanzierung und eine amtliche Kontrollablesung nach längerer Überwachungsdauer ermöglichen.

Automatische TLD-Systeme (Tab.6/4) [47], hauptsächlich für zentrale Auswertestellen mit einer Auswertekapazität von etwa 50 000 Messungen pro Monat konzipiert, berücksichtigen jedoch nicht die praktischen Anforderungen von Kleinverbrauchern, die für eine Gruppe von 50 bis 500 Personen einen dringenden Bedarf an halbautomatischen Auswertegeräten haben. Außerdem besteht ein Bedarf an automatischen Zusatzgeräten zur Öffnung der Dosimeterkapsel, zum Füllen von Magazinen und zum Schließen des Dosimeters nach der Auswertung. Die Forderung nach einem geringen Wartungsaufwand, nach einer unter Umständen mehrmals täglichen Dosismessung desselben Dosimeters und der dadurch bedingte Verzicht auf ein Regenerieren oder Dosimeterauswechseln führt bei automatischen TLD-Systemen zu weiteren Zugeständnissen auf Kosten der Meßgenauigkeit.

Automatische Phosphatglasdosimetersysteme, von der Industrie bisher bedauerlicherweise nicht angeboten, bieten die Möglichkeit eines wartungsfreien Betriebes, einer Dosismessung mit Zwischenauswertung und direkter Dosisbilanzierung sowie eine bessere Reproduzierbarkeit im Vergleich zu TLD-Systemen. Die Entwicklung eines entsprechenden automatischen Auswertegerätes (siehe Abschnitt 6.2.2) mit einem Phosphatglas geringer Energieabhängigkeit steht kurz vor dem Abschluß und wird eine sinnvolle Alternative zu bereits vorhandenen TLD-Systemen darstellen.

6.2.6 Zur Reproduzierbarkeit von TLD Systemen

E. Piesch, B. Burgkhardt

Experimentelle Untersuchungen der Reproduzierbarkeit in Abhängigkeit von der Bestrahlungsdosis zeigten, daß die mit 10 Dosimetern ermittelte Standardabweichung im Bereich der unteren Nachweisgrenze durch den Betrag der Nulldosisanzeige der unbestrahlten Dosimeter bestimmt wird, bei größeren Dosen in Abhängigkeit von der Bestrahlungsdosis abnimmt und bei höheren Dosen einen konstanten Wert erreicht. Abbildung 6/14 zeigt diesen charakteristischen Verlauf der Standardabweichung in Abhängigkeit von der Dosis für verschiedene Dosimetersysteme [47].

Zur quantitativen Darstellung der Standardabweichung als Funktion der Dosis wurden bisher zwei verschiedene Parameter angesetzt, die aus Bestrahlungsreihen experimentell ermittelt werden

$$\sigma(D) = \frac{1}{D} \sqrt{(\sigma_0^2 \cdot D_0^2 + \sigma_r^2 \cdot D^2)}$$

σ rel. Standardabweichung für eine Bestrahlungsdosis D

σ_0 rel. Standardabweichung für die Nulldosisanzeige D_0

σ_r rel. Standardabweichung für die Referenzdosisanzeige bei Bestrahlung auf das 1000fache der unteren Nachweisgrenze

Dieser Ansatz konnte den unterschiedlichen Verlauf der Kalibrierkurven jedoch nicht in allen Fällen befriedigend erklären. Es erwies sich daher als zweckmäßig, generell zwischen den Fehlereinflußgrößen des Auswertegerätes und der Dosimetercharge zu unterscheiden. Es sind dies u.a. beim Auswertegerät der PM-Dunkelstrom bzw. Dunkelstromschwankung, die Qualität des Heizplättchens, die Schwankungen der Maximaltemperatur des Detektors während des Ausheizens und beim Detektor der Betrag der Nulldosis, die thermische und bestrahlungstechnische Vorgeschichte des Einzeldosimeters, die Chargenstreuung.

Für die Interpretation der Standardabweichung als Funktion der Dosis ergibt sich danach unter Berücksichtigung der wichtigsten Fehlereinflußgrößen

$$\sigma(D) = \frac{1}{D} \sqrt{(\sigma_{0e}^2 + \sigma_{0d}^2) (D_{0e} + D_{0d})^2 + (\sigma_{re}^2 + \sigma_{rd}^2) D^2}$$

σ_{0e} rel. Standardabweichung für die Nulldosisanzeige ohne Dosimeter (Dunkelstrom, Heizplättchen)

σ_{0d} rel. Standardabweichung der Nulldosisanzeige (Dosimetervorgeschichte)

σ_{rd} rel. Standardabweichung einer Dosimetercharge bei $1000 \times D_{NWG}$ (Chargenstreuung)

σ_{re} rel. Standardabweichung bei $1000 \times D_{NWG}$ (Einfluß des Auswertegerätes)

D Bestrahlungsdosis in mR

D_0 Nulldosisanzeige unbestrahlter Dosimeter in mR

D_{0e} Nulldosisanzeige bei Auswertung ohne Dosimeter in mR

$D_{0d} = D_0 - D_{0e}$

Dieser Ansatz erklärt auch Unterschiede in experimentell gefundenen Kurven, wobei vor allem Unterschiede in der Chargenstreuung sowie in der Nulldosisanzeige eine Rolle spielen. Es zeigt sich, daß ein repräsentativer Kurvenverlauf von $\sigma = f(D)$ ohne signifikante Streuung der σ -Meßergebnisse experimentell nur mit ein und derselben Dosimetergruppe für alle Dosiswerte zu erhalten ist. Die Verwendung verschiedener Dosimeter hingegen bietet keine hinreichende Gewähr, daß alle das Nulldosisverhalten bestimmenden Einflußgrößen vergleichbar sind.

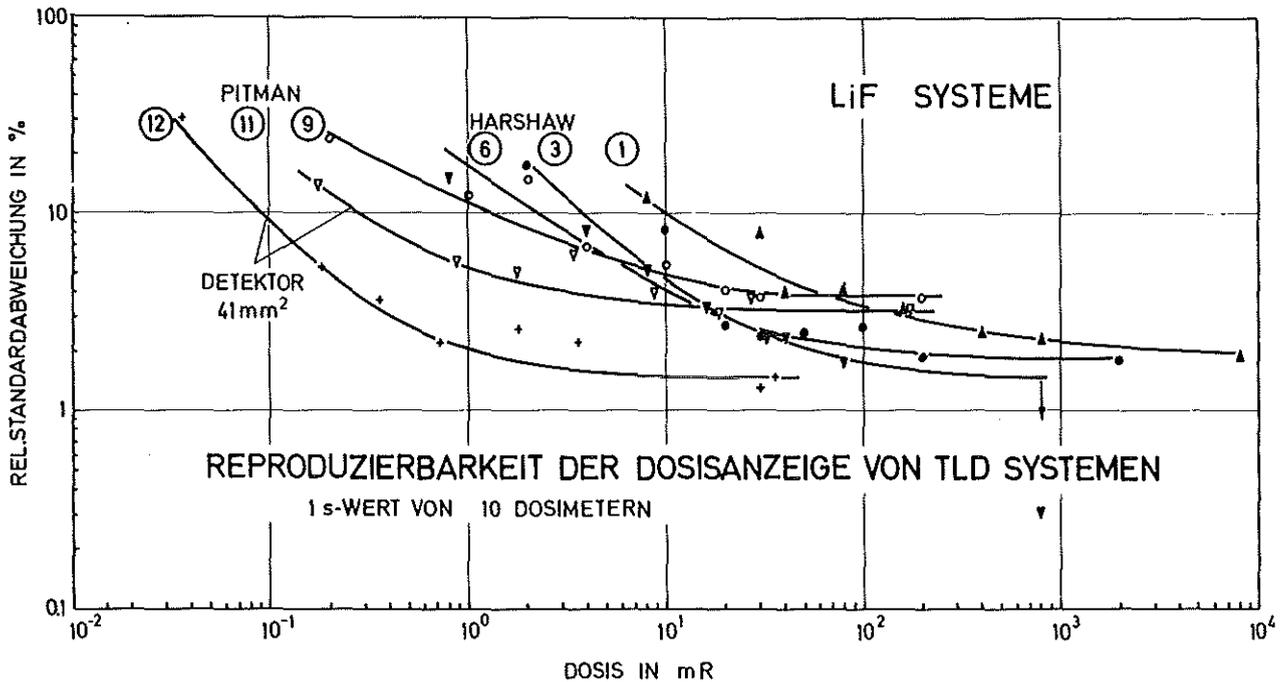


Abb. 6/14 Rel. Standardabweichung s von LiF-Thermolumineszenzdosimetersystemen als Funktion der Dosis.

6.2.7 Langzeitinstabilität der internen Lichtquelle in einem TLD Auswertegerät

B. Burgkhardt, C. Nollmann

In der Thermolumineszenzdosimetrie werden zur Überprüfung und Kalibrierung der Auswertegeräte Lichtquellen eingesetzt, die aus einem Szintillator mit einem ¹⁴C Zusatz bestehen. Lichtquellen werden heute in den meisten Auswertegeräten serienmäßig eingebaut und können sogar, wie beim Gerät TOLEDO 651 der Firma Pitman, im Anschluß an jede Einzelmessung zur automatischen Nachregulierung der Geräteempfindlichkeit herangezogen werden. Die Meßgenauigkeit eines solchen Auswertegerätes wird dadurch auch von der Gleichmäßigkeit der Lichtemission bestimmt.

Zur Untersuchung der Langzeitstabilität der im TOLEDO 651 Auswertegerät eingebauten Lichtquelle wurden gleichartige externe Lichtquellen verwendet und Parallelmessungen an einem HARSHAW-Geräte, Modell 2000 durchgeführt. Die externen Lichtquellen dienen dazu, eine evtl. vorhandene langzeitige Änderung der Geräteeinstellung zu ermitteln. Die Abb. 6/15 zeigt die Anzeige der beiden externen Lichtquellen im TOLEDO-Auswertegerät in Abhängigkeit von den Wochentagen. Der periodisch wiederkehrende Anstieg am Wochenende und der Abfall der Geräteempfindlichkeit in der darauf folgenden Woche, der eine bis zu 5%ige Änderung der Geräteeinstellung zeigte, konnte durch zusätzliche Versuchsreihen auf die Auswertehäufigkeit innerhalb der Wochentage zurückgeführt werden. Ein solcher Effekt wurde im HARSHAW-Gerät nicht beobachtet. In Abbildung 6/16 wurde die Änderung der Geräteempfindlichkeit nochmals über ein Wochenende untersucht, wobei die jeweilige Auswertung ohne Aufheizung, jedoch mit und ohne Stickstoffdurchfluß vorgenommen wurde. Die Ergebnisse zeigen eine deutliche Erniedrigung der Geräteempfindlichkeit durch den Stickstoffdurchfluß, ohne Stickstoff erfolgt eine offensichtliche Regenerierung der Lichtquelle.

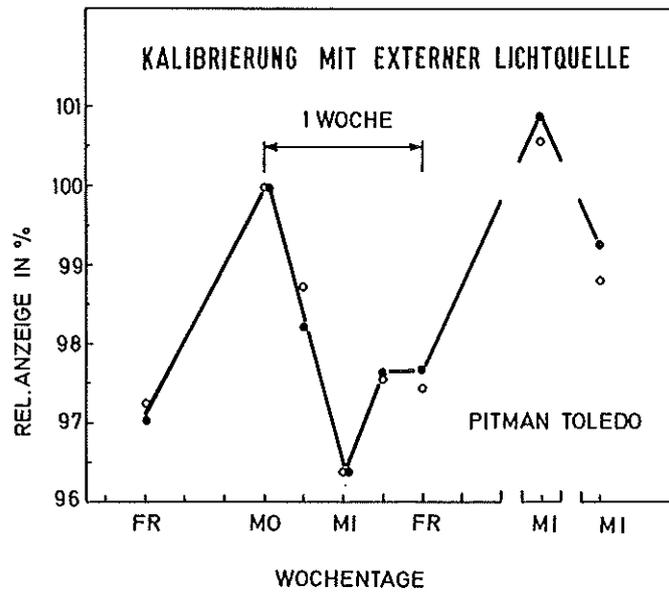


Abb. 6/15 Die Änderung der Anzeigeempfindlichkeit des TOLEDO 651 TL-Auswertegerätes während einer Arbeitswoche

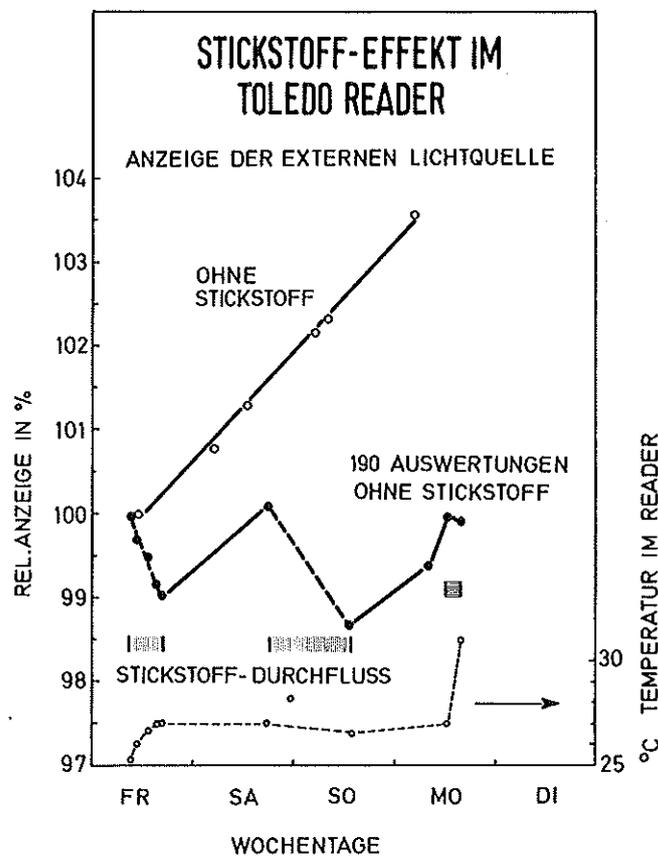


Abb. 6/16 Die Änderung der Anzeigeempfindlichkeit ohne bzw. mit Einwirkung von Stickstoff während des Wochenendes nach einer Arbeitswoche mit häufiger Auswertung

6.3 Neutronendosimetrie

6.3.1 Kalibrierung von Neutronen- Moderator typdetektoren

B. Burgkhardt, E. Piesch, I. Hofmann

In den Jahren 1977/78 veranstaltete Euratom Kalibrierbestrahlungen bei der PTB in Braunschweig und der GSF in Neuherberg. Für die Kalibrierung von Neutronendetektoren standen thermische Neutronen, 2 keV, 24 keV und 100 keV bis 19 MeV Neutronen zur Verfügung. Hiermit war es möglich, die Energieabhängigkeit einer Vielzahl von Neutronendetektoren zu bestimmen. Die Ergebnisse dieser Kalibrierung führten zu neuen Erkenntnissen über die dosimetrischen Eigenschaften von Neutronendetektoren. Im folgenden sollen die eigenen Ergebnisse diskutiert werden, die bei der Untersuchung von Moderator typdetektoren erhalten wurden.

Rem-Zähler (Abb. 6/17)

Im Vergleich zum Anderson-Braun-Typ zeigt ein Rem-Zähler mit einem 30 cm \emptyset Moderator die geringste Energieabhängigkeit und eine Überbewertung mittelschneller Neutronen bis zu einem Faktor 3. Passive Rem-Counter mit LiF-Dosimetern als Detektoren und einem Durchmesser von 25 cm zeigen hingegen eine Überempfindlichkeit bis zu einem Faktor 4, gleichzeitig aber eine Unterbewertung thermischer Neutronen.

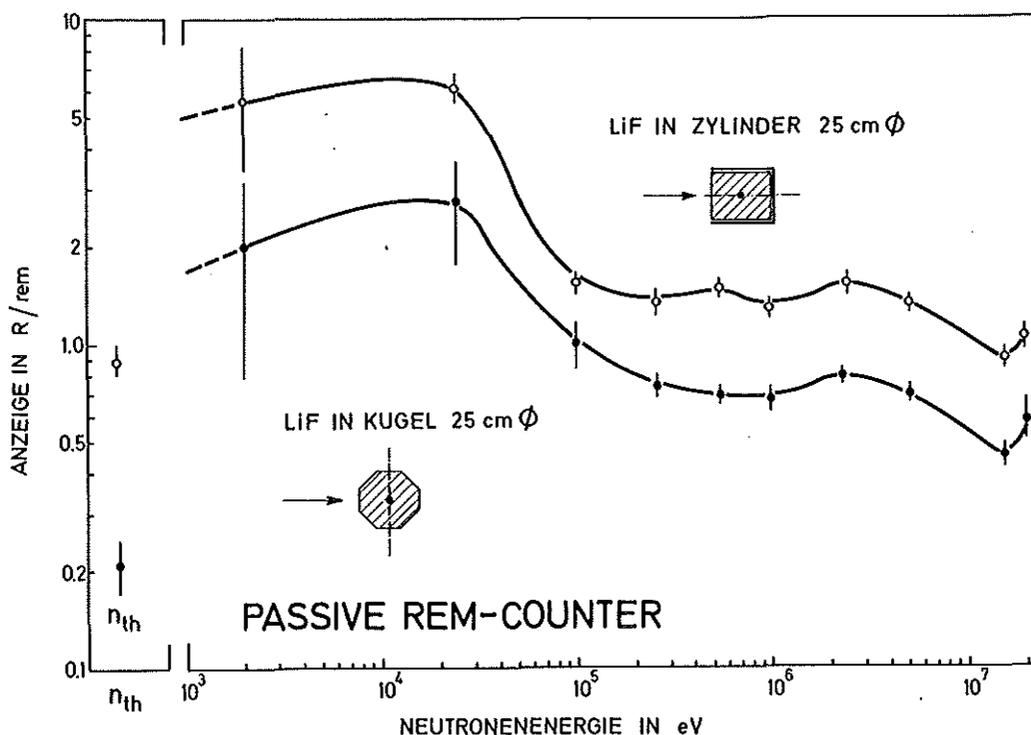


Abb. 6/17 Energieabhängigkeit von passiven Rem-Countern mit TLD 600/TLD 700-Dosimetern

Spektrometer (Abb. 6/18)

Das passive Spektrometer verwendet TLD 600/TLD 700 -Detektoren entlang der Zentralachse eines Zylindermoderators. Bei Bestrahlungen in Richtung der Zentralachse erhält man eine für die jeweilige Neutronenenergie charakteristische Tiefendosisverteilung thermischer Neutronen. Zur Interpretation des Neutronenspektrums kann die Moderatortiefe für das Maximum der Tiefendosisverteilung sowie der Abfall mit zunehmender Moderatortiefe herangezogen werden. Bei Bestrahlungen im ausgeblendetem Beam wird vor allem bei einem größeren Abstand von der Zentralachse des Moderatorzylinders kein repräsentatives Tiefendosisprofil gemessen, da aus dem Randbereich nur kleine Beiträge nachgewiesen werden.

Albedo-Zähler (Abb. 6/19)

Beim Albedo-Zähler werden drei verschiedene BF_3 -Zählrohre an der Oberfläche eines Zylinderphantoms verwendet. Die Zählrohre sind hierbei in Position i (Borabschirmung nach außen), in Position m (allseitige Borabschirmung) und in Position a (an Oberfläche der Borabschirmung) angeordnet, um eine dem Albedodosimeter entsprechende Nachweiswahrscheinlichkeit zu erhalten. Der Albedo-Zähler zeigt für energiereiche Neutronen eine geringere Empfindlichkeit im Vergleich zum Albedodosimeter.

Abb. 6/19 zeigt die Scanning-Profile für die Zählrohre in den Positionen i,a,m im Vergleich zum Beam-Querschnitt für n_{th} , 2 keV und 24 keV Neutronen. Im Gegensatz zum Rem-Zähler werden hier an der Oberfläche des Moderators nur aus einem relativ kleinen Umgebungsbereich austretende Albedoneutronen nachgewiesen. Bemerkenswert ist das Minimum für Zählrohr i im Zentralbeam, wo die Borkapselung den Meßwert auf ein Zehntel reduziert.

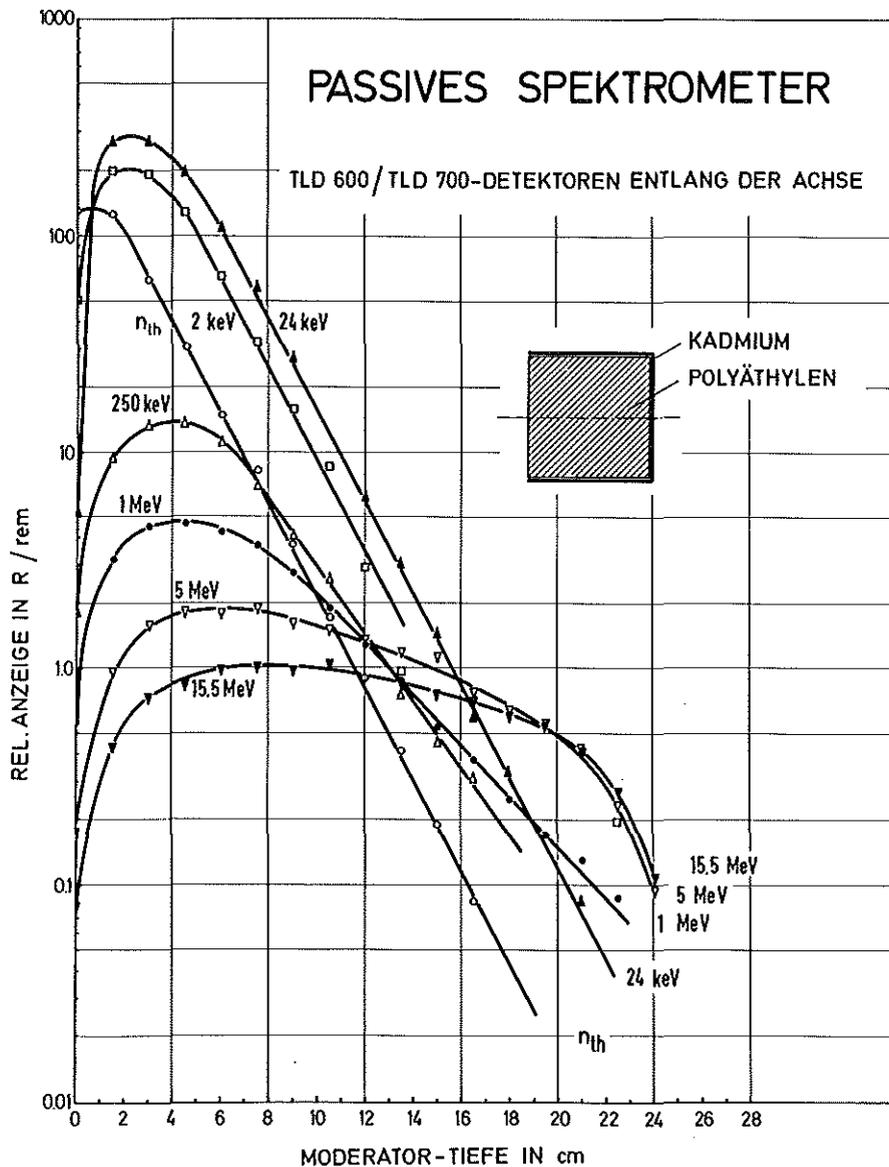


Abb. 6/18 Neutronen-Nachweiswahrscheinlichkeit von LiF-Detektoren längs der Achse eines Zylindermoderators bei axialer Strahleneinfallsrichtung

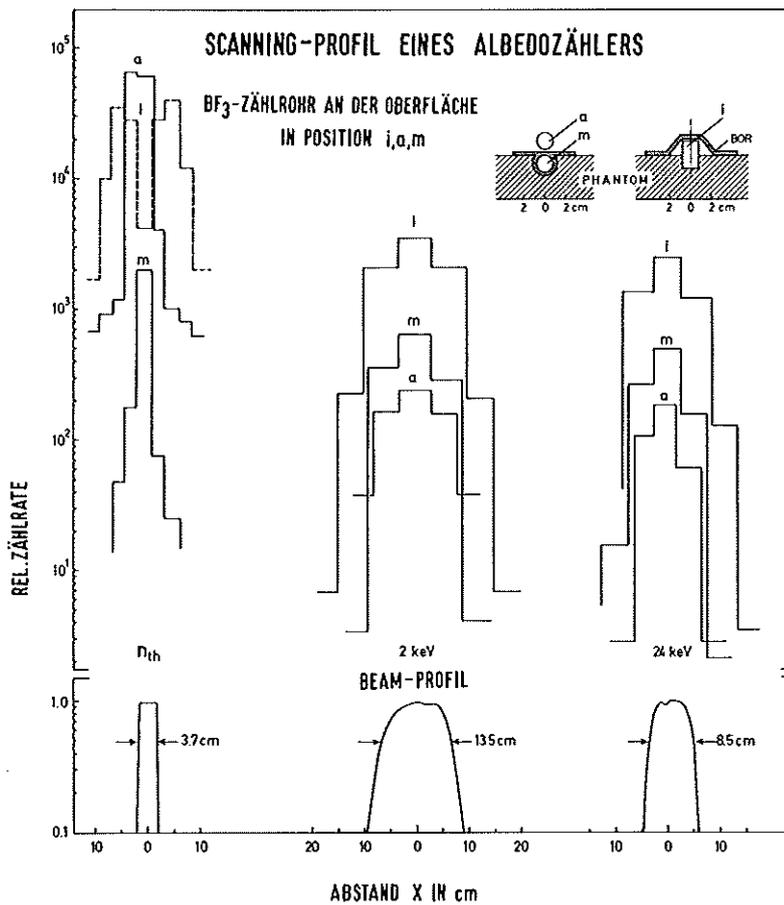


Abb. 6/19 Anzeigeprofil bei Abtastung eines Albedozählers mit Neutronenbündeln der Energien n_{th} , 2 keV bis 24 keV

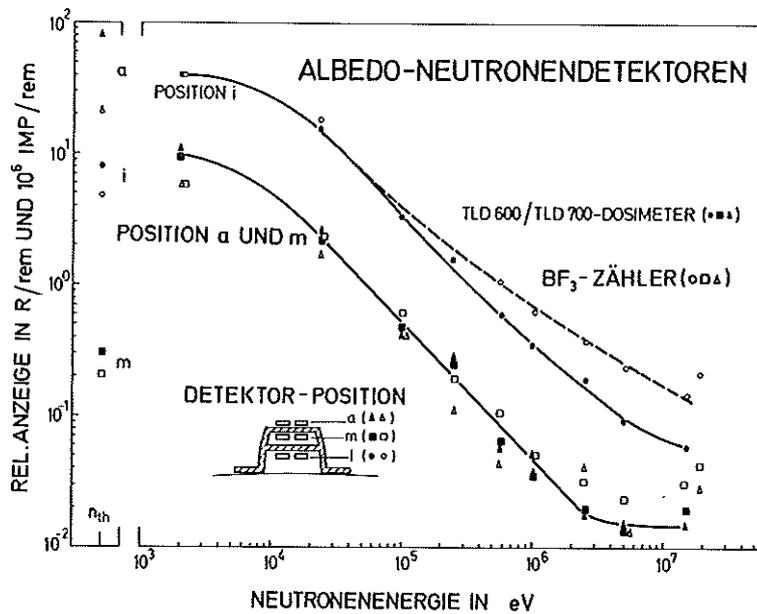


Abb. 6/20 Energieabhängigkeit eines Albedo-Counters mit BF₃-Zählrohren im Vergleich zum Albedodosimeter

Aussagen über das Neutronen-Spektrum

Bei Beam-Bestrahlung kann aus den charakteristischen Daten des passiven Spektrometers nämlich dem Meßwert im Maximum und in 12 cm Moderatortiefe eine effektive Neutronenenergie ermittelt werden. Wie bei allen Moderatortypdetektoren ist eine hinreichend genaue Aussage über E_{eff} nur im Energiebereich oberhalb 25 keV möglich.

Der Vergleich der Meßergebnisse für die Bestrahlungen in Braunschweig und Neuherberg zeigt eine bemerkenswerte Übereinstimmung der Tiefendosiskurven im Anstieg und Abfall sowie im Betrag der Nachweiswahrscheinlichkeit (Abb.6/21). Für die 15 MeV-Bestrahlungen wurden nur Unterschiede von 10% gefunden. Dieses Ergebnis verdeutlicht die ausgezeichnete Übereinstimmung der Kalibrierbestrahlungen in Braunschweig und Neuherberg, die jeweils auf unterschiedlichen und untereinander nicht abgestimmten Meßmethoden beruhen.

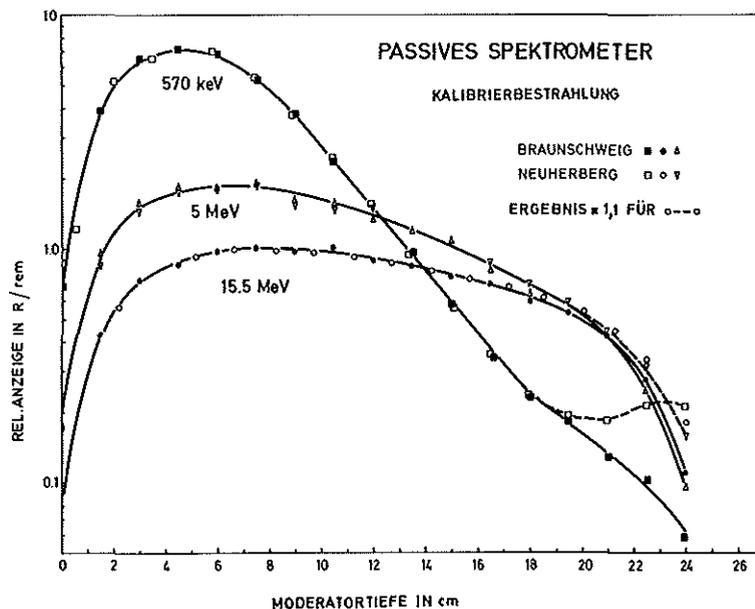


Abb. 6/21 Vergleich der Neutronenanzeigeprofile eines Zylindermoderators für die Neutronen-Kalibrierbestrahlungen in Braunschweig (PTB) und Neuherberg GSF

6.3.2 Kalibrierung des Albedo-Neutronendosimeters mit monoenergetischen Neutronen

B. Burgkhardt, E. Piesch, I. Hofmann

Innerhalb eines Euratom-Vergleichsprogrammes konnte das Karlsruher Albedo-Dosimeter bei der PTB in Braunschweig mit monoenergetischen Neutronen kalibriert werden. Die Nachweiswahrscheinlichkeit der Albedo-Dosimeteranzeige i , gegeben aus dem Verhältnis der gammäquivalenten Neutronenanzeige R und der Neutronenäquivalentdosis in rem, ist in Abb.6/22 in Abhängigkeit von der Neutronenenergie wiedergegeben. Ein Vergleich mit anderen Albedo-Dosimetern [46] zeigt, daß alle Dosimetertypen annähernd die gleiche Energieabhängigkeit aufweisen und ein zusätzlicher Moderator im Dosimeter ausschließlich die Empfindlichkeit erhöht. Eine relativ gute Übereinstimmung zeigen die jeweils gemessenen und berechneten Nachweiswahrscheinlichkeiten. Bei einer Auswertung von Glow-Peak 5 und 6 des LiF-Dosimeters erhält man eine höhere Nachweiswahrscheinlichkeit. Im Gegensatz zu anderen Dosimetertypen z.B. dem Dosimeter von Hankins bzw. dem Dosimeter von Hoy zeigt das Karlsruher Albedo-Dosimeter eine annähernd gleiche Nachweiswahrscheinlichkeit gegenüber mittelschnellen und thermischen Neutronen.

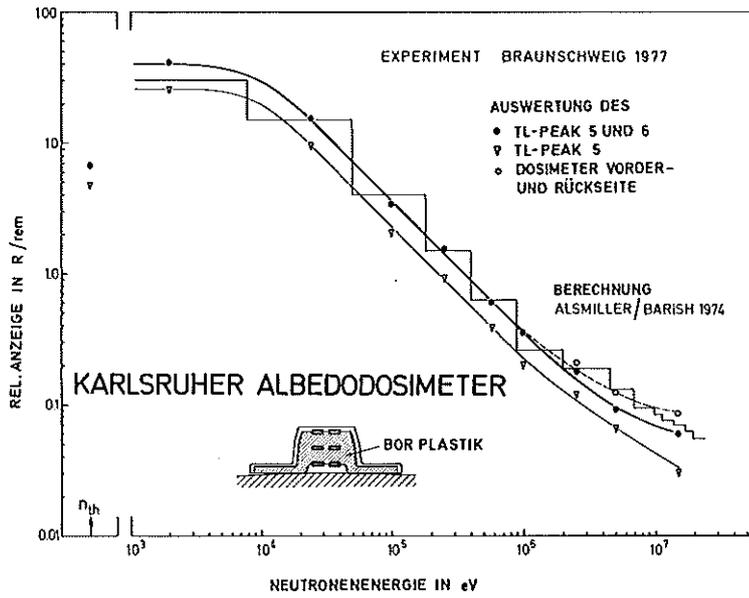


Abb. 6/22 Experimentell gefundene Neutronen-Energieabhängigkeit des Albedodosimeters bzw. des Albedodosimeter-Systems für verschiedene TL-Auswerteverfahren im Vergleich zu Berechnungen

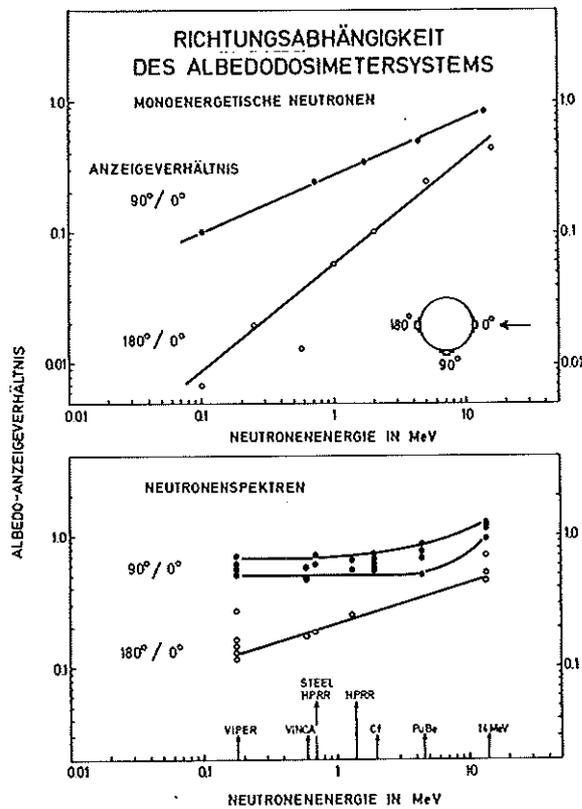


Abb. 6/23 Die Richtungsabhängigkeit der Albedo-Dosimeteranzeige in Abhängigkeit von der Neutronenenergie für monoenergetische Neutronen und Neutronenspektren in Streustrahlungsfeldern

Die Richtungsabhängigkeit der Albedo-Dosimeteranzeige i ist in Abb.6/23 in Abhängigkeit von der Neutronenenergie wiedergegeben. Im Gegensatz zu einer Bestrahlung mit monoenergetischen Neutronen wird in Streustrahlungsfeldern nur eine geringe Richtungsabhängigkeit erhalten. Bei Verwendung eines Dosimetergürtels und eines Dosimeters an der Vorder- und Rückseite des Körpers kann durch Addition der Dosimeteranzeigen die Richtungsabhängigkeit im interessierenden Energiebereich annähernd kompensiert werden.

6.3.3 Methode zur Interpretation von Neutronenstreustrahlungsfeldern

E. Piesch, B. Burgkhardt

Im Streustrahlungsfeld kann die Energieabhängigkeit eines Zweikomponenten-Albedodosimeters mit Hilfe des Meßwertverhältnisses i/a von einem Faktor 100 auf etwa 25% reduziert werden. Unter der Annahme, daß sich die Empfindlichkeit der Neutronendosisanzeige im Streustrahlungsfeld aus zwei Größen nämlich der effektiven Neutronenenergie und dem Äquivalentdosisanteil thermischer Neutronen zusammensetzt, erhält man für die Meßwertanzeige

$$i = i(E_{\text{eff}}) + i(n_{\text{th}})$$

und für das Meßwertverhältnis

$$\frac{i}{a} = \frac{i(E_{\text{eff}}) + i(n_{\text{th}})}{a(E_{\text{eff}}) + a(n_{\text{th}})}$$

Abb. 6/24 zeigt den Zusammenhang zwischen der Nachweiswahrscheinlichkeit der Albedodosimeteranzeige i und dem Meßwertverhältnis i/a für verschiedene Neutronenenergien und Dosisanteile thermischer Neutronen. Durch Feldkalibrierungen mit einem Rem-Counter erhält man anlagenbezogene Kalibrierfaktoren wie sie am Beispiel des Heidelberger Zyklotrons und des Forschungsreaktors FR2 wiedergegeben sind.

Aufgrund von Kalibrierungen im Streustrahlungsfeld einer Anlage ist es damit möglich

- örtliche Änderungen des Neutronenfeldes direkt mit dem Dosimeter festzustellen,
- Änderungen der Nachweiswahrscheinlichkeit an einer Anlage bedingt durch örtliche Änderungen des Neutronenspektrums ausreichend genau zu korrigieren,
- für das entsprechende Neutronenstreustrahlungsfeld Aussagen über eine effektive Neutronenenergie und den Äquivalentdosisanteil thermischer Neutronen zu erhalten.

