

**KERNFORSCHUNGSZENTRUM
KARLSRUHE**

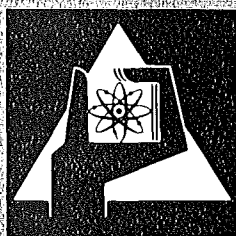
Mai 1977

KFK 2433

Abteilung Strahlenschutz und Sicherheit

Jahresbericht 1976

Redaktion: H. Kiefer, W. Koelzer



**GESELLSCHAFT
FÜR
KERNFORSCHUNG M.B.H.**

KARLSRUHE

Als Manuskript vervielfältigt

Für diesen Bericht behalten wir uns alle Rechte vor

GESELLSCHAFT FÜR KERNFORSCHUNG M. B. H.
KARLSRUHE

KERNFORSCHUNGSZENTRUM KARLSRUHE

KFK 2433

Abteilung Strahlenschutz und Sicherheit

JAHRESBERICHT 1976

Redaktion: H. Kiefer, W. Koelzer

An der Erarbeitung dieses Berichts waren
alle Mitarbeiter der Abteilung beteiligt

Gesellschaft für Kernforschung m.b.H., Karlsruhe

ERRATA

zu KFK 2433

S. 35	6. Z.v.u.	statt 1974	richtig 1972
S. 105	Abb. 7/5	statt mrem/a	richtig mrem/50a
S. 106	1. Z.v.o.	statt 1976	richtig 1977

Zusammenfassung

Der Sicherheitsbeauftragte der Gesellschaft für Kernforschung ist für die Gewährleistung des Strahlenschutzes und der technischen Sicherheit auf konventionellem und nuklearem Gebiet innerhalb der Gesellschaft zuständig. Zur Durchführung dieser Aufgaben bedient er sich der Abteilung Strahlenschutz und Sicherheit. Die Aufgabenstellung umfaßt sowohl routinemäßige Strahlenschutz- und Sicherheitsaufgaben für die Institute und Abteilungen der Gesellschaft für Kernforschung und die Umgebungsüberwachung für das gesamte Forschungszentrum als auch eigene Forschungs- und Entwicklungsarbeiten, die zu einem erheblichen Teil im Rahmen des Projektes Nukleare Sicherheit durchgeführt werden. Schwerpunkte dieser Arbeiten sind: Strahlenschutzmeßtechnik und Personendosimetrie, theoretische und experimentelle Untersuchungen über das Ausbreitungsverhalten von Gasen und Aerosolen in der Atmosphäre, Größe und Auswirkung radioaktiver und thermischer Emissionen kerntechnischer Großanlagen.

Der vorliegende Bericht informiert über die einzelnen Aufgabengebiete, gibt die Ergebnisse der Routinemessungen im Jahre 1976 wieder und berichtet über neue Untersuchungsergebnisse und Entwicklungen der verschiedenen Arbeitsgruppen der Abteilung.

Radiation Protection and Safety Department - Annual Report 1976

Summary

The Safety Officer of Gesellschaft für Kernforschung is responsible for radiation protection and technical safety, both conventional and nuclear, within the company. To fulfill his functions he relies on the assistance of the Radiation Protection and Safety Department. His duties cover tasks relative to radiation protection and safety on behalf of the institutes and departments of Gesellschaft für Kernforschung and environmental monitoring for the whole Nuclear Research Center, on the one hand, and own research and development work, most of which carried out under the Nuclear Safety Project, on the other hand. These activities concentrate on radiation protection methods of measurement and personnel dosimetry, theoretical and experimental studies of the diffusion behaviour of gases and aerosols in the atmosphere, the amount and consequences of radioactive and thermal emissions from large nuclear plants.

This report gives details of the different duties, indicates the results of 1976 routine measurements, and reports about new results of investigations and developments of the working groups of the department.

Service de radioprotection et de sécurité - Rapport annuel 1976

Résumé

Le chargé de sécurité de la Gesellschaft für Kernforschung est responsable de la radioprotection et de la sécurité technique sur les domaines conventionnel et nucléaire au sein de la compagnie. En s'acquittant de ces fonctions il se sert de l'assistance du Service de radioprotection et de sécurité. Les fonctions incluent les tâches de routine de radioprotection et de sécurité pour l'ensemble des instituts et départements et la surveillance de l'environnement du Centre d'études nucléaires aussi bien que des travaux de recherche et de développement dont la plupart ressortissent au Projet de Sécurité Nucléaire. Les efforts principaux concernent les procédés de mesure de radioprotection et la dosimétrie individuelle, les études théoriques et expérimentales sur le comportement de diffusion de gaz et d'aérosols dans l'atmosphère, la quantité et les effets d'émissions thermiques et radioactives à partir de grandes installations nucléaires.

Ce rapport contient des informations sur les tâches individuelles, résume les résultats des mesures de routine faites en 1976, et indique les nouveaux résultats d'expériences et de développements réalisés par les différents groupes de travail.