Eine Analyse des Streustrahlungsfeldes zeigte, daß auch bei einer Änderung des Aufenthaltsortes die Empfindlichkeit des Albedo-Dosimeters über das Meßwertverhältnis i/a hinreichend genau korrigiert werden kann (Abb.6/25). Es besteht außerdem generell die Möglichkeit, Albedodosimeter zur Ausmessung von Streustrahlungsfeldern einzusetzen und aus der experimentell ermittelten Albedonachweiswahrscheinlichkeit und dem Meßwertverhältnis i/a Aussagen über E_{eff} und H_{th}/H zu erhalten.

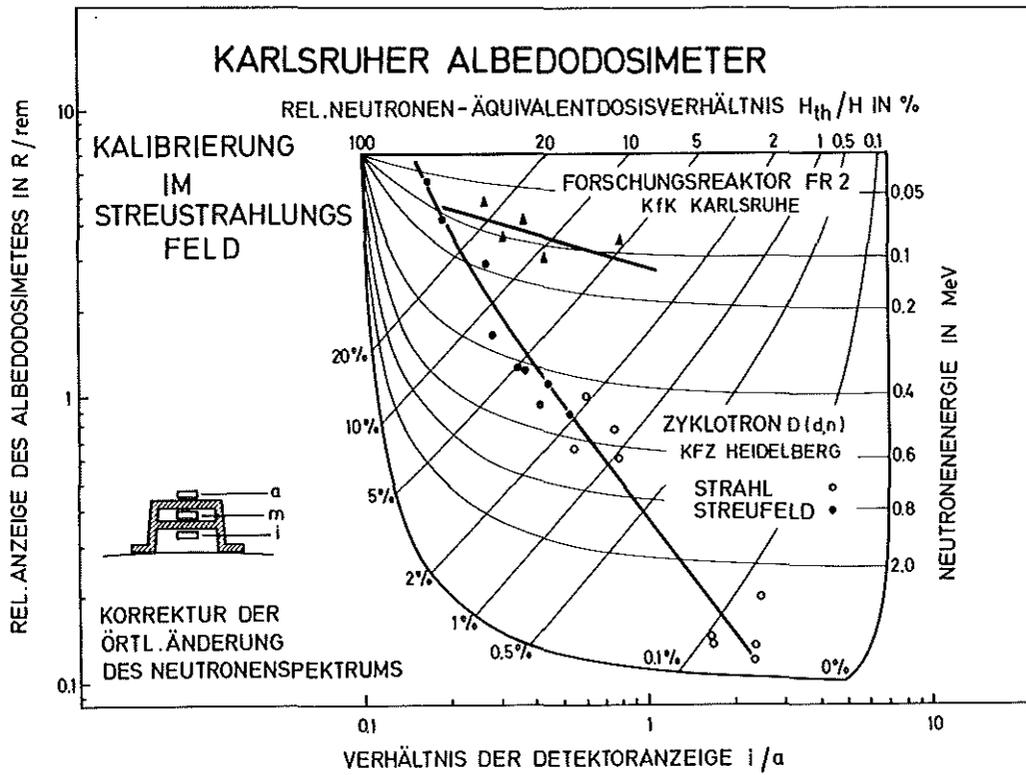


Abb. 6/24 Nachweiswahrscheinlichkeit des Albedodosimeters in Abhängigkeit vom Meßwertverhältnis i/a für zwei Anlagen. Das Gitternetz zeigt die Anzeigeverhältnisse für monoenergetische Neutronen mit variiertem Dosisanteil thermischer Neutronen

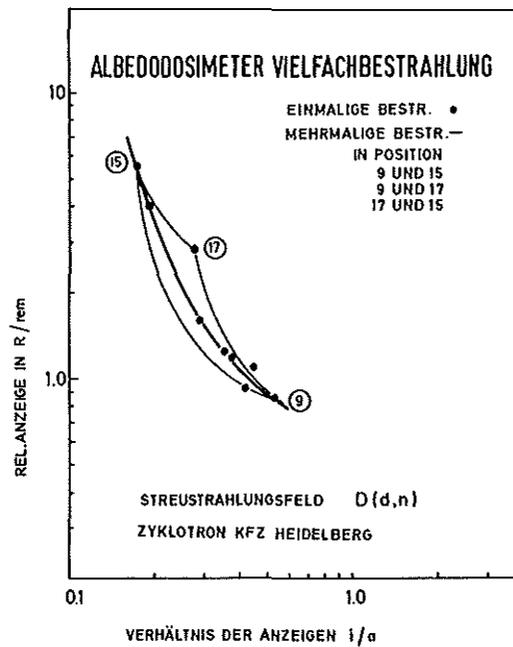


Abb. 6/25 Nachweisverhältnisse des Albedodosimeters bei Exposition an drei extremen Aufenthaltsorten eines inhomogenen Streustrahlungsfeldes

6.3.4 Zur Kalibriertechnik in der Albedodosimetrie

E. Piesch, B. Burgkhardt

Bei der Kalibrierung des Albedodosimeters in Streustrahlungsfeldern bestimmt man das Meßwertverhältnis der Albedodosimeteranzeige und der Äquivalentdosisanzeige eines Referenzgerätes. Anstelle von Albedodosimetern können entsprechende Dosisleistungsmesser eingesetzt werden, die eine vergleichbar energieabhängige Ansprechwahrscheinlichkeit aufweisen und die auch in Streustrahlungsfeldern die Albedodosimeteranzeige in ausreichender Weise simulieren.

Nach Hankins wird eine 3"-Moderatorkugel und ein 9"-Rem-Counter verwendet. Das Meßwertverhältnis 9"-zu 3"-Kugel entspricht jedoch keineswegs der Energieabhängigkeit des Albedodosimeters (Abb.6/26). Ein von uns entwickelter Albedo-Neutronendosisleistungsmesser (Albedozähler), der als Detektor BF_3 -Zählrohre in ähnlicher Anordnung wie im Albedo-Dosimeter verwendet [46], unterscheidet sich nur im Bereich schneller Neutronen um einen Faktor 2 vom Albedo-Dosimeter. Die Ergebnisse der Euratom-Kalibrierungen in Braunschweig zeigen, daß das Meßwertverhältnis 12"/2" wegen der ungünstigen Nachweisverhältnisse im Energiebereich schneller Neutronen keine Verbesserung der Kalibriermethode bringen kann.

Bei Kalibrierungen in Streustrahlungsfeldern ergeben sich systematische Kalibrierfehler vor allem bei Verwendung von Rem-Countern, die im Bereich mittelschneller Neutronen bis zu einem Faktor 8 Überempfindlich anzeigen können (z.B. 9"-Kugel, Andersen-Braun Rem-Counter). Dieser Sachverhalt ist im Hinblick auf die Kalibrierung von Albedodosimetern besonders interessant, da in Streustrahlungsfeldern an Reaktoren aber auch an Beschleunigern vor allem Neutronen im Energiebereich 50 - 500 keV nachgewiesen werden (siehe auch Abb.6/24).

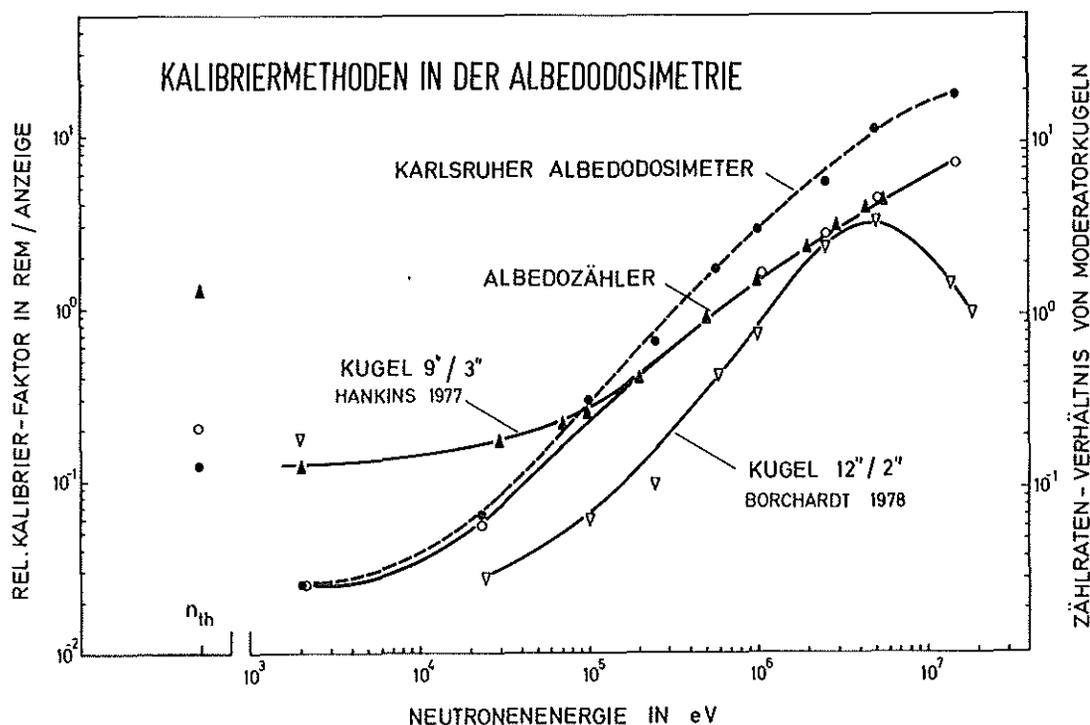


Abb. 6/26 Kalibrierfaktor für Albedodetektoren in Abhängigkeit von der Neutronenenergie

6.3.5 Anwendung von Albedodosimetern

B. Burgkhardt, E. Piesch

Das Albedodosimeter wird seit über zwei Jahren zur Personenüberwachung am FR2 eingesetzt [6]. Nach einer Verringerung der Strahlenbelastung durch zusätzliche Abschirmaßnahmen wurden die Dosimeter im Jahre 1978 nur noch vierteljährlich ausgewertet. Eine Analyse der Meßergebnisse der beiden an einem Gürtel getragenen Albedodosimeter zeigt, daß in diesem Streustrahlungsfeld generell kein isotroper Strahleneinfall angenommen werden kann und die Neutronendosis in den meisten Fällen an der Körpervorderseite 75% und an der Körperrückseite nur 25% beträgt.

Abb. 6/27 gibt die entsprechende Häufigkeitsverteilung für das Dosisverhältnis von Gammastrahlung zu Neutronen wieder, welches an den Bestrahlungskanälen des FR2 zwischen 0,2 und 4 liegt. Dieses Ergebnis steht im Widerspruch zu den bisherigen Annahmen, daß dieses Verhältnis für einen Überwachungsort mehr oder weniger konstant ist.

Weitere Kalibrierungen erfolgten im Neutronenstreustrahlungsfeld der KARIN-14 MeV-Therapieanlage sowie am Zyklotron des Krebsforschungszentrums in Heidelberg, an einer 20 MeV-Betatronanlage und an einem Linearbeschleuniger.

Die bisherigen Anwendungen zeigten, daß das Karlsruher Albedodosimeter durch seine Diskriminator-Analysator-Eigenschaften in der Lage ist, die Neutronendosis auch bei örtlichen Änderungen des Neutronenspektrums an einer Anlage ausreichend genau zu ermitteln.

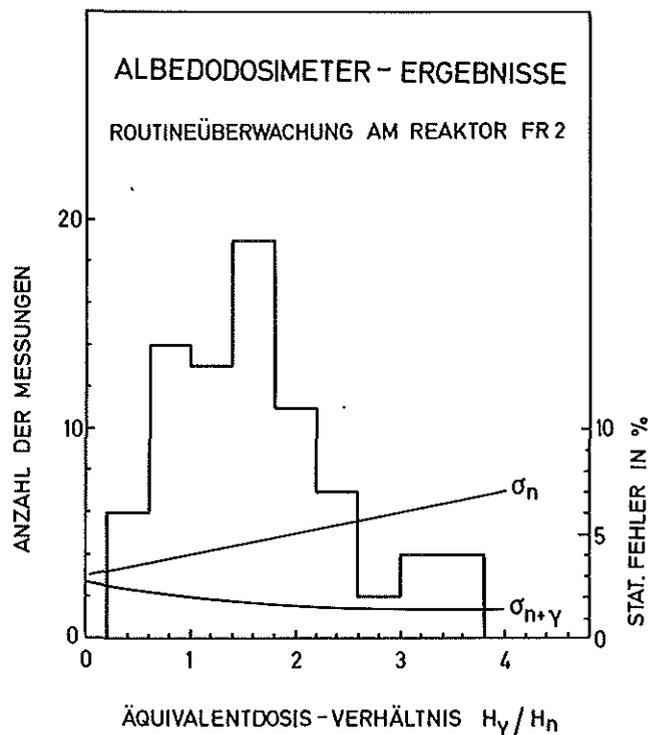


Abb. 6/27 Häufigkeitsverteilung sowie rel. Standardabweichung (σ_n für Neutronenäquivalentdosis, $\sigma_{n+\gamma}$ für Gesamtdosis) für das Äquivalentdosisverhältnis H_γ/H_n

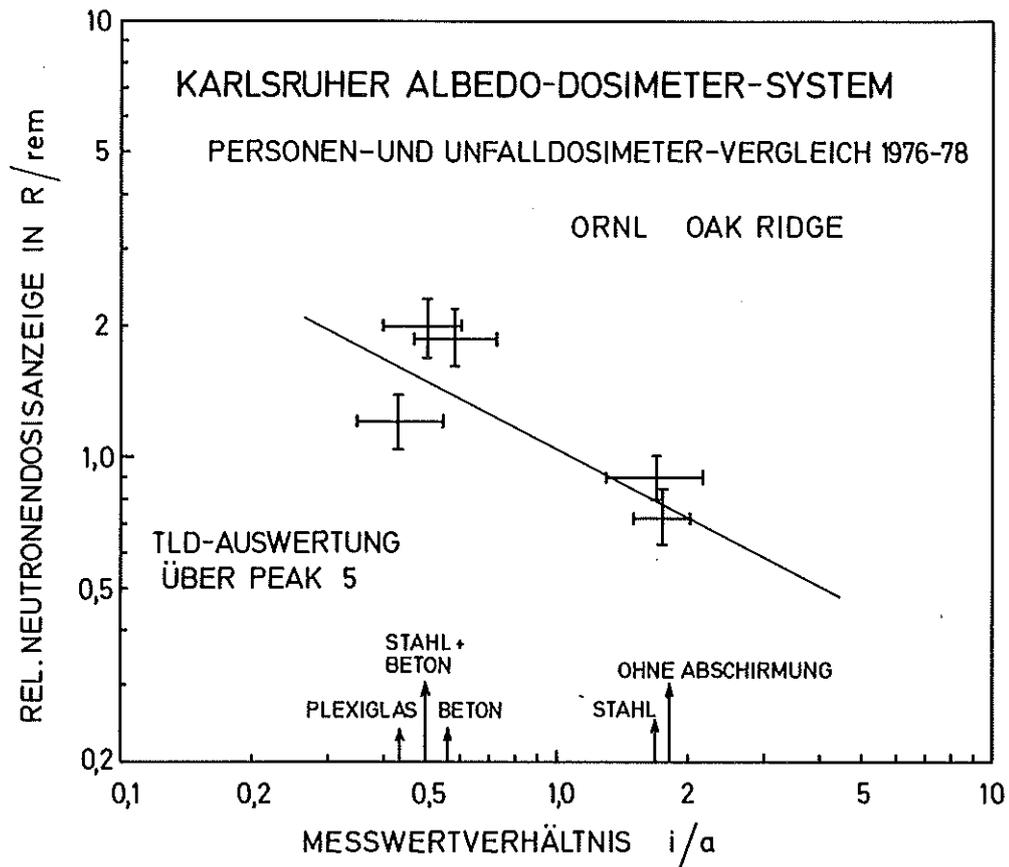


Abb. 6/28 Nachweiswahrscheinlichkeit des Karlsruher Albedo-Dosimeter Systems für die Neutronenspektren hinter verschiedenen Abschirmungen am HPRR-Reaktor in Oak Ridge

Unsere Meßstelle beteiligt sich schon seit mehr als 4 Jahren an den jährlichen Vergleichsmessungen, die im ORNL in Oak Ridge mit verschiedenen Neutronenspektren am Health Physics Research Reactor (HPRR) durchgeführt werden. Das Karlsruher Albedo-Dosimeter zeigte beim Personendosimetervergleich, aber auch beim Unfalldosimetervergleich mit Bestrahlungsdosen von mehr als 1000 rem, zufriedenstellende Meßergebnisse. Für die Vergleiche der Jahre 1976 bis 1978 ergab sich die in Abb.6/28 wiedergegebene Nachweiswahrscheinlichkeit in Abhängigkeit vom Meßwertverhältnis i/a . Mit Ausnahme der Plexiglasabschirmung kann für das Strahlungsfeld mit einer Abschirmung aus Stahl, Beton bzw. Beton/Stahl aber auch ohne Abschirmung der Kalibrierfaktor ausreichend genau ermittelt werden.

Für die Anwendung in der Unfalldosimetrie kann das Albedo-Dosimeter auf eine Energiedosis kalibriert werden. Trotz der relativ hohen Energieabhängigkeit erhält man auch hier zusätzliche Aussagen über die effektive Neutronenenergie und den Äquivalentdosisanteil thermischer Neutronen.

6.3.6 Energieabhängigkeit von Kernspurätzdetektoren

E. Piesch, I. Hofmann

Für eine Anwendung von Kernspurätzdetektoren zur Strahlenschutzüberwachung ist die Kenntnis der Energieabhängigkeit der Äquivalentdosisanzeige sowie die experimentell ermittelte Energieschwelle von besonderer Bedeutung. Die Nachweiswahrscheinlichkeit der in unserem Labor eingesetzten Kernspurätzdetektoren wurde daher innerhalb des Euratom-Vergleiches bei der PTB in Braunschweig und der GSF in Neuherberg im Energiebereich 0,5 MeV bis 19 MeV untersucht. Im einzelnen waren es folgende Detektoren:

- ^{237}Np - und ^{232}Th -Detektoren zum Nachweis von Spaltfragmenten und einer Auszählung im Funkenzähler,
- Kodak LR-115-Zellulosenitratfolien zum Nachweis von Rückstoßkernen über durchgeätzte Kernspuren und einer Auszählung im Mikroskop,
- Makrofol-Folien von 300 μm Dicke zum Nachweis von Rückstoßkernen nach einer elektrochemischen Ätzung und Auszählung in einem Mikrofilm-Auswertegerät.

Die experimentell ermittelte Energieabhängigkeit der Kernspurätzdetektoren ist in Abb. 6/29 in Abhängigkeit von der Neutronenenergie wiedergegeben. Es zeigt sich, daß die Spaltfragmente der Detektoren oberhalb der Energieschwelle von 0,5 MeV bzw. 1,2 MeV eine relativ große Energieabhängigkeit zeigen, die bis zu einem Faktor 4 betragen kann. Der LR-115-Detektor ist wegen der ausgeprägten Energieabhängigkeit (Faktor 10) nicht als Neutronendosisimeter zu empfehlen. Günstige Eigenschaften zeigt Makrofol als elektrochemischer Kernspurätzdetektor mit einer Schwelle zwischen 1 und 2 MeV und einer ausreichend hohen Nachweiswahrscheinlichkeit, die bei wenig Untergrundspuren Neutronendosismessungen schon oberhalb von 50 mrem zuläßt.

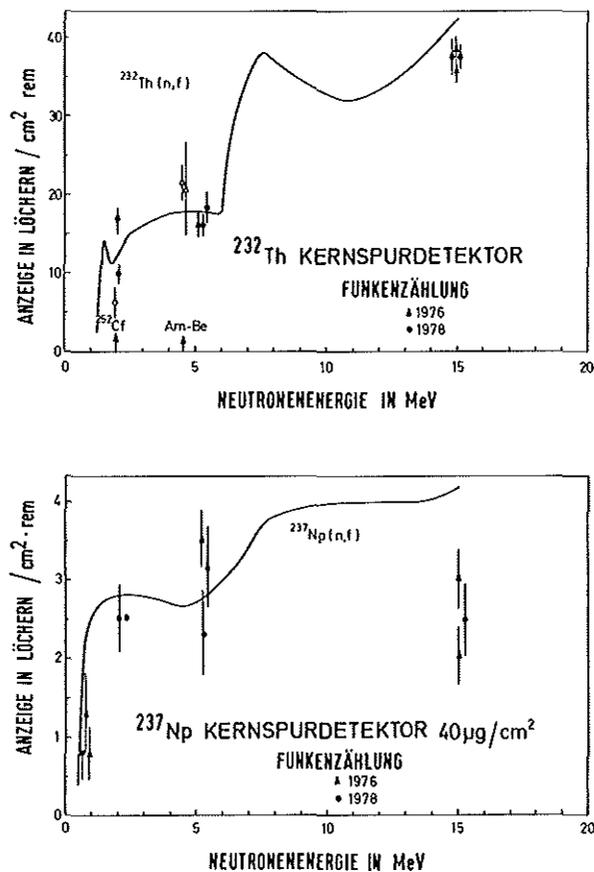


Abb. 6/29 Energieabhängigkeit der Spaltfragment-Kernspurdetektoren bei Auszählung im Funkenzähler

6.3.7 Verfahren zur Verringerung der Untergrundspuren bei der elektrochemischen Ätzung von Makrofolien
G.M. Hassib, E. Piesch

Die praktische Anwendung von Makrofol als Kernspurdetektor zum Nachweis von α -Teilchen sowie von Neutronen über Rückstoßkerne wurde bisher dadurch erschwert, daß schon unbestrahlte Folien einen relativ hohen Anteil an Untergrundspuren zeigen. Ziel unserer Arbeiten war daher die Anwendung einer speziellen Wärmebehandlung bzw. einer Vorätzung, um vor allem den Anteil derjenigen Untergrundspuren zu verringern, die durch Oberflächenbeschädigungen verursacht werden.

Gleichzeitig laufende Arbeiten im ORNL Oak Ridge sowie beim CNEN in Rom untersuchten das Verfahren der Wärmeverbehandlung, welches jedoch nur zu einer Reduzierung der Untergrundspuren von 200 auf 70 Spuren/cm² führte. Die in unserem Labor durchgeführten Untersuchungen waren mit der Anwendung einer Vorätzung der Detektorfolie erfolgreich. Die Detektorfolie wird hierbei vor Beginn der elektrochemischen Ätzung eine Stunde in einer Lösung aus reinem Äthylalkohol und 6N KOH in einem Volumenverhältnis 4:1 konventionell geätzt. Hierbei wird ein Oberflächenfilm von etwa 4 μ m Dicke entfernt.

In Abb.6/30 ist die entsprechende Spurendichte unbestrahlter Folien in Abhängigkeit von der Hochspannung wiedergegeben. Bei einer elektrochemischen Ätzung in 6N KOH bei 1,5 kV, 500 Hz und 5 Stunden bei Zimmertemperatur erhält man einen Untergrund von etwa 3 bis 5 Spuren/cm². Entsprechende Bildschirmaufnahmen in Abb.6/31 zeigen den Effekt der Vorätzung bei bestrahlten und unbestrahlten Makrofolfolien. Mit Hilfe dieses Verfahrens ist es in der Zukunft möglich, elektrochemische Kernspurätzdetektoren zur Messung kleiner Neutronendosen einzusetzen und über eine Langzeitexposition schon relativ kleine Radonkonzentrationen in der Raumluft nachzuweisen [14].

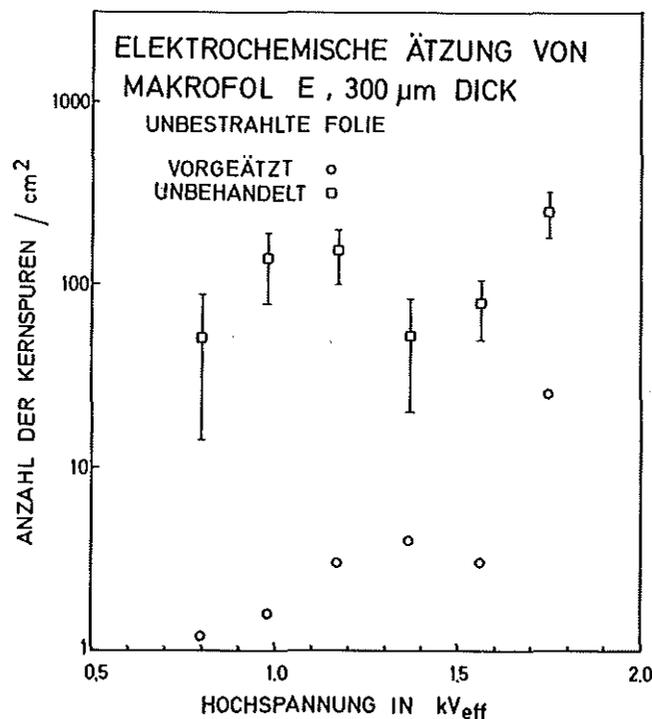


Abb. 6/30 Anzahl der Untergrundspuren in Abhängigkeit von der Hochspannung für unbehandelte und vorgeätzte Makrofolfolien

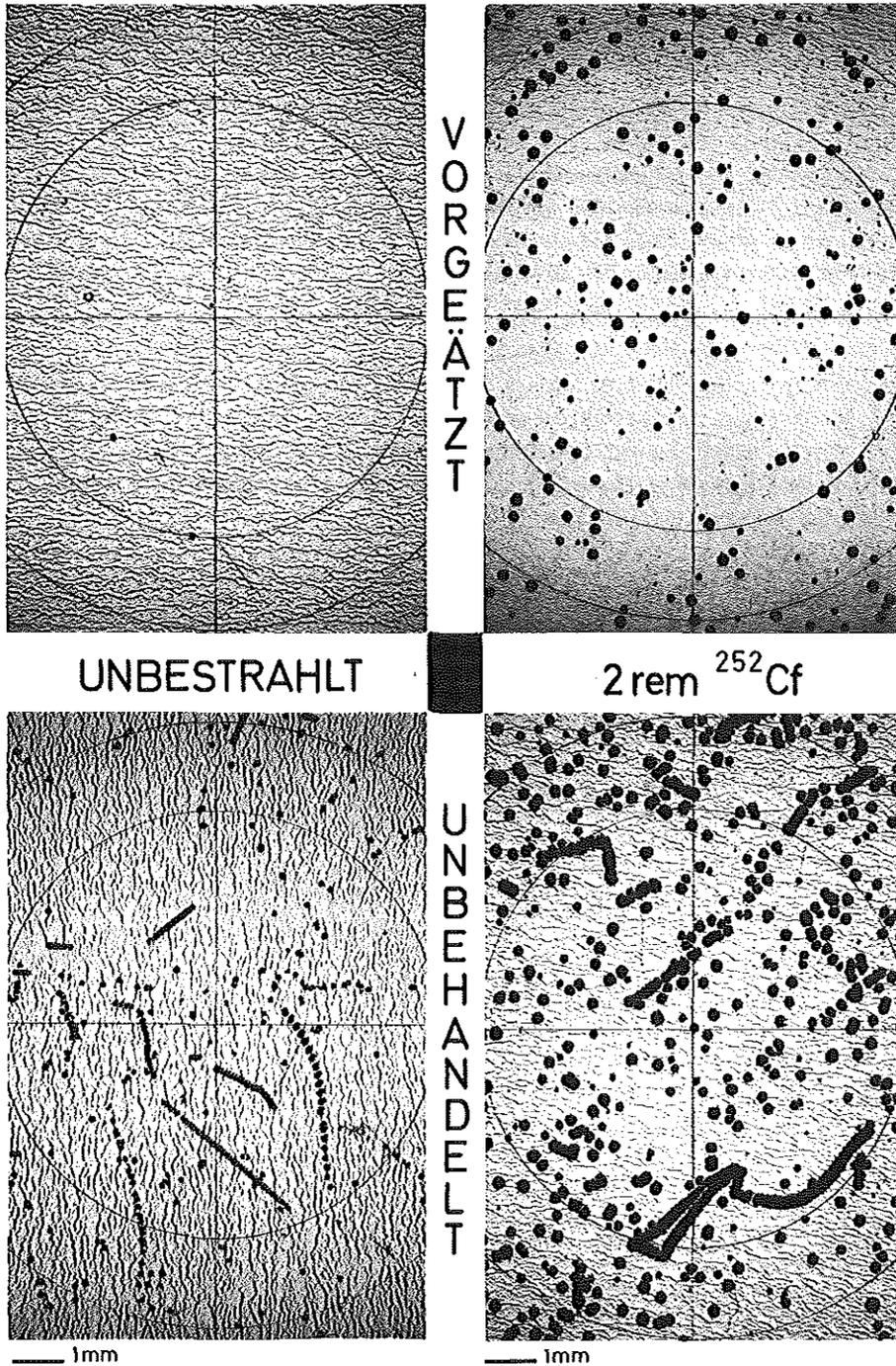


Abb. 6/31 Untergrundspuren einer unbestrahlten und bestrahlten Makrofolie nach elektrochemischer Ätzung mit bzw. ohne Anwendung einer Vorätzung

6.3.8 Anwendungen der elektrochemischen Ätzmethode zur Neutronendosimetrie

G.M. Hassib, E. Piesch

Zur Anwendung von Makrofol als Detektor für neutroneninduzierte Rückstoßkerne wurden die wichtigsten Parameter der elektrochemischen Ätzmethode, die Hochfrequenz und die Hochspannung, optimiert [13]. Es zeigte sich, daß im Frequenzbereich 50 bis 1000 Hz der Kernspurdurchmesser mit der Hochfrequenz zunimmt (Abb.6/32), während die Nachweiswahrscheinlichkeit oberhalb 500 Hz einen konstanten Wert erreicht. Im Vergleich dazu spielt die Hochspannung eine wichtige Rolle beim Ätzzvorgang. Abb. 6/33 gibt die Nachweiswahrscheinlichkeit in Abhängigkeit von der Hochspannung wieder. Hier ist offensichtlich eine Mindesthochspannung erforderlich, um in der Folie eine elektrische Entladung auszulösen. Nach einem Anstieg der Nachweiswahrscheinlichkeit erhält man bei einer höheren Hochspannung einen annähernd konstanten Wert.

Die entsprechende Abhängigkeit des Kernspurdurchmessers von der Hochspannung ist in Abb.6/34 wiedergegeben. Auch hier wird oberhalb 1,5 kV keine wesentliche Vergrößerung des Kernspurdurchmessers erhalten. Für die Optimierung der elektrochemischen Ätzmethode bedeutet dies die Wahl einer hohen Frequenz, um möglichst große Kernspuren zu erhalten, sowie die Wahl einer möglichst kleinen Hochspannung, um noch bei ausreichend guter Nachweiswahrscheinlichkeit die Anzahl der Untergrundspuren gering zu halten.

Für Makrofol E von 300 μm Dicke erhält man eine optimale elektrische Ätzmethode bei 1,5 kV, 500 Hz in einer 6N KOH Lösung mit 5 Stunden bei Zimmertemperatur. Bei Anwendung einer konventionellen Vorätzung (siehe auch Abb.6/30) zur Reduzierung der Untergrundspuren ergeben sich für den Makrofol-Neutronendetektor folgende Eigenschaften

- die Nachweiswahrscheinlichkeit für ^{252}Cf -Spaltneutronen beträgt 75 ± 8 Spuren/ $\text{cm}^2 \cdot \text{rem}$,
- für den Untergrund ergeben sich 5 ± 2 Spuren/ cm^2 entsprechend einer Neutronendosis von 70 mrem,
- die Energieschwelle liegt bei etwa 1,5 MeV,
- die Anzeige der Äquivalentdosis ist oberhalb 4 MeV annähernd energieunabhängig,
- die Richtungsabhängigkeit führt zu einem 30%igen Verlust der Zählrate bei einem Strahleneinfall unter 45° .

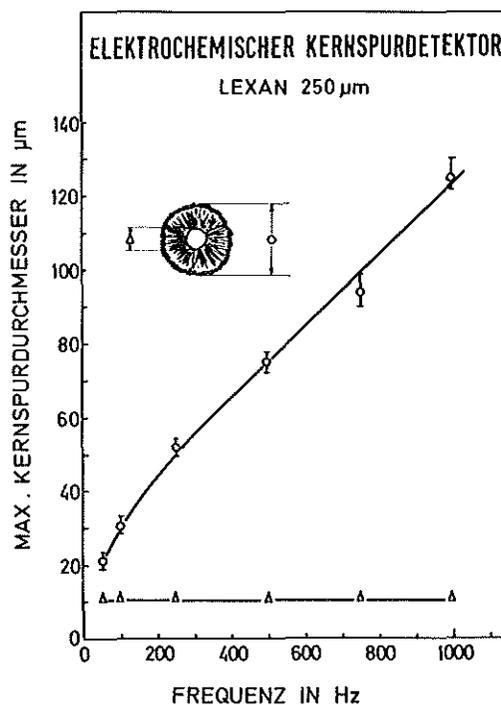


Abb. 6/32 Kernspurdurchmesser einer elektrochemisch geätzten Makrofolfolie in Abhängigkeit von der Hochfrequenz

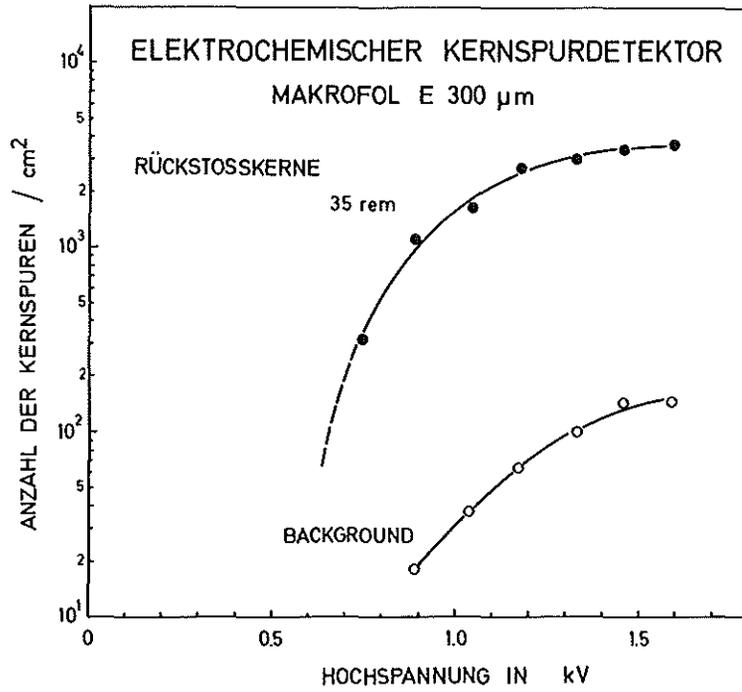


Abb. 6/33 Nachweiswahrscheinlichkeit von neutroneninduzierten Rückstoßkernen in Makrofol in Abhängigkeit von der Hochspannung

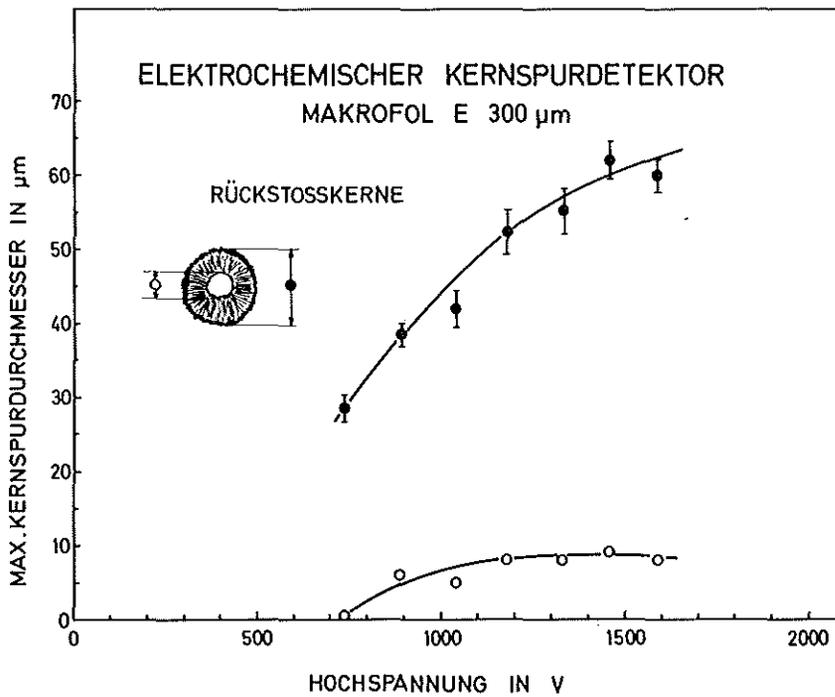


Abb. 6/34 Kernspurdurchmesser in Abhängigkeit von der Hochspannung während der elektrochemischen Ätzung

6.4 Inkorporationsmessung

6.4.1 Routinemessungen

H. Doerfel, U. Lohoff

Alle Mitarbeiter von KfK, KBG, GWK und TU, die Zugang zu offenen radioaktiven Substanzen haben, werden im Ganzkörperzähler der Abteilung Sicherheit routinemäßig auf inkorporierte Radionuklide untersucht. Bei der im Routinebetrieb üblichen Meßzeit von 5 min liegt die untere Nachweisgrenze des Ganzkörperzählers für alle wichtigen Spalt- und Aktivierungsprodukte unterhalb von einem Prozent der höchstzulässigen Belastungswerte (Grenzwerte der Körperdosis nach § 49, Abs. 1 StrlSchV, Anlage X). Die Tabelle 6/5 vermittelt einen Überblick

Bereich	Messungen gesamt	Messungen mit pos. Befund	Häufigkeit der inkorporierten Radionuklide							
			⁵⁸ Co	⁶⁰ Co	⁶⁵ Zn	¹²³ J	¹²⁴ J	¹³¹ J	¹³⁴ Cs	¹³⁷ Cs
Beschleuniger	98	5	--	--	2	2	1	--	--	1
Biolog. u. med. Institute	25	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Chem. Institute	301	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Dekontamination - Stammpersonal	356	12	--	2	1	--	--	1	--	8
- Fremdpersonal	443	21	3	19	--	--	--	1	--	5
Physikal. Institute	7	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Reaktorbetrieb	263	10	--	2	--	--	--	1	1	6
Strahlenschutz	123	1	--	--	--	--	--	--	--	1
Versorgungsbetriebe	27	3	--	3	--	--	--	--	--	--
Sonstige Personen d. KfK	5	--	--	--	--	--	--	--	--	--
GWK	335	5	--	2	--	--	--	1	--	2
KBG	270	38	4	38	1	--	--	--	--	2
TU	9	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Sonstige Personen außerhalb KfK	6	3	--	3	--	--	--	--	1	1
Insgesamt	2268	98	7	69	4	2	1	4	2	26

Tab. 6/5 Übersicht über die Routinemessungen im Ganzkörperzähler

über die 1978 im Ganzkörperzähler durchgeführten Routinemessungen. Insgesamt wurden bei 2268 Messungen 98 Inkorporationen festgestellt. In 84 Fällen handelte es sich dabei um Einfachinkorporationen. In 11 Fällen waren 2 Nuklide beteiligt, in 3 Fällen 3 Nuklide. Besonders häufig wurden die Nuklide ⁶⁰Co (70% der Inkorporationen) und ¹³⁷Cs (27% der Inkorporationen) gefunden. Wie die Tab. 6/6 zeigt, lag in weitaus den meisten Fällen die inkorporierte Aktivität unter einem Prozent der zulässigen Körperbelastung. In diesen Fällen wurde angenommen, daß das inkorporierte Nuklid homogen im Körper verteilt ist. In den übrigen fünf Fällen wurde die Inkorporation durch Auswertung der Einzelspektren der vier Meßköpfe genauer lokalisiert. Bei der ¹³¹J-Inkorporation (Schilddrüsendepot) konnte der Inkorporationszeitpunkt abgegrenzt und die Schilddrüsenbelastung mit Hilfe der effektiven Halbwertszeit abgeschätzt werden. Bei den ⁶⁰Co-Inkorporationen lag in zwei Fällen ein Lungendepot vor. In den beiden übrigen Fällen handelte es sich offenbar um ein Ganzkörperdepot. Hier konnte der Inkorporationszeitpunkt nicht näher eingegrenzt werden, so daß zur Abschätzung der Körper- bzw. Lungendosis von einer konstanten Dauerbelastung ausgegangen werden mußte. Bei Zugrundelegung der entsprechenden Umrechnungsfaktoren (ICRP Publ. 2) ergab sich dabei in allen Fällen eine Belastung von weniger als 10% der zulässigen Grenzwerte.

Nuklid	<0,1 %	0,1 - 1 %	1 - 10 %	10 - 100 %	>100 %
⁵⁹ Co	6	1	-	-	-
⁶⁰ Co	54	11	4	-	-
⁶⁵ Zn	4	-	-	-	-
¹²⁴ J	-	1	-	-	-
¹³¹ J	1	2	1	-	-
¹³⁴ Cs	2	-	-	-	-
¹³⁷ Cs	25	1	-	-	-

Tab.6/6 Inkorporierte Aktivitäten in Prozent der zulässigen Körperbelastung (Grenzwerte der Körperdosis nach § 49 Abs. 1 StrlSchV, Anlage X)

6.4.2 Sondermessungen

H. Doerfel, U. Lohoff

Kenn bei der Handhabung von offenen radioaktiven Substanzen die Möglichkeit einer Inkorporation nicht ausgeschlossen werden kann oder wenn eine Kontamination der Raumluft bzw. des Arbeitsplatzes festgestellt wird, müssen unmittelbare Inkorporationsmessungen durchgeführt werden. So werden beispielsweise die Mitarbeiter des LAF II, die mit offenen ¹³¹J-Präparaten umgehen, im allgemeinen noch am gleichen Tag einer Untersuchung im Ganzkörperzähler unterzogen. Dadurch ist es möglich, bei einer gegebenen Inkorporation den Inkorporationszeitpunkt einzugrenzen und die Aktivitätszufuhr sehr genau abzuschätzen. 1978 wurden insgesamt 56 Untersuchungen auf ¹³¹J durchgeführt. In 31 Fällen ergab sich ein positiver Befund, der allerdings häufig teilweise von geringen äußeren Restkontaminationen herrührte. Geht man von dem ungünstigsten Fall aus, daß es sich jeweils um eine reine Inkorporation von ¹³¹J handelt, so liegen die ermittelten Aktivitätszufuhren stets unterhalb von 2% des Grenzwertes der Jahresaktivitätszufuhr nach § 52 Abs. 1 StrlSchV (Anlage IV, Tab. IV).

Bereich	Messungen gesamt		Messungen mit pos. Befund		Häufigkeit der inkorporierten Radionuklide							
					GZ					LZ		
	GZ	LZ	GZ	LZ	⁶⁰ Co	⁹⁵ Zr	¹²⁴ Sb	¹³¹ J	¹³⁷ Cs	²³⁸ Pu	²³⁹ Pu	²⁴¹ Am
Chem. Institute	10	6	4	--	3	4	--	--	3	--	--	--
Dekontamination - Stammpersonal	8	3	1	1	--	--	--	--	1	1	1	1
- Fremdpersonal	9	9	1	2	--	--	--	--	1	--	--	2
Physikal. Institute	59	1	31	--	--	--	--	31	--	--	--	--
Reaktorbetrieb	10	--	3	--	1	2	--	--	2	--	--	--
Strahlenschutz	1	1	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Versorgungsbetriebe	1	--	1	--	--	--	--	--	1	--	--	--
GWK	12	7	2	--	1	--	--	--	1	--	--	--
Sonstige Personen außerhalb KfK	4	9	1	1	--	--	1	--	--	1	1	1
Insgesamt	114	36	44	4	5	6	1	31	9	2	2	4

Tab. 6/7 Übersicht über die Sondermessungen im Ganzkörperzähler (GZ) und im Lungenzähler (LZ)

Außer diesen speziellen ^{131}I -Untersuchungen wurden im Ganzkörperzähler noch 67 weitere Sondermessungen aufgrund von Arbeitsplatz- bzw. Raumluftkontaminationen durchgeführt. Diese Messungen ergaben in 13 Fällen einen positiven Befund (siehe Tab. 6/7). Die inkorporierten Aktivitäten waren in allen diesen Fällen kleiner als 0,1% des Grenzwertes der Jahresaktivitätszufuhr. Bei Verdacht auf Inkorporation von α -Strahlern, wurden die betroffenen Personen zusätzlich noch im Lungenzähler auf inkorporierte Transurane untersucht. Dabei ergaben 4 von insgesamt 36 Messungen einen positiven Befund. In einem Fall wurde eine Überschreitung der Jahresaktivitätszufuhr von ^{238}Pu , ^{239}Pu und ^{241}Am festgestellt. In einem weiteren Fall wurde ein Lungendepot dieser drei Nuklide registriert, welches 40% des Grenzwertes entsprach. In den beiden übrigen Fällen handelte es sich jeweils um ein Lungendepot von ^{241}Am in Höhe von 7,3 bzw. 3,5% des Grenzwertes der Jahresaktivitätszufuhr. Eine Abschätzung der Lungendosis ergab in allen 4 Fällen Werte, die weit unter den zulässigen Grenzwerten nach § 49 Abs. 1 StrlSchV (Anlage X) liegen.

6.4.3 ^{137}Cs -Erhebungsmessungen

H. Doerfel

Seit 1961 wird an einer Referenzgruppe aus 10 Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern der Abteilung Sicherheit in monatlichen Messungen im Ganzkörperzähler der mittlere Gehalt von ^{137}Cs aus dem radioaktiven Fallout bestimmt.

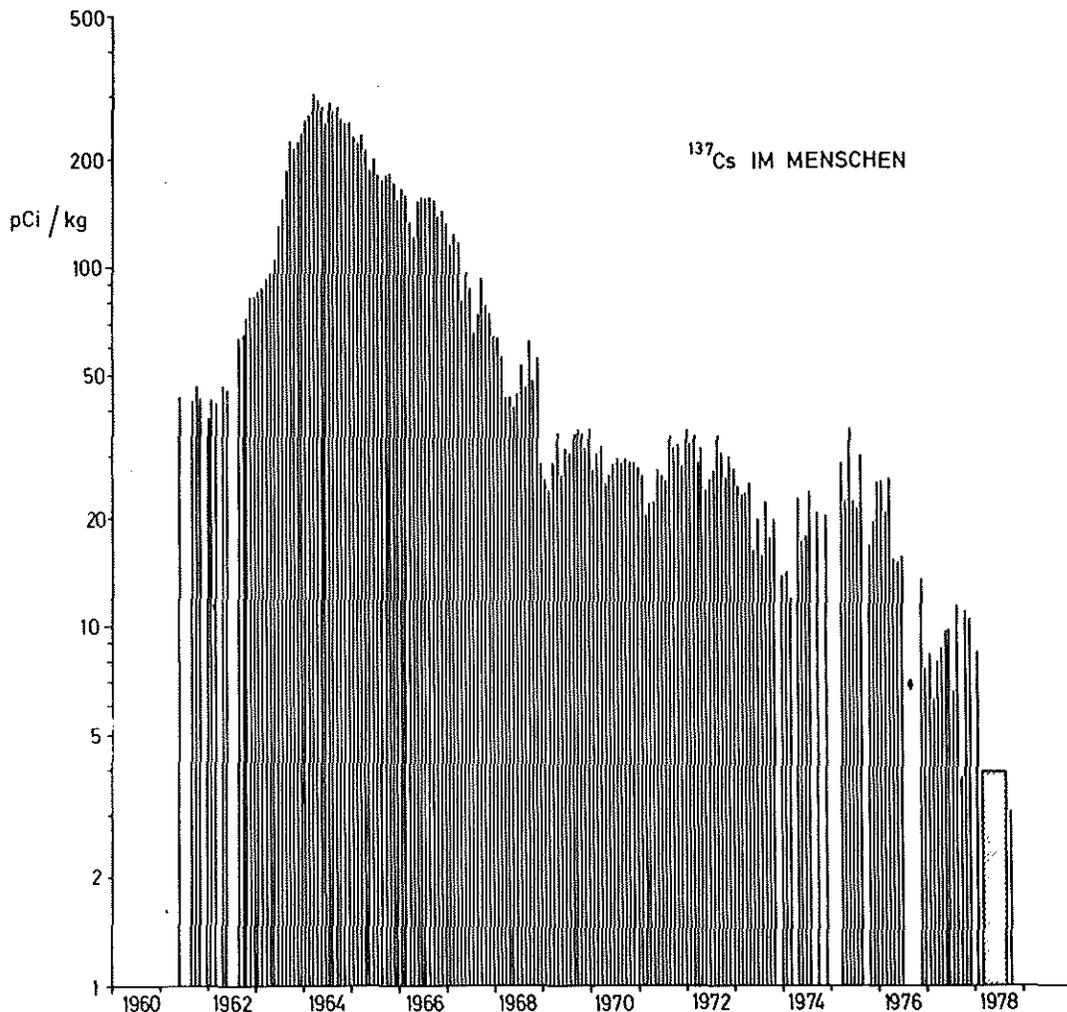


Abb.6/35 Spezifische ^{137}Cs -Aktivität im Menschen nach Messungen der Abteilung Sicherheit an einer Referenzgruppe

Zur Erzielung einer möglichst hohen Genauigkeit wird bei diesen Erhebungsmessungen eine Meßzeit von 50 min zugrunde gelegt. Bei dieser Meßzeit liegt die untere Nachweisgrenze des Ganzkörperzählers für homogen im Körper verteiltes ^{137}Cs bei etwa 1,2 nCi. Dies entspricht einer spezifischen Aktivität von etwa 17 pCi/kg bei einem Menschen mit 70 kg Körpergewicht. Bei Mittelung aller pro Monat gemessenen Spektren liegt die untere Nachweisgrenze bei etwa 5,4 pCi/kg.

Die Abb. 6/35 zeigt die seit 1961 erhaltenen Monatsmittelwerte in halblogarithmischer Darstellung. Die spezifische ^{137}Cs -Aktivität steigt zunächst von etwa 40 pCi im Jahr 1961 auf ungefähr 300 pCi/kg im Jahr 1964 an. Danach fällt sie mit einer effektiven Halbwertszeit von etwa 1,5 a bis auf 30 pCi/kg im Jahr 1969 ab. Zwischen 1969 und 1975 ist nur noch eine schwach fallende Tendenz zu beobachten (effektive Halbwertszeit etwa 10 ± 5 a). Seit 1975 fällt die ^{137}Cs -Aktivität wieder wie in den Jahren zwischen 1964 und 1969 mit einer effektiven Halbwertszeit von etwa 1,5 a ab. Zu Beginn des Jahres 1978 ist der ^{137}Cs -Gehalt schließlich so weit abgeklungen, daß die Messungen mitunter negative Monatsmittelwerte lieferten. Die Meßergebnisse mußten daher über einen größeren Zeitraum gemittelt werden. Der schraffierte Balken in der Abb. 6/35 stellt den Mittelwert der Ergebnisse aller zwischen März und August 1978 durchgeführten Erhebungsmessungen dar (3,67 pCi/kg). Dieser Mittelwert ist nahezu um einen Faktor 5 kleiner als die untere Nachweisgrenze des Ganzkörperzählers bei der Einzelmessung. Es wurden daher Untersuchungen angestellt, ob die Nachweisgrenze durch Verbesserungen des Meßverfahrens noch weiter gesenkt werden kann. Insbesondere wurden in diesem Zusammenhang die durch Störstrahler und elektronische Instabilitäten hervorgerufenen Schwankungen des Nulleffekts im Energiebereich der 662 keV- γ -Strahlung von ^{137}Cs einer genaueren Analyse unterzogen. Diese Analyse hat gezeigt, daß mit Hilfe von besser auflösenden Detektoren (7,5% bei 662 keV) und extrem stabilen Verstärkern und Hochspannungsgeräten (Schwankung der Peaklage $<0,5\%$ bei 662 keV) sowie einer verbesserten Filteranlage (Reduzierung der RaC-Konzentration in der Meßzelle auf 50% des jetzigen Wertes) die Nachweisgrenze des Ganzkörperzählers allenfalls auf etwa 8 pCi $^{137}\text{Cs}/\text{kg}$ bei der Einzelmessung gesenkt werden kann. Eine sehr viel wirkungsvollere Verbesserung der In-Vivo-Messung von homogen im Körper verteiltem ^{137}Cs läßt sich dagegen bei Verwendung von Ge(Li)-Detektoren erzielen. Bei diesen Detektoren tragen weder die elektronischen Instabilitäten noch die Schwankungen der natürlichen Radioaktivität in nennenswertem Umfang zur Schwankung des Nulleffekts im Bereich der γ -Strahlung von ^{137}Cs bei. Erste Untersuchungen in einem neu aufgebauten Ge(Li)-Ganzkörperzähler (vgl. Abschnitt 6.2.5) haben gezeigt, daß die Nachweisgrenze für homogen im Körper verteiltes ^{137}Cs bei einer Meßzeit von 50 min bei etwa 5 pCi/kg liegt. Dies entspricht einer unteren Nachweisgrenze von etwa 1,6 pCi/kg bei Mittelung über die gesamte Referenzgruppe. Aus diesem Grund werden die ^{137}Cs -Erhebungsmessungen seit Oktober 1978 in diesem Ge(Li)-Ganzkörperzähler durchgeführt. Für Oktober wurde ein Monatsmittelwert von 3,04 pCi/kg erhalten, der bei Berücksichtigung der fallenden Tendenz sehr gut mit dem letzten Halbjahresmittelwert von 3,67 pCi/kg vereinbar ist. Im Oktober wurde außer der Referenzgruppe aus Mitarbeitern der Abteilung Sicherheit auch eine Vergleichsgruppe aus der Bevölkerung von Menzenschwand im Schwarzwald auf ^{137}Cs untersucht. Diese Messungen ergaben überraschend hohe Werte bis zu etwa 300 pCi/kg. Die mittlere ^{137}Cs -Aktivität lag in dieser Vergleichsgruppe bei 78 pCi/kg und damit um den Faktor 25 über der mittleren ^{137}Cs -Aktivität in der Referenzgruppe der Abteilung Sicherheit.

6.4.4 ^{226}Ra -Erhebungsmessungen

H. Doerfel

Bei Zugrundelegung der ^{226}Ra -Konzentration in Wasser, Fisch und Milch müssen die Bewohner von Menzenschwand im Schwarzwald nach den gegenwärtigen Berechnungsgrundlagen ein ^{226}Ra -Depot von jeweils mindestens 80 nCi inkorporiert haben. Eine solche Aktivität ist im Ganzkörperzähler ohne Schwierigkeiten meßbar. Zur Überprüfung der Berechnungsgrundlagen wurde daher im Oktober 1978 eine Erhebungsmessung an 30 Bewohnern von Menzenschwand durchgeführt. Da das ^{226}Ra im Skelett deponiert ist und somit als homogen verteilt angesehen werden kann, wurden diese Messungen in dem neukalibrierten Ge(Li)-Ganzkörperzähler (siehe 6.4.5) vorgenommen. Die ^{226}Ra -Aktivität wurde sowohl direkt über die 186 keV-Linie als auch indirekt über die Aktivität der Folgeprodukte ^{214}Bi und ^{214}Pb bestimmt. Die direkte Messung über die 186 keV-Linie wurde allerdings durch eine relativ intensive Backgroundstrahlung von ^{235}U (185 keV) aus der Bleiauskleidung der Meßzelle beeinträchtigt. Außerdem wurde die Direktmessung durch die Rückstreuquanten des ^{137}Cs (184 keV) gestört. Bei Berücksichtigung

dieser Fehlerquellen ergab sich eine untere Nachweisgrenze von etwa 7 nCi ^{226}Ra bei einer Meßzeit von 50 min. Die Nachweisgrenze bei der indirekten Messung über die Folgeprodukte liegt etwas darunter. Allerdings ist die über die Folgeprodukte abgeschätzte ^{226}Ra -Aktivität – bedingt durch die Unsicherheit in der Exhalationsrate von ^{222}Rn – mit einem systematischen Fehler von etwa 30% behaftet. Sowohl die direkten als auch die indirekten Messungen ergaben ^{226}Ra -Aktivitäten, die im Mittel weit unter den entsprechenden Nachweisgrenzen lagen. In allen Fällen, in denen die direkt gemessene Aktivität signifikant über dem Mittelwert lag, ergab die indirekte Messung einen Wert unter dem Durchschnitt und umgekehrt. Nach Mittelung aller Ergebnisse ergab sich der Wert $0,34 \pm 4,04$ nCi ^{226}Ra . Demnach müssen die Berechnungsgrundlagen zur Bestimmung der ^{226}Ra -Aktivität im Menschen aus den ^{226}Ra -Konzentrationen der Lebensmittel einer genaueren Überprüfung unterzogen werden.

6.4.5 Kalibrierung eines Ge(Li)-Ganzkörperzählers

H. Doerfel

Bedingt durch das schlechte Auflösungsvermögen der NaJ(Tl)-Detektoren des Ganzkörperzählers ist insbesondere bei Mehrfachinkorporationen eine sichere Nuklididentifizierung nicht immer möglich. In Zweifelsfällen muß daher stets das gefährlichste der in Frage kommenden Nuklide zugrundegelegt werden. Dabei ist jedoch nicht auszuschließen, daß ein gefährliches Nuklid mit niedriger Emissionswahrscheinlichkeit von einem vergleichsweise ungefährlichen Nuklid mit hoher Emissionswahrscheinlichkeit maskiert wird. So kann beispielsweise eine 10%-ige Body-Burden ^{137}Cs eine 100%-ige Body-Burden ^{106}Ru vollständig verdecken. Deshalb muß zumindest in den Fällen, in denen die Messung mit NaJ(Tl)-Detektoren eine Inkorporation von mehr als 1% der zulässigen Grenzwerte ergibt, eine genaue Nuklididentifizierung vorgenommen werden. Aus diesem Grund wurde 1978 ein Ge(Li)-Detektor (15% Effizienz) angeschafft und mit Hilfe einer speziellen Halterung an der Fahrmechanik des Lungenzählers befestigt. Der Ge(Li)-Detektor hat einen lageunabhängigen Kryostaten und kann somit in jede beliebige Meßposition gebracht werden. Für die Kalibrierungen wurde die in Abb. 6/36 skizzierte Meßposition gewählt. In dieser Position hat

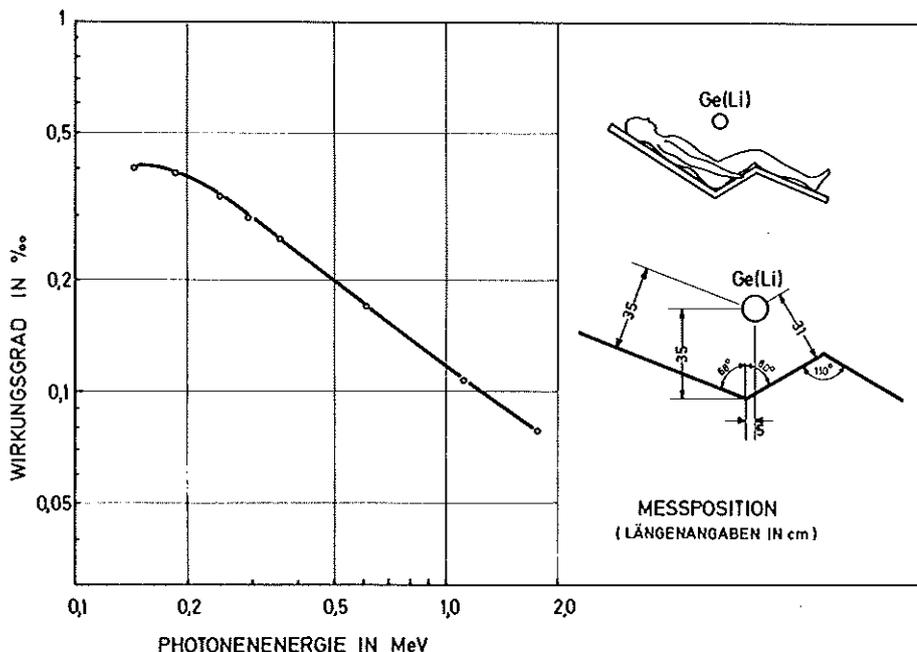


Abb. 6/36 Meßposition und Wirkungsgrad des Ge(Li)-Ganzkörperzählers

der Detektor für alle Nukliddepositionen im Bereich des Rumpfes, der Arme und der Oberschenkel etwa den gleichen Wirkungsgrad. Zur Bestimmung dieses Wirkungsgrades wurde ein Grey-Marten-Phantom mit einer Ba-geträgerten Lösung von 200 nCi ^{226}Ra gefüllt. Nach einer Wartezeit von 3 Wochen, in der sich das Gleichgewicht zwischen ^{226}Ra und den Folgeprodukten bis zum ^{210}Pb einstellte, wurden die Intensitäten aller bedeutenden γ -Linien der Zerfallsreihe bestimmt. Mit Hilfe der entsprechenden Emissionswahrscheinlichkeiten ergaben sich daraus die in Abb.6/36 dargestellten Werte für den Wirkungsgrad der Meßanordnung. Diese Werte sind im Mittel um etwa den Faktor 25 kleiner als die entsprechenden Werte für die 4 NaJ(Tl)-Detektoren des Ganzkörperzählers. Da aber die Halbwertsbreite der Peaks im NaJ(Tl)-Spektrum etwa 30 mal so groß ist wie im Ge(Li)-Spektrum, sind die Peakhöhen in beiden Spektren trotzdem vergleichbar. Bedingt durch die Tatsache, daß die Peaks bei gleicher Höhe im Ge(Li)-Spektrum leichter separiert werden können als im NaJ(Tl)-Spektrum, ergibt sich bei dem Ge(Li)-Ganzkörperzähler für homogen verteilte Radionuklide eine etwas kleinere Nachweisgrenze als bei dem NaJ(Tl)-Ganzkörperzähler.

6.5 Strahlenschutzmeßgeräte

A. Schmitt

6.5.1 Aufgaben

Der Bestand an elektronischen Geräten, der von der Abteilung 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 im Service, der soweit als möglich selbst durchgeführt wird. 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 Kernforschungszentrums,
- Reparatur aller sonstigen elektronischen Geräte aus den Bereichen der Abteilung Sicherheit,
- Eingangskontrolle der von der Abteilung Sicherheit beschafften Geräte, Untersuchung neuer Geräte und Bestimmung der elektrischen Eigenschaften von Detektoren,
- Entwicklung von kommerziell nicht erhältlichen Geräten für den Bedarf der Abteilung,
- Beratung von Instituten und Abteilungen bei der Beschaffung von Strahlenmeßgeräten.

Die Betreuung von Strahlenschutzmeßgeräten und Anlagen durch die Abteilung 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. Neben den üblichen kleineren Bestellungen wurden einige größere Beschaffungen mit einem Gesamtumfang von ca. DM 400.000,-- bearbeitet.

Erwähnt sei außerdem die routinemäßige Dichtigkeitsprüfung aller umschlossenen Strahler wie auch die Mitarbeit bei der amtlichen Eichabfertigungsstelle.

6.5.2 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. Zum Teil auch aufgrund einer Auflage der Aufsichtsbehörde werden sämtliche Dosisleistungsmeßgeräte, die im Kernforschungszentrum Karlsruhe eingesetzt sind, von der Abteilung Sicherheit 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 die Eichung beeinflußt, werden vor dem Einsatz kalibriert.

Gerätetyp	Routineprüfung u. Kalibrierung	Kalibrierung nach Reparatur	neue Geräte: Eingangskontrolle u. Kalibrierung
Jordankammer	151	5	-
Graetz X- 10	5	-	-
" X- 50	116	8	-
" X- 500	14	3	-
" X- 1000	4	1	-
Total 6150	90	8	58
" 6112	53	7	7
Weichstrahlkammer	44	6	5
Taschenwarngeräte	315	-	8
Neutronenmeßgeräte	18	4	3
Stabdosimeter	13	-	205
Sonstige	66	10	6
Insgesamt	889	52	292

Tab. 6/8 Wartungsarbeiten an Dosis- und Dosisleistungsmeßgeräten im Jahre 1978

Die Typen der gewarteten Dosisleistungsmeßgeräte und die Art der Arbeiten sind aus der Tabelle 6/8 ersichtlich. Insgesamt sind 1015 Geräte kalibriert worden, 38% mehr als im Vorjahr. Die starke Zunahme rührt von der Einbeziehung der Taschenwarngeräte in die Routinekalibrierung her.

Die Anzahl der routinemäßigen elektronischen Funktionsprüfungen von Dosisleistungsmeßgeräten hat sich gegenüber dem Vorjahr um rd. 40% auf 889 erhöht. Bei 45 neu gelieferten Geräten waren Eingangsprüfungen nötig. An HFK- und Kontaminationsmonitoren wurden kleinere Umbauten vorgenommen.

Die Tab. 6/9 zeigt den Umfang der Wartungs- und Reparaturarbeiten an tragbaren Strahlenmeßgeräten, HFK-Monitoren und Aktivitätsmeßplätzen. Wie früher waren über 60% der Reparaturen an Kontaminations- und HFK-Monitoren angefallen, deren Großflächendetektoren mechanisch empfindlich sind. Austausch der Fensterfolien und der Zähldrähte waren in rd. 40% der Reparaturfälle nötig. Defekte in der Elektronik, die meist eine zeitraubende Fehlersuche bedingen, waren in rd. 50% der Fälle die Fehlerursache (Tab. 6/10).

Von der Abteilung Sicherheit werden rd. 80 Anlagen mit über 150 Meßstellen zur Pegel- und Luftüberwachung in 21 verschiedenen Gebäuden des Zentrums sowie weitere 45 Meßstellen zur Umgebungsüberwachung betreut. Hierzu waren im Berichtsjahr 548 Reparatüreinsätze nötig, die von einfachen Justierarbeiten bis zu komplizierten Umbauten reichten. Vier Beta-Gasmeßstellen waren mit ^{41}Ar kalibriert worden.

Kontaminationsmonitoren	231
HFK-Monitoren	180
Fußbodenmonitoren	8
Wäschemonitoren	6
Aktivitätsmeßplätze	40
Probenwechsler etc.	22
Dosisleistungsmessgeräte	92
Taschenwarngeräte	24
Neutronenmonitoren	4
Sonstige Geräte	29
Insgesamt	636

Tab.6/9 Reparatur- und Wartungsarbeiten an Strahlenmeßgeräten; Art der Geräte

Folie	228
Zähldraht	16
Elektronik	321
Kabel	14
Mechan. Reparatur	29
Batterie	28
Insgesamt	636

Tab.6/10 Reparatur- und Wartungsarbeiten an Strahlenmeßgeräten; Art der Reparatur

6.5.3 Dichtigkeitsprüfungen

H. Junker

Die nach der StrlSchV vorgeschriebene Dichtigkeitsprüfung an umschlossenen radioaktiven Stoffen wird im Kernforschungszentrum Karlsruhe aufgrund einer Ermächtigung der Aufsichtsbehörden von unabhängigen Sachverständigen für Dichtigkeitsprüfungen in Eigenüberwachung durchgeführt.

Im Jahre 1978 wurden 213 Dichtigkeitsprüfungen durchgeführt. Undichte Quellen konnten hierbei nicht festgestellt werden. Weitere Aufgaben sind Herstellerprüfungen an im Kernforschungszentrum produzierten umschlossenen radioaktiven Quellen. Hierbei wurden 2 Dichtigkeitsprüfungen durchgeführt.

6.5.4 Sonderaufgaben

J. Reiß, H.G. Roeber

Für das Glasdosimeterauswertegerät TOSHIBA FGD-3B, das routinemäßig im Einsatz ist, sind die Hg-Lampen nicht mehr lieferbar. Das Lampengehäuse wurde für die OSRAM - Hg-Lampe HBO 100W2 umgebaut, eine dazu passende Stromversorgung beschafft und das Auswertegerät in Betrieb genommen.

Für die Zählrohrmonitoranlage der Umgebungsüberwachung wurden 17 Niederdosis- und 11 Hochdosismessköpfe sowie die dazugehörigen elektronischen Komponenten für den Anzeigeteil fertiggestellt. Eine Neubestückung der ZMA 67 kann aber erst nach der bereits in Arbeit befindlichen Neuverkabelung vorgenommen werden. Eine Teilverkabelung ist uns bis Ende Januar 1979 zugesagt.

Weitere 12 Meßköpfe müssen von uns für die neuen Zählrohr-Außenstationen bereitgestellt werden. Im Berichtszeitraum konnte die Elektronik für 12 Meßköpfe fertiggestellt werden.

Ferner wurden Reparatur- und Wartungsdienst an der Zählrohrmonitoranlage, an den telefonisch abfragbaren Zählrohr-Außenstationen (23 Reparaturen) sowie in der Phosphatglas- und Thermolumineszenzdosimetrie und im Body-Counter durchgeführt.

6.6 Kalibrierung

B. Burgkhardt, E. Piesch, A. Schmitt

6.6.1 Aufgaben

Die routinemäßige Kalibrierung von Dosis- und Dosisleistungsmeßgeräten dient zur 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 neuangeschafften Geräten.
- Bestrahlung von Dosimeterchargen zur Kalibrierung von TLD- und RPL-Auswertegeräten
- Kalibrierbestrahlungen von einfachen Strahlenschutzdosimetern aber auch für Auswerteautomaten innerhalb des Geräte-Testes.

Entsprechend der Anwendung der Meßgeräte, nämlich Nachweis einer Gammastrahlung innerhalb der Umgebungs-, Personen- und Arbeitsplatzüberwachung müssen zur Kalibrierung Dosisleistungen zwischen $10 \mu\text{R/h}$ und 10^4 R/h zur Verfügung stehen. Die Kalibrierung von Gammadosimetern erfolgt hierbei freiluft auf eine Standardionendosis, hierzu eingesetzt wird ein Hochdosis- und ein Niederdosis Eichstand mit ^{137}Cs -Quellen von jeweils 2000 Ci, 150 Ci, 10 Ci bzw. 1 Ci, 0,1 Ci, 0,01 Ci und 0,001 Ci. Vor allem zur Bestimmung der Energieabhängigkeit von Dosimetern stehen zwei Röntgenanlagen mit maximal 300 kV bzw. 60 kV sowie eine ^{137}Cs und ^{60}Co Quelle bereit. Zur β -Kalibrierung dient ein von der PTB auf Energiedosis im Gewebe kalibrierter Bestrahlungsstand mit ^{147}Pm , ^{204}Tl und ^{90}Sr Quellen. Für Neutronenkalibrierungen wird eine kalibrierte 5Ci Am-Be-Quelle eingesetzt.

6.6.2 Routinekalibrierungen

Umfang der routinemäßigen Kalibrierungen ist in Tab. 6/11 wiedergegeben. Innerhalb des Wartungsplanes werden alle Arten von Dosisleistungsmeßgeräten und Taschenwarngeräten kalibriert. Hierbei müssen an einem Einzelgerät bis zu 10 verschiedene Meßbereiche kalibriert werden. Für die Kalibrierung und den Test von TLD und RPL Dosimeterauswertegeräten wurden umfangreiche Kalibrierbestrahlungen durchgeführt. Ein relativ großer Arbeitsaufwand war auch innerhalb der Eingangskontrolle zu verzeichnen.

Kalibrierungen	Geräteanzahl
Rutinewartung	889
Reparatur	52
Eingangskontrolle	292
Dosimeterbestrahlungen	731
Ingesamt	1 964

Tab. 6/11 Art und Anzahl der im Jahre 1978 durchgeführten Kalibrierbestrahlungen

6.6.3 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 Eichaufsichtsbehörde hoheitlich tätig. Der Beitrag der Abteilung Sicherheit besteht in der Bereitstellung der Bestrahlungseinrichtungen und der Normaldosimeter wie auch in der Unterstützung bei der Durchführung der Eichungen.

Die Eichabfertigungsstelle hatte zu Beginn des Jahres 1978 ihre Arbeit mit der Eichung von Stabdosimetern aufgenommen und nun auch auf die Eichung von Dosisleistungsmeßgeräten ausgedehnt. Hierfür waren bis Jahresende 412 Bestrahlungen durchgeführt worden.

7. Umweltmeteorologie

W. Hübschmann

Im Bereich der 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. Zur direkten Beobachtung der Schadstoffausbreitung in der Atmosphäre werden einerseits Ausbreitungsversuche mit Tracern - in Zusammenarbeit mit dem Bereich Radioökologie - und andererseits Tetraonflüge - in Zusammenarbeit mit dem Amt für Wehrgeophysik der Bundeswehr - durchgeführt. Diese Forschungsarbeiten - im Rahmen des Projektes Nukleare Sicherheit - dienen dazu, die für Ausbreitungsrechnungen notwendigen Daten - Ausbreitungsstatistik und Ausbreitungsparameter - bereitzustellen. Mit Hilfe der Ausbreitungsexperimente konnten im Jahr 1978 die Ausbreitungsparameter bis zur Emissionshöhe von 195 m erarbeitet werden.

Mit den bereits früher entwickelten und z.T. weiterentwickelten Rechenprogrammen wurden sowohl die radioaktive Schadstoffbelastung in der Umgebung des KfK als auch die Umweltbelastung durch Kühlturmabluftfahnen berechnet. Im Rahmen der deutschen Risikostudie für Kernkraftwerke wurde das Modell der Schadstoffausbreitung entwickelt und - in Zusammenarbeit mit einer Arbeitsgruppe des INR - die Unfallfolgenberechnung in der Phase A dieser Studie (Vergleich mit den Ergebnissen der US Reactor Risk Study, WASH 1400) abgeschlossen. Die Arbeiten im Bereich Umweltmeteorologie im Jahre 1978 werden durch einen Vergleich der Grenzwertsetzung für chemische und für radioaktive Schadstoffe abgerundet.

7.1 Meteorologische Messungen

M. Becker, K. Nester, P. Thomas, S. Vogt

7.1.1 Windmessungen

Die Windrichtungs- und Windgeschwindigkeitsmessungen in 60 m und 200 m Höhe wurden jahrgangsweise im Zeitraum von 1968 bis 1977 ausgewertet. Die jahresweise Auswertung erlaubt es, Aussagen über die statistische Genauigkeit der ermittelten Meßwerte zu machen. Falschmessungen kann man aufgrund des Einsatzes verschiedener Meßgeräte erkennen.