<u>Inhaltsverzeichnis</u>	Seite
1. Aufgabengebiete und Organisation der Abteilung Strahlenschutz und Sicherheit	1
2. Sicherheitsüberwachung	3
2.1 Sicherheitsingenieur - Strahlenschutz	3
2.1.1 Strahlenschutzsicherheit	3
2.1.2 Personendosiskartei	5
2.2 Sicherheitsingenieur - konventionelle Bereiche	7
2.2.1 Auswirkungen des Arbeitssicherheitsgesetzes	7
2.2.2 Information - Sicherheitsregelungen - Belehrungen	7
2.2.3 Arbeitsschutzausschuß	7
2.2.4 Betriebsüberwachung	7
2.2.5 Unfallgeschehen im Jahre 1976	8
2.2.6 Abnahme von Baustelleneinrichtungen	10
2.2.7 Ausbildung von Kranführern	10
2.2.8 Arbeitsplatzüberwachung	10
2.3 Sicherheitsbeirat	11
2.4 Meldestelle für Kernbrennstoffe	12
2.5 Einsatzplanung und Organisation	15
2.5.1 Sicherheitstechnische Unterlagen	15
2.5.2 Organisation und Information der Einsatzdienste	16
2.5.3 Allgemeine sicherheitstechnische Aufgaben	16
2.6 Datenverarbeitung	17
3. Strahlenschutzüberwachung	19
3.1 Arbeitsplatzüberwachung	19
3.2 Dichtigkeitsprüfungen	23
3.3 Überwachung der Ableitungen	24
3.3.1 Abluftüberwachung	24
3.3.2 Abwasserüberwachung	29
3.4 Umgebungsüberwachung	35
3.4.1 Das Überwachungsprogramm	35
3.4.2 Meßergebnisse des Routineprogramms	39
3.4.3 Besondere Überwachungsmaßnahmen	48
3.5 Personenüberwachung	52
3.5.1 Externe Dosis	52
3.5.2 Inkorporationsmessungen	54

4.	Dosimetrie und Spektroskopie	56
4.1	Photonendosimetrie	56
4.1.1	Reproduzierbarkeit von TLD- und RPL-Dosimetersystemen	56
4.1.2	Strahlenschäden in LiF:Mg,Ti Thermolumineszenzdosimetern	58
4.1.3	Supralinearität von CaF ₂ :Dy und CaSO ₄ :Tm Thermolumineszenzdosimetern	59
4.1.4	Ermittlung der Tiefendosisverteilung und der Personendosis von 9 MeV-Photonen	62
4.1.5	Festlegung von Bestrahlungsbedingungen für eine Phantomkalibrierung	64
4.1.6	Nachweis kleiner Dosisbeiträge zum natürlichen Strahlenpegel	66
4.1.7	Megaraddosimetrie mit gefärbten Zelluloseacetatfolien	68
4.1.8	Weiterentwicklung des automatischen Glasdosimeter-Auswertegerätes	70
4.2.	Neutronendosimetrie	
4.2.1	Passives Neutronenspektrometer mit LiF-Thermolumineszenzdosimetern	71
4.2.2	Neutronennachweis über Rückstoßkerne in Polymer-Kernspurätzdetektoren	72
4.2.3	Nachweis schneller Neutronen mit dem Albedo-Neutronendosimeter	74
4.3	Spektroskopie	76
4.3.1	Ausbau der Elektronik des Human Body Counters zur gleichzeitigen Ganz- und Teilkörpermessung	76
4.3.2	Kalibrierung des Human Body Counters für Lungeninkorporationen	77
4.3.3	Abschirmkammer zur in-vivo-Messung inkorporierter Aktinide	79
4.3.4	Programm zur automatischen Auswertung von NaJ(Tl)-Spektren im Low-Level-Bereich	80
4.3.5	IAEA-Vergleichsmessungen, Ergebnisse und Vergleich	81
4.3.6	Ausbau der Spektroskopie-Meßanlage	82
4.3.7	Einsatz der Detektoren und spezielle Messungen	83
5.	Strahlenschutzmeßgeräte	84
5.1	Wartung und Reparatur von Strahlenschutzmeßgeräten	84
5.2	Erprobung eines Dosisleistungs-Telemetriesystems	85
5.3	Kleiner Digitalzähler als Zusatzeinrichtung zu einem Rem-Counter	86
5.4	Sonderaufgaben	86
6.	Meteorologie	87
6.1	Auswertung meteorologischer Messungen	87
6.1.1	Ausbreitungsstatistik	87
6.1.2	Niederschlag	87
6.1.3	Strahlung	90
6.1.4	Besondere Ausbreitungssituationen	91
6.1.5	Über die Mittelwertbildung der Windrichtung	93
6.1.6	Weitergabe meteorologischer Daten	94
6.2	Instrumentierung	94

6.3	Datenerfassung	95
6.4	Feldmessungen	95
7.	Umweltschutz	96
7.1	Strahlenbelastung der Umgebung des Kernforschungszentrums Karlsruhe	96
7.1.1	Strahlenbelastung im Jahre 1976 aufgrund der mit der Abluft abgeleiteten Aktivität	96
7.1.2	Vorausgeschätzte Strahlenbelastung aufgrund des Abluftplans 1977	98
7.1.3	Benachbarte Standorte	106
7.2	Ausbreitungsversuche	108
7.2.1	Durchführung der Versuche	108
7.2.2	Auswertung	108
7.2.2.1	Emissionshöhe 60 m	108
7.2.2.2	Emissionshöhe 100 m	110
7.2.3	Ausbreitung von Schadstoffen im Mesoscale	110
7.3	Auswirkungen von Kühltürmen großer Kernkraftwerke auf ihre Umgebung	111
7.3.1	Verbesserungen im Programm WALKÖRE	111
7.3.2	Ergebnisse der durchgeführten Rechnungen	112
7.4	Unfallfolgenmodell in der Reaktor-Risiko-Studie	115
7.5	Störfallanalysen	117
7.6	Messprogramm zur Bestimmung der Tritiumkontamination der Umwelt	118
7.6.1	Die Tritiumkontamination von Niederschlägen, Oberflächen-, Grund- und Trinkwasser	118
7.6.2	Erfahrungen mit einer Tritiumkontamination des Grundwassers	122
7.6.3	Zusammenhänge zwischen den Tritiumableitungen verschiedener Quellen und der Kontamination von Luft, Wasser und Pflanzen	124
8.	Radiochemische und radioökologische Arbeiten	130
8.1	Zusammenfassung der Arbeiten der ASS/Ch	130
8.2	Pu in Luft- und Bodenproben	131
8.3	^{90}Sr in der Abluft der WAK und der FERAB	132
8.4	Die Messung von $^{14}\text{CO}_2$ in der Abluft kerntechnischer Anlagen	134
8.5	^{131}J und ^{133}J in der WAK-Abluft	136
8.6	Die Messung von ^{131}J in der Umgebungsluft kerntechnischer Anlagen	137
8.7	^{129}J in der Abluft der WAK und in Milchproben aus der Umgebung der WAK	138
8.8	Die diskontinuierliche ^{129}J -Emission bei Brennstoffauflösungen in der WAK	140