In der Abb. 7/1 a und b sind die 10-jährigen Mittelwerte der Häufigkeit der Windgeschwindigkeit und der Windrichtung in den Meßhöhen 60 m und 200 m gezeigt. In 200 m Höhe verläuft die Häufigkeitsverteilung der Windgeschwindigkeit flacher, und das Maximum liegt bei höherer Windgeschwindigkeit als in 60 m Höhe. Schwachwindlagen ($\bar{u} \lesssim 1$ m/s) treten mit rund 2,5 % in 200 m Höhe erwartungsgemäß weniger häufig auf als in 60 m Höhe mit 4,3 %. Windgeschwindigkeiten über 20,0 m/s traten in allen untersuchten Jahren auf.

Die Häufigkeitsverteilung der Windrichtung zeigt jeweils drei Maxima. Diese sind in 60 m gegenüber denen in 200 m um über 10° nach rechts gedreht. Diese Tendenz entspricht der üblichen Drehung des Windes in der Grenzschicht; außerdem hat die Lage des Rheintales einen gewissen Einfluß.

7.1.2 Feldmessungen

In der Nähe der Ortschaft Spöck ist auf einem Wiesengelände (Rauhigkeitsstufe II) ein Kurbelmast aufgestellt. Dort werden die Meßwerte σ_ϕ und σ_θ der in 15 m Höhe montierten Vektorfahne analog registriert.

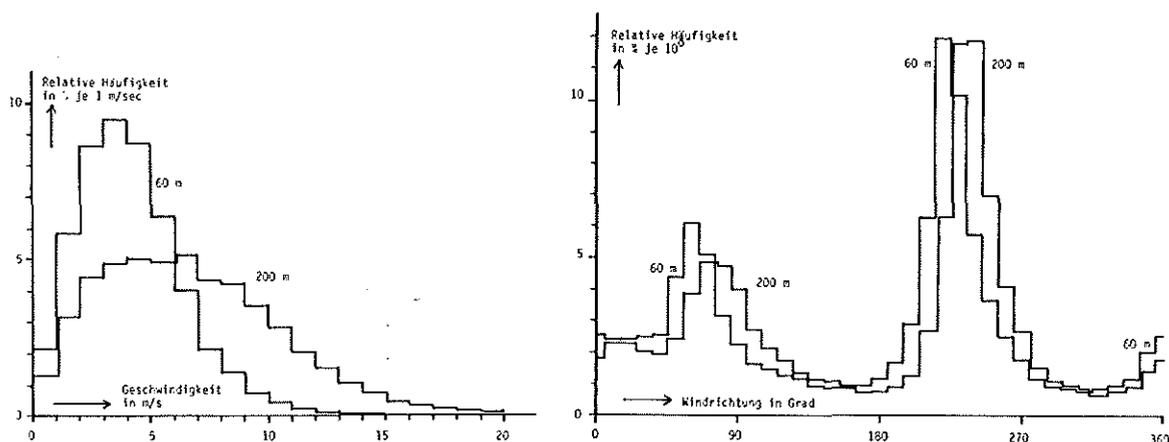


Abb. 7/1 a und b Häufigkeitsverteilung der Windrichtung und -geschwindigkeit in den Jahren 1968 bis 1977

Bis jetzt wurde die Streuung σ_ϕ der Monate Februar 1977 bis Januar 1978 ausgewertet. Dabei wurden die 10-min-Werte aus Spöck nach den im KfK bestimmten Ausbreitungskategorien eingeteilt.

Für die Kategorien A - E ergeben sich 15 m über dem Gelände der Rauigkeitsstufe II niedrigere σ_ϕ -Werte als 100 m über dem Gelände der Rauigkeitsstufe III. In Abb. 7/2, oberer Teil, sind sowohl der Mittelwert der σ_ϕ der einzelnen Ausbreitungskategorien als auch die Streuung der σ_ϕ um diesen Mittelwert angegeben. Um Ausbreitungskategorien auf Grund der Messungen bei Spöck zu definieren, ist es notwendig, dort das Windgeschwindigkeitsprofil zu messen. Entsprechende Untersuchungen sind bei Verwendung eines automatischen Datenerfassungsgerätes vorgesehen.

Dieses Gerät ist auf stromsparende Spannungsfrequenzwandler umgerüstet worden. Durch den Einsatz von selbstentwickelten Dummy-Karten wurde es möglich, die auf Kassette gespeicherten Daten im IAK zu lesen. Dies mußte bis dahin außerhalb des KfK geschehen. Die Erprobung einer speziellen Energieversorgung für das Gerät ist noch nicht abgeschlossen.

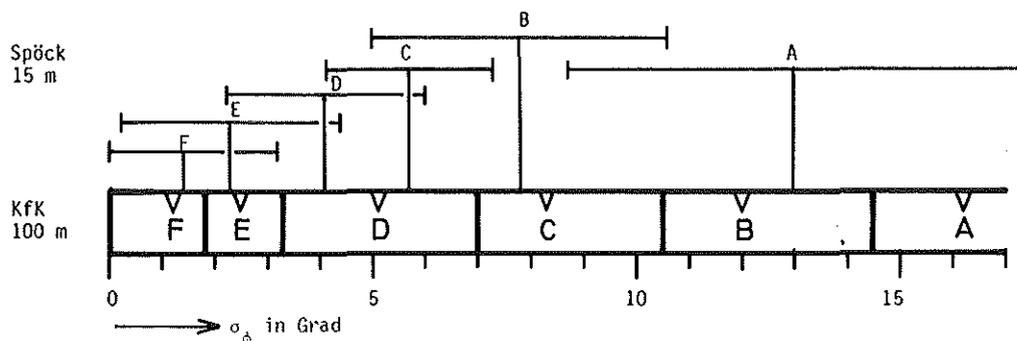


Abb. 7/2 Vergleich des σ_ϕ -Bereiches im KfK (100 m Höhe) und in Spöck (15 m)

7.1.3 Ausbreitungsstatistik

Bisherige Ausbreitungsstatistiken des KfK beruhen auf 1-h-Mittelwerten der Windgeschwindigkeit, Windrichtung und Ausbreitungskategorie. Neue Meßnetze der Landesämter für Umweltschutz und Sondermeßnetze des

Deutschen Wetterdienstes weisen immer häufiger eine Zeitbasis einer halben Stunde auf. Da auch unseren Ausbreitungsexperimenten diese Mittelungszeit zugrunde liegt, werden die Ausbreitungsstatistiken künftig auf Halbstundenwerten beruhen.

Routinemäßig wird ein Magnetband mit den $\frac{1}{2}$ -h-Mittelwerten folgender meteorologischer Größen monatlich erstellt, s. Tab. 7/1:

Meßwert	Meßhöhe
Windgeschwindigkeit	40 m und 60 m
Windrichtung	60 m
σ_θ) σ_ϕ) } der Vektorfahne	100 m
σ_θ der Windfahne	100 m
Strahlungsbilanz	1,5 m
Windprofil exponent	20,30,40,50,60,80,100,130,160 m
Temperaturgradient	30/100 m
Niederschlagsmenge	1 m
Ausbreitungskategorie bestimmt nach) σ_ϕ der Vektorfahne)	100 m
Ausbreitungskategorie bestimmt nach) Temperaturgradient und) Windgeschwindigkeit)	30/100 m bzw. 40 m
Ausbreitungskategorie bestimmt nach) σ_θ der Windfahne)	100 m

Tab. 7/1 Information des monatlichen Magnetbandes

Zur Erstellung langjähriger Ausbreitungsstatistiken auf gleicher Zeitbasis wurden obige Größen für die Jahre vor 1978 ebenfalls halbstundenweise abgespeichert.

Tab. 7/2 zeigt die dreiparametrische Häufigkeitsverteilung der Windrichtung, der Windgeschwindigkeit und der Ausbreitungskategorie im meteorologischen Jahr 1978. Die Ausbreitungskategorien wurden aus dem Temperaturgradient 30/100 m sowie der Windgeschwindigkeit in 40 m Höhe bestimmt. Windgeschwindigkeit und -richtung wurden in 60 m Höhe gemessen. Die Gesamthäufigkeit in den Windrichtungssektoren ist über jeder Einzeltabelle in Prozent angegeben. Am Ende der Tab. 7/2 ist die dreiparametrische Häufigkeitsstatistik auf eine zweiparametrische reduziert, indem über alle Windrichtungssektoren summiert wurde. Im Vergleich zur 5-jährigen Häufigkeitsverteilung, s. Abb. 7/3, nahm die Häufigkeit der Kategorien A und D zu, die der übrigen Kategorien ab.

Will man das Auswaschen der Schadstoffe durch Niederschlag berechnen, 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 auf der Basis von Halbstundenwerten erstellt. Der Niederschlag wurde in die Stufen Null bis Drei eingeteilt, s. Tab. 7/3.

Die vierparametrische Statistik ist zu umfangreich, um sie vollständig darzustellen. Für jede Niederschlagsstufe ist deshalb in Tab. 7/3 eine zweiparametrische Häufigkeitsstatistik dargestellt, die dadurch gewonnen wurde, daß über alle Windrichtungssektoren summiert wurde.

WINDGESCHWINDIGKEITSKATEGORIE (MESSHÖHE 60 m) IN m/s	AUSBREITUNGSKATEGORIE							AUSBREITUNGSKATEGORIE						
	A	B	C	D	E	F	SUMME	A	B	C	D	E	F	SUMME
	WINDRICHTUNGSSEKTOR							WINDRICHTUNGSSEKTOR						
	30 GRAD							210 GRAD						
	7.04 %							21.71 %						
0.6-1.0	0.16	0.09	0.16	0.49	3.99	0.41	2.30	0.33	0.05	0.08	0.24	0.13	0.03	0.56
1.1-1.5	0.41	0.33	0.57	3.37	1.58	0.97	7.06	0.0	0.05	0.58	0.75	0.40	0.59	1.96
1.6-2.0	0.92	0.74	0.57	2.96	2.71	2.46	10.34	0.13	0.24	0.53	1.46	0.39	0.29	3.65
2.1-4.0	1.72	4.93	8.05	17.98	14.78	15.11	62.56	0.51	1.76	3.59	10.36	9.03	4.18	29.42
4.1-8.0	0.0	0.90	2.96	7.88	3.69	2.30	17.73	0.09	1.49	6.07	34.69	10.04	5.75	58.12
8.1-15.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.05	6.13	0.05	0.0	6.28
15.1-30.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.11	0.0	0.0	0.11
SUMME	3.29	6.98	12.32	32.63	23.65	21.18	130.00	0.75	3.59	10.41	53.78	20.63	10.84	130.00
	60 GRAD							240 GRAD						
	12.93 %							21.55 %						
0.6-1.0	0.18	0.04	0.22	0.72	0.45	0.63	2.24	0.0	0.03	0.0	0.24	0.16	0.11	0.54
1.1-1.5	0.18	0.54	0.40	2.95	1.59	0.72	6.17	0.0	0.05	0.13	0.72	0.35	0.13	1.40
1.6-2.0	0.85	0.36	0.98	3.58	2.24	1.61	9.61	0.32	0.38	0.40	1.15	0.62	0.80	3.63
2.1-4.0	1.07	4.29	8.23	10.24	8.90	10.46	43.18	1.61	3.35	3.19	9.55	6.91	2.36	26.98
4.1-8.0	0.09	3.35	9.52	17.84	3.08	4.02	37.91	0.08	1.93	7.65	41.24	5.80	1.69	58.38
8.1-15.0	0.0	0.0	0.27	0.63	0.0	0.0	0.89	0.0	0.0	0.13	0.71	0.38	0.0	0.93
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	2.37	8.58	19.62	35.94	16.05	17.43	130.00	2.01	5.74	11.51	62.62	13.01	5.10	130.00
	90 GRAD							270 GRAD						
	6.62 %							6.20 %						
0.6-1.0	0.0	0.09	0.17	0.96	1.05	0.87	3.14	0.0	0.0	0.0	0.47	0.19	0.37	1.03
1.1-1.5	0.61	0.79	0.87	4.82	1.31	1.40	9.78	0.28	0.29	0.47	2.87	1.21	0.75	5.88
1.6-2.0	0.61	1.05	0.52	4.45	3.23	3.49	13.34	1.46	1.31	1.31	2.15	2.15	1.68	10.54
2.1-4.0	0.61	3.93	8.56	10.22	9.43	18.08	50.83	3.82	5.69	4.38	12.22	8.98	1.96	37.03
4.1-8.0	0.0	2.27	7.86	7.97	2.62	2.88	22.71	0.0	0.93	8.49	23.51	4.13	0.84	37.87
8.1-15.0	0.0	0.0	0.0	0.17	0.0	0.0	0.17	0.0	0.0	0.19	7.46	0.0	0.0	7.65
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	1.83	8.12	17.59	27.69	17.64	26.72	130.00	6.06	8.21	14.83	48.69	16.63	5.60	130.00
	120 GRAD							300 GRAD						
	4.46 %							2.73 %						
0.6-1.0	0.26	0.26	0.0	2.98	1.43	0.65	5.58	0.0	0.42	0.42	1.48	0.85	0.85	4.73
1.1-1.5	0.26	1.04	0.91	6.74	2.59	2.72	14.27	0.64	1.27	1.51	5.03	2.33	2.12	13.35
1.6-2.0	0.65	1.39	1.43	6.36	3.50	3.89	17.12	4.24	4.03	2.33	5.08	2.33	1.48	19.49
2.1-4.0	0.13	1.17	2.46	8.49	14.53	23.61	48.38	11.44	9.53	3.81	11.23	9.11	1.48	46.61
4.1-8.0	0.0	0.39	0.91	9.78	3.89	8.69	14.66	0.0	0.64	1.69	12.59	1.77	0.0	16.10
8.1-15.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.42	0.0	0.0	0.42
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	1.30	4.15	5.71	23.35	25.94	39.56	130.00	16.31	15.89	10.17	35.81	15.89	5.93	130.00
	150 GRAD							330 GRAD						
	3.10 %							2.81 %						
0.6-1.0	0.0	0.19	0.37	4.10	2.42	0.56	7.64	0.21	0.21	0.21	1.23	0.41	1.03	3.29
1.1-1.5	0.56	0.0	3.94	8.38	4.28	3.72	20.48	0.82	1.44	0.82	5.35	2.06	1.03	11.52
1.6-2.0	0.19	0.19	1.49	4.17	3.72	5.40	15.08	3.09	2.26	2.06	5.76	3.29	1.85	18.31
2.1-4.0	0.0	0.0	0.93	2.61	14.90	24.21	42.64	10.29	11.32	4.12	18.72	6.58	1.85	52.88
4.1-8.0	0.0	0.0	0.56	0.37	2.79	10.43	14.15	0.82	1.23	2.47	3.23	1.03	0.21	13.99
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	0.74	0.37	6.89	19.55	28.12	44.32	130.00	15.23	16.46	9.67	39.33	13.37	5.97	130.00
	180 GRAD							360 GRAD						
	3.64 %							5.99 %						
0.6-1.0	0.0	0.32	0.32	2.54	0.79	0.32	4.29	0.19	0.0	0.19	1.55	0.68	0.58	3.19
1.1-1.5	0.0	0.32	0.63	4.69	3.81	4.13	13.49	0.29	0.10	0.97	2.80	1.16	0.68	5.99
1.6-2.0	0.16	0.48	1.11	6.03	4.29	6.67	18.73	0.77	0.58	0.87	4.15	2.22	0.97	9.57
2.1-4.0	0.0	0.63	0.95	9.41	24.76	20.63	55.49	4.44	7.44	5.31	17.20	8.21	2.80	45.41
4.1-8.0	0.0	0.0	0.16	2.85	1.39	3.17	8.10	0.19	2.71	5.99	21.93	4.44	0.58	35.85
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	0.16	1.75	3.17	24.44	35.55	34.92	130.00	5.89	10.82	13.33	47.63	16.71	5.60	130.00

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	0.02	0.03	0.07	0.43	0.48	0.18	1.22
0.6-1.0	0.07	0.08	0.12	0.84	0.51	0.36	1.99
1.1-1.5	0.29	0.32	0.53	2.62	1.19	0.97	5.92
1.6-2.0	0.72	0.67	0.81	2.84	1.89	1.69	8.62
2.1-4.0	1.88	3.72	4.65	10.87	9.56	7.97	38.64
4.1-8.0	0.08	1.68	5.59	23.24	5.17	3.40	39.56
8.1-15.0	0.0	0.0	0.09	4.00	0.03	0.0	4.12
15.1-30.0	0.0	0.0	0.0	0.02	0.0	0.0	0.02
SUMME	2.97	6.50	12.26	44.87	18.83	14.57	100.00

Tab. 7/2 Ausbreitungsstatistik 1.12.1977 - 30.11.1978, Häufigkeit in %

AUFSUMMIERT UEBER ALLE WINDRICHTUNGSSEKTOREN

HÄUFIGKEIT IN PROZENT

NIEDERSCHLAGSTUFE 0: KEIN NIEDERSCHLAG (91,24 %)							
WG (M/S)	AUSBREITUNGSKATEGORIE						SUMME
	A	B	C	D	E	F	
0.0- 0.5	0.01	0.02	0.03	0.22	0.21	0.28	0.77
0.6- 1.0	0.11	0.13	0.25	0.76	0.58	0.71	2.55
1.1- 1.5	0.34	0.39	0.48	1.39	0.99	1.05	4.65
1.6- 2.0	0.58	0.66	0.69	1.74	1.43	1.43	6.53
2.1- 4.0	1.94	3.80	4.69	9.79	9.38	8.97	38.57
4.1- 8.0	0.12	2.12	7.99	20.39	7.03	5.22	42.88
8.1-15.0	0.0	0.02	0.49	3.52	0.02	0.00	4.04
15.1-30.0	0.0	0.0	0.01	0.01	0.0	0.0	0.02
SUMME	3.10	7.15	14.63	37.83	19.64	17.66	130.00

NIEDERSCHLAGSTUFE I: 0 + 0,5 mm/h (5,26 %)							
WG (M/S)	AUSBREITUNGSKATEGORIE						SUMME
	A	B	C	D	E	F	
0.0- 0.5	0.0	0.0	0.07	0.32	0.05	0.05	0.49
0.6- 1.0	0.0	0.12	0.12	0.89	0.67	0.27	2.07
1.1- 1.5	0.20	0.12	0.47	2.14	1.06	0.49	4.49
1.6- 2.0	0.12	0.20	0.30	2.44	1.21	0.99	5.25
2.1- 4.0	0.54	0.94	1.65	12.77	9.42	5.47	30.79
4.1- 8.0	0.07	0.30	2.56	32.22	6.43	2.79	44.81
8.1-15.0	0.0	0.0	0.71	11.26	0.07	0.0	12.05
15.1-30.0	0.0	0.0	0.02	0.02	0.0	0.0	0.05
SUMME	0.94	1.68	6.31	62.07	18.95	10.06	100.00

NIEDERSCHLAGSTUFE II: 0,51 + 3,0 mm/h (2,96 %)							
WG (M/S)	AUSBREITUNGSKATEGORIE						SUMME
	A	B	C	D	E	F	
0.0- 0.5	0.0	0.0	0.04	0.18	0.04	0.04	0.31
0.6- 1.0	0.0	0.0	0.13	1.04	0.39	0.18	1.75
1.1- 1.5	0.0	0.0	0.31	1.49	1.01	0.18	2.98
1.6- 2.0	0.0	0.0	0.19	1.97	1.45	0.31	3.90
2.1- 4.0	0.0	0.0	1.10	13.96	7.45	2.54	25.07
4.1- 8.0	0.0	0.0	1.71	39.40	6.75	2.28	50.13
8.1-15.0	0.0	0.0	1.49	14.20	0.13	0.0	15.82
15.1-30.0	0.0	0.0	0.0	0.04	0.0	0.0	0.04
SUMME	0.0	0.0	4.95	72.42	17.22	5.52	100.00

NIEDERSCHLAGSTUFE III: > 3,0 mm/h (0,54 %)							
WG (M/S)	AUSBREITUNGSKATEGORIE						SUMME
	A	B	C	D	E	F	
0.0- 0.5	0.0	0.0	0.0	0.24	0.24	0.0	0.48
0.6- 1.0	0.0	0.0	0.0	0.48	0.96	0.0	1.44
1.1- 1.5	0.0	0.0	0.0	0.24	1.20	0.24	1.67
1.6- 2.0	0.0	0.0	0.24	1.20	1.67	0.24	3.35
2.1- 4.0	0.0	0.0	0.72	12.26	4.31	2.87	20.33
4.1- 8.0	0.0	0.0	3.59	46.89	6.46	0.96	58.13
8.1-15.0	0.0	0.0	0.96	13.64	0.0	0.0	14.59
15.1-30.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
SUMME	0.0	0.0	5.59	75.32	14.83	4.31	100.00

Tab. 7/3 Niederschlagsstatistik

Niederschlagsfrei ist es in 91,2 % der Zeit. In der übrigen Zeit beträgt die relative Häufigkeit der ersten Niederschlagsstufe 60,2 %, um dann in der zweiten und dritten Stufe auf eine relative Häufigkeit von 34,1 bzw. 5,7 % zurückzugehen. Deutlich ist ein zunehmendes Überwiegen der Ausbreitungskategorie D sowie höherer Windgeschwindigkeiten mit wachsender Niederschlagsintensität zu sehen.

In Tab. 7/4 sind die monatlichen Niederschlagsmengen der Jahre 1965 bis 1978 aufgeführt. Das Jahr 1978 war, verglichen mit dem langjährigen Durchschnitt, zu naß. Am auffälligsten ist dabei der Mai, der die zweithöchste monatliche Niederschlagsmenge in den letzten 14 Jahren erbrachte (höchste = August 1968).

Niederschlag in mm	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	14-Jahresmittel
Januar	90,5	49,6	29,8	69,7	34,6	50,7	33,6	19,9	11,7	35,4	52,6	64,3	65,5	37,2	46,1
Februar	19,9	37,0	26,1	53,9	79,5	120,3	15,6	7,3	49,7	49,6	26,3	12,6	112,2	37,7	46,3
März	65,2	47,4	71,1	30,4	63,6	48,0	25,1	31,4	18,4	54,3	48,4	20,5	24,7	58,1	43,3
April	81,8	56,0	34,3	122,5	87,9	70,0	19,0	71,2	48,4	19,3	32,5	41,8	38,6	29,8	53,8
Mai	92,0	36,3	35,9	71,3	90,2	138,4	62,5	75,2	69,9	46,6	30,0	26,3	23,3	233,1	73,6
Juni	125,1	84,4	41,6	113,7	99,6	44,2	90,0	75,5	88,5	62,7	134,8	23,7	86,1	86,3	82,6
Juli	123,5	72,1	64,4	75,5	55,7	58,9	24,8	58,1	72,7	119,4	82,3	89,2	33,7	130,8	75,8
August	44,9	110,3	51,2	255,3	96,3	45,2	73,3	84,5	55,8	43,9	68,3	40,7	52,7	38,8	76,2
September	62,9	23,5	80,3	83,5	11,7	54,9	13,1	34,7	21,6	42,4	104,6	107,2	26,7	57,9	51,8
Oktober	12,2	60,3	62,1	48,8	3,3	72,3	21,5	29,9	69,1	123,3	25,2	36,0	24,4	47,1	45,4
November	91,2	48,1	55,8	22,9	75,4	35,3	82,7	102,0	90,6	55,3	62,9	40,2	83,0	20,4	61,8
Dezember	131,0	105,9	59,2	42,0	21,3	32,2	16,3	18,0	44,7	81,2	21,1	57,8	43,5	82,3	54,0
Jahresmenge	940,2	730,9	611,8	989,5	719,1	770,4	477,5	607,7	641,1	733,4	689,0	560,3	614,4	859,5	710,3

Tab. 7/4 Niederschlagsmengen der Jahre 1965 - 1978 im KfK

7.1.4 Häufigkeitsverteilung des σ_ϕ

Die σ_ϕ -Werte in 100 m Höhe, die für die Jahre 1973 - 1977 als 10-min-Mittelwerte vorliegen, wurden zu 0,5-h-Mittelwerten zusammengefaßt. Daraus wurde die in Abb. 7/3 dargestellte Summenhäufigkeitsverteilung bestimmt. Bei der Zusammenfassung zu 0,5-h-Mittelwerten wurde eine durch Kalibrierfehler bedingte Korrektur der σ_ϕ -Werte vorgenommen. Dies bedingt eine entsprechende Korrektur auch der σ_ϕ -Grenzen für die Festlegung der Ausbreitungskategorien. Die modifizierte Einteilung, die Häufigkeit der Kategorien und das mittlere σ_ϕ der einzelnen Kategorien zeigt Abb. 7/3.

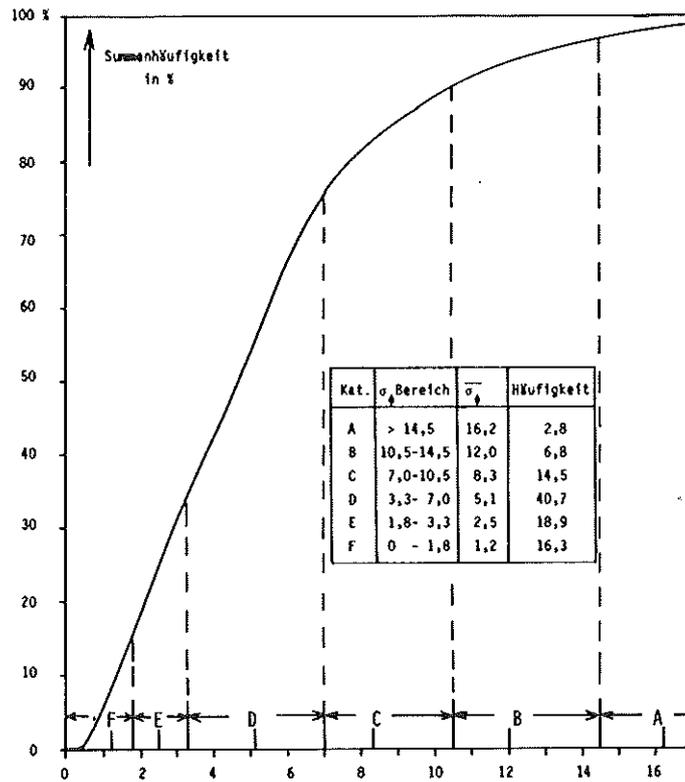
7.1.5 Weitergabe meteorologischer Daten

Am Geodätischen Institut der Universität Karlsruhe läuft ein Programm zur Vermessung des Rheingrabens. Zur Auswertung und Korrektur der optischen Messungen wird der Zustand der Atmosphäre auf den Meßstrecken benötigt. Für insgesamt 15 mehrstündige Meßkampagnen wurden die Vertikalprofile von Windrichtung und Windgeschwindigkeit, Temperatur und Feuchte sowie Luftdruck, Niederschlag und Strahlung auf Lochkarten bereitgestellt.

Die Firma KA-PLAN, Heidelberg, benötigt Meßwerte der Windgeschwindigkeit, Windrichtung und Lufttemperatur für eine Studie "Heizen mit Windenergie". Die Daten mehrerer Jahre wurden auf Magnetbänder überspielt und an die Firma weitergegeben.

Die Firma KOHLTURM, Karlsruhe, erhielt Temperatur- und Feuchtigkeitsstatistiken.

Das IRCH untersucht schwefelhaltige Luftverunreinigungen. Hierfür wurden für 40 jeweils 4- bis 5-stündige Zeiträume die Meßwerte von sieben meteorologischen Größen ausgedruckt und dem IRCH zur Verfügung gestellt.

Abb. 7/3 Summenhäufigkeit des $\sigma_{\phi 100}$ für die Jahre 1973-1977

7.2 Meßwerterfassung und -verarbeitung

M. Becker, P. Thomas

7.2.1 Instrumentierung

In Tab. 7/5 sind die diesjährigen Ausfallraten der Meßinstrumente im Vergleich zu denen der Vorjahre aufgeführt. Nur die Ausfallraten der Vektorfahnen und der Taupunktfühler sind im Jahre 1978 angestiegen.

Instrument	Ausfallrate in %					
	1978	1977	1976	1975	1974	1973
Anemometer	1,2	5,8	0,7	0,6	2,4	2,2
Schwertwindfahne	0,0	0,1	0,0	0,1	1,7	7,1
Taupunktfühler	9,3	5,2	9,0	12,6	12,1	21,7
Temperaturfühler	0,4	0,9	2,3	1,4	1,6	9,4
Vektorfahne ($\sigma_\theta, \sigma_\phi$)	11,8	8,3	10,5	16,2	16,5	28,0
Luftdruckgeber	1,0	5,4	3,4	5,3	0,9	11,5
Niederschlagsmesser	0,7	1,4	0,6	2,5	0,5	28,5
Strahlungsmesser	0,3	0,3	0,8	2,0	2,3	2,6

Tab. 7/5 Ausfallraten der meteorologischen Meßinstrumente

Der vermehrte Ausfall der Taupunktfühler läßt sich durch deren Alterung erklären. Es mußten drei dieser Instrumente durch neue ersetzt werden. An einem Taupunktfühler wurden Umbauten vorgenommen, um Kontaktschwierigkeiten zu beheben. Beim Test im Freien zeigte sich jedoch, daß vor einer Verwendung am Mast noch eine Weiterentwicklung dieses Gerätes notwendig ist. Es wurde ein Feuchtefühler beschafft, dessen Meßprinzip auf der Kapazitätsabhängigkeit eines Kondensators von der Feuchte beruht. Bei den bisher verwendeten Feuchtefühlern wird die Abhängigkeit des Phasenübergangs einer LiCl-Lösung von der Luftfeuchte ausgenutzt. Das Meßprinzip des Kondensator-Feuchtefühlers ist grundsätzlich einfacher und trägheitsloser. Der neue Feuchtefühler wird noch getestet.

Eine Überprüfung der Sigmameter zeigte, daß die übliche Kalibrierung seit dem 1. Dezember 1974 zu einer Überschätzung der gemessenen Werte um mehr als 10 % führte. Daraufhin ist eine andere Methode der Kalibrierung eingeführt worden, die eine korrekte Messung ermöglicht. Die Sigmameter der Vektorfahren erfaßten im meteorologischen Jahr 1978 einen Frequenzbereich des σ_ϕ bis hinunter zu $\nu = 1/600$ Hz. Da damit eine zu lange Mittelungszeit von 50 Minuten verbunden ist, wird der Frequenzbereich ab 1. Dezember 1978 wieder bei $\nu = 1/180$ Hz abgeschnitten. Die zugehörige Mittelungszeit beträgt 15 Minuten.

7.2.2 Datenerfassung

Die an CALAS (Computer Aided Laboratory Automation System) angeschlossene Anlage zur automatischen Erfassung und Berechnung der meteorologischen Daten arbeitet weiterhin zuverlässig. In der Zeit vom 1.12.1977 bis 30.11.1978 gingen durch Pannen, Reparatur und Wartung 290 10-min-Datenblöcke von 52 560 möglichen (0,55 %) verloren. In diesen Ausfällen sind auch 201 Datenblöcke enthalten, die bei CALAS durch Defekte am Bandgerät gelöscht wurden. An allen Ausfällen ist CALAS mit 70 % beteiligt. In den vergangenen Jahren betragen die Ausfälle 4,24 % (1977), 1,19 % (1976) und 1,23 % (1975).

7.2.3 CALAS - Benutzerprogramme

Die bei CALAS abgelegten meteorologischen Daten können mit Hilfe von Benutzerprogrammen in geordneter und aufbereiteter Form auf Sichtgeräten dargestellt bzw. auf Schnelldruckern gelistet werden. Die Liste der Benutzerprogramme wurde wie folgt erweitert:

Die Tagesmittelwerte einiger meteorologischer Größen werden täglich automatisch berechnet und ausgedruckt, s. Tab. 7/6. Dabei wird überprüft, ob die 10-min-Mittelwerte in einem physikalisch sinnvollen Bereich liegen.

CALAS berechnet das Integral der bodennahen Aktivitätskonzentration in der Umgebung einer Quelle bei mehrstündiger Aktivitätsfreisetzung. Dabei handelt es sich um die Summe der 10-min-Konzentrationsintegrale, die sich aufgrund der wechselnden meteorologischen Verhältnisse ergeben.

Die Berechnung erfolgt unter der Annahme einer doppelten Gaußverteilung in Entfernungen zwischen 0,1 und 20 km von der Quelle. Die Konzentrationen werden an 3312 Rasterpunkten berechnet und in Zeitschritten von 10 min aufsummiert. Innerhalb der Schrittdauer von 10 min werden stationäre Ausbreitungsbedingungen angenommen.

Auf dem Bildschirm werden das Maximum sowie die 50 %, 10 %, 1 % und 1 %-Isolinie der Konzentrationsintegrale angegeben. Die Isolinien werden durch diskrete Punkte dargestellt: Am Bildschirm leuchten stets die Rasterpunkte auf, die innerhalb einer bestimmten Bandbreite ein Konzentrationsintegral von 50 %, 10 % usw. des Maximalwertes aufweisen.

METEOR, GROESSE	MESSHOEHE IN M	MITTEL WERT	EINHEIT	ZAHL DER MESSWERTE INNERHALB AUSSERHALB DES GUELTIGKEITSBEREICHS	
WINDGESCHWINDIGKEIT	60	25	1/10 M/S	144	0
WINDRICHTUNG	60	26	GRAD	144	0
TAUPUNKT	2	- 29	1/10 C	144	0
LUFTTEMPERATUR	2	- 21	1/10 C	144	0
LUFTTEMPERATUR	100	- 27	1/10 C	144	0
VEKTORFAHNE S, PHI	100	73	1/10 GRAD	144	0
LUFTDRUCK	0	7517	1/10 TORR	144	0
NIEDERSCHLAG	1	2	1/100 MM	144	0

Tab. 7/6 Mittelwerte der meteorologischen Daten vom 29.11.1978

Der Operateur ruft das Programm über die Tastatur auf. Anschließend muß er folgende Daten eingeben:

- Bandbreiten für Isolinien
- Emissionsrate
- Anfangsdatum und -zeit
- Enddatum und -zeit, bis zu der das Konzentrationsintegral gebildet werden soll
- Emissionshöhe.

Nach Beendigung der Rechnung und der Darstellung auf dem Bildschirm kann man jeweils durch Knopfdruck oder automatisch die Integration in 10-min-Schritten fortsetzen. Nach jedem 10-min-Schritt wird die neue Verteilung am Bildschirm angezeigt. Das erlaubt, den zeitlichen Aufbau des Konzentrationsintegrals zu beobachten.

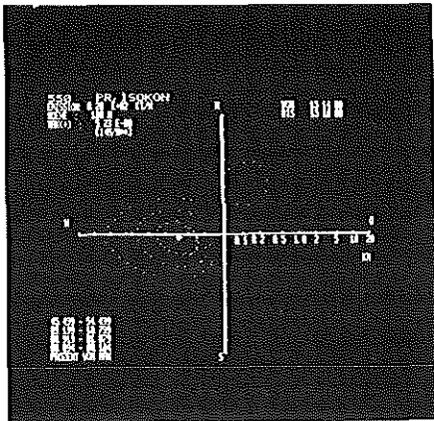
Abb. 7/4 zeigt das Konzentrationsintegral bei einer angenommenen Emission von 20 Ci/h aus einem 100 m hohen Kamin mit aktuellen meteorologischen Daten. Die Emission dauerte vom 15.6.1978, 14⁰⁰ h bis zum 16.6.1978, 2⁰⁰ h. Zu Beginn herrschten östliche Winde, die zu einer maximalen Umgebungsbelastung von $5,23 \cdot 10^{-8}$ Ci/h/m³ 300 m westlich des Schornsteins führten. Kurz nach 18⁰⁰ h drehte der Wind nach Südwest und baute die Kontamination im Nordosten der Quelle auf. Dennoch änderte das Maximum weder Betrag noch Lage zwischen 18⁰⁰ h und 23⁰⁰ h. Am 16.6.1978, 2⁰⁰ h, lag das Maximum im Nordosten bei 500 m Quellentfernung. Der Maximalwert war nun auf $8,54 \cdot 10^{-8}$ Ci/h/m³ angewachsen.

7.3 Ausbreitungsversuche

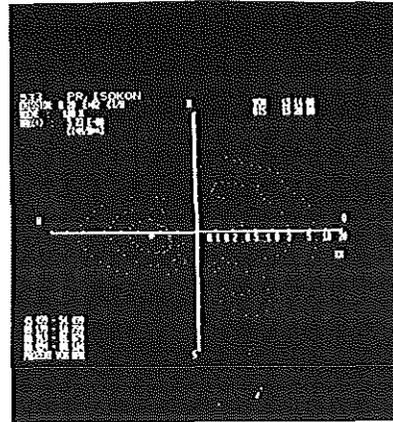
7.3.1 Durchführung

M. Becker, J. Hiller, H. Schüttelkopf, P. Thomas, S. Vater, S. Vogt

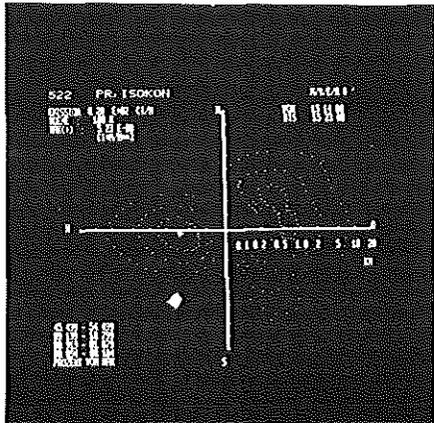
1978 fanden die neun in Tab. 7/7 zusammengestellten Ausbreitungsversuche statt. Bei allen Versuchen wurden simultan die Tracer CF₂Br₂ bzw. CFCI₃ von der 160-m- bzw. 195-m-Plattform des meteorologischen Mastes freigesetzt. Die Probenahme zur Bestimmung der Konzentrationsverteilung erfolgte zwischen 14⁰⁰ h und 15⁰⁰ h



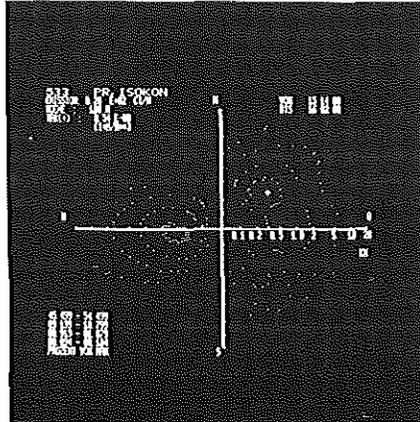
4 h nach Emissionsbeginn



6 h nach Emissionsbeginn



9 h nach Emissionsbeginn



12 h nach Emissionsbeginn

Abb. 7/4 Sichtgerätdarstellungen des Konzentrationsintegrals,
 Quellhöhe 100 m, Emissionsbeginn am 15.6.1978, 14 h

in zwei Sammelperioden à 30 min Dauer an mehr als 50 Positionen im Lee des Mastes. Die Entfernung der Probenahmestellen zum Mast betrug zwischen 0,3 und 9 km. Bei den Versuchen Nr. 56 und 59 drehte der Wind vor und während der Probenahme aus dem Versuchsfeld heraus. Ausbreitungsparameter können für diese Versuche nicht ermittelt werden. Das gleiche gilt für die 2. Periode von Versuch Nr. 60.