8.9	Die Messung von ^{127}J in der Umgebungsluft des KFZ Karlsruhe	141
9.	Bibliographie, Beratertätigkeit	142
9.1	Veröffentlichungen 1976	142
9.2	Beratertätigkeit	146
9.3	ASS-Berichte 1976, unveröffentlicht	147

Verzeichnis der benutzten Abkürzungen

ABRA	Abteilung Behandlung radioaktiver Abfälle
ADB	Abteilung Dekontaminationsbetriebe
ADI	Abteilung Datenverarbeitung und Instrumentierung
ASS	Abteilung Strahlenschutz und Sicherheit
ASS/Ch	Abt. Strahlenschutz und Sicherheit/Chemie
ASS/GM	Abt. Strahlenschutz und Sicherheit/Geräte und Methoden
ASS/TM	Abt. Strahlenschutz und Sicherheit/Theorie und Meteorologie
ASS/TSB	Abt. Strahlenschutz und Sicherheit/Technisches Sicherheitsbüro
ASS/O	Abt. Strahlenschutz und Sicherheit/Überwachung
AV	Abteilung Allgemeine Verwaltung
AVW	Abteilung Versorgungsbetriebe und Werkstätten
AVW/BW	Abteilung Versorgungsbetriebe und Werkstätten/Betriebswerkstätten
AVW/HW	Abteilung Versorgungsbetriebe und Werkstätten/Hauptwerkstatt
AVW/LW	Abteilung Versorgungsbetriebe und Werkstätten/Lehrwerkstatt
BAW	Bundesamt für gewerbliche Wirtschaft
BÜF	Beirat überbetriebliche Fragen
BGA	Bundesgesundheitsamt
BMFT	Bundesministerium für Forschung und Technologie
BMI	Bundesministerium des Innern
BSV	Bereichsstrahlenschutzverantwortlicher
CALAS	Computer Aided Laboratory Automatic System
DWD	Deutscher Wetterdienst
EKM	Einkauf und Materialwesen
EKM/HL	Einkauf und Materialwesen/Hauptlager
ELMA	Einrichtung zur Lagerung mittelaktiver Abfälle
EvD	Einsatzleiter vom Dienst
FERAB	Anlage zur Einengung fester radioaktiver Abfälle
FR 2	Forschungsreaktor 2
GAA	Gewerbeaufsichtsamt
GfK	Gesellschaft für Kernforschung mbH, Karlsruhe
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

IEKP	Institut für Experimentelle Kernphysik
IHCh	Institut für Heiße Chemie
IKVt	Institut für Kernverfahrenstechnik
IMF	Institut für Material- und Festkörperforschung
INR	Institut für Neutronenphysik und Reaktortechnik
IRCh	Institut für Radiochemie
IRE	Institut für Reaktorentwicklung
IStL	Institut für Strahlentechnologie der Bundesforschungsanstalt für Ernährung
KAH	Kraftanlagen Heidelberg
KBG	Kernkraftwerk-Betriebsgesellschaft mbH
KFZK	Kernforschungszentrum Karlsruhe
KNK	Kompakte Natriumgekühlte Kernreaktoranlage
KTH	Kerntechnischer Hilfszug
KWO	Kernkraftwerk Obrigheim
LAF	Laboratorium für Aerosolphysik und Filtertechnik
LAW	Low Activity Waste
LfU	Landesanstalt für Umweltschutz
MAGS	Ministerium für Arbeit, Gesundheit und Sozialordnung Baden-Württemberg, Stuttgart
Med	Medizinische Abteilung
LIT	Labor für Isotopentechnik
MAW	Medium Activity Waste (Mittelaktiver Abfall)
MZFR	Mehrzweckforschungsreaktor
MZK	Maximal zulässige Konzentration
PNS	Projekt Nukleare Sicherheit
PTB	Physikalisch-Technische Bundesanstalt
RBT	Abteilung Reaktorbetrieb und Technik
RBT/HZ	Abt. Reaktorbetrieb und Technik/Heiße Zellen
RBT/IT-PA	Abt. Reaktorbetrieb und Technik/Ingenieurtechnik - Projektbereich A
RöV	Röntgenverordnung
RPL	Radiophotolumineszenz
RVO	Reichsversicherungsordnung
SKT	Schule für Kerntechnik
SNEAK	Schnelle Null-Energie Anordnung Karlsruhe
SNR	Schneller Natriumgekühlter Reaktor
STARK	Schnell-Thermischer Argonaut-Reaktor Karlsruhe
SSV	Strahlenschutzverantwortlicher
SSVO	Strahlenschutzverordnung
SUA	Siemens-Unterrichts-Anordnung
SUAK	Schnelle Unterkritische Anordnung Karlsruhe

VIII

SUR	Siemens-Unterrichts-Reaktor
TEKO	Technikumhalle zur Komponentenerprobung
TIK	Taschenionisationskammer
TLD	Thermolumineszenzdosimeter
Tr.	Trockensubstanz
TSEE	Thermisch stimulierte Exoelektronenemission
TU	Europäisches Institut für Transurane
TÖV	Technischer Überwachungsverein
UVV	Unfallverhütungsvorschriften
VAK	Versuchsatomkraftwerk Kahl
VERA	Versuchsanlage für die Verfestigung radioaktiver Abfalllösungen
WAK	Wiederaufarbeitungsanlage Karlsruhe
Wgr.	Wirkungsgrad
ZAED	Zentralstelle für Atomkernenergie-Dokumentation