Für den Tracer CF_2Br_2 wurde ein neuer Verdampfer in Betrieb genommen. Sein Fassungsvermögen beträgt 120 kg gegenüber früher 46 kg. Damit wurde das Produkt aus Emissionsrate und Emissionszeit um den Faktor 2,6 gesteigert.

Seit April 1978 stehen 80 neue Leitgeräte zur Steuerung der Stromstoßventile an den Probenahmegefäßen zur

Verfügung . Im Unterschied zu den bisher benutzten Leitgeräten sind sie mit zuverlässigeren Akkus und einer Diagnosebuchse ausgestattet. Zu den neuen Leitgeräten gehört ein Wartungsschrank. Dieser kann 162 Leitgeräte aufnehmen. Beim Einschleiben in den Wartungsschrank werden die Leitgeräte über die Diagnosebuchse mit dem Schrank elektrisch verbunden. Im Wartungsschrank können die Akkus der Leitgeräte geladen und die Leitgeräte einem Funktionstest unterzogen, gelagert und simultan gestartet werden. Die früher benutzten Leitgeräte werden zur Zeit ebenfalls mit den zuverlässigeren Akkus und der Diagnosebuchse ausgerüstet.

Die Inbetriebnahme des größeren Verdampfers und der neuen Leitgeräte mit dem Wartungsschrank bereitete zunächst Schwierigkeiten. Deshalb konnten im ersten Quartal 1978 keine Versuche durchgeführt werden.

Bei dem bereits Ende 1977 bei Kategorie D durchgeführten Versuch Nr. 54 lagen nur wenige Meßwerte über der Nachweisgrenze. Die Schwankungsbreite σ_{ϕ} der in 100 m Höhe mit einer Vektorfahne gemessenen vertikalen Windrichtungsfluktuation lag unter $4,5^{\circ}$. Bei solch geringer atmosphärischer Turbulenz werden in Zukunft keine Versuche mit Emissionshöhen über 100 m mehr durchgeführt. In der Versuchsserie mit Emissionshöhen von 160 m und 195 m sind deshalb keine Nachtversuche geplant. Die tagsüber durchgeführten Versuche umfassen nur die Kategorie A bis D; herrscht Kategorie D, so muß $\sigma_{\phi} > 5^{\circ}$ sein.

Laufende Nr.	Stabilitäts-kategorie	Datum	Probenahmesektor			
			Sektormitte	Sektorbreite	Quellentfernung in m	
					min.	max.
55	C	5. 4.	50°	90°	300	5000
56	A	25. 4.	150°	130°	200	3200
57	A	27. 4.	20°	160°	300	2500
58	C	8. 6.	260°	80°	350	5500
59	A	27. 7.	230°	90°	200	3200
60	A/B	5. 9.	60°	120°	250	4000
61	D	27. 9.	225°	90°	600	8000
62	C	27.10.	80°	120°	400	5000
63	D	14.12.	225°	80°	700	9000

Tab. 7/7 Im Jahre 1978 durchgeführte Ausbreitungsversuche

7.3.2 Ausbreitungsparameter

K. Nester, P. Thomas

7.3.2.1 Emissionshöhen von 60 m und 100 m

Tab. 7/8 zeigt, wieviele auswertbare Versuche bzw. Sammelperioden auf jede Ausbreitungskategorie entfallen. Wurden in derselben Höhe zwei Tracer simultan freigesetzt, so ist dieser Versuch doppelt gezählt.

Zur Bestimmung der Ausbreitungsparameter wurden zunächst die Perioden eines Versuches einzeln ausgewertet und anschließend die Perioden eines Versuches zusammengefaßt und in einem least square fit ausgewertet. Die azimutale Lage der Probenahmestellen wird dabei so gedreht, daß die Ausbreitungsrichtungen der einzelnen

Perioden aufeinanderfallen. Schließlich wurden alle Versuche der gleichen Kategorie logarithmisch zusammengefaßt.

Die für die Emissionshöhe 100 m ermittelten Ausbreitungsparameter σ_y und σ_z wurden mit Hilfe des in Kap. 7.3.2.3 beschriebenen Verfahrens geglättet und sind in den Abb. 7/5 a und b dargestellt.

Die für die Emissionshöhe 60 m ermittelten Ausbreitungsparameter wurden bei dem Verfahren der gleichzeitigen Glättung und Zentrierung, s. Kap. 7.3.2.3, verwendet.

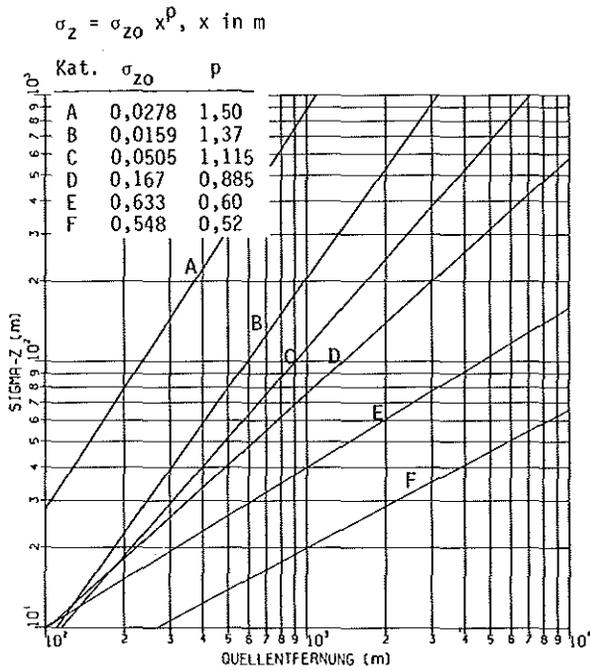
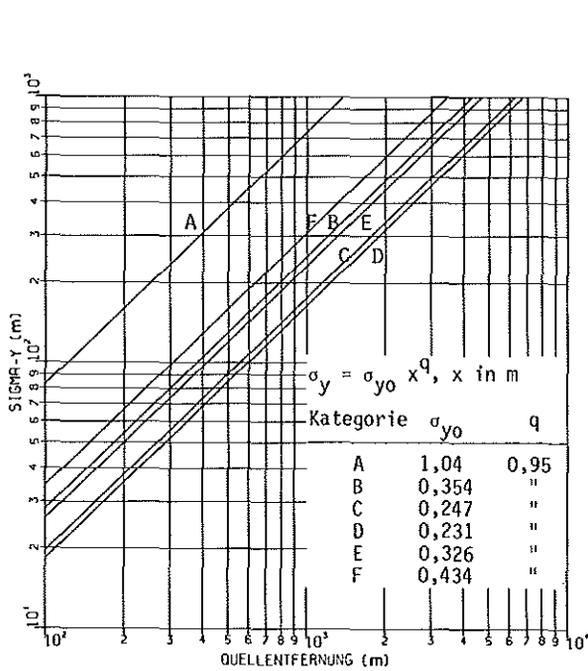


Abb. 7/5 a

Abb. 7/5 b

Ausbreitungsparameter σ_y und σ_z , Emissionshöhe 100 m, geglättet

Kategorie	Zahl der Versuche		Zahl der Perioden	
	H = 60 m	H = 100 m	H = 60 m	H = 100 m
A	2	4	4	7
B	1	4	2	7
C	6	4	11	11
D	6	11	10	22
E	3	4	6	6
F	2		4	

Tab. 7/8 Auswertbare Ausbreitungsversuche mit Emissionshöhen von 60 m und 100 m

7.3.2.2 Emissionshöhen von 160 m und 195 m

Bisher wurden acht Versuche, die den Kategorien A,B (2 Versuche),C(3) und D(2) zugeordnet sind, ausgewertet, s. Abbn. 7/6 a und b. Die Zusammenfassung der B-,C- und D-Versuche erfolgte logarithmisch. Der Unterschied zwischen den Ausbreitungsparametern der Emissionshöhen 160 m und 195 m ist nur schwach ausgeprägt. Um ihn nicht zu verwischen, wurde auf eine Glättung nach Kap. 7.3.2.3 verzichtet.

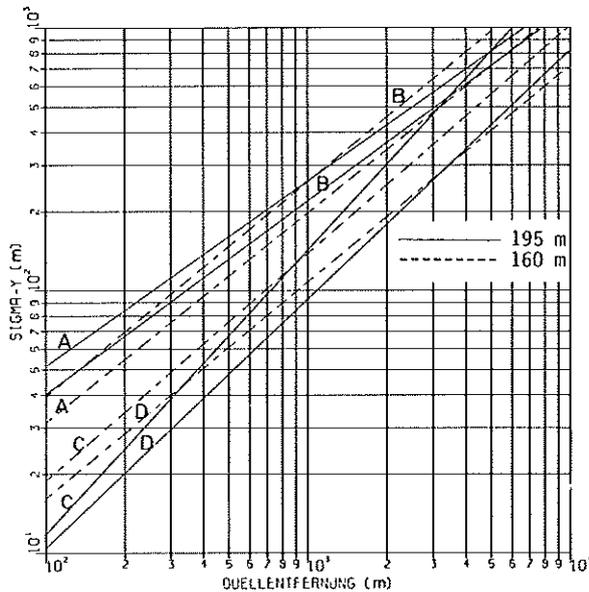


Abb. 7/6 a

Aus Experimenten ermittelte Ausbreitungsparameter σ_y und σ_z , Emissionshöhen 160 m und 195 m (ungeglättet, nicht zentriert)

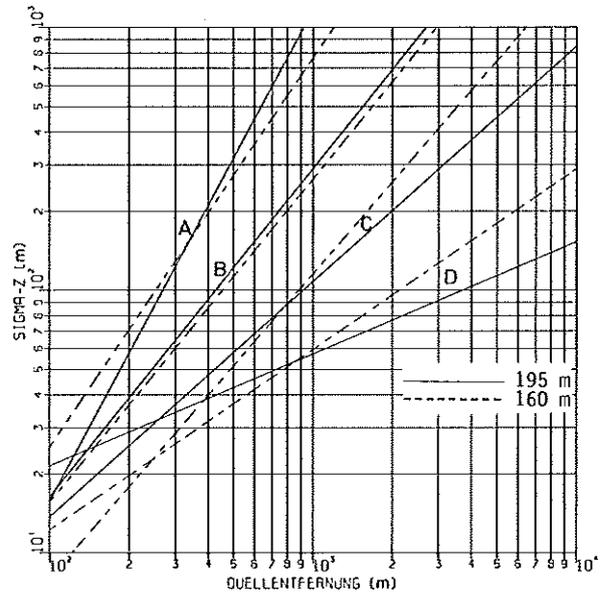


Abb. 7/6 b

7.3.2.3 Glättung und Zentrierung der Ausbreitungsparameter für 60 m und 100 m Quellhöhe

Die für die Emissionshöhen 60 m und 100 m ermittelten Ausbreitungsparameter σ_y und σ_z lassen bezüglich der Abhängigkeit von der Emissionshöhe noch keine einheitlichen Aussagen zu. Um die Ausbreitungsparameter für Ausbreitungsrechnungen auf eine statistisch breite Basis zu stellen, wurden die Parameter beider Emissionshöhen zusammengefaßt.

Die Exponenten der σ -Kurven, die sich unmittelbar aus den Experimenten ergeben, zeigen in Abhängigkeit von den Kategorien keinen monotonen Verlauf. Für die praktische Anwendung erscheint jedoch ein monotoner Verlauf der Exponenten zweckmäßig. Dieses Ziel könnte durch eine größere Zahl weiterer Experimente erreicht werden; ein solcher Aufwand ist jedoch in Anbetracht der Erfolgsunsicherheit nicht gerechtfertigt. Das sinnvollere Vorgehen besteht in einer geeigneten Glättung der σ -Kurven. Diese Glättung sollte derart erfolgen, daß damit keine Verminderung der Zuverlässigkeit der Ausbreitungsparameter verbunden ist.

Die Unsicherheitsbereiche der σ -Kurven der Einzelversuche zeigen, innerhalb welchen Bereichs die geeignete σ -Kurve liegt. Die errechnete Einzelkurve, die mathematisch zur kleinsten Fehlerquadratsumme führt, stellt lediglich die wahrscheinlichste Lösung dar.

Die Auswertung der Einzelversuche zeigt, daß um das Maximum der Konzentration der Unsicherheitsbereich am kleinsten ist. Bei der Glättung wird deshalb angestrebt, daß die Lage x_{\max} und der Betrag s_{\max} dieses Maximums erhalten bleiben. Dabei wird im einzelnen wie folgt vorgegangen.

Die σ -Kurven werden in der Form $\sigma_{yj} = \sigma_{y0j} x^{qj}$, $\sigma_{zj} = \sigma_{z0j} x^{pj}$ dargestellt.

- Der Exponent p_j der verschiedenen Kategorien j wird in Abhängigkeit von der mittleren Streuung der vertikalen Windrichtung $(\overline{\sigma_\phi})_E$, die sich aus den Messungen während der Experimente ergibt, aufgetragen. Die Exponenten der Kategorie C, D und F können durch eine Gerade verbunden werden. Der Verlauf dieser Geraden bestimmt die "geglätteten" Exponenten der Kategorien A, B und E. Dabei wird p_j aufgrund theoretischer Überlegungen auf die Werte zwischen 1,5 und 0,5 beschränkt.
- Die $\sigma_y(x)$ -Kurven aus den Einzelversuchen sind mit zum Teil recht großen Unsicherheiten behaftet. Außerdem variieren die q_j innerhalb einer Kategorie beträchtlich. Bei der Kategorie D z.B. liegen die Exponenten zwischen 1,8 und 0,4. Aus diesen Gründen wurde für alle σ_y -Kurven als "geglätteter" Exponent der arithmetische Mittelwert der berechneten q_j aller Experimente festgelegt.
- Die Entfernungen x_{max} für eine Quellhöhe von 80 m werden in Abhängigkeit von $(\overline{\sigma_\phi})_E$ im doppellogarithmischen Maßstab durch eine glatte Kurve angenähert. Diese Kurve bestimmt für jedes $(\overline{\sigma_\phi})_E$ das zugehörige x_{max} . Mit gegebenem p_j und q_j wird daraus das zugehörige σ_{z0j} berechnet.
- Analog zu x_{max} wird auch mit s_{max} verfahren, was die Berechnung der modifizierten σ_{y0j} ermöglicht.

Damit liegen die "geglätteten" Ausbreitungsparameter $\sigma_z(x)$ und $\sigma_y(x)$ fest.

Die $(\overline{\sigma_\phi})_E$ -Werte der einzelnen Kategorien entsprechen nicht den Mittelwerten $\overline{\sigma_{\phi j}}$ der Kategorien j , wie sie sich aufgrund der Statistik der Jahre 1973 bis 1977 ergeben, s. Abb. 7/3, Kap. 7.1.4. Es erscheint deshalb angebracht, die σ -Kurven so zu verschieben, daß sie den $\overline{\sigma_{\phi j}}$ zugeordnet sind. Diese "Zentrierung" der Ausbreitungsparameter erfolgt in den entsprechenden Abschnitten des Glättungsverfahrens. Statt $(\overline{\sigma_\phi})_E$ wird lediglich $\overline{\sigma_{\phi j}}$ verwendet.

Die durch Glättung und Zentrierung ermittelten σ -Kurven sind in den Abbildungen 7/7 a und b dargestellt.

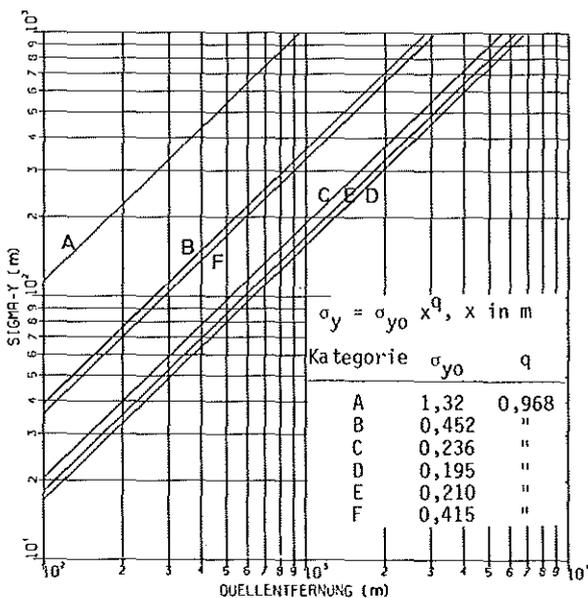


Abb. 7/7 a

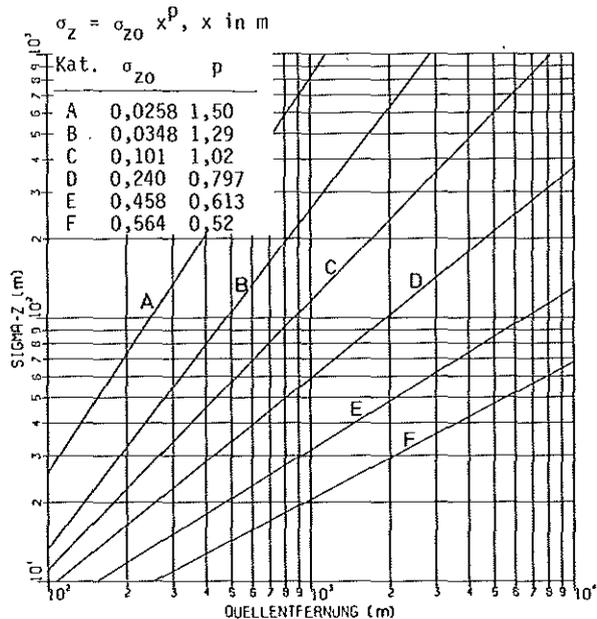


Abb. 7/7 b

Ausbreitungsparameter σ_y und σ_z , Emissionshöhen 60 m und 100 m, geglättet und zentriert

7.3.2.4 Glättung und Zentrierung der Ausbreitungsparameter für 160 m und 195 m Quellhöhe

Obwohl die Versuchsreihe noch nicht abgeschlossen ist, wurden wegen des großen Interesses an Ausbreitungsparametern für Quellhöhen über 100 m die bisherigen σ_y - und σ_z -Parameter für 160 m und 195 m Quellhöhe entsprechend den Methoden für die unteren Quellhöhen bearbeitet. Dabei flossen die Ergebnisse aus diesen Höhen in die Auswertung mit ein. Die Zuordnung erfolgt über die Quellentfernung des Konzentrationsmaximums. Der einheitliche Exponent der σ_y -Kurven entspricht dem Mittelwert aus allen Einzelauswertungen mit den großen Quellhöhen. Er unterscheidet sich um 0,1 von demjenigen für die niedrigen Quellhöhen. Entsprechend dem Vorgehen für die niedrigen Quellhöhen wurde auch eine Zentrierung der σ -Parameter auf die Mitte der Kategorien über $\overline{\sigma_{\phi j}}$ vorgenommen. Das Glättungs- und Zentrierungsverfahren unter Verwendung der σ -Parameter für die niedrigeren Quellhöhen ermöglicht außerdem eine Extrapolation der σ -Parameter für die Kategorien E und F, die nicht experimentell bestimmt werden können.

Somit kann auch für die oberen Quellhöhen ein kompletter Satz von Ausbreitungsparametern erstellt werden, der in den Abb. 7/8 a und b wiedergegeben ist.

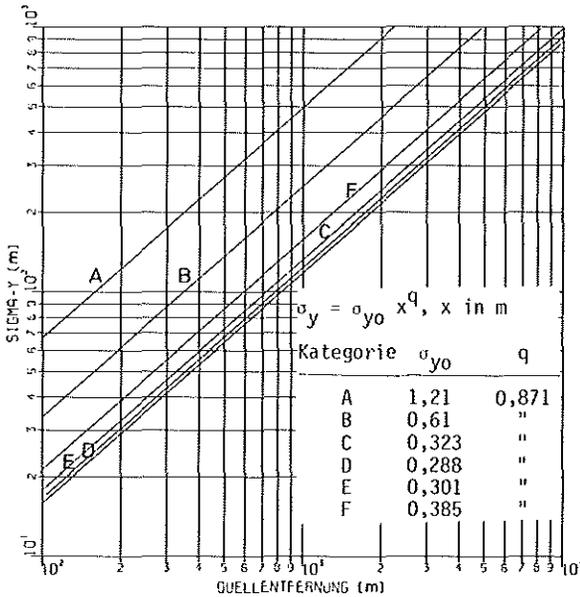


Abb. 7/8 a

Ausbreitungsparameter σ_y und σ_z , Emissionshöhen 160 m und 195 m, geglättet und zentriert

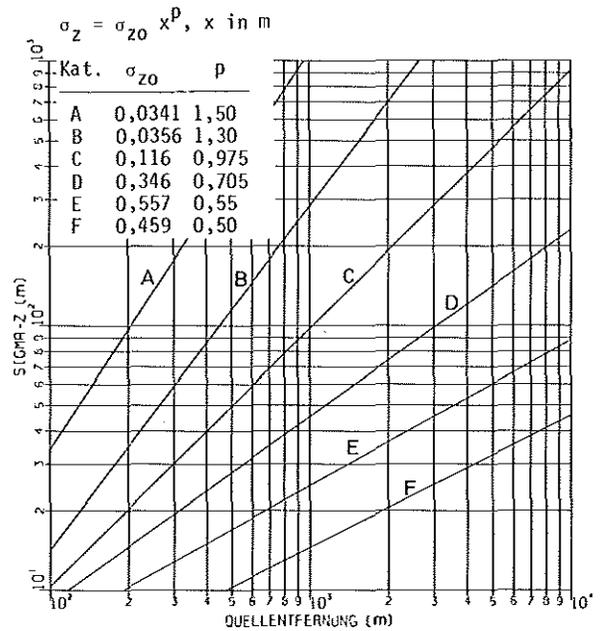


Abb. 7/8 b

7.3.2.5 Einfluß der Mittelungszeit auf σ_y

Beim Betrieb kerntechnischer und konventioneller Anlagen gibt es neben kontinuierlichen auch Kurzzeitemissionen. Die Dauer solcher Kurzzeitemissionen beträgt bis zu einigen Stunden. Die Ausbreitungsparameter gelten aber meist für Mittelungszeiten von etwa 0,5 h. Während sich der vertikale Ausbreitungsparameter σ_z bei Mittelungszeiten größer 0,5 h nicht mehr ändert, vergrößert sich im allgemeinen der horizontale Ausbreitungsparameter σ_y mit zunehmender Mittelungszeit. Um die üblichen Ansätze der Ausbreitungsrechnung verwenden zu können, muß der Einfluß der Mittelungszeit auf σ_y bestimmt werden.

Ausgehend von den Messungen der Windrichtung und -geschwindigkeit in 100 m Höhe am meteorologischen Mast

des KfK von 1975 wurde die Vergrößerung des σ_y von 0,5 h auf 3 h Mittelungszeit unter der vereinfachenden Annahme eines instationären, aber homogenen Windfeldes berechnet.

Für die verallgemeinerten, mittleren σ_y -Kurven wird der Ansatz

$$\sigma_y(t,x) = \sigma_y(0,5 \text{ h}, x) \cdot V_M(t,x)$$

gemacht, wobei V_M der geometrische Mittelwert aller berechneten Einzelwerte von V ist. Die Kurven $V_M(t,x)$ sind in Abb. 7/9 dargestellt.

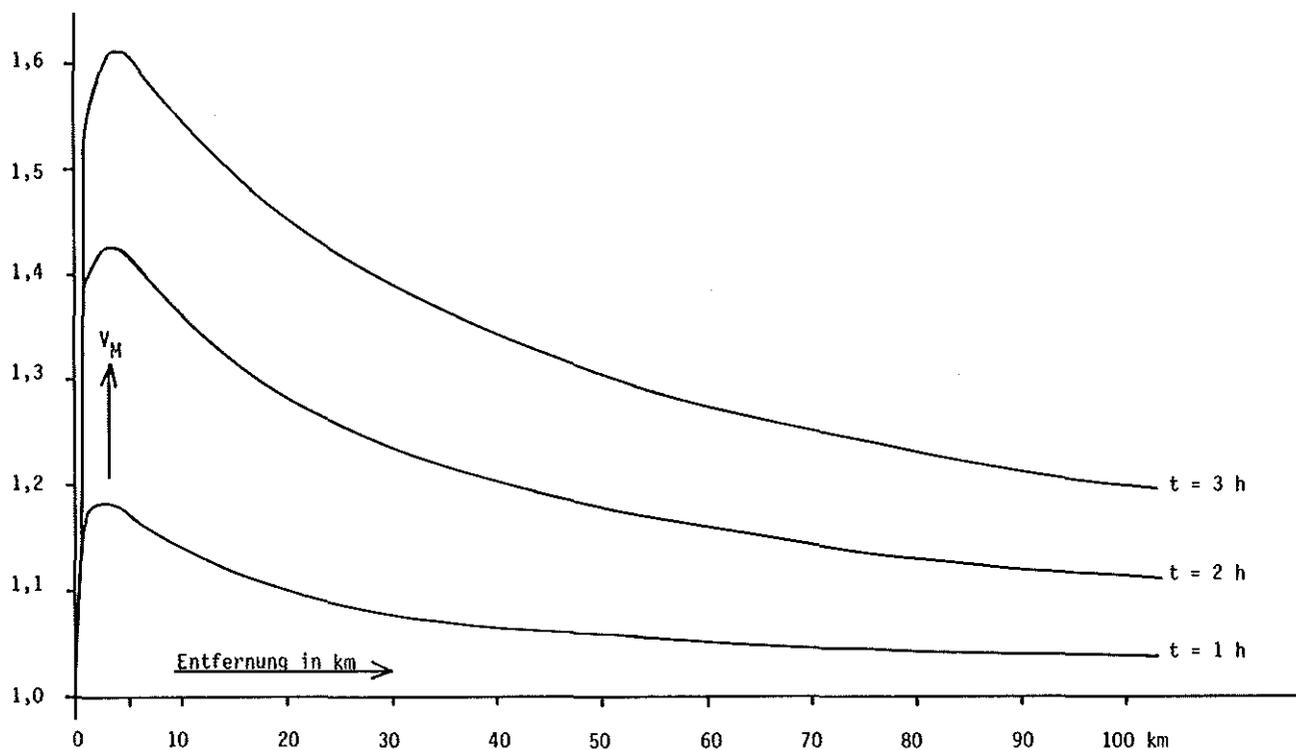


Abb. 7/9 Kurven zur Berechnung des σ_y für eine Emissionsdauer bis 3 h

7.4 Tetroonflüge

P. Thomas, S. Vogt

7.4.1 Flugserien

Zusammen mit dem in Neuhausen ob Eck stationierten Meßzug des Geophysikalischen Beratungsdienstes wurden bei bisher zwei Flugserien insgesamt 10 Tetroonflüge durchgeführt, s. Tab. 7/9.

Ziel der am 25.8.1977 am Witthoh südlich von Tuttlingen durchgeführten Flüge war die gemeinsame Erprobung von mobilem Radar und mobiler Stromversorgung. Der Meßzug war mit dem im Jahresbericht der ASS 1977, KfK 2620, beschriebenen Radar (MBVR-120) etwa 20 km von seinem Heimatstandort ausgerückt. Das Radar wurde auf dem 860 m hohen, unbewaldeten Witthoh aufgebaut, um eine möglichst weite Verfolgung der Tetroons zu ge-

Datum	Start	Nr.	Standort des Radar	mittlere Flughöhe in m	Radarkontakt ging verloren bei			Fundort des Tetroon
					Flugzeit in min	Schrägen- fernung in km	Position des Tetroon über	
25.8.77	10 ⁵⁴	1/77	Witthoh	500	31	13,5	ö. Neuhausen	Sigmaringen
	12 ¹⁰	2/77	Witthoh	Verfolgungsautomatik erfaßte Tetroon nicht				-
	13 ⁵⁵	3/77	Witthoh	750	57	23,8	n.ö. Sentenhart	Hainsfahrt/Bayern
25.4.78	14 ⁰⁰	1/78	Friedrichstaler Sportplatz	700	116	12,2	Karlsruhe	Rüppurr/Karlsruhe
	19 ⁵⁰	2/78	Rohrbacher Hof	350	119	24,4	Karlsruhe	Auerbach/Karlsbad
26.4.78	10 ⁰⁰	3/78	Rohrbacher Hof	400	49	10,2	Staffort	Zaisenhausen/Eppingen
	12 ¹⁰	4/78	Rohrbacher Hof	750	37	11,1	Staffort	Belgien
27.4.78	9 ⁴⁰	5/78	Scheckenbronner Hof	650	114	29,2	südl. Mühlacker	Tübingen
	12 ¹⁰	6/78	Scheckenbronner Hof	Verfolgungsautomatik erfaßte Tetroon nicht				Ochsenwang/Schwäb. Alb
	14 ¹⁰	7/78	Scheckenbronner Hof	600	74	16,2	Knittlingen	Sulz/Neckar

Tab. 7/9 Radarverfolgte Tetroonflüge am Witthoh (1977) und in der Umgebung des KfK (1978)

währleisten. Die umgebenden Hügel und Berge sind 50 bis 150 m niedriger. Die neu entwickelten Radarreflektoren, größer und leichter als die bisher verwendeten, erhöhten zudem die Reichweite des Radars. Sie beträgt bei guten Bedingungen 25 bis 30 km für Flughöhen bis etwa 700 m.

Ende April fand eine dreitägige Meßkampagne in der Nähe des Kernforschungszentrums statt. Drei verschiedene Standorte wurden bei insgesamt 7 Flügen geprüft (Tab. 7/9).

Bei den beiden Flugserien konnten folgende Erfahrungen gesammelt werden: Als Radarstandorte eignen sich flache Bergkuppen, die das umliegende Gelände geringfügig überragen und über befestigte Straßen zu erreichen sind. Ein Abstand von mehr als 200 m zwischen Startplatz des Tetroons und Radarstandort ist nicht zu empfehlen; denn während der Startphase sind die Höhenwinkel noch so klein und deshalb die Bodenechos so stark, daß der Ballon manuell angepeilt werden muß. Bei größerem Abstand kann er entweder gar nicht oder erst nach langer Zeit vom automatischen Verfolgungssystem "festgehalten" werden. Windschwache Wetterlagen mit geringer Luftfeuchte und guter Fernsicht eignen sich gut für Tetroonflüge. Bei starken und besonders bei böigen Winden muß auf ein Austarieren mit am Erdboden schwebendem Tetroon verzichtet werden. Der Ballast wird dann mit Hilfe der getrennt bestimmten Massen von Reflektor und Ballonhülle berechnet und ausgewogen. Der Überdruck des Füllgases im Tetroon ist dabei mittels eines Manometers einzustellen.

7.4.2 Auswertung

In Abb. 7/10 sind die auf den Erdboden projizierten Flugbahnen dargestellt. In Abb. 7/11 ist die Flughöhe des am weitesten verfolgten Tetroon Nr. 5/78 über dem überflogenen Geländeprofil dargestellt. Die bei allen Flügen mehr oder weniger deutlichen Pendelbewegungen des Tetroons um eine mittlere Flughöhe wurden untersucht. Abb. 7/12 zeigt, daß die theoretische Schwingungsdauer eines Luftpaketes in einer stabilen Schichtung derjenigen der Pendelbewegungen der Tetroons im Rahmen der sonstigen Unsicherheiten etwa entspricht.

Aus den Flügen Nr. 5/78 und Nr. 7/78 wurde der horizontale Ausbreitungsparameter σ_y in den Entfernungen 5, 10 und 15 km abgeschätzt: Versuche in den USA zeigten (D.H.Pack; J.K.Angell, Mon.Wea.Rev.91 (1963)),

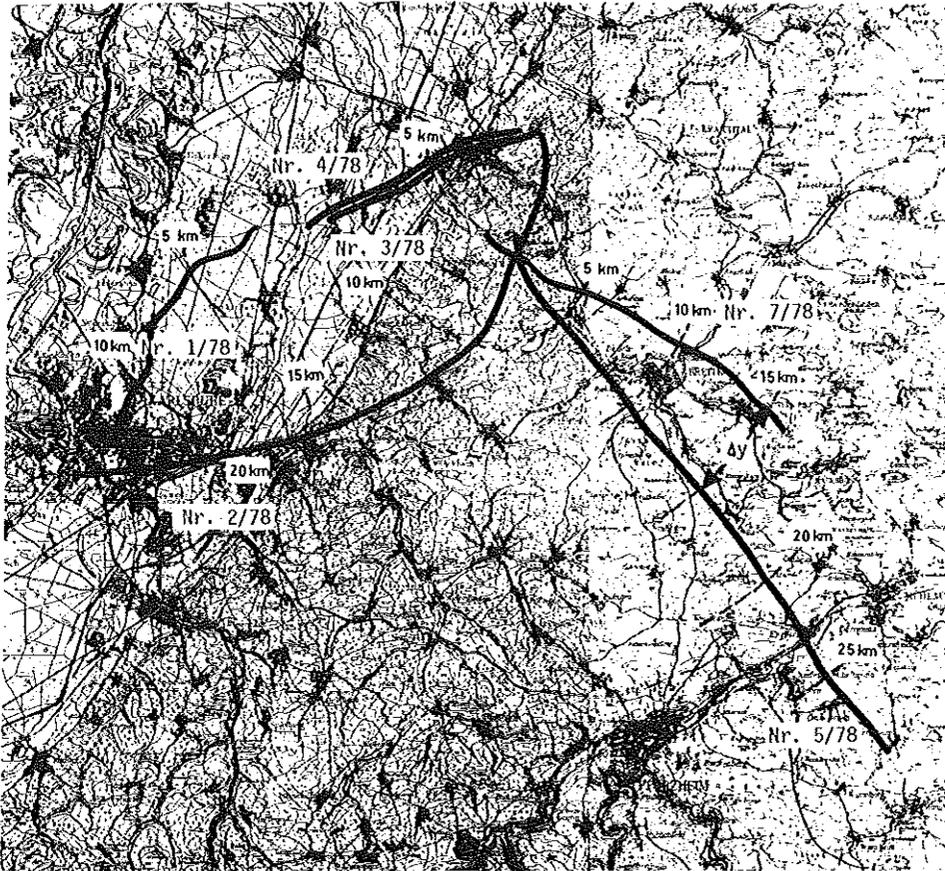


Abb. 7/10 Flugbahnen der im April 1978 gestarteten Tetroons

daß die Querdistanz zeitlich nacheinander gestarteter Tetroons stärker von der Flugdauer als von den zeitlichen Intervallen zwischen den Starts abhängt. Die Querdistanz Δy , s. Abb. 7/10, ist der seitliche Abstand zweier Tetroons bei jeweils gleichen Entfernungen vom Startplatz. Unabhängig von der Reihenfolge der Starts der Tetroons ist die Lage ihrer Trajektorien statistisch verteilt.

Allgemein kann σ_y^2 gleich der Varianz

$$\sigma_y^2 = (N-1)^{-1} \sum_{i=1}^N (y_i - \bar{y})^2$$

gesetzt werden:

Für den Fall von $N=2$ kann daher aus Paaren nicht gleichzeitig gestarteter Tetroons σ_y bestimmt werden.

$$\sigma_y^2 = \frac{1}{2} \Delta y^2$$

Die σ_y -Werte sind in Abb. 7/13 in das Diagramm der σ_y -Kurvenschar des KfK eingetragen. Es herrschte zur Flugzeit die Ausbreitungskategorie C. Die Übereinstimmung ist angesichts des geringen Datenmaterials gut.