1. Aufgabengebiete und Organisation der Abteilung Strahlenschutz und Sicherheit

H. Kiefer, W. Koelzer

Der Sicherheitsbeauftragte der Gesellschaft für Kernforschung ist für die Gewährleistung des Strahlenschutzes und der technischen Sicherheit auf konventionellem und nuklearem Gebiet innerhalb der Gesellschaft zuständig. Zur Durchführung dieser Aufgaben bedient er sich der Abteilung Strahlenschutz und Sicherheit. Er untersteht mit der Abteilung Strahlenschutz und Sicherheit direkt dem Vorstandsvorsitzenden der Gesellschaft für Kernforschung, um eine unabhängige Überwachung sicherzustellen. Die Aufgabenstellung umfaßt sowohl routinemäßige Strahlenschutz- und Sicherheitsaufgaben für die Institute und Abteilungen der Gesellschaft für Kernforschung und die Umgebungsüberwachung für das gesamte Kernforschungszentrum als auch eigene Forschungs- und Entwicklungsarbeiten, die zu einem erheblichen Teil im Rahmen des Projektes Nukleare Sicherheit durchgeführt werden. Schwerpunkte dieser Arbeiten sind: Strahlenschutzmeßtechnik und Personendosimetrie, theoretische und experimentelle Untersuchungen über das Ausbreitungsverhalten von Gasen und Aerosolen in der Atmosphäre, Größe und Auswirkung radioaktiver und thermischer Emissionen kerntechnischer Großanlagen.

Der Abteilung Strahlenschutz und Sicherheit gehörten am 31.12.1976 147 Mitarbeiter - 19 Akademiker, 23 Ingenieure, 90 Techniker und administrative Mitarbeiter und 15 Strahlenschutzassistentinnen in Ausbildung - an. Außerdem waren 2 Gastwissenschaftler und 1 Doktorand in der Abteilung tätig.

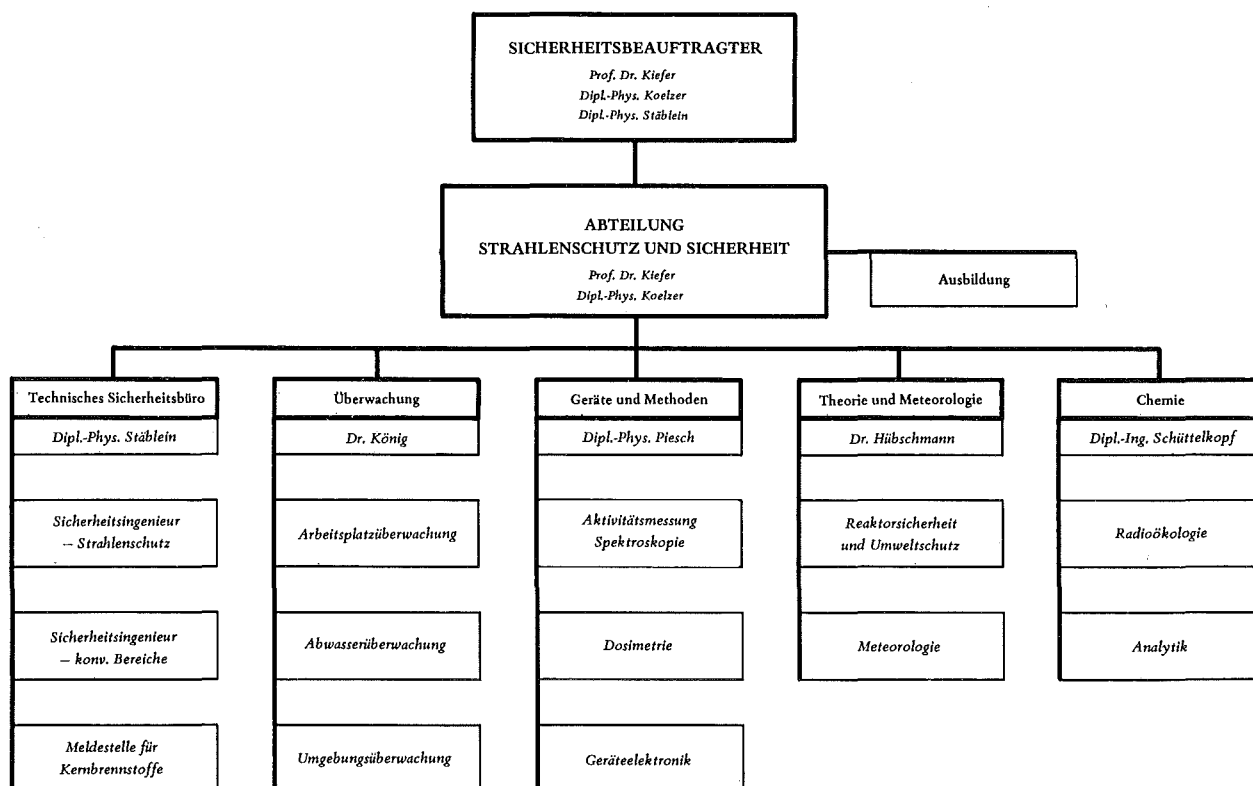


Abb. 1/1: Organisationsplan der Abteilung Strahlenschutz und Sicherheit

Bereich "Technisches Sicherheitsbüro"

Das "Technische Sicherheitsbüro" führt alle administrativen Maßnahmen zur Wahrung der konventionellen und nuklearen Sicherheit durch. Dazu gehören die Prüfung von Erfordernis und Umfang von Genehmigungen sowie die Überwachung der Einhaltung aller die technische Sicherheit betreffenden Gesetze, Verordnungen, Auflagen und Regeln der Technik. Zu diesem Zweck werden u.a. Karteien über die Personendosis der Beschäftigten, die radioaktiven Stoffe und Kernbrennstoffe geführt. Außerdem werden die Geschäfte des Sicherheitsbeirates und Arbeitsschutzausschusses des Kernforschungszentrums wahrgenommen.