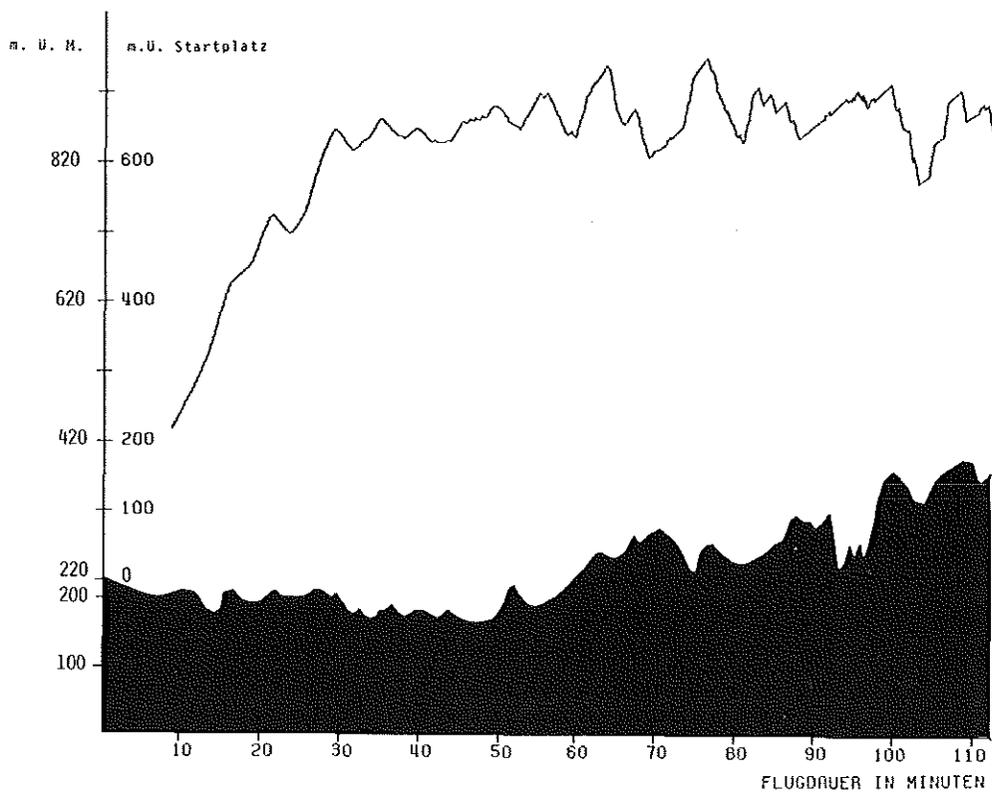


Abb. 7/11 Höhenprofil des Fluges Nr. 5/78

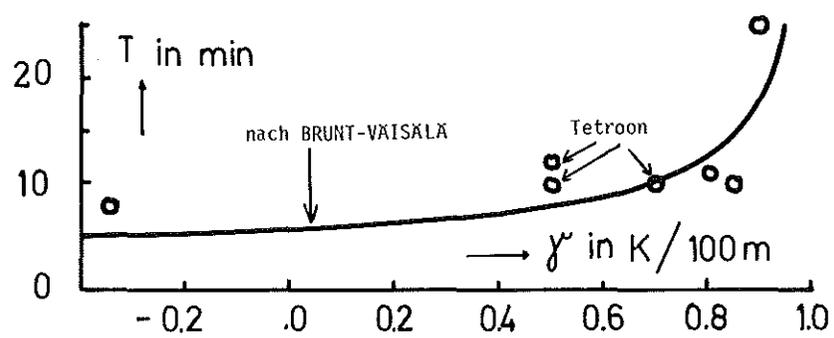


Abb. 7/12 Vertikale Schwingungsdauer eines Luftpaketes in einer stabil geschichteten Atmosphäre

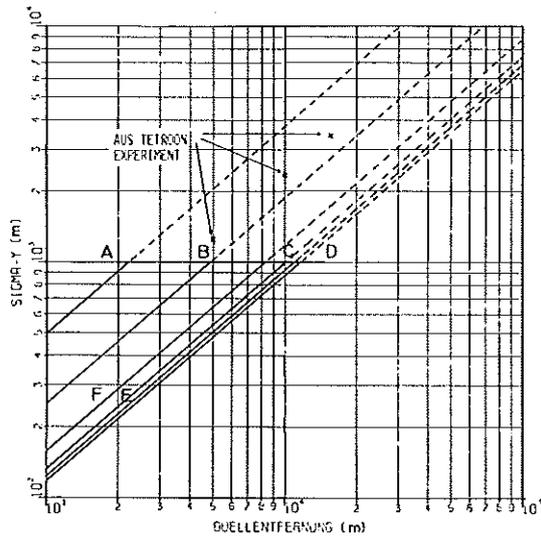


Abb. 7/13 HORIZONTALER AUSBEFÜLLUNGSPARAMETER (EMISSIONSHÖHE 160 m UND 195 m)

7.4.3 Transponder

Zwecks weiterer Verbesserung der Radarortung sollen die Tetroons mit Transponder (Sender/Empfänger-Einheit) ausgerüstet werden. Die Firma Elektro-Spezial hat 5 Transponder hergestellt. Diese sind etwa 15 cm hoch; sie haben einen Querschnitt von $6,5 \times 6,5 \text{ cm}^2$ und wiegen ca. 480 g. Sie sind mit einer Batterie à 22,5 V und zwei Batterien à 9 V bestückt. Ihre Kapazität reicht für über 12 h Betrieb. Das Blockschaltbild des Transponders zeigt Abb. 7/14. Die Signale des Radar, Typ MBVR-120, werden im Detektor gleichgerichtet und einem mehrstufigen Vorverstärker zugeführt. Der folgende Schmitt-Trigger wird mit seiner Schwelle oberhalb des Rauschens eingestellt. Wegen der breitbandig ausgelegten Empfängereinheit muß verhindert werden, daß andere Radaranlagen den Transponder auslösen. Das den Schmitt-Trigger auslösende verstärkte Empfangssignal wird durch Multivibratoren auf minimale und maximale Pulsbreite und Pulspause untersucht. Liegen diese innerhalb vorgegebener Toleranzen, so wird nach einer gewissen Verzögerung ein Antwortimpuls gesendet, dessen Trägerfrequenz sich von dem des MBVR-Impulses um ca. 50 MHz unterscheidet. Durch die logische Verknüpfung der Multivibratoren untereinander wird die Auslösung des Transponders durch das eigene Sendesignal unterbunden.

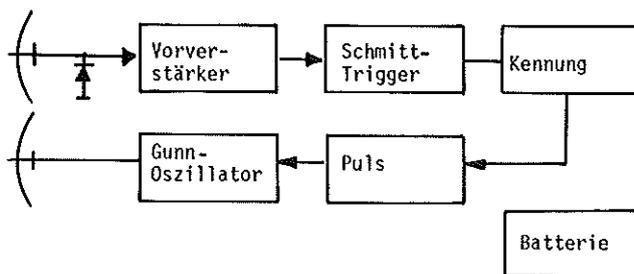


Abb. 7/14 Blockschaltbild des Transponders

Für die Verfolgung von Transpondern wird das MBVR-120 als Sekundärradar betrieben. Um die für die automatische Verfolgung notwendige Zwischenfrequenz von 30 MHz zu erzeugen, muß der Empfängerzug des Radars den veränderten Verhältnissen angepaßt werden. Dazu sind einmalige Meß- und Einstellarbeiten am MBVR-120 nötig. Die Umschaltung des MBVR-120 von Normal- auf Transponderbetrieb oder zurück läßt sich dann in jeweils ca. 10 min vornehmen.

Der Versuch der Erprobung der Transponder am fliegenden Tetroon scheiterte bisher an zu ungünstigen Bedingungen. Der Tetroon flog in eine Richtung, in der Wald und ein Hügel den Tetroon gegenüber dem Radar abschatteten, und ging bei einer Entfernung von 14 km verloren. Die geforderte Mindestreichweite von 50 km konnte durch den ungünstigen Standort des MBVR-120 nicht erreicht werden. Der gestartete Transponder wurde am gleichen Tag in 70 km Entfernung vom Startplatz unversehrt gefunden und an das KfK zurückgeschickt.

Die Lieferfirma demonstrierte jedoch die Leistungsfähigkeit des Transponders folgendermaßen: Der Transponder wurde in einem Kirchturmfenster in 12 km Entfernung ortsfest montiert. Die Radarantenne konnte optisch auf den Kirchturm ausgerichtet werden. Durch An- und Ausschalten des Transponders ließen sich am Oszillogramm des MBVR-120 die Signale zweifelsfrei dem Transponder zuordnen. Nun wurden in den Empfangs- oder Sendezweig des Transponders verschiedene Dämpfungsglieder eingefügt und damit Entfernungen bis zu 117 km simuliert.

Bei einer simulierten Entfernung von 74 km waren die Signale noch deutlich erkennbar. Bei 117 km wurden sie vom Radar nicht mehr wahrgenommen (Dämpfung beim Empfänger) bzw. verschwanden im Rauschen (Dämpfung beim Sender). Diese Tests wurden zunächst als ausreichend betrachtet, um die Fertigung der Transponderserie in Auftrag zu geben.

7.5. Strahlenbelastung der Umgebung des Kernforschungszentrums Karlsruhe

S. Honcu, W. Hübschmann, D. Papadopoulos

7.5.1 Strahlenbelastung im Jahre 1978 aufgrund der mit der Abluft abgeleiteten Aktivität

Die Tab. 7/10 zeigt die im Jahre 1978 im Raum des KfK mit der Abluft abgegebene Radioaktivität entsprechend den Messungen im Rahmen der Abluftüberwachung (Kap. 5.2.1). 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 Nuklides bzw. einer Nuklidgruppe beigetragen haben. Die Nuklidgruppen A, B und C sind in Tab. 5/1 erläutert.

Emittent	Kaminhöhe m	Emission je Nuklid bzw. Nuklidgruppe							
		Gruppe A mCi	Gruppe B ²⁾ mCi	Gruppe C mCi	Kr-85 Ci	Ar-41 Ci	H-3 Ci	Jod-Äquivalent mCi	Sr-90 mCi
WAK	60	4,6	84		33599		125,4	18	6,7
FR2	99		20			65069	143,3	1,5	(2) ³⁾
KNK	99		1,2	230,5					(0,12)
MZFR	99,5		0,93	441,6			1037		(0,093)
IHCH-721	65			48,6				1,9	
ADB-536	70	0,45	49				882,9	8,3	(4,9)
ADB-545	19						20,8	1,8	
ZYKLOTRON	36			205,8					
IRCH	15			20,7				0,67	
LAF-II	8							0,16	

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. 7/10 Mit der Abluft im Jahre 1978 emittierte Radioaktivität ¹⁾

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. 7/11; zusätzlich wurde die Verteilung der externen Gammadosis gezeichnet, s. Abb. 7/15. Es handelt sich bei den äußeren γ - und β -Strahlendosen um die Dosen, die am Aufpunkt mit einem das ganze Jahr 1978 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.

Belastungspfad Körperteil/Organ Aktivität	Submersion		Inhalation			Ingestion		
	Ganzkörper γ -Aktivität	Haut β -Aktivität	Lunge Gruppe A+B	Ganzkörper H-3 und C-14	Knochen* Gruppe A	Ganzkörper C-14 und Sr-90	Knochen* Sr-90	Schilddrüse Jod
O r t								
Graben	0,48	0,33	0,024	0,012	0,049	0,044	0,21	0,11
Neudorf	0,33	0,25	0,017	0,009	0,034	0,032	0,15	0,08
Friedrichstal	0,91	0,38	0,016	0,011	0,032	0,044	0,19	0,10
Spöck	0,25	0,20	0,008	0,007	0,016	0,023	0,10	0,05
Neuthard	0,36	0,23	0,011	0,009	0,023	0,029	0,13	0,07
Karlsdorf	0,24	0,16	0,009	0,006	0,017	0,021	0,10	0,05
Staffort	0,20	0,13	0,005	0,005	0,011	0,015	0,06	0,04
Blankenloch	0,16	0,10	0,005	0,004	0,009	0,013	0,05	0,03
Hagsfeld	0,12	0,07	0,005	0,003	0,009	0,009	0,05	0,02
Karlsruhe-Markt	0,09	0,07	0,005	0,004	0,009	0,010	0,05	0,03
Neureut	0,24	0,18	0,013	0,009	0,026	0,028	0,15	0,06
Eggenstein	1,16	0,42	0,025	0,018	0,050	0,068	0,30	0,15
Leopoldshafen	1,03	0,48	0,044	0,021	0,091	0,089	0,40	0,24
Linkenheim	0,54	0,32	0,048	0,014	0,100	0,053	0,27	0,17
Hochstetten	0,33	0,27	0,026	0,010	0,053	0,042	0,23	0,11
Liedolsheim	0,22	0,17	0,013	0,006	0,027	0,024	0,12	0,06
Rußheim	0,13	0,12	0,008	0,004	0,017	0,015	0,07	0,04
Leimersheim	0,23	0,16	0,014	0,006	0,028	0,024	0,11	0,07
Nordtor	10,0	2,8	0,23	0,12	0,46	0,61	2,7	1,6
Südtor	4,3	1,4	0,06	0,06	0,12	0,30	0,9	0,6
Zaun NO vom FR-2	10,2	3,2	0,09	0,09	0,18	0,39	1,5	0,8
Zaun SW vom FR-2	5,6	1,9	0,07	0,08	0,15	0,46	1,1	0,7
maximale Dosis außerhalb des KfK	10,5	4,1	0,6	0,2	1,2	0,8	3,9	2,2
Koordinaten des Dosismaximums in m außerhalb des KfK **	x 390 y 680	520 1480	520 1480	370 940	520 1480	-640 -370	520 1480	520 1480

*Bei den Knochendosen handelt es sich um die über 50 Jahre integrierten Folgedosen (dose commitment)

**Koordinatenursprung ist der FR-2 Kamin

Tab. 7/11 Ortsdosen in mrem durch die im Jahre 1978 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 ADB 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 ADB. Die verwendeten Dosisfaktoren und die γ -Dosisleistungskonstante sind in Tab. 7/12 eingetragen. Der Sr-90-Anteil der Nuklidgruppe B wurde bei den Emittenten WAK und ADB-536 durch Filteranalysen bestimmt.

Die Jodemissionen wurden gesondert erfaßt. Anstatt der Inhalationsdosis wurde die Schilddrüseningestionsdosis eines Kleinkindes berechnet, um zu zeigen, wie groß der Abstand zu der geforderten Grenze von 90 mrem/a ist. Schilddrüsendosen dieser Höhe können nur dann entstehen, wenn an dem betreffenden Ort Weidewirtschaft mit Kühen betrieben wird und die Milch dieser Kühe unvermischt von Kleinkindern, die z.B. in einer der benachbarten Ortschaften aufwachsen, konsumiert wird.

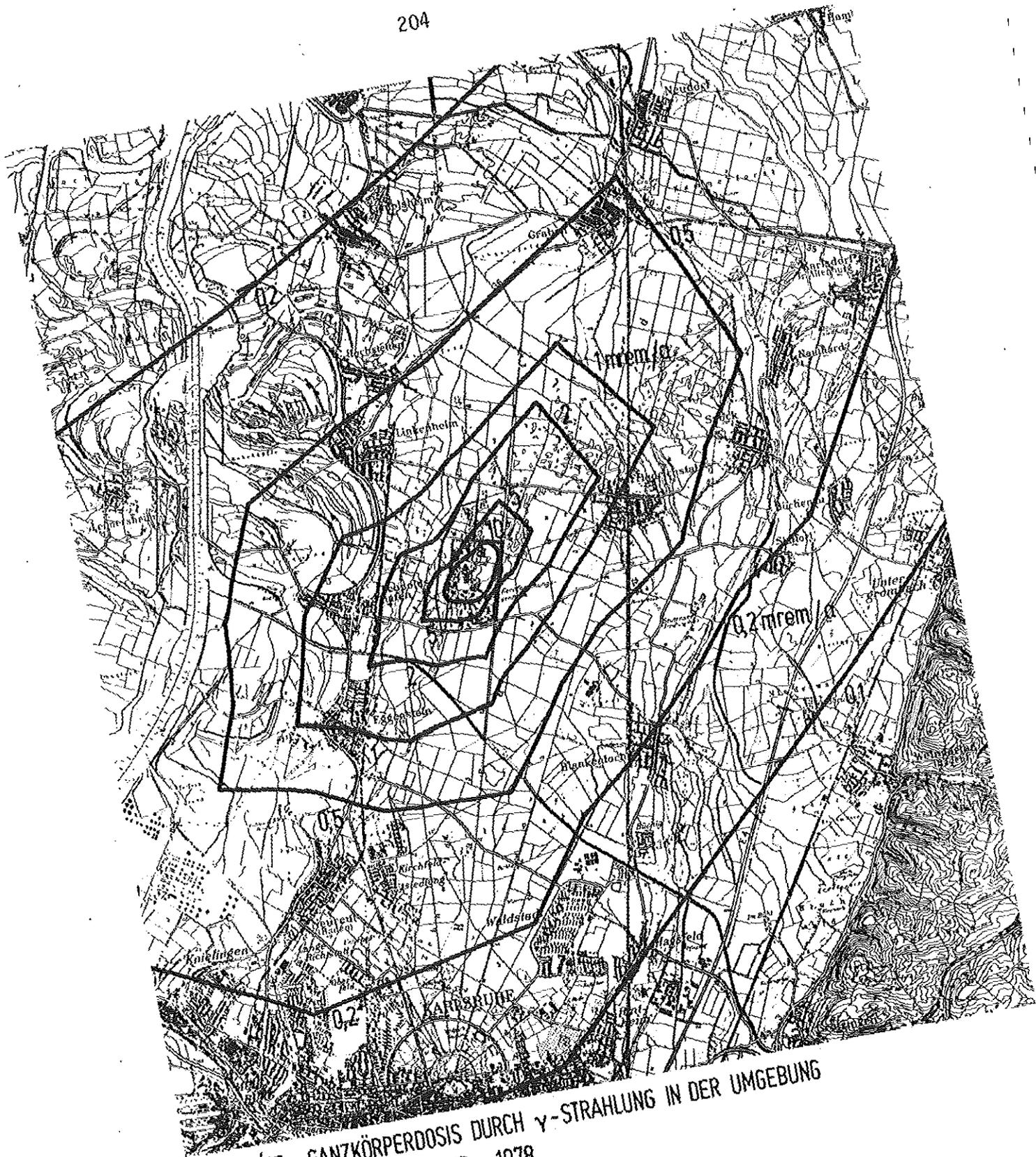


Abb. 7/15: GANZKÖRPERDOSIS DURCH γ -STRAHLUNG IN DER UMGEBUNG
DES KfK IM JAHR 1978

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 von 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 das Kernforschungszentrum Karlsruhe betrug im Jahre 1978 1,0 bzw. 0,12 mrem.

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, KKP-I	äußere γ -Strahlung	"	-	$0,42 \cdot 10^{-4}$	
	H-3	Inhalation und Hautatmung	"	0,09	-	KFK 2348
	C-14	Inhalation	"	0,1	-	
	C-14 Sr-90	Ingestion	"	11,4 26 500	-	1)
Knochen	Sr-90	Ingestion	Erwachsene	282 000	-	1)
	"frisches Gemisch A"	Inhalation	"	200 000	-	KFK 2348
	"altes Gemisch A"	"	"	150 000	-	KFK 2348
Lunge	Gemisch A	Inhalation	Erwachsene	67 000	-	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)
	Edelgase, KKP-I	"	"	0,1	-	
Schilddrüse	J-129 (elementar)	Ingestion	Kleinkinder	185 000	-	KFK 2544
	J-131 "	"	"	48 900	-	KFK 2544
	J-131 (org. geb.)	"	"	490	-	

1) Allgemeine Berechnungsgrundlagen für die Bestimmung der Strahlenexposition durch Emission radioaktiver Stoffe mit der Abluft, Der Bundesminister des Innern, 1977

Tab. 7/12 Dosisfaktoren und γ -Dosisleistungskonstanten

7.5.2 Vorausgeschätzte Strahlenbelastung aufgrund des Abluftplanes 1979

Tab. 7/13 zeigt die gemäß Abluftplan für das Jahr 1979 gemeldeten Emissionen und die Antragswerte des Kernkraftwerkes Philippsburg-I (KKP-I). Gegenüber dem Abluftplan 1978 wurden nur kleine, nicht ins Gewicht fallende Änderungen der zulässigen Emissionen einiger Emittenten vorgenommen. ABRA-712 ist erstmalig im Abluftplan 1979 als neuer Emittent enthalten. 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.

Für die Berechnungsverfahren der Dosisbelastung gilt das gleiche wie unter 7.5.1. Es wurde die meteorologische Statistik der Jahre 1972 bis 1976 zugrundegelegt. Die verwendeten Ausbreitungsparameter berücksichtigen die lokalen Verhältnisse (Bebauung, Bodenbedeckung) in der Umgebung des KfK.

Bezüglich der Nuklid Auswahl wurde folgendermaßen verfahren:

Nr.	Emittent	Kamin- höhe m	Kamin-Koordin.		Emission je Nuklid bzw. Nuklidgruppe							Bemerkungen
			x m	y m	Gruppe A mCi/a	Gruppe B mCi/a	Gruppe C Ci/a	Kr-85 Ci/a	Ar-41 Ci/a	H-3 Ci/a	J-131- Äquivalent mCi/a	
1	WAK/LAVA	60	173	1283	10	2000	400	350000	-	1000	40	
2	FR-2	99	0	0	0,3	150	2000	-	80000	1000	50	
3	KNK*	99	-155	527	0,3	150	8000	-	-	-	10	
4	MZFR*	99,5	-35	605	0,3	150	3000	-	-	4000	50	
5	RBT/Z*	65	-38	298	0,8	400	1000	-	-	-	10	
6	IHCH 721*	65	-8	380	0,8	100	800	-	-	-	10	
7	ADB-534*	8	-318	45	0,01	10	-	-	-	1	-	
8	ADB-536*	70	-340	87	2	400	1000	-	-	-	10	
9	ADB-545*	19	-130	135	0,03	15	100	-	-	-	4	
10	ADB-548*	15	-90	195	0,025	7	30	-	-	-	0,2	
11	ZYKL*	36	-365	-150	0,3	15	500	-	-	-	0,2	
12	SNEAK*	50	245	-395	0,2	100	200	-	-	-	3	
13	TU*	50	365	555	0,03	10	30	-	-	-	2	
14	IRCH*	15	-145	-205	0,01	1	90	-	-	-	2	
15	IMF I*	9	160	195	0,016	-	-	-	-	-	-	
16	IMF III*	5	280	215	0,03	-	-	-	-	-	-	
17	LIT - 403*	10	-15	-505	-	15	-	-	0,5	0,25	-	
18	INR*	5	15	-415	-	-	-	-	-	50	-	
19	RBT/IT*	22	30	-215	0,07	0,21	12	-	-	-	0,15	
20	IHCH-725*	10	105	470	0,01	10	20	-	-	-	0,1	
21	ISTL*	12,5	-320	-323	-	0,01	0,03	-	-	-	-	
22	IK/ITP*	12	-95	-505	-	-	-	-	-	-	0,05	
23	LAF-II*	8	235	-595	-	-	-	-	-	-	0,81	
24	RBT-605*	15	-5	-180	-	-	-	-	10	3	-	0,8 mCi J ₂ 1 mCi CH ₃ J
25	IAK*	10	75	-470	-	-	150	-	-	0,05	-	
26	ABRA-547*	19	-130	135	0,015	0,025	-	-	-	-	-	
27	ABRA-712*	60	-255	330	0,8	10	-	-	-	-	1	
28	TEKO*	22,6	245	-225	0,05	-	-	-	-	-	-	
29	KKP-I	100	300	17600	-	4000	-	70000 Ci/a Edelgase; 25 Ci/a C-14	-	1000	303	300 mCi J ₂ 300 mCi CH ₃ J

*Es wird mit fiktiver (erhöhter) Emissionsrate gerechnet;

Tab. 7/13 Emission im Bereich des KfK laut Abluftplan 1979 und Antragswerte des KKP-I

Nuklidgruppe A: Bei den Reaktoren und Instituten wird konservativerweise die Emission von Pu-239 angenommen ("frisches Gemisch A"). Bei der WAK und ADB wird das α -aktive Aktiniden-Gemisch eines Brennstoffes mit einem Abbrand von 34 MWd/kg angenommen ("altes Gemisch A", Kühlzeit 3 Jahre).

Nuklidgruppe B: Bei dieser Gruppe handelt es sich meist um ein Spaltproduktgemisch; dessen Alter bestimmt die Nuklidzusammensetzung. Für die Emission der WAK und ADB wird ein Gemisch mit einer Kühlzeit von 3 Jahren, für die Reaktoren und Institute ein Gemisch mit 6 Stunden Kühlzeit angenommen. Der Sr-90-Anteil wird entsprechend der Limitierung im Abluftplan angenommen;

Nuklidgruppe C Denjenigen Emittenten, welche Ar-41 emittieren können, wird die Emission dieses Nuklids und Gase: unterstellt. Denjenigen, welche Tritium emittieren können, wird (ggf. zusätzlich) eine Tritium-Emission unterstellt. Außerdem wird unterstellt, daß die zulässige C-14-Emission ausgeschöpft wird. Das KKP-I gibt ein Gemisch von Krypton- und Xenon-Isotopen ab. Die gewichteten Dosisfaktoren enthält Tab. 7/12.

Jodnuklide: Das Alter der Spaltprodukte bestimmt das überwiegend "aktive" Nuklid. Neben dem Spaltjod, welches von den Reaktoren und der WAK abgegeben wird, 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 $A \cdot J_{-131}$ anzugeben. Zur Berechnung der zulässigen Emission eines bestimmten Jodnuklids s. Kap. 5.2.1.

Im Abluftplan 1979 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 er-

höher 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, ebenso wie KKP-I, als gleichmäßige Emittenten angesehen.

Die Abb. 7/16 bis 7/20 zeigen die Isodosenlinien der wichtigsten Strahlendosen in der Umgebung des KfK. Die γ -Submersionsdosis (Abb. 7/16), die β -Submersionsdosis (Abb. 7/17) und die Ganzkörper-Inhalationsdosis (Abb. 7/18) sind jeweils errechnet unter der Annahme des ständigen Aufenthaltes eines gegenüber der Strahlung ungeschützten Menschen am jeweiligen Aufpunkt. Zur Errechnung der Schilddrüsen-Ingestionsdosis (Abb. 7/20) 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. 7/19) 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. 7/14 enthalten.

Belastungspfad Körperteil/Organ Aktivität	Submersion		Inhalation			Ingestion		
	Ganzkörper γ -Aktivität	Haut β -Aktivität	Lunge Gruppe A+B	Ganzkörper H-3 und C-14	Knochen* Gruppe A	Ganzkörper C-14 und Sr-90	Knochen* Sr-90	Schilddrüse Jod
O r t								
Graben	0,8	1,9	0,13	0,20	0,21	0,8	6,1	0,81
Neudorf	0,6	1,4	0,10	0,15	0,15	0,6	4,4	0,62
Friedrichstal	0,6	1,3	0,09	0,18	0,14	0,4	4,3	0,62
Spöck	0,4	0,7	0,05	0,10	0,08	0,3	2,4	0,36
Neuthard	0,6	1,0	0,07	0,12	0,11	0,4	3,3	0,47
Karlsdorf	0,4	0,8	0,05	0,09	0,08	0,3	2,4	0,35
Staffort	0,3	0,5	0,03	0,06	0,05	0,2	1,5	0,25
Blankenloch	0,3	0,6	0,04	0,08	0,07	0,2	1,8	0,31
Hagsfeld	0,3	0,5	0,04	0,06	0,05	0,2	1,5	0,24
Karlsruhe-Markt	0,2	0,5	0,03	0,06	0,05	0,2	1,4	0,23
Neureut	0,4	0,9	0,06	0,12	0,10	0,4	2,9	0,43
Eggenstein	1,7	2,1	0,15	0,33	0,25	1,0	7,9	1,07
Leopoldshafen	1,3	3,4	0,25	0,35	0,39	1,3	10,6	1,30
Linkenheim	0,9	2,1	0,16	0,24	0,26	0,8	6,6	0,90
Hochstetten	0,6	1,6	0,12	0,17	0,19	0,6	4,7	0,67
Liedolsheim	0,4	1,0	0,07	0,10	0,11	0,4	2,7	0,50
Rußheim	0,2	0,7	0,05	0,07	0,07	0,3	1,9	0,45
Leimersheim	0,4	0,8	0,06	0,10	0,09	0,3	2,6	0,43
Nordtor	14,0	13,7	1,27	2,32	2,20	10	83	8,63
Südtor	6,0	5,7	0,45	2,65	0,83	5	34	3,73
Zaun NO vom FR-2	13,0	8,9	0,67	2,04	1,26	7	50	6,22
Zaun SH vom FR-2	8,0	7,5	0,52	2,17	0,96	6	33	4,50
maximale Dosis außerhalb des KfK	18,0	24,0	1,8	3,0	2,7	10	83	8,7
Koordinaten des Dosismaximums in m außerhalb des KfK	x -570 y 0	520 1480	520 1480	-570 0	520 1480	-570 0	200 750	200 750

*Über 50 Jahre integrierte Folgedosen

Tab. 7/14 Abschätzung der Ortsdosen in der Umgebung des KfK auf der Basis des Abluftplanes 1979 und der Antragswerte des KKP-I, Ortsdosen in mrem



Abb. 7/16 Ganzkörperdosis durch äußere Gammastrahlung, Prognose 1979

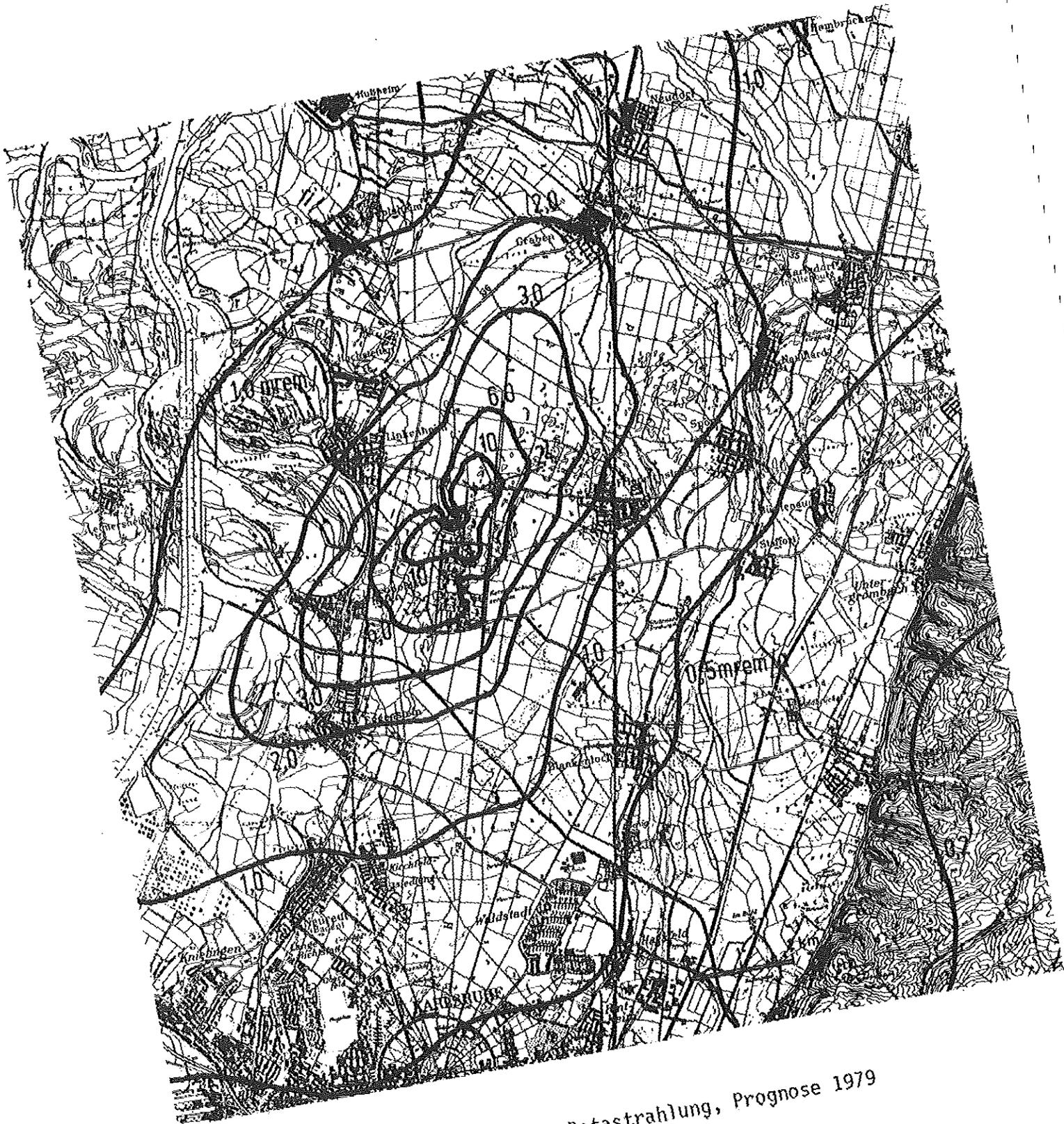


Abb. 7/17 Hautdosis durch externe Betastrahlung, Prognose 1979



Abb. 7/18 Ganzkörperdosis durch H-3- und C-14-Inhalation, Prognose 1979



Abb. 7/19 Ganzkörperdosis durch C-14- und Sr-90-Ingestion, Prognose 1979



Abb. 7/20 Schilddrüsenedosis durch Jod-Ingestion (Kleinkind), Prognose 1979

Die direkte Ganzkörperdosis (Summe der γ -Submersion- und der Inhalationsdosis) erreicht 21 mrem/a, die Schilddrüsendosis eines Kleinkindes durch Jod-Ingestion 8,7 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 sich an diesen Stellen 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 $1,7 + 0,33$ mrem/a = 2,03 mrem/a zu erwarten) die höchste in der Umgebung zu erwartende Ganzkörper-Ingestionsdosis addiert. Konservativerweise wird dafür das fiktive Dosismaximum (10 mrem/a) gewählt; Die gesuchte Ganzkörperdosis unter Berücksichtigung der Ingestionspfade ist daher in Eggenstein (ungünstigster Ort) kleiner als 13 mrem/a.

Die mittlere γ -Submersionsdosis (Ganzkörperdosis) der Bevölkerung in der Umgebung des KfK beträgt

$$\bar{D} = \frac{\sum_i P_i D_i}{\sum_i P_i} = 1,8 \text{ mrem im Umkreis von } 3 \text{ km,}$$

$$= 0,22 \text{ mrem im Umkreis von } 20 \text{ km;}$$

hier ist P_i die Einwohnerzahl und D_i die errechnete γ -Ganzkörperdosis des Ortes i bis zu der entsprechenden Entfernung vom KfK.

7.5.3 Strahlenbelastung der Umgebung aufgrund der mit der Abluft der WAK im Jahre 1977 abgeleiteten Aktivität

Es wurde die Strahlenbelastung der Umgebung des KfK durch die mit der Abluft der WAK abgeleitete Aktivität im Jahre 1977 berechnet. Diese gesonderte Berechnung ist für WAK seitens der Genehmigungsbehörde gefordert. Aufgrund der monatlichen Emissionen und der im Jahre 1977 monatlich erfaßten meteorologischen Statistik wurden die monatlichen Strahlenbelastungen und die Jahresbelastungen bestimmt. Tab. 7/15 enthält die dadurch entstandenen maximalen Ortsdosen. Die Emissionen sind in KfK 2620, Tab. 3/11, zusammengestellt.

Belastungspfad Körperteil/Organ Aktivität	Submersion	Inhalation			Ingestion		
	Haut β -Aktivität	Lunge Gruppe A+B	Ganzkörper H-3	Knochen* Gruppe A	Ganzkörper Sr-90	Knochen* Sr-90	Schilddrüse Jod
maximale Dosis außerhalb des KfK	9,3	0,47	0,036	0,80	0,008	0,50	0,75
Koordinaten des Dosismaximums in m außerhalb des x KfK ** y	370 1630	370 1630	370 1630	370 1630	370 1630	370 1630	370 1630

*Bei den Knochendosen handelt es sich um die über 50 Jahre integrierten Folgedosen (dose commitment)

**Koordinatenursprung ist der FR-2-Kamin

Tab. 7/15 Maximale Ortsdosen in mrem durch die mit der Abluft der WAK im Jahre 1977 abgeleitete Radioaktivität

7.5.4 Die maximal zu erwartende Umgebungsbelastung durch die Emission radioaktiver Stoffe mit der Abluft der KNK-II

Neben der Umgebungsbelastung des KfK durch die gemäß Gesamtabluftplan abgeleitete Radioaktivität interessiert auch der Beitrag des ersten schnellen Reaktors im KfK, der KNK-II. Daher wurden die Belastungen über alle relevanten Expositionspfade auf der Basis des Abluftplanes 1978 (für KNK identisch mit dem Abluftplan 1979, s. Tab. 7/13) berechnet.

Tab. 7/16 enthält die maximal zu erwartenden Ortsdosen am Zaun des KfK. Die maximale Ganzkörperdosis wird zu 8,1 mrem/a, die Schilddrüsendosis zu 0,5 mrem/a berechnet. Die Beiträge der KNK zu den Gesamt-Maxima der Ganzkörper- bzw. Schilddrüsendosis durch den Betrieb sämtlicher Emittenten betragen 5,1 mrem/a bzw. 0,4 mrem/a.