Bereich "Überwachung"

Dem Bereich "Überwachung" obliegt der Routinestrahenschutz in den Instituten und Anlagen der Gesellschaft für Kernforschung und die Überwachung der Ableitung radioaktiver Stoffe in die Luft für das gesamte Kernforschungszentrum. Hinzu kommt die Umgebungsüberwachung. Mit zum Teil vollautomatischen Anlagen werden Messungen der Radioaktivität in Luft, Wasser, Boden und biologischem Material in einem Umkreis von 10 km durchgeführt. Eine weitere wesentliche Aufgabe ist die laufende Kontrolle aller anfallenden Abwässer auf Radioaktivität.

Bereich "Geräte und Methoden"

Eine Hauptaufgabe des Bereiches "Geräte und Methoden" ist die Entwicklung, Erprobung und der Test von Strahlenschutzmeßverfahren und -geräten. Kalibrierung und Wartung aller Strahlenschutzmeßgeräte des Kernforschungszentrums, Dichtigkeitsprüfungen umschlossener radioaktiver Stoffe, der Betrieb eines Hochdosisstandes und eines Ganzkörperzählers zur Inkorporationskontrolle sind weitere Aufgaben. Von der Gruppe Dosimetrie werden Routine- und Unfalldosimeter zur Personen- und Ortsdosisüberwachung weiterentwickelt und alle Mitarbeiter der Gesellschaft für Kernforschung mit derartigen Dosimetern überwacht.

Bereich "Theorie und Meteorologie"

Im Bereich "Theorie und Meteorologie" werden Strahlenschutz- und Sicherheitsfragen theoretisch untersucht. Von besonderer Bedeutung sind die Berechnungen der Ausbreitung radioaktiver Aerosole und Gase und der dadurch hervorgerufenen Strahlenbelastung im Normalfall und bei Unfällen. Zur Ermittlung der erforderlichen zahlreichen meteorologischen Daten und Parameter betreibt die meteorologische Gruppe dieses Bereiches einen 200 m hohen Meßmast. Die anfallenden Daten der 47 Meßgeräte werden in einem Prozeßrechner verarbeitet. Die gewonnenen Untersuchungsergebnisse liefern einen Beitrag zum allgemeinen Problem der Luftreinhalte und des Umweltschutzes.

Bereich "Chemie"

Die Prüfung, Erprobung und Anwendung radiochemischer Verfahren - insbesondere der Schnellverfahren - für Strahlenschutz Zwecke und die Durchführung radiochemischer Arbeiten innerhalb der Gesamtabteilung ist eine wesentliche Aufgabe dieses Bereichs. Auf dem Gebiet der Radioökologie werden zur Zeit besonders intensiv die Arbeiten zu C-14, Jod-129 und Plutonium durchgeführt.

2. Sicherheitsüberwachung

Das Technische Sicherheitsbüro führt alle zentralen administrativen Maßnahmen zur Wahrung der konventionellen und nuklearen Sicherheit durch.

Technisches Sicherheitsbüro	<ul style="list-style-type: none">- Leitung und Koordinierung- Behördenkontakte- Sicherheitsbeirat
Sicherheitsingenieur - Strahlenschutz	<ul style="list-style-type: none">- Genehmigungen, Auflagen- Bestellung zum SSV- Betriebsbegehung- Personendosiskartei
Sicherheitsingenieur - konventionelle Bereiche	<ul style="list-style-type: none">- Arbeitsschutzausschuß- Pflichtenübertragungen- Betriebsüberwachung- Unfallanalyse.
Meldestelle	<ul style="list-style-type: none">- Erfassung von Kernbrennstoffen und radioaktiven Stoffen- Bestandsmeldungen- Transportaufsicht- Begleitung behördlicher Inspektionen
Einsatzplanung	<ul style="list-style-type: none">- Sicherheitstechnische Unterlagen- Organisation und Information der Einsatzdienste- Allgemein sicherheitstechnische Aufgaben

2.1 Sicherheitsingenieur - Strahlenschutz

H. Roock

2.1.1 Strahlenschutzsicherheit

- Sicherheitsüberwachung :

Im Berichtsjahr wurden 68 Betriebsbegehungen im KFZK und an auswärtigen GfK-Anlagen zur Überprüfung der Einhaltung von Strahlenschutzregeln durchgeführt, wobei in verstärktem Umfang auch Begehungen auf Wunsch der Betreiber in der Aufbauphase neuer Experimentieranlagen erfolgten. Der überwiegende Teil der Beanstandungen, über deren Erledigung eine Rückmeldungsverpflichtung auf einem Formular eingeführt wurde, betrifft die am häufigsten wiederkehrenden Mängel wie z.B.: unzureichende Beschilderung, Nachlässigkeit bei der Aufbewahrung von Atemschutzgerät, Zwischenlagerung von in dieser Menge im Labor nicht benötigten leicht brennbarem Material. Zu den Routinebegehungen, die nach vorheriger Terminabsprache in Begleitung eines für die

jeweilige Institution zuständigen Strahlenschutzverantwortlichen und in Begleitung des örtlichen Strahlenschutzes erfolgen, werden auch die Medizinische Abteilung und der Betriebsrat eingeladen.

Beruflich strahlenexponierte Personen, bei denen Überschreitungen der Termine für die Strahlenschutzbelehrung (§ 41, 1. SSV0) oder für die ärztliche Untersuchung (§ 46, 1. SSV0) vorliegen und die einer erneuten Aufforderung nicht nachkamen, wurden für Tätigkeiten in Kontrollbereichen und für den Umgang mit radioaktiven Stoffen oberhalb der Freigrenzen gesperrt.

In den Rahmen der Sicherheitsüberwachung fällt auch die Teilnahme an den Sitzungen des Arbeitsschutzausschusses und an den Sitzungen des Sicherheitsausschusses der Abteilung Dekontaminationsbetriebe.

- Unterstützung der Strahlenschutzverantwortlichen:

Der allen Strahlenschutzverantwortung tragenden Personen zur Verfügung gestellte SSV-Ordner wurde laufend ergänzt. Bei einer im Jahreswechsel 1975/76 vorgenommenen Überprüfungsaktion wurden alle Ordner (z.Zt. 169 Stück) zurückbeordert und hierbei auf den neuesten Stand gebracht.

Im Berichtsjahr wurden 3 neue Umgangsgenehmigungen, 10 Nachtragsgenehmigungen und 2 Genehmigungen für den Betrieb von Röntgenanlagen von den zuständigen Behörden erlangt. Bei weiteren 7 gestellten Anträgen läuft noch das Genehmigungsverfahren.

Beratung bei der Erfüllung von Behördenauflagen, bei der Einrichtung und Abgrenzung von Kontrollbereichen, sowie bei allgemeinen Strahlenschutzfragen, insbesondere Festlegung von zu treffenden Maßnahmen gehören zu den ständigen Aufgaben.

Zwei bei der GfK entwickelte Transportbehälter wurden als Typ A-Verpackung gemäß den gültigen Vorschriften geprüft und hierüber Bescheinigungen ausgestellt.

- Bestellung von Strahlenschutzverantwortlichen:

18 Mitarbeiter wurden neu mit der Strahlenschutzverantwortung betraut. Bei der erstmaligen Verantwortungsübernahme mußte die nach § 3 der 1. SSV0 erforderliche Fachkunde für den Strahlenschutz gegenüber der Aufsichtsbehörde nachgewiesen werden.

Z.Zt. sind in den Instituten und Abteilungen der Gesellschaft für Kernforschung mbH, außer Versuchsanlagen, bestellt:

34 Strahlenschutzverantwortliche (SSV)
60 Stellvertreter des SSV
66 Bereichs-Strahlenschutzverantwortliche (BSV)

- Zwischenfallerfassung:

Die im Laufe des Jahres 1976 im Strahlenschutzbereich aufgetretenen Zwischenfälle wurden unter den gleichen Voraussetzungen wie in den vergangenen Jahren erfaßt und deren Ursachen ermittelt. Als unterste Erfassungsgrenze gelten wiederum Personenkontaminationen, bei denen die Dekontamination in der Medizinischen Abteilung erfolgte (z.B. auch geringfügige Kopfkontaminationen wegen Inkorporationsverdacht), wobei nicht jede Einzelperson bei einem mehrere Personen betreffenden Zwischenfall gesondert aufgeführt wurde. Die folgende Tabelle zeigt eine Aufgliederung nach dem überwiegenden Merkmal der jeweiligen Ordnungsklasse. Die insgesamt erfaßten 50 Fälle zeigen in der Gesamtzahl wiederum einen Rückgang gegenüber dem Vorjahr (61), was im wesentlichen auf verbesserte Arbeitstechniken und straffe Organisation in einem besonders gefährdeten Bereich zurückzuführen ist.

Zwischenfallursache	
Technische Mängel	18 %
Organisatorische Mängel	14 %
Verhaltensmängel	64 %
Unbekannt	4 %
Betroffenes Objekt	
Personen	74 %
Gegenstände	21 %
Luft	5 %
Bei Personen überwiegend betroffen	
Kopf	65 %
Hände	24 %
Ganzkörper	11 %

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

2.1.2 Personendosiskartei

- Routineaufgaben:

Die Aufgaben der Personendosiskartei, in der derzeit 3 Mitarbeiterinnen beschäftigt werden, haben sich in den letzten drei Jahren nicht wesentlich verändert, so daß die im Jahresbericht 1973 (KFK-Bericht 1973) gemachten Angaben über den Arbeitsbereich und Umfang weiterhin zutreffen.

- Personendosimetrie:

Im Berichtsjahr wurden 4535 Personen (Stand: Dez. 1976) einschließlich der Fremdfirmenangehörigen erfaßt und überwacht. Die Überwachungsart und die prozentuale Einteilung in die jeweilige Dosimetergruppe sowie die Veränderungen in den Jahren 1972 bis 1976 sind aus nachstehenden Tabellen ersichtlich.

Dosimeterart	Meßstelle	Dosimetergruppe				
		Ia	Ib	II	III	IV
Filmdosimeter γ	LfU	X	X			
Filmdosimeter n	LfU		X			
Glasdosimeter, amtll.	LfU			X		
Glasdosimeter, intern	GfK (ASS/GM)	X	X		X	X
Stabdosimeter	GfK (ASS/U)	X	X	X	X	
Kritikalitätsdosimeter	GfK (ASS/GM)	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	48,1

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	Amtliche Glasdosimetrie Prozentuale Anzahl der Personendosismeßwerte (mrem)				
	<100	100-499	500-999	1000-2999	≥3000
1976					
I.Quartal	88,4	10,9	0,7	-	-
II.Quartal	91,1	8,7	0,2	-	-
III.Quartal	89,0	10,5	0,5	-	-
IV.Quartal	62,0	38,0	-	-	-