Belastungspfad Körperteil/Organ Aktivität	Submersion		Inhalation			Ingestion		
	Ganzkörper γ -Aktivität	Haut β -Aktivität	Lunge Gruppe A+B	Ganzkörper C-14	Knochen* Gruppe A	Ganzkörper C-14 und Sr-90	Knochen* Sr-90	Schilddrüse Jod
Maximum am Westzaun	8	1,4	0,02	0,001	0,04	0,08	0,13	0,4
Maximum am Ostzaun	5	1,5	0,02	0,001	0,05	0,1	0,15	0,5

Tab. 7/16 Abschätzung der maximalen Ortsdosen in der Umgebung des KfK auf der Basis des Abluftplanes für die KNK-II, Ortsdosen in mrem

7.5.5 Verteilung der Bevölkerung in der Umgebung des KfK

Für die Berechnung der Bevölkerungsdosis in der Umgebung des KfK ist es erforderlich, die Verteilung der Bevölkerung bis zu einer Entfernung von 30 km zu erfassen. Die Erstellung dieser Verteilung basiert auf folgende Angaben:

- A. Bevölkerung der Ortschaften
- A1. Angaben des statistischen Landesamtes Baden-Württemberg (Herausgeber)
- Herkunft und Verbleib der Gemeinden nach Abschluß der Kreis- und Gemeindereform, Gemeindefliste III, Stuttgart 1976.
 - Amtliches Gemeindeverzeichnis Baden-Württemberg 1976, Heft 1, Band 230, Stuttgart 1976.
 - Wohnbevölkerung der Gemeinden am 30. Juni 1976, Statistische Berichte, A12-j/76, Bevölkerung, Stuttgart 1976.
- A2. Angaben des statistischen Landesamtes Rheinland-Pfalz (Herausgeber)
- Amtliches Verzeichnis der Verbandsgemeinden und Gemeinden von Rheinland-Pfalz in alphabetischer Reihenfolge, Stand 31.12.1975, Bad Ems 1976.
 - Landesinformationssystem Rheinland-Pfalz, EDV-Programmausgabe mit Bevölkerungsstatistik der Stadt- und Landkreise KR 334, KR 337 und KR 338, Stand 30.6.1976, Berechnungen für KfK.
- A3. Angaben der Stadt Karlsruhe, Statistisches Amt und Wahlamt. Die Karlsruher Wohnbevölkerung (nach Stadtteilen und Wohnbezirken), Stand 31.10.1976.
- A4. Angaben der Gemeinden Eggenstein-Leopoldshafen, Linkenheim-Hochstetten und Stutensee über die Verteilung der Bevölkerung in den Ortsteilen dieser Gemeinden.

B. Ortskoordinaten

- B1. Kartenverzeichnis 1976, Landesvermessungsamt Baden-Württemberg, Stuttgart 1976.
- B2. Landeskarten 1:100 000; C-6714 (Mannheim), C-6718 (Heidelberg), C-7214 (Karlsruhe) und C-7118 (Stuttgart-Nord).
- B3. Stadtkarte der Stadt Karlsruhe mit Stadtteilen, Stand Mai 1970.
- B4. Gemeindepläne der Gemeinden Eggenstein-Leopoldshafen, Linkenheim-Hochstetten und Stutensee.

Nach den Angaben von A3 und B3 wurden die Einwohner der Stadt Karlsruhe in den einzelnen Stadtteilen (insgesamt 25) genauer erfaßt. Ebenfalls für die Ortsteile Eggenstein, Leopoldshafen, Linkenheim und Friedrichstal, die von dem 3 km-Kreis um den FR-2-Kaminfuß geschnitten werden, wurde nach den Angaben A4 und B4 eine genauere Verteilung durchgeführt.

Abb. 7/21 zeigt die Zunahme der Bevölkerung mit der Entfernung.

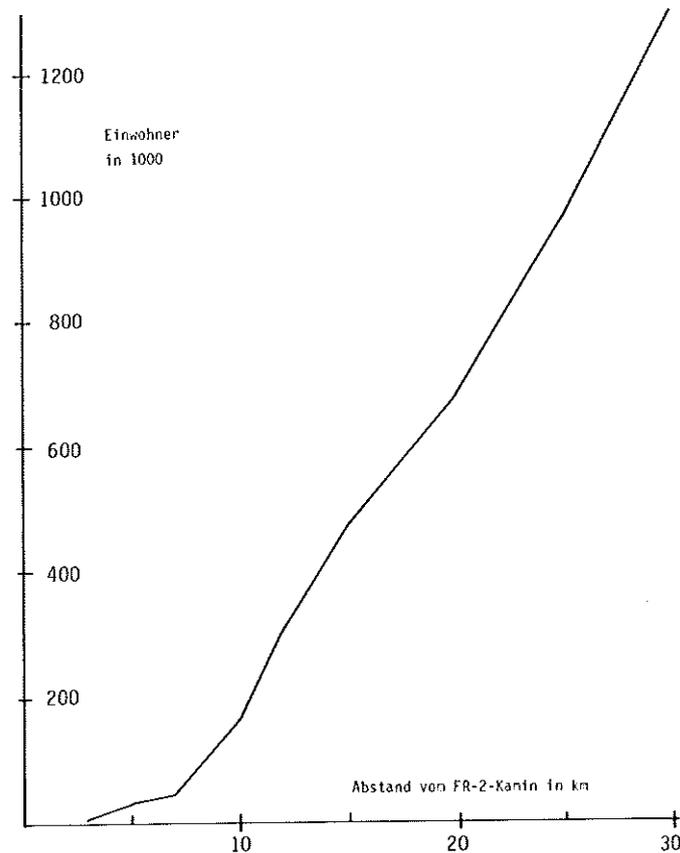


Abb. 7/21 Verteilung der Bevölkerung in der Umgebung des KfK

7.6 ISOLA-III

W. Hübschmann, D. Nagel

Das Rechenprogramm ISOLA dient der jährlichen Berechnung der Strahlenbelastung der Umgebung des Kernforschungszentrums Karlsruhe durch die Ableitung α - und β -aktiver Stoffe mit der Abluft. Es wurde stufenweise sowohl der zunehmenden Differenzierung der verfügbaren Informationen, d.h. der Eingabedaten, als auch dem steigenden Genauigkeitsbedürfnis angepaßt. Es wird im KfK 2698 in einer gegenüber ISOLA II (KfK 2210) verbesserten Form vorgestellt. Seine wesentlichen Eigenschaften können wie folgt zusammengefaßt werden:

1. Berücksichtigung von bis zu 30 verschiedenen Emittenten an beliebigen Positionen;
2. Berücksichtigung von bis zu 36 Windrichtungssektoren;
3. Annahme einer "kalten" Quelle (kein thermischer Auftrieb der Abgase);
4. Annahme einer über bestimmte Zeiträume gleichmäßigen Emissionsrate (diese Zeiträume müssen sich mit den Integrationszeiten der meteorologischen Daten decken, z.B. Monat, Jahr);
5. Berücksichtigung des radioaktiven Zerfalls der emittierten Stoffe während des Transports in der Atmosphäre;
6. Aktivitätsverteilung entsprechend einer doppelten Gaußverteilung in der Abluftfahne, mit vollständiger Reflexion der Aktivität am Boden;
7. Gleichmäßige Windrichtungsverteilung über einen Windrichtungssektor (daraus ergibt sich eine Berücksichtigung der über die Sektorgrenzen in die Nachbarsektoren diffundierenden Aktivität):

Mit dem Programm ISOLA III kann an jedem Aufpunkt

- die Dosisleistung
- die Aktivitätskonzentration in der bodennahen Luft
- die trocken und/oder naß abgelagerte Aktivität
- der Langzeitausbreitungsfaktor oder
- der Washout-Faktor

berechnet werden. Dazu sind vier Parameter entsprechend zu wählen. Grundsätzlich ist für die Berechnung der nassen Ablagerung (Washout) eine 4-parametrische Ausbreitungsstatistik einzulesen, während für die Berechnungen ohne Washout eine 3-parametrische ausreicht. Die gewünschte Größe kann entweder für bis zu 2 000 diskrete Aufpunkte oder für ein quadratisches Raster berechnet werden. Letztere Option gibt die Möglichkeit, die maßstabsgerechte Isolinienkarte zeichnen zu lassen. Die Dosisgrenzen der Isodosen können automatisch berechnet werden.

Abb. 7/22 zeigt als Anwendungsbeispiel die Washout-Isolinien in m^{-2} , mit einer 4-parametrischen 10^0 -Statistik des KfK berechnet. Der Washout-Faktor gibt den Anteil der mit der Abluft an die Atmosphäre abgeleiteten Schadstoffe an, der im Jahresmittel durch Niederschläge auf dem Boden abgelagert wird.

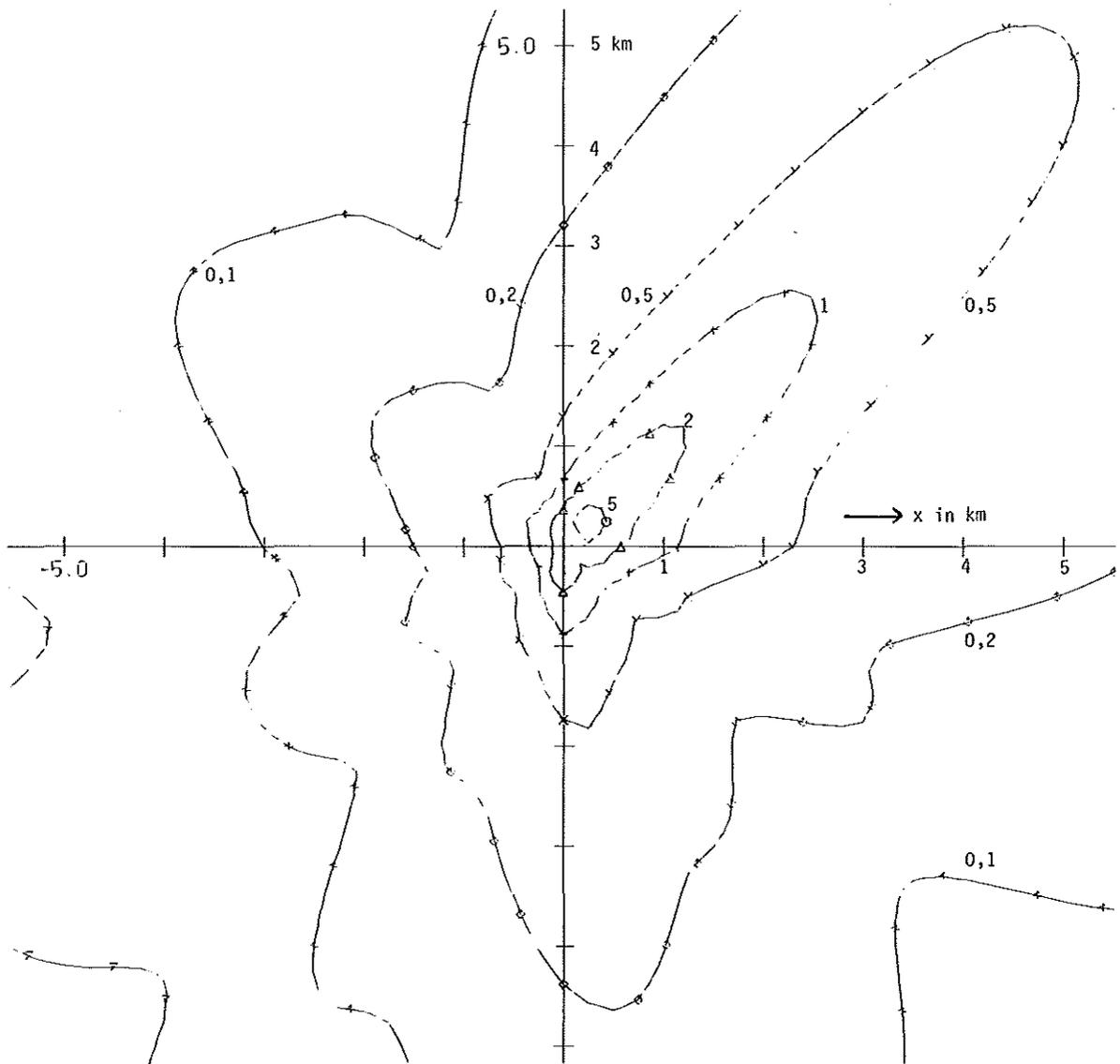


Abb. 7/22 Washout-Faktor in $10^{-9}/m^2$ für Aerosol, Standort des KfK, Emissionshöhe 100 m

7.7 Überlagerung mehrerer Kühlturmflächen

K. Nester

Das Programm WALKORE wurde leicht modifiziert, so daß jetzt auch die Überlagerung von Kühlturmflächen aus mehreren in Bezug auf die Windrichtung hintereinanderstehenden Kühltürmen möglich ist. Am Beispiel zweier 150 m hoher Kühltürme mit je 2 500 MWth Leistung wird der Einfluß der beiden Kühlturmanordnungen auf die Fahnenkonfiguration demonstriert, s. Abb. 7/23.

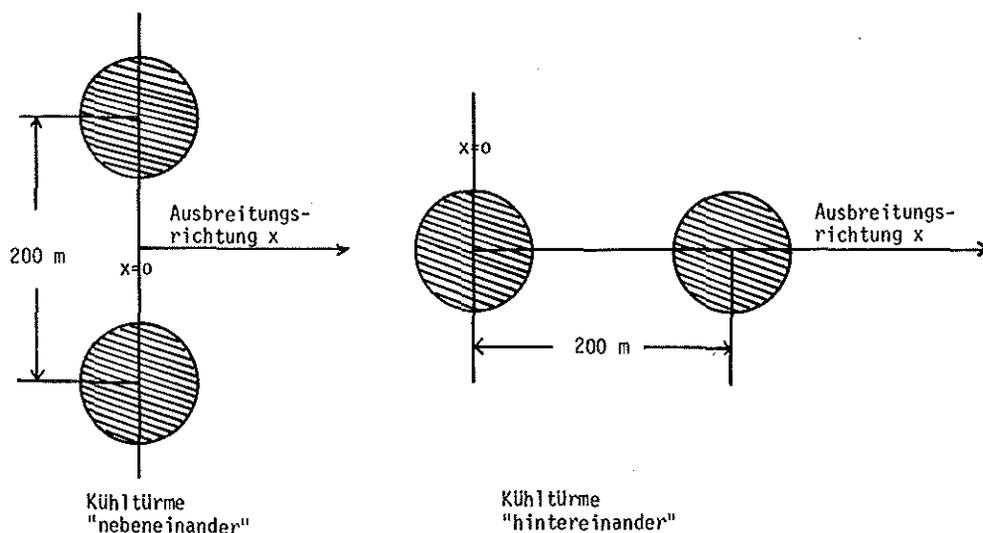


Abb. 7/23 Kühlturmkonfiguration

Die Umgebungsbedingungen sind in Abb. 7/24 dargestellt. Die Rechnung wurde bis zu einer Entfernung von 10 km durchgeführt. Beide Fahnen sind bis zu dieser Entfernung sichtbar, s. Abb. 7/25.

Aufgrund des Wolkenröpfchengehaltes kann man schließen, daß bei "hintereinanderstehenden" Kühltürmen die Fahne etwa 11 km lang ist. Bei der Kühlturmanordnung "nebeneinander" läßt sich dagegen die Fahnenlänge aus dem Wolkenröpfchengehalt nicht abschätzen, da zwischen 7,5 km und 10 km Entfernung keine Abnahme des Maximums stattfindet.

Bei der Kühlturmanordnung "hintereinander" steigt die sichtbare Fahne auf dem ersten Kilometer steiler und höher auf als bei der Anordnung "nebeneinander". Sie dringt außerdem stärker in die abgehobene Inversion ein und führt dort eine gedämpfte Schwingung aus. Derartige Fahnenbewegungen werden auch bei Rauchfahnen des öfteren beobachtet. In der Entfernung zwischen 5 km und 10 km unterscheiden sich die Aufrisse beider Kühlturmfahnen nur noch unwesentlich.

Im Grundriß, s. Abb. 7/26 ist die sichtbare Fahne bei der Kühlturmanordnung "nebeneinander" bis zu einer Entfernung von 2,5 km nur etwa 200 m breiter als bei der Anordnung "hintereinander", was dem Abstand der beiden nebeneinanderstehenden Kühltürme entspricht. Ab 2,5 km ist sie dagegen nahezu doppelt so breit. Am Grundriß wird besonders deutlich, daß bei der Kühlturmanordnung "nebeneinander" die sichtbare Fahne länger sein wird als bei der Anordnung "hintereinander".

Das durchgerechnete Beispiel zeigt, daß die Anordnung der Kühltürme einen Einfluß auf die sichtbare Kühlturmfahne haben kann, besonders bei mit der Höhe sich ändernden Temperatur- und Feuchtgradienten.

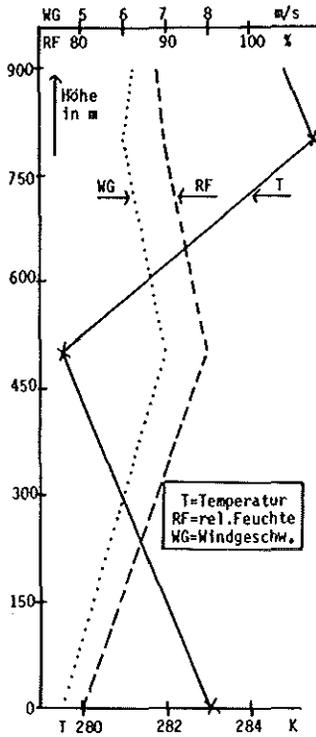


Abb. 7/24 Umgebungsbedingungen bei einer abgehobenen Inversion

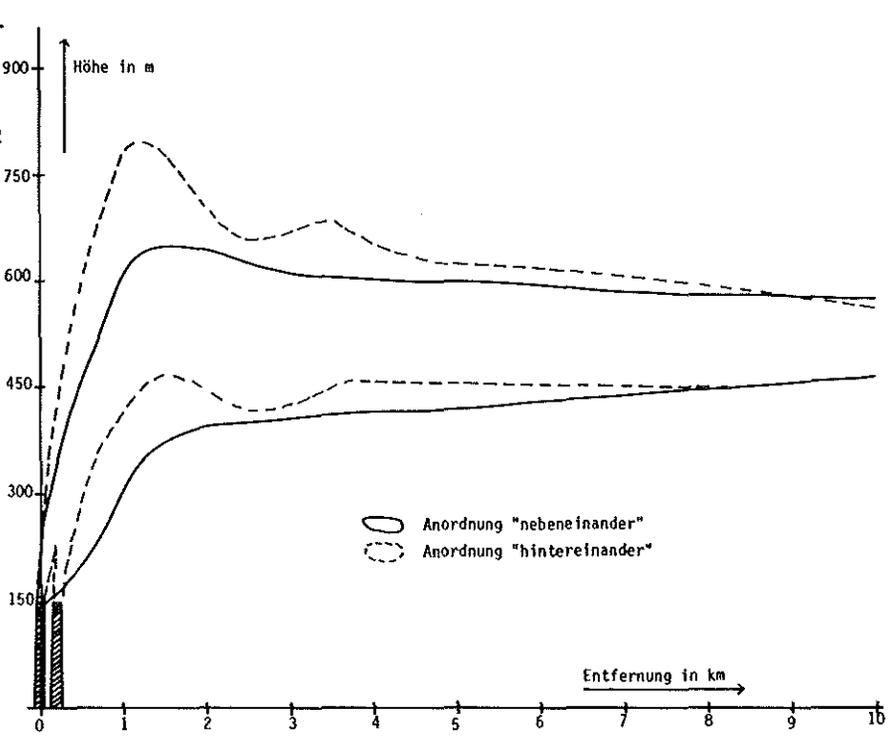


Abb. 7/25 Aufriß der sichtbaren Fahnen

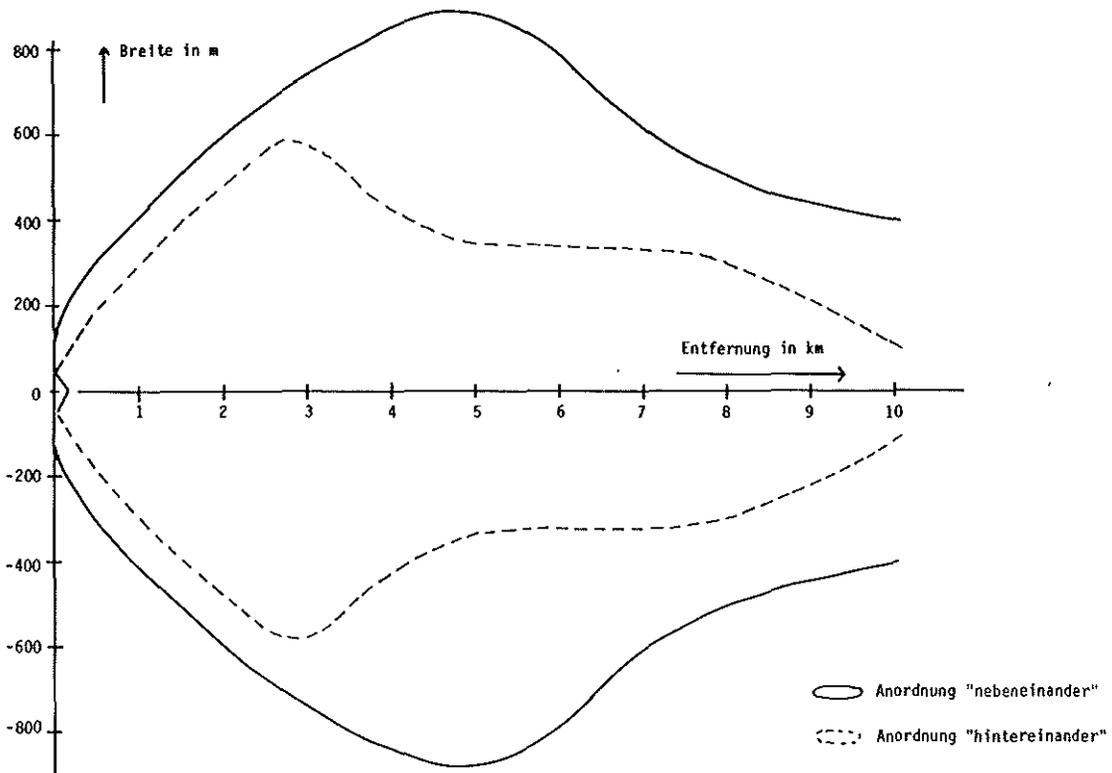


Abb. 7/26 Grundriß der sichtbaren Fahnen

7.8 Unfallfolgenmodell der Deutschen Reaktor-Risikostudie

W. Hübschmann, H. Knüppel, S. Vogt

7.8.1 Stand der Arbeiten

Das Unfallfolgenmodell ist das letzte Glied in der Kette von Modellen der Deutschen Reaktor-Risiko-Studie (DRS). Unter Unfallfolgen sind gesundheitliche Schäden der Bevölkerung in der Umgebung der Anlage zu verstehen. Die Abschätzung von Sachschäden ist in der ersten Fassung der Studie nicht vorgesehen.

Das im KfK (durch AS und INR) entwickelte Unfallfolgenmodell (UFOMOD) beschreibt im wesentlichen

- die Ausbreitung der aus einem Kernreaktor freigesetzten radioaktiven Schadstoffe in der Atmosphäre sowie ihre Ablagerung auf dem Boden,
- die dadurch hervorgerufene Strahlenexposition und die gesundheitlichen Schäden der betroffenen Personen; es berechnet
- die Zahl der von akuten oder späten Schäden betroffenen Personen unter Berücksichtigung eventueller Gegenmaßnahmen wie Räumung oder Evakuierung, und
- das Gesamtrisiko der verschiedenen Unfalltypen für die Bevölkerung.

Im Jahr 1978 wurde UFOMOD erstellt und die Phase A der DRS abgeschlossen. Detaillierte Ergebnisse werden erst 1979 veröffentlicht werden. Hier können daher nur die verwendeten Modelle beschrieben sowie Teilergebnisse vorgestellt werden. Phase A ist gekennzeichnet durch die vom Auftraggeber (BfS) geforderte Vergleichbarkeit und Ähnlichkeit mit der amerikanischen Studie (Reaktor Safety Study, RSS, WASH-1400). Abweichungen in den Modellen wurden nur eingeführt, sofern die amerikanischen Modellvorstellungen für deutsche Verhältnisse nicht akzeptabel erschienen.

7.8.2 Ausbreitungsmodell

Zur Berechnung der Aktivitätskonzentration in der Luft und der am Erdboden abgelagerten Aktivität wird eine Gaußverteilung der Aktivität sowohl in vertikaler als auch in horizontaler Richtung angenommen. Mit der angenommenen Treppenkurve, s. Abb. 7/27, wird die azimutale Dosisverteilung besser approximiert als im amerikanischen Modell (azimutale Gleichverteilung):

Frühschäden (= akute Todesfälle) werden mit der Gleichverteilung um über 40 % überschätzt, Spätschäden (= Krebsfälle) dagegen um etwa 10 % unterschätzt.

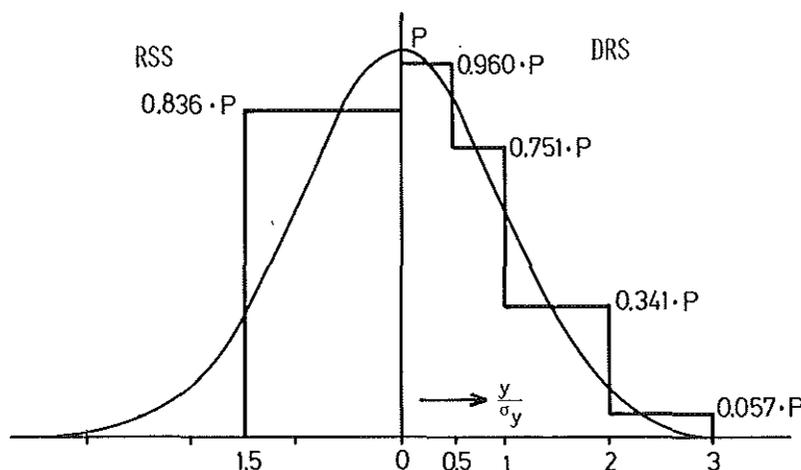


Abb. 7/27 Approximation der azimutalen Aktivitätskonzentration

Es werden jene 19 Standorte der Bundesrepublik Deutschland (Tab. 7/17) zugrunde gelegt, für die bis zum 1. Juli 1977 die Genehmigung wenigstens eines LWR der Mindestgröße 600 MWe beantragt wurde. Das Gebiet der Bundesrepublik wurde in 4 meteorologische Zonen eingeteilt (s. Tab. 7/17).

Nr.	Standort	Einheiten	Nr.	Standort	Einheiten
a) Norddeutsche Tiefebene			c) Süddeutsche Hochebene		
1	Brokdorf	1	12	Grafenrheinfeld	1
2	Brunsbüttel	1	13	Gundremmingen	2
3	Esenshamm	1	14	Isar - Ohu	1
4	Hamm - Schmehausen	1	d) Tallagen		
5	KrümmeI	1	15	Borken	1
6	Stade	1	16	Grohnde	1
7	Vahnum	2	17	Mülheim - Kärlich	1
b) Oberrheinische Tiefebene			18	Neckarwestheim	2
8	Biblis	3	19	Würgassen	1
9	Neupotz	1			
10	Philippsburg	2			
11	Wyl	1			

Tab. 7/17 Leichtwasserreaktor-Kernkraftwerke ($P > 600$ MWe) in der Bundesrepublik Deutschland und zugehörige meteorologische Zonen

Bei der Einteilung wurden klimatologische und topographische Gesichtspunkte berücksichtigt.

Um die Änderung der Ausbreitungsbedingungen zu erfassen, werden in jeder dieser Zonen 115 Wetterabläufe ausgewählt. Die Auswahl erfolgt zyklisch, d.h. alle 3 Tage plus 5 Stunden startet ein neuer Wetterablauf (WASH-1400: 90 Wetterabläufe mit 73-stündigem Rhythmus). Die Unfallfolgen werden für jeden einzelnen Wetterablauf durchgerechnet. Eine Erhöhung auf z.B. 1 750 Wetterabläufe (Start eines neuen Wetterablaufs alle 5 Std) ergab eine Veränderung des Erwartungswertes für Frühschäden um weniger als 5 %. Bei trockenem Wetter verbleibt ein beträchtlicher Teil der Aktivität in der Abluftfahne und wird global verteilt. Um die Folgen dieser Aktivität mitzuberücksichtigen, wird angenommen, daß die Aerosole innerhalb eines Kreisringes mit etwa 2 000 km Breite vollständig abgelagert werden. Diese Zone deckt sich etwa mit der Ausdehnung von Gesamteuropa.

Zur Berücksichtigung der zeitabhängigen Windrichtungsänderungen im Nahbereich sieht das Modell drei verschiedene Optionen vor (Abb. 7/28):

1. Option

Windrichtungsänderungen bleiben unberücksichtigt. Die Konzentrationen werden aufgrund der vollständigen Überlagerung überschätzt.

2. Option

Die während verschiedener Phasen des Störfalls freigesetzten Aktivitätsmengen werden in die jeweils herrschende Windrichtung abgegeben und längs dieser in radialer Richtung transportiert. Die Konzentrationen werden in größeren Entfernungen u.U. unterschätzt, da ein durch gegenläufige Windrichtungsänderungen verursachtes Oberstreichen einer Fläche durch die Abluftwolken verschiedener Freisetzungsphasen ausgeschlossen wird.

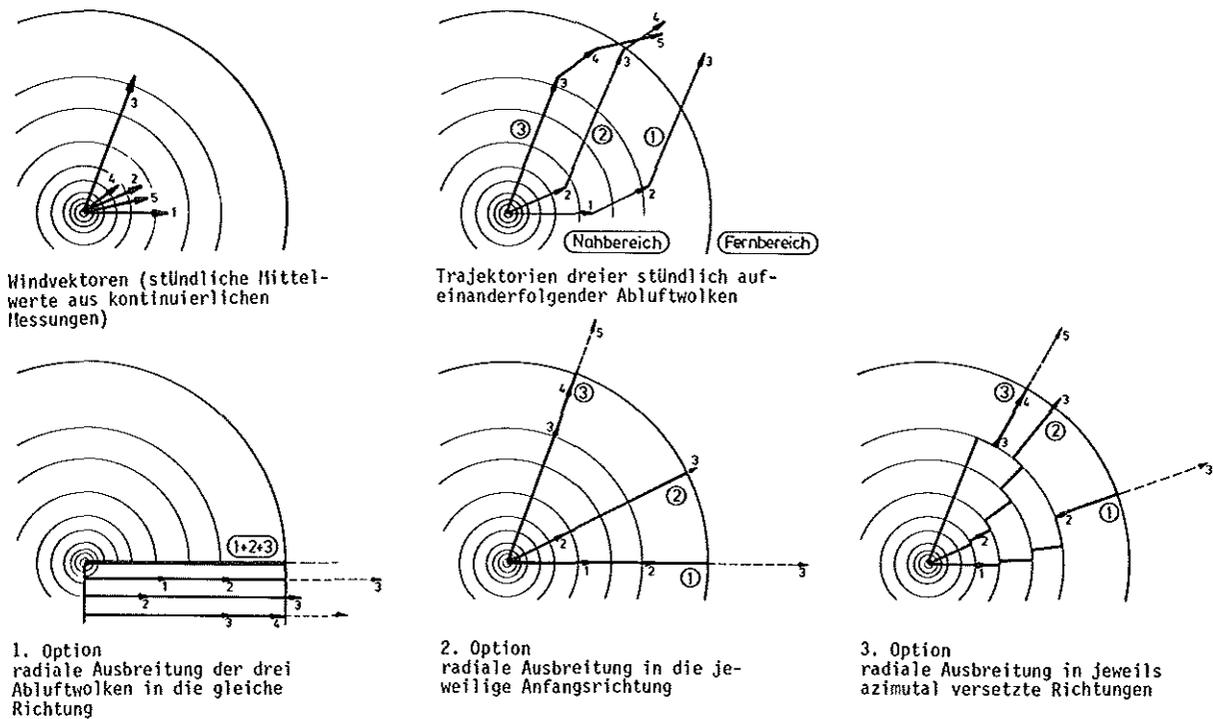


Abb. 7/28 Optionen zur Berücksichtigung der Windrichtungsänderungen

3. Option

Die Trajektorie wird approximiert durch in jedem Entfernungsbereich azimuthal versetzte radiale Teilstrahlen. Der Winkel der jeweiligen azimuthalen Versetzung hängt vom Winkelbereich des zeitlich korrespondierenden Teils der Trajektorie ab. Diese Option beschreibt den Transportweg am realistischsten. Derzeit wird die Option 1 verwendet.

7.8.3 Schadensmodell

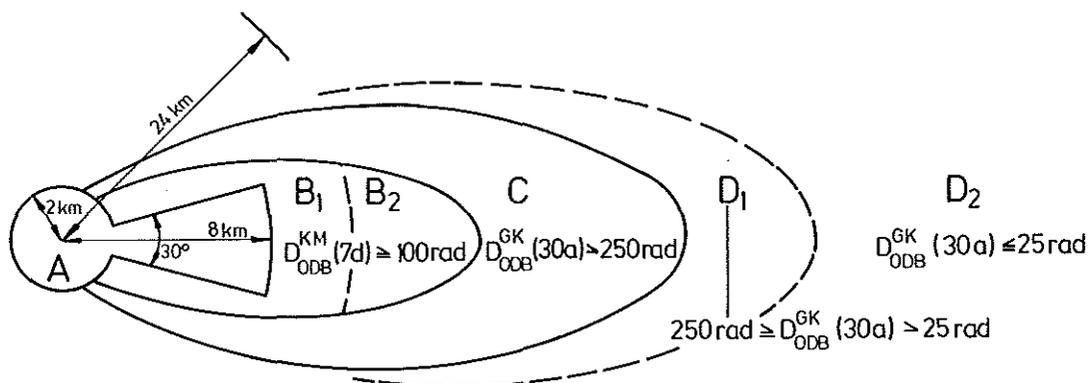
Aus der Aktivitätskonzentration in der bodennahen Luft sowie der abgelagerten Aktivität wird die Bestrahlung der Bevölkerung auf folgenden Wegen berechnet:

- externe γ -Strahlung aus der vorüberziehenden Abluftwolke,
- externe γ -Strahlung der am Boden abgelagerten Radionuklide,
- interne Bestrahlung durch Inhalation während des Durchzugs der Wolke,
- interne Bestrahlung durch Inhalation resuspendierte Radionuklide,
- interne Bestrahlung durch Ingestion.

Die Dosisfaktoren wurden aus WASH-1400 übernommen. Die errechneten Ortsdosen werden durch folgende Notfall-Gegenmaßnahmen z.T. drastisch reduziert (s. auch Abb. 7/29):

Gebiet	Maßnahmen
A	Aufsuchen von Häusern nach 2 Std., Evakuierung nach max. 8 Std..
B ₁	Aufsuchen von Häusern nach 2 Std.. Schnelle Umsiedlung 2 Std. nach Durchzug der Wolke bzw. nach 14 Std. absolut.
B ₂	Normale Tätigkeit. Schnelle Umsiedlung wie im Gebiet B ₁ .
C	Normale Tätigkeit. Umsiedlung beginnt nach 30 d und ist nach 1 a abgeschlossen.
D ₁	Normale Tätigkeit. Dekontamination derart, daß $D_{\text{ODB}}^{\text{GK}}(30a) = 25 \text{ rad}$ im ganzen Gebiet
D ₂	Normale Tätigkeit
-	Verwerfen landwirtschaftlicher Produkte

Tab. 7/18 Notfall-Gegenmaßnahmen



D = Dosis
 ODB = Ortsdosis durch Bodenstrahlung
 KM = Knochenmark
 GK = Ganzkörper

Abb. 7/29 Gebiete der Notfall - Gegenmaßnahmen (schematisch)

Während das Teilmodell "Verwerfen landwirtschaftlicher Produkte" noch unverändert der RSS entnommen wird, wurde die Gruppe der ersten Maßnahmen nach Diskussion mit Mitgliedern der Strahlenschutzkommission (SSK) entwickelt. Die Abschirmwirkung von Häusern und Kellern gegenüber externer Strahlung ist deutschen Verhältnissen angepaßt. Es wird ein maximaler Dekontaminationsfaktor von $DF_{\text{max}} = 10$ angenommen (20 in der RSS). Bei der Ermittlung realistischer Fahrzeiten für Evakuierung und schneller Umsiedlung wirkte das Unfallforschungsinstitut (IFU, Köln) mit.

Die Dosis-Wirkungsbeziehung der Frühschäden (= akute Todesfälle) basiert auf einem Vorschlag der Gesellschaft für Strahlenforschung, Neuherberg. Es wird eine linear-normale Verteilung mit $LD_{50} = 510$ rad angenommen ($LD_{01} = 250$ rad und Schwellendosis = 100 rad). Das Knochenmark ist das kritische Organ. Spätschäden (= Todesfälle durch Krebserkrankung) werden mit Hilfe der Risikofaktoren aus ICRP-26 ohne Schwellendosis berechnet; es wird angenommen, daß die Risikofaktoren von der Dosis unabhängig sind. Zur Abschätzung der genetischen Belastung wird die genetisch signifikante Dosis sowohl der zum Zeitpunkt des Störfalls lebenden Generation als auch der nachgeborenen Generationen berechnet.

7.8.4 Durchgeführte Rechnungen

Zur Konzeption des Evakuierungs- und Räumungsmodells sowie der Dekontaminationsmaßnahmen wurden Rechnungen durchgeführt, die eine Vorstellung von der Fläche der zu evakuierenden bzw. zu dekontaminierenden Gebiete vermitteln. Für sofortige Maßnahmen wie Evakuierung und schnelle Umsiedlung sind alle Wetterabläufe mit Niederschlag in Quellnähe von Bedeutung. Für eine umfangreiche Dekontamination im Gebiet D_1 sind solche Wetterabläufe kritisch, in denen zuerst eine stabile Ausbreitungskategorie herrscht, dann aber bei größerer Entfernung der Abluftfahne Niederschlag einsetzt. Durch Auswaschen wird dabei die Bodenkontamination stark erhöht.