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

Überwachungs- zeitraum	Amtliche Filmdosimetrie Prozentuale Anzahl der Personendosismeßwerte (mrem)						
	<100	100-499	500-999	1000-1499	1500-2999	3000-4999	≥5000
1976							
Januar	93,3	6,4	0,3	-	-	-	-
Februar	93,5	5,8	0,4	0,2	0,1	-	-
März	89,7	9,6	0,7	-	-	-	-
April	93,2	6,8	-	-	-	-	-
Mai	90,4	9,3	0,2	-	-	0,1	-
Juni	92,9	6,9	0,2	-	-	-	-
Juli	93,6	6,1	0,3	-	-	-	-
August	90,9	8,6	0,5	-	-	-	-
September	90,0	9,2	0,7	0,1	-	-	-
Oktober	91,7	7,8	0,5	-	-	-	-
November	91,9	7,5	0,4	0,1	0,1	-	-
Dezember	96,4	3,5	0,1	-	-	-	-

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

2.2 Sicherheitsingenieur - konventionelle Bereiche

E. Windbühl

2.2.1 Auswirkungen des Arbeitssicherheitsgesetzes

Das Arbeitssicherheitsgesetz hat insbesondere durch die Aufstellung eines Aufgabenkatalogs die Pflichten von Sicherheitsingenieuren konkretisiert und teilweise erweitert. Ein wesentlicher Bestandteil ist nun die Beratungspflicht bei der Planung, Ausführung und Unterhaltung von Betriebsanlagen und von sozialen und sanitären Einrichtungen und die Überprüfung der Betriebsanlagen sowie der technischen Arbeitsmittel und Arbeitsverfahren vor Inbetriebnahme.

Hierzu waren zahlreiche Einzelberatungen im Berichtsjahr erforderlich.

2.2.2 Information - Sicherheitsregelungen - Belehrungen

Im Berichtszeitraum wurden den Instituten, Abteilungen und Sicherheitsbeauftragten die neu erschienenen einschlägigen Arbeitsschutzvorschriften und Merkblätter über den Umgang mit gefährlichen Arbeitsstoffen zugeleitet. Daneben erfolgte die Erstellung von Informationsblättern und Sicherheitsregelungen wie z.B. über

- Brandverhütung,
- Transportfragen,
- gefährliche Arbeitsstoffe,
- Erprobung technischer Arbeitsmittel,
- Arbeiten an Einzelarbeitsplätzen.

Zahlreich durchgeführte Sicherheitsbelehrungen wurden ergänzt durch Vorführung von 12 Unfallverhütungsfilmen und Tonbildschauen. Hierbei wurde informiert über

- sicherheitsgerechtes Verhalten am Bau,
- Einsatz von elektrischen Einrichtungen und Anlagen,
- Umgang mit brennbaren Flüssigkeiten,
- Umgang mit Handfeuerlöschern,
- Überwachung gefährlicher Stoffe am Arbeitsplatz.

2.2.3 Arbeitsschutzausschuß

Im Jahre 1976 wurde der Ausschuß am 7. April, 29. Juni und 3. Dezember zu Sitzungen einberufen. Es wurden hierbei Fragen und Probleme der betrieblichen Arbeitssicherheit behandelt.

Die Tagesordnungspunkte bezogen sich im wesentlichen auf:

- Be- und Entlüftung von Arbeitsstätten,
- Untersuchungen von Fremdfirmenangehörigen, die Umgang mit gefährlichen Arbeitsstoffen haben,
- Arbeiten mit Schutzmasken und Sicherheitsbrillen bei Brillenträgern,
- Atemschutztauglichkeit,
- Tragen von Haftschaalen bei Atemschutzträgern,
- ärztliche Strahlenschutzuntersuchungen,
- Beseitigung von inaktiven Chemieabfällen,
- Erhöhung der Leistungsfähigkeit der Feuerwehr,
- Zwischenfalluntersuchungen.

2.2.4 Betriebsüberwachung

Im Berichtszeitraum erfolgten im Rahmen der allgemeinen Überwachung 118 protokollierte Betriebsbegehungen und Kontrollgänge in den Instituten und Abteilungen.

Die Routinebegehungen wurden mit dem jeweils zuständigen Sicherheitsbeauftragten/RVO durchgeführt.

Der Betriebsrat hat an 10 Begehungen teilgenommen.