Ein Plotprogramm zeichnete für insgesamt elf ausgewählte Wetterabläufe die Isodosen der Ganzkörperdosen $D^{GK}(1a)$, $D^{GK}(30a)$ und der Knochenmarksdosen $D^{KM}(1d)$, $D^{KM}(7d)$ und gestattete somit die Ermittlung der mit bestimmten Dosen beaufschlagten Flächen. Die Ganzkörperdosis ist interessant für Dekontaminationsmaßnahmen, die Knochenmarksdosis für Evakuierung und schnelle Umsiedlung.

Nachdem die Freisetzungsraten der insgesamt 8 Unfallkategorien von der Gesellschaft für Reaktorsicherheit, Köln, bereitgestellt waren, wurden die Berechnungen für Phase A mit dem Rechenprogramm UFOMOD durchgeführt. Die dabei anfallende Datenmenge ist sehr umfangreich. Das meteorologische Teilprogramm UFOMET errechnet neben den Aktivitätskonzentrationen der 54 Nuklide weitere 15 Größen, wie Ankunftszeit der Abluftfahne, horizontaler Ausbreitungsparameter, Wolkenkorrekturfaktor und Ablagerungsgeschwindigkeit an jedem Aufpunkt unter der Fahnenachse und speichert diese ab. Für 18 Entfernungen, 115 Wetterabläufe, 4 meteorologische Zonen und 8 Unfälle mit insgesamt 18 Emissionsphasen ergeben sich 10 283 760 Einzelinformationen. Diese Daten dienen als Eingabe für die Berechnung der Dosen und der gesundheitlichen Folgen. Die gesamte Rechenzeit des meteorologischen Teilprogramms UFOMET betrug etwa 30 min, die der anschließenden Rechnungen zur Erzeugung von Ortsdosen, Schadensverteilungen und Risikokurven etwa 1,5 Std..

7.9 Grenzwertsetzung bei chemischen Schadstoffen

E. Drosselmeyer

7.9.1 Zusammenfassung

Mit dem Ziel, verschiedene zivilisatorische Risiken vergleichbar zu machen, wurde eine Literatur-Studie zum obigen Thema durchgeführt. Im Vordergrund steht die Frage: 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?

Die Ergebnisse können wie folgt zusammengefaßt werden: Chemische Schadstoffe können neben ihrer toxischen Wirkung ebenso wie Strahlung auch Krebs und Erbschäden hervorrufen. Manche Wirkungen chemischer Schadstoffe sind seit langer Zeit bekannt. Dennoch können zuverlässige Aussagen über die der Schadensentstehung zugrundeliegenden Prozesse, über Dosis-Wirkungs-Beziehungen und mögliche Grenzwerte wegen der Vielfalt der Stoffe und ihrer Wirkung wesentlich schwerer gemacht werden als im Bereich der Radioaktivität.

Es werden die Analogien, aber auch die Unterschiede aufgezeigt, die zwischen ionisierenden Strahlen und

chemischen Stoffen hinsichtlich der Schadenswirkung und der Konzepte zur Festlegung von Dosis- bzw. Konzentrationsgrenzwerten bestehen.

Besonderes Interesse verdienen Versuche, durch die Definition eines rem-Äquivalents für Chemikalien die verschiedenen schädlichen Einwirkungen zu quantifizieren.

7.9.2 Schadenswirkung

Bei der Diskussion des Schadensrisikos wird zwischen Wirkungen mutagenen Ursprungs, insbesondere der Krebsbildung und den akuten und chronischen physiologisch-biochemischen Wirkungen unterschieden.

Ionisierende Strahlen können beide Arten von Wirkungen hervorrufen, wobei der menschliche Organismus für Wirkungen nicht mutagenen Ursprungs ein starkes Erholungsvermögen besitzt. Aus diesem Grunde hängen Art und Schwere der akuten Strahlenschädigung stark von der Dosisleistung ab; es gibt eine Schwellendosis für diese Art von Effekten. Für die Festlegung von Grenzwerten der Strahlenexposition sind daher die Risiken der Krebserzeugung und der genetischen Strahlenschäden relevant.

Viele chemische Schadstoffe haben dagegen keine oder nur eine geringe krebserzeugende oder mutagene Wirkung. Hierzu gehören die meisten anorganischen Luftverunreinigungen, wie SO_2 , CO und Stickoxide. Bei der Festlegung von Grenzwerten für diese Stoffe geht man von ihrer physiologisch-biochemischen Schadenswirkung aus, wobei man die Existenz einer Schwellenkonzentration annimmt, unterhalb derer keine Schädigungen auftreten.

7.9.3 Vergleich schädlicher und zulässiger Schadstoffmengen

7.9.3.1 Akute Schäden

Ein Vergleichsmaß für die Beurteilung des akuten Risikos ist das Verhältnis zwischen der Dosis bzw. Konzentration, bei der eine erhöhte Morbidität oder Mortalität zu erwarten ist, und der derzeitigen Exposition der Bevölkerung, s. Abb. 7/30, (W. Jacobi, Atomkernenergie 24, 217-223, 1974).

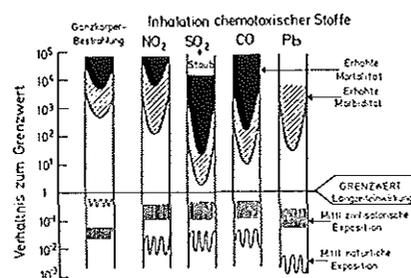


Abb. 7/30 Der akute Wirkungsbereich verschiedener Schadstoffe in Luft im Vergleich zur derzeitigen Exposition der Bevölkerung

Die Konzentrationswerte sind jeweils auf die höchstzulässige Konzentration bei Langzeiteinwirkung normiert, (TA Luft vom 12.7.1974). Die entsprechenden Werte für ionisierende Strahlen sind auf den alten Grenzwert 0,17 rem/a normiert.

Aus Abb. 7/30 geht hervor, daß das oben angesprochene Verhältnis für die chemischen Schadstoffe erheblich niedriger ist als für die ionisierende Strahlung. Bei den angeführten chemischen Schadstoffen liegt die

zivilisatorische Exposition um etwa eine Zehnerpotenz über dem natürlichen Pegel. Die mittlere zivilisatorische Strahlenbelastung in der Bundesrepublik Deutschland ist dagegen erheblich niedriger als die natürliche.

Bei der derzeitigen Grenzwertsetzung für chemische Schadstoffe wurde vor allem den technischen Möglichkeiten Rechnung getragen. Berücksichtigt man die starken lokalen Schwankungen, so ist nicht auszuschließen, daß in Ballungsgebieten durch kurzzeitiges Überschreiten der Grenzwerte akute Schäden bei relativ großen Gruppen der Bevölkerung auftreten.

7.9.3.2 Spätschäden

Für Spätschäden ist die Situation bei chemischen Schadstoffen noch ungünstiger. Ein Indiz dafür ist die beobachtete starke Zunahme der chronischen Bronchitis. Die Dosis-Wirkungs-Beziehung dieses Effekts ist allerdings noch ungeklärt.

Eine noch größere Bedeutung kommt dem somatischen Risiko durch mutagene Agentien zu, wobei die wichtigste mutagene Wirkung die Krebsentstehung ist. Die Zunahme des Lungenkrebses ist z.T. durch den Zigarettenkonsum bedingt. Da jedoch auch bei Nichtrauchern die Lungenkrebshäufigkeit zugenommen hat, sind offensichtlich noch andere Faktoren beteiligt. Dazu gehören wahrscheinlich krebserregende Stoffe, die bei der Verbrennung fossiler Energieträger entstehen.

Aus der Industrie sind zahlreiche Fälle von Berufskrebs bekannt geworden. Die geschätzte Anzahl der durch Krebs verursachten Todesfälle in der chemischen Industrie beträgt 10-30/10 000 Arbeiter. Dagegen hat sich im kerntechnischen Bereich keine Zunahme bösartiger Krankheiten gezeigt - mit Ausnahme der Zifferblattmaler und Uran-Minen-Arbeiter.

Bis jetzt scheint es unmöglich, aus der Krebsstatistik quantitative Aussagen über das Krebsrisiko durch radiologische oder chemische Umwelteinflüsse zu gewinnen.

Tab. 7/18 zeigt einen Vergleich der Gefährdung durch Chemikalien und Radionuklide; die Bezugsgröße ist das Verhältnis der akut letalen Aufnahme $LI_{50/30}$ zur erlaubten täglichen Aufnahme DI .

Substanz	$LI_{50/30}$ (einmalige Aufnahme)	DI	Verhältnis von $LI_{50/30}$ zu DI
<u>I. Chemikalien</u>			
Cyanide des Na, K...	0,12 g	0,2 mg	$0,6 \cdot 10^3$
Arsenik (As^{3+})	0,12 g	0,1 mg	$1,2 \cdot 10^3$
Antimon	1,0 g	0,1 mg	$10 \cdot 10^3$
Insektizide, DDT	6,0 g	0,2 mg	$30 \cdot 10^3$
Quecksilber (Sublimat)	0,5 g	0,01 mg	$50 \cdot 10^3$
<u>II. Radionuklide</u>			
^{137}Cs	0,21 Ci	3,3 nCi	$0,64 \cdot 10^8$
3H	70 Ci	700 nCi	$1,0 \cdot 10^8$
^{90}Sr	0,07 Ci	0,26 nCi	$2,6 \cdot 10^8$
^{226}Ra	0,035 Ci	0,08 nCi	$4,3 \cdot 10^8$

Tab. 7/18 Vergleich der Gefährdung durch Ingestion von Chemikalien und radioaktiven Substanzen

7.9.4 Analogiebetrachtungen

Neben künstlichen sind in unserer Umwelt auch natürliche krebserzeugende Stoffe enthalten, z.B. das Aflatoxin, ein Stoffwechselprodukt bestimmter Schimmelpilzarten. Eine signifikante krebserzeugende Wirkung des Aflatoxins ist bei langzeitiger Aufnahme bereits bei Tagesdosen im μg -Bereich zu erwarten. In verschimmelten Lebensmitteln werden Aflatoxin-Konzentrationen von 10 bis 1000 $\mu\text{g}/\text{kg}$ Lebensmittel erreicht. In Analogie zur Strahlung müssen wir daher auch bei den krebserzeugenden chemischen Umwelteinflüssen eine nicht unerhebliche natürliche Exposition in Betracht ziehen, sind aber noch weit davon entfernt, eine quantitative Aussage über die Anteile des Krebsrisikos durch natürliche und künstliche Chemikalien machen zu können.

Bei einem Vergleich des Wirkungsmechanismus ionisierender Strahlen und krebserzeugender Chemikalien fällt die Analogie bei der Kinetik der Krebsbildung auf. Die Zunahme der mittleren Krebsinduktionszeit mit fallender Dosis oder Dosisleistung tritt in gleicher Weise bei der Einwirkung ionisierender Strahlung wie krebserzeugender Chemikalien auf. Diese Analogie ist verständlich, da sich die Wirkung von Strahlen und Chemikalien nur hinsichtlich der Primärreaktion unterscheidet. Die anschließenden, langsam ablaufenden Folgereaktionen in der Zelle und im Organ, die für die Krebsbildung verantwortlich sind, sind in beiden Fällen die gleichen.

7.9.5 Das "chemische rem-Äquivalent"

Das von der "American Environmental Mutagen Society" eingesetzte "Committee 17" hat die Definition eines "rem equivalent chemical" (REC) vorgeschlagen, um die Wirkung chemischer Schadstoffe zu quantifizieren. REC ist die "Dosis oder Konzentration multipliziert mit der Einwirkungszeit", die einen genetischen Schaden hervorruft, der dem durch die Einwirkung von 1 rem entspricht. Einige Beispiele der Quantifizierung der Schadenswirkung von Chemikalien zeigt Tab. 7/19.

Schadstoff	Menge	Einwirkungsdauer	äquivalente Strahlendosis	Referenz
Benzpyren	8 ng/m^3	lebenslang	1 rem (Lunge)	Carnow, B.W., Meier, P.; Arch. Envir. Health <u>27</u> ,207 (1973)
Aethylen-Oxid	5 ppm in Luft	40-h-Woche	4 rem	Committee 17
NaNO_2	augenblick- licher Ver- zehr	pro Generation	8 rem	"
alle chem. Schadstoffe	"	"	4-18 rem	Murthy, M.S.S., IVth IRPA Congress (1977)

Tab. 7/19 Gefährdung durch Chemikalien

8. Bibliographie, Beratertätigkeit

8.1 Veröffentlichungen 1978

- (1) Becker, M.; Hiller, J.; Hübschmann, W.; Schüttelkopf, H.; Thomas, P.; Vogt, S.
Untersuchung zum Ausbreitungsverhalten nuklearer Schadstoffe im Nah- und Fernbereich.
In: Projekt Nukleare Sicherheit. Halbjahresbericht 1978/1. KfK-2700 (November 1978) S. 4800/2-4800/10
- (2) Berg, R.; Schüttelkopf, H.
Die Messung der Verteilung in und der Abgabe von ^{129}J aus der Wiederaufarbeitungsanlage Karlsruhe.
Seminar on Radioactive Effluents from Nuclear Fuel Reprocessing Plants, Karlsruhe, November 22-25, 1977.
Proc. Luxembourg: Commission of the European Communities 1978. S. 81-94
- (3) Bork, G.; Braun, R.; Brückner, Chr.; Buttler, R.; Eberle, H.; Engelhardt, H.; Eyrich, W.; Flach, S.; Hagenberg, W.; Kühle, M.; Matussek, P.; Neuber, J.; Ottmar, H.; Pfeffer, K.H.; Raschendorfer, V.; Stein, G.
Implementierung von Überwachungssystemen.
In: Projekt Spaltstoffflußkontrolle. Jahresbericht 1977. KfK-2681 (Oktober 1978) S. 2/1-2/30
- (4) Burgkhardt, B.; Herrera, R.; Piesch, E.
The effect of post-irradiation annealing on the fading characteristic of different thermoluminescent materials. Part I. Experimental results.
Nuclear Instruments and Methods, 155 (1978) S. 293-298
- (5) Burgkhardt, B.; Piesch, E.
The effect of post-irradiation annealing on the fading characteristic of different thermoluminescent materials. Part II. Optimal treatment and recommendations.
Nuclear Instruments and Methods, 155 (1978) S. 299-304
- (6) Burgkhardt, B.; Piesch, E.
Albedo-Neutronendosimetrie.
KfK-Nachrichten, 10 (1978) No. 1, S. 40-44
- (7) Burgkhardt, B.; Piesch, E.; Singh, D.
High-dose characteristic of LiF and $\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7$ thermoluminescent dosimeters.
Nuclear Instruments and Methods, 148 (1978) S. 613-617
- (8) Burgkhardt, B.; Schmitt, A.
Dosimeterkalibrierung mit 9 MeV-Gammastrahlung und mit Röntgenfluoreszenzstrahlung in Fontenay-aux-Roses.
1. Euratom-Informationstagung über das Europäische Personendosimeter-Vergleichsprogramm, Berlin, 21.-23. Juni 1976, Proceedings: Kommission der Europäischen Gemeinschaften, Dok.Nr. 1623/77, 1977
- (9) Dilger, H.; Hiller, J.; Hübschmann, W.; Nester, K.; Papadopoulos, D.; Schüttelkopf, H.; Thomas, P.; Vogt, S.
Theoretische und experimentelle Untersuchung der atmosphärischen Ausbreitung radioaktiver Gase und Aerosole.
In: Projekt Nukleare Sicherheit. Halbjahresbericht 1977/2. KfK-2600 (April 1978) S. 526-535
- (10) Drosselmeyer, E.
Die natürliche Strahlenbelastung, Anthropogene Strahlenbelastung
In: Konsequenzen des großtechnischen Einsatzes der Kernenergie in der Bundesrepublik Deutschland.
Teil IV: Umweltauswirkungen von Kernkraftwerken und Anlagen des kerntechnischen Brennstoffkreislaufs.
KfK-2704 (Oktober 1978)
ASA-ZE/13/78

- (11) Fessler, H.; Kiefer, H.; Piesch, E.
Zur Altersbestimmung von Uransekundärlagerstätten aus dem radioaktiven Ungleichgewicht.
Sauer-Festschrift, Saarberg-Interplan, Energie- und Ingenieurtechnik. Baden-Baden 1977. S. 71-74
- (12) Hassib, G.M.; Piesch, E.
Electrochemical etching of neutron-induced tracks in plastic detectors using a 50 Hz electric supply.
Nuclear Instruments and Methods, 154 (1978) S. 377-381
- (13) Hassib, G.M.; Piesch, E.
Improvements of the electrochemical etching technique for fast neutron dosimetry.
7. Workshop on Personnel Neutron Dosimetry, London, October 23-24, 1978
- (14) Hassib, G.M.; Piesch, E.
A low background electrochemical track etch detector as a passive dosimeter for radon/daughters.
Specialist Meeting on Personal Dosimetry and Area Monitoring Suitable for Radon and Daughter Products,
Paris, November 20-22, 1978
- (15) Heist, E.
Magnetventil.
DE-OS 26 50 810 (11.5.1978)
- (16) Hübschmann, W.
Ausbreitung von Schadstoffen in der Atmosphäre über rauhem Untergrund.
Tagung der Arbeitsgemeinschaft der Großforschungseinrichtungen: Luftreinhaltung - Luftverschmutzung,
Porz-Wahn, 5.-6. Juni 1978
- (17) Hübschmann, W.; Kiefer, H.; König, L.A.
Zum 30 mrem-Konzept - Kritik und Alternative.
Tagung des Fachverbandes für Strahlenschutz, "Radioaktivität und Umwelt", Norderney, 2.-6. Oktober 1978
- (18) Hübschmann, W.; Nagel, D.
Sensitivitätsanalyse der Parameter des Luftpfades.
Tagung des Fachverbands für Strahlenschutz, "Radioaktivität und Umwelt", Norderney, 2.-6. Oktober 1978
- (19) Hübschmann, W.; Nagel, D.
ISOLA III - ein FORTRAN IV-Programm zur Berechnung der langfristigen Dosisverteilung in der Umgebung
kerntechnischer Anlagen.
KfK-2698 (Dezember 1978)
- (20) Hübschmann, W.; Papadopoulos, D.
Radiologische Belastung der Bevölkerung in der Umgebung der Wiederaufarbeitungsanlage Karlsruhe - die
Kluft zwischen konservativer und realistischer Abschätzung.
Seminar on Radioactive Effluents from Nuclear Fuel Reprocessing Plants, Karlsruhe, November 22-25, 1977.
Proc. Luxembourg: Commission of the European Communities 1978. S. 385-400
- (21) Hübschmann, W.; Papadopoulos, D.; Nagel, D.
Berechnung der radiologischen Belastung der Umgebung des Kernforschungszentrums Karlsruhe durch die
Emission radioaktiver Stoffe in die Atmosphäre in den Jahren 1977 und 1978.
KfK-2652 (August 1978)
- (22) Hübschmann, W.; Vogt, S.
Untersuchung der radiologischen Folgen von Reaktorunfällen unter probabilistischen Gesichtspunkten.
Modifikationen im ausbreitungsmeteorologischen Teil und Rechnungen zur Festlegung der Gegenmaßnahmen.
In: Projekt Nukleare Sicherheit. Halbjahresbericht 1978/1. KfK-2700 (November 1978) S. 4800/11-4800/15

- (23) Hübschmann, W.; Vogt, S.; Bayer, A.; Burkart, K.; Schückler, M.
Untersuchung der radiologischen Folgen von Reaktorunfällen unter probabilistischen Gesichtspunkten.
In: Projekt Nukleare Sicherheit. Halbjahresbericht 1977/2. KfK-2600 (April 1978) S. 542-543
- (24) Kiefer, H.; Koelzer, W. (Hrsg.)
Jahresbericht 1977 der Abteilung Strahlenschutz und Sicherheit.
KfK-2620 (März 1978)
- (25) Koelzer, W.
Die Entwicklung des 30 mrem-Konzepts und seine Bedeutung für die Abluftwerte einer Wiederaufarbeitungsanlage.
Baumgärtner, F. (Hrsg.): Chemie der nuklearen Entsorgung. GDCH-Seminar. Gerlos, Tirol, 6.-11. März 1977.
Teil 1 und Teil 2. München: Thiemig 1978. (Thiemig-Taschenbücher. Bd. 65/66) T. 1, S. 139-154
- (26) Koelzer, W.
Zur Sicherheit von Kernkraftwerken - Technische Sicherheit und Strahlenschutz.
Seminar über Umweltprobleme mit besonderer Berücksichtigung der Strahlenbelastung, Institut für Strahlenbiologie, Universität Münster, 24. Januar 1978
- (27) Koelzer, W.
The German mobile intervention facility for nuclear accidents.
German-Pakistan Seminar on Nuclear Safety and Radiation Protection, Islamabad, April 10-13, 1978
- (28) Koelzer, W.
Action levels for nuclear accident cases and emergency planning in the Federal Republic of Germany.
German-Pakistan Seminar on Nuclear Safety and Radiation Protection, Islamabad, April 10-13, 1978
- (29) Koelzer, W.
Maximum permissible radiation exposure and discharge limits for normal operation of nuclear power plants in the Federal Republic of Germany.
German-Pakistan Seminar on Nuclear Safety and Radiation Protection, Islamabad, April 10-13, 1978
- (30) Koelzer, W.
Technische Sicherheit von Kernkraftwerken und polizeiliche Maßnahmen bei Unfällen.
Sicherheits-Report, 3 (1978) S. 21-26
- (31) Koelzer, W.
Wie gefährlich ist Plutonium? Wie sicher ist der Schnelle Brüter?
(Hrsg.: Kernforschungszentrum Karlsruhe). Karlsruhe. Kernforschungszentrum Karlsruhe GmbH. 1978, S. 22-24
- (32) Koelzer, W.; Piesch, E.
Personnel dosimetry and dose estimations.
German-Pakistan Seminar on Nuclear Safety and Radiation Protection, Islamabad, April 10-13, 1978
- (33) Koelzer, W.; Tachlinski, W.; Winter, M.
Environmental monitoring program at the Karlsruhe Nuclear Research Center.
German-Pakistan Seminar on Nuclear Safety and Radiation Protection, Islamabad, April 10-13, 1978
- (34) König, L.A.
Impact on the environment of tritium releases from the Karlsruhe Nuclear Research Center.
Internat. Symposium on the Behavior of Tritium in the Environment, San Francisco, Calif., October 16-20, 1978

- (35) König, L.A.; Fessler, H.; Langguth, K.G.; Schüttelkopf, H.; Winter, M.
Die Ableitung radioaktiver Stoffe über Abluft und Abwasser aus dem Kernforschungszentrum Karlsruhe und ihre Auswirkungen auf die Umgebung.
Tagung des Fachverbands für Strahlenschutz, "Radioaktivität und Umwelt", Norderney, 2.-6. Oktober 1978
- (36) Lee, B.K.; König, L.A.; Schüler, H.
Tritiumkonzentration in Luftfeuchte, Niederschlag, Gewebewasser von Kiefernadeln und Bodenfeuchte in Abhängigkeit von den Ableitungen des Kernforschungszentrums Karlsruhe über die Abluft.
KfK-2646 (Juni 1978)
- (37) Nester, K.
WINDOW - Ein Computerprogramm zur Berechnung von Statistiken der integrierten Schadstoffkonzentration in der Atmosphäre an Aufpunkten in der Umgebung einer Einzelquelle.
KfK-2547 (März 1978)
- (38) Nester, K.
Dreidimensionale Simulation der Wirbelstruktur von Naßkühlturmfahnen.
Kolloquium des Zweigvereins der Deutschen Meteorologischen Gesellschaft, Frankfurt, 18. April 1978
- (39) Nester, K.
Vorhaben Meteorologisches Simulationsmodell Oberrheingebiet. Vorhabensbericht Nr. 10: Verifizierung von WALKORE.
Aldenhoven/Jülich: Bonnenberg und Drescher 1978. I, 30 S.
- (40) Nester, K.
Oberlagerung von zwei Kühlturmfahnen. Teilprojekt 4.
Abwärmeprojekt Oberrheingebiet, 1. Halbjahr 1978. Bericht. Berlin: Umweltbundesamt 1978. S. 90-100
APO 1/78
- (41) Neumann, W.; Dilger, H.
Strahlenschutzüberwachung im Bereich der Abteilung Dekontaminationsbetriebe.
Jahresbericht 1977. KfK-Ext. 20/78-01
- (42) Neumann, W.; Winter, M.
Katastrophenschutzplanung und Störfallmeßprogramm zur Umgebungsüberwachung kerntechnischer Anlagen.
Seminar of the Committee for the Peaceful Uses of Atomic Energy of the People's Republic of Bulgaria, Sofia, October 24-31, 1978
- (43) Ohlmeyer, M.; Windbühl, E.; Pedrerol, J.
Vorrichtung zum gasdichten Befestigen eines Folienbehältnisses.
DE-OS 26 59 787 (13.7.1978) (PLA 76/77)
- (44) Piesch, E.
Stand und Entwicklungstendenzen der Strahlenschutz-Personenüberwachung. Vorbericht zum Thema der Fachtagung D1.
Kerntechnik, 20 (1978) S. 391-398
- (45) Piesch, E.; Burgkhardt, B.
Advances in Albedo neutron dosimetry.
Internat. Symposium on Advances in Radiation Protection Monitoring, Stockholm, Sweden, June 26-30, 1978
SM-229/5

- (46) Piesch, E.; Burgkhardt, B.
The role of an analyzer type Albedo dosimeter in routine monitoring and the current situation for the calibration technique.
7. Workshop on Personnel Neutron Dosimetry, London, October 23-24, 1978
- (47) Piesch, E.; Burgkhardt, B. (Bearb.)
Thermolumineszenz- und Phosphatglas - Dosimetersysteme im Bereich kleiner Dosen: Vorstellung eines Testprogrammes und Ergebnisse an 43 Systemen.
KfK-2626 (Juni 1978)
- (48) Schüttelkopf, H.
Radioökologische Aspekte der Entsorgung.
Baumgärtner, F. (Hrsg.): Chemie der nuklearen Entsorgung. GDCH-Seminar. Gerlos, Tirol, 6.-11. März 1977 .
Teil 1 und Teil 2. München: Thiemig 1978. (Thiemig-Taschenbücher. Bd. 65/66) T. 1, S. 155-181
- (49) Schüttelkopf, H.
Untersuchungen zur Radioökologie des J-129.
In: Projekt Nukleare Sicherheit. Halbjahresbericht 1977/2. KfK-2600 (April 1978) S. 161-169
- (50) Schüttelkopf, H.
Die radioökologische Reduktion akuter und langzeitiger Kontaminationen der Umwelt durch J-129.
Jahreskolloquium 1978 des Projekts Nukleare Sicherheit, Karlsruhe, 28.-29. November 1978.
In: KfK-2770 (November 1978)
- (51) Schüttelkopf, H.
Untersuchungen zur Radioökologie des ^{129}J .
In: Projekt Nukleare Sicherheit. Halbjahresbericht 1978/1. KfK-2700 (November 1978) S. 4800/1
- (52) Schüttelkopf, H.; Herrmann, G.
 $^{14}\text{CO}_2$ -Emissionen aus der Wiederaufarbeitungsanlage Karlsruhe.
Seminar on Radioactive Effluents from Nuclear Fuel Reprocessing Plants, Karlsruhe, November 22-25, 1977.
Proc. Luxembourg: Commission of the European Communities 1978. S. 189-201
- (53) Thomas, P.
An on-line meteorological information system for response to accidental releases of radioactivity into the atmosphere.
Internat. Meeting on Nuclear Power Reactor Safety, Brussels, Belgium, October 16-19, 1978
- (54) Thomas, P.
Atmospheric diffusion experiments and the meteorological information system at the Karlsruhe Nuclear Research Center.
Colloquium on Environmental Monitoring, Ispra, May 19, 1978
- (55) Thomas, P.
Ausbreitungsexperimente am Kernforschungszentrum Karlsruhe.
Amt für Wehrgeophysik, Traben-Trarbach, Seminar vom 13. Dezember 1978
- (56) Vogt, S.; Hübschmann, W.
Influence of meteorologic parameters on the consequences of accidental activity releases from nuclear power plants.
Internat. Meeting on Nuclear Power Reactor Safety, Brussels, Belgium, October 16-19, 1978

- (57) Winter, M.
Measurements of the environmental radioactivity at the Karlsruhe Nuclear Research Center - program and results.
Colloquium on Environmental Monitoring, Ispra, Italy, May 19, 1978
- (58) Winter, M.
Monitoring of radioactive liquid effluents from nuclear facilities - general aspects and practical work at the Karlsruhe Nuclear Research Center.
Seminar of the Committee for the Peaceful Uses of Atomic Energy of the People's Republic of Bulgaria, Sofia, October 24-31, 1978
- (59) Winter, M.
Environmental monitoring of nuclear facilities - general aspects and practical work at the Karlsruhe Nuclear Research Center.
Seminar of the Committee for the Peaceful Uses of Atomic Energy of the People's Republic of Bulgaria, Sofia, October 24-31, 1978
- (60) Winter, M.
Monitoring of radioactive gaseous effluents from nuclear facilities - general aspects and practical work at the Karlsruhe Nuclear Research Center.
Seminar of the Committee for the Peaceful Uses of Atomic Energy of the People's Republic of Bulgaria, Sofia, October 24-31, 1978
- (61) Winter, M.; Höhle, G.; Huppert, K.L.
Verarbeitung und Überwachung wässriger radioaktiver Abfälle von der Wiederaufarbeitungsanlage Karlsruhe (WAK).
Seminar on Radioactive Effluents from Nuclear Fuel Reprocessing Plants, Karlsruhe, November 22-25, 1977.
Proc. Luxembourg: Commission of the European Communities 1978. S. 123-144
- (62) Winter, M.; Tachlinski, W.
Überwachung der Umweltradioaktivität am Kernforschungszentrum Karlsruhe im Jahre 1977.
KfK-2726B (Dezember 1978)
- (63) Hübschmann, W.; Bayer, A.; Horsch, F.; Schückler, M.; Vogt, S.
Das Unfallfolgenmodell der deutschen Risikostudie.
GRS-Fachgespräch. Kernenergie und Risiko. Fachvorträge, München, 3./4. November 1977. Köln: GRS 1978.
S. 61-84 (GRS-10-1978)
- (64) Piesch, E.; Burgkhardt, B.; Sayed, A.M.
Activation and damage effects in TLD 600 after neutron irradiation.
Nucl. Instr. and Methods 157 (1978) 179-184

8.2 Primärberichte, unveröffentlicht

Folgende Primärberichte enthalten unveröffentlichte Informationen von vorläufigem und betriebsinternem Charakter. Eine zur Verfügungstellung der Berichte ist nach entsprechender einzelvertraglicher Vereinbarung über die Nutzung des darin enthaltenen know how (know-how-Vertrag) möglich. Entsprechende Anfragen sind an die Abteilung Patente und Lizenzen des KfK zu richten.

M. Becker, J. Hiller, H. Schüttelkopf, P. Thomas, S. Vogt

Untersuchung zum Ausbreitungsverhalten nuklearer Schadstoffe im Nah- und Fernbereich, 06.03.02P01A, Dez. 1978

G. Bork, Chr. Brückner

Zur Abschätzung der Ungenauigkeit einer Kernmaterialbilanz in einer Mischoxid-Fabrikationsanlage. 07.01.03P04A, Sept. 1978

E. Droselmeyer

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? 98.02.04P01A, Dez. 1978

W. Hübschmann, S. Vogt, A. Bayer, M. Schückler

Erste Ergebnisse der Untersuchung der radiologischen Folgen von Reaktorunfällen, 06.03.03P01B, Okt. 1978

W. Hübschmann, S. Vogt

Das Modell der Aktivitätsfahne für das Unfallfolgenmodell der DRS, 06.03.03P01A, April 1978

D. Papadopoulos

Die maximal zu erwartende Umgebungsbelastung durch die Emission radioaktiver Stoffe mit der Abluft der KNK, 98.02.02P01B, Dez. 1978

P. Thomas, S. Vogt

Meteorologische und radiologische Verhältnisse am Standort der Wiederaufarbeitungsanlage Karlsruhe, 98.02.02P01C, Dez. 1978

P. Thomas, S. Vogt

Auswertung der am Windegg bei Tuttlingen durchgeführten radarverfolgten Tetraonflüge, 06.03.02P02A, Juli 1978

8.3 AS-Berichte 1978, unveröffentlicht

H. Dilger

Windrichtungs- und Windgeschwindigkeitsmessungen in den Jahren 1968-1976

H. Dilger

Jahrgangswise Auswertung der solaren Strahlungswerte und des Profils der horizontalen Windrichtungsfluktuation

H. Dilger

Untersuchung über die Feuchtmessung im Abluftkamin der FERAB

H. Dilger

Untersuchungen über das Windprofil am KfK

W. Hübschmann

Das Modell der Aktivitätsfahne für das Unfallfolgemodell der GRS

W. Hübschmann

Deutsche Risiko-Studie: Beaufschlagtes Gebiet

W. Hübschmann, H. Kiefer, L.A. König, G. Stäblein

Jahrestagung 1978 des Fachverbands für Strahlenschutz, 2.-6.10.1978 auf Norderney

W. Hübschmann, D. Papadopoulos

Abschätzung der im Jahre 79 maximal zu erwartenden Strahlenexposition in der Umgebung des KfK durch die mit der Abluft emittierten radioaktiven Stoffe

W. Jerke

Bestimmung der Richtungsabhängigkeit eines Neutronenspektrometers

W. Koelzer, E. Piesch, H. Schieferdecker

Bericht über das IAEA-Symposium Advances in Radiation Protection Monitoring, 26.-30.6.1978, Stockholm

W. Koelzer

Bericht über die Übung zum Räumungsplan am 7.9.78

L.A. König

Verhalten von Tritium in der Umwelt, Symposium 16.-20.10.1978 in San Francisco, USA

B. Kornhaas

Bestimmung der Tritiumkonzentration in der Bodenfeuchte und dem Gewebewasser von Graspflanzen in Abhängigkeit von den Ableitungen des Kernforschungszentrums über die Abluft

U. Lohoff

Bestimmung der Intensität der L-Strahlung von Th-232 mit einem Argon-Methan-Proportionalzähler

D. Nagel, D. Papadopoulos

Verteilung der Bevölkerung in der Umgebung der KfK

K. Nester

Seminar über Kühltürme in Chatou am 13/14.11.1978

D. Papadopoulos, W. Hübschmann, D. Nagel

Strahlenbelastung der Umgebung aufgrund der mit der Abluft aus der WAK im Jahre 1977 abgeleiteten Aktivität

D. Papadopoulos

Die maximal zu erwartende Umgebungsbelastung durch die Emission radioaktiver Stoffe mit der Abluft der KNK

F. Stettner

Untersuchung von Luftstaubfiltern aus einer Wiederaufarbeitungsanlage auf Plutonium

W. Tachlinski

Tritium- und Bruttoaktivitätskonzentrationsmessungen an Wässern aus Grundwasserkontrollbohrungen im und nahe dem Kernforschungszentrum Karlsruhe

P. Thomas, S. Vogt

Auswertung der am Windegg bei Tuttlingen durchgeführten radarverfolgten Tetraonflüge

P. Thomas

Bericht über die 10. Reaktortagung des Deutschen Atomforums und der Kerntechnischen Gesellschaft vom 4.-7.4.1978

P. Thomas

Experimentelle Bestimmung der atmosphärischen Ausbreitungsparameter, Versuch Nr. 45

P. Thomas

Experimentelle Bestimmung der atmosphärischen Ausbreitungsparameter, Versuch Nr. 46

P. Thomas

Experimentelle Bestimmung der atmosphärischen Ausbreitungsparameter, Versuch Nr. 52

P. Thomas

Experimentelle Bestimmung der atmosphärischen Ausbreitungsparameter, Versuch Nr. 48

P. Thomas, H. Dilger, J. Hiller, H. Schüttelkopf, S. Vogt

Experimentelle Bestimmung der atmosphärischen Ausbreitungsparameter

P. Thomas, H. Dilger, J. Hiller, H. Schüttelkopf, S. Vogt

Experimentelle Bestimmung der atmosphärischen Ausbreitungsparameter

P. Thomas, S. Vogt

ENS-ANS-Treffen über Sicherheit von Kernkraftwerken vom 16.-19.10.78 in Brüssel

S. Vogt

Ausbreitungsrechnung für die Abluft des Bergwerkes Asse

S. Vogt

Der zeitliche Aufbau der Gammadosis durch Strahlung vom Boden dargestellt am Unfall "Spätes Überdruckversagen"

8.4 Beratertätigkeit

"Notfallschutz in der Umgebung kerntechnischer Anlagen", Ausschuß bei der Strahlenschutzkommission, BMI

"Radioökologie", Ausschuß bei der Strahlenschutzkommission, BMI

"Strahlenschutztechnik", Ausschuß bei der Strahlenschutzkommission, BMI

"Beratergruppe der Katastrophenschutzleitung bei kerntechnischen Unfällen", 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

"Lenkungsgremium des Fachbereichs Strahlenschutztechnik", Normenausschuß Kerntechnik des 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

"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", Arbeitskreis des Deutschen Atomforums