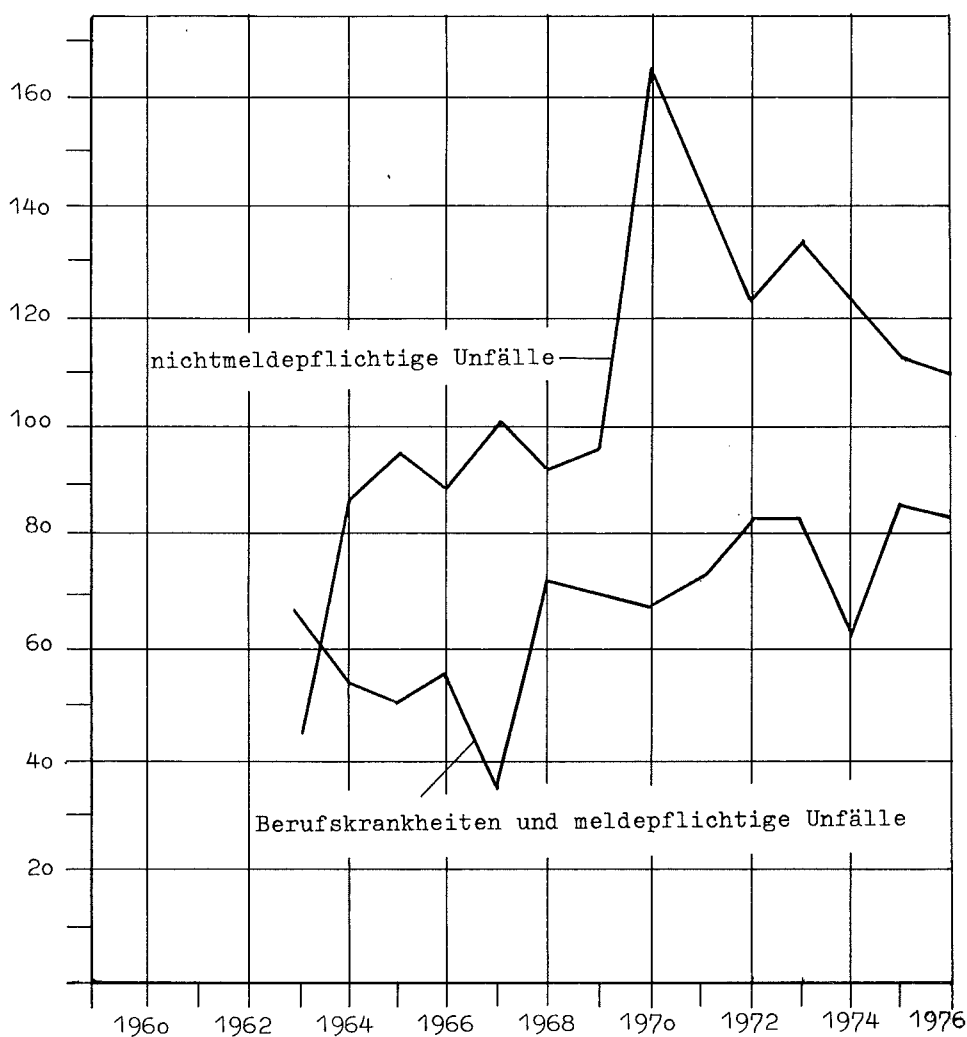
In 120 Fällen erfolgten Beanstandungen. Daneben wurden 92 sicherheitstechnische Auflagen erteilt und 41 Hinweise gegeben. Die Beanstandungen bezogen sich auf:

unsachgemäße E-Anschlüsse,
fehlenden Berührungsschutz,
defekte E-Einrichtungen,
Mängel an Verkehrswegen.

unzulässige Lagerung von brennbaren Flüssigkeiten,
gefährliche Zugänge zu Betriebseinrichtungen,
fehlerhafte Betriebsmittel und Versuchseinrichtungen,

2.2.5 Unfallgeschehen im Jahre 1976

An den zuständigen Unfallversicherungsträger - den Badischen Gemeindeunfallversicherungsverband - wurden 194 Arbeitsunfälle im Jahre 1976 gemeldet. Gegenüber dem Jahre 1975 ist eine Abnahme von 4 Unfällen zu verzeichnen.



	1973	1974	1975	1976
Berufskrankheiten und meldepflichtige Unfälle	83	63	86	84
nichtmeldepflichtige Unfälle	133	124	112	110

Abb. 2/1 : Berufskrankheiten sowie meldepflichtige und nichtmeldepflichtige Unfälle 1960 - 1976

Körperteile	Unfälle			
	1976	1975	1974	1973
Kopf	27	17	22	21
Augen	9	19	24	33
Rumpf	26	20	16	22
Beine	25	24	15	16
Füße und Zehen	21	27	23	34
Arme	13	17	8	15
Hände	17	19	20	22
Finger	53	51	52	48
Innere Organe	1	3	6	2
Berufskrankheiten	2	1	1	3

Analyse der Betriebsunfälle nach Tätigkeitsmerkmalen im Jahre 1976	Kopf	Augen	Rumpf	Beine	Füße u. Zehen	Arme	Hände	Finger	innere Organe	Berufs- krankh.
	Werkst./Montage	8	5	5	4	3	2	6	35	-
Labors	-	-	-	-	-	1	1	4	1	-
Läger	-	-	2	-	-	-	1	1	-	-
Wartung/Kontrolle	3	1	-	3	1	3	1	-	-	-
Transporte	1	-	2	1	1	-	-	1	-	-
Kantine	2	-	-	-	-	-	1	-	-	-
Innerbetriebl. Verkehr	3	1	6	9	5	2	1	2	-	-
Reinigung/Müllabfuhr	2	2	1	1	3	2	2	5	-	-
Büro	-	-	2	-	1	-	2	2	-	-
Insgesamt	19	9	18	18	14	10	15	50	1	2

Tab. 2/6 : Analyse der verletzten Körperteile

Von den 194 gemeldeten Unfällen sind gemäß RVO nur 84 meldepflichtig, d.h. es entstand eine Arbeitsunfähigkeit von mehr als 3 Tagen. Hierunter fallen 64 reine Betriebsunfälle. Alle aufgetretenen Arbeitsunfälle waren leichter Natur.

Unfallursachen waren :

Technische Mängel	30
Organisatorische Mängel	6
Witterungseinflüsse	15
Verhaltensmängel	133
Verursachung durch Einwirkung Dritter	10

Die Schwerpunkte des Unfallgeschehens lagen in den Bereichen Werkstätten und Reinigung sowie bei der Teilnahme als Fußgänger im innerbetrieblichen Verkehr.

2.2.6 Abnahme von Baustelleneinrichtungen

E. Banschbach

Gemäß bestehender Auflage für Fremdfirmen auf dem Gelände des KFZK wurden 47 Baustelleneinrichtungen überprüft und abgenommen mit folgenden Beanstandungen

- 7 ohne Mängel
- 33 Handfeuerlöscher fehlten bzw. die Prüffrist war abgelaufen
- 3 elektr. Einrichtungsmängel
- 4 Heizgerät nicht zulässig
- 4 Lagerung von Kraftstoffen.

2.2.7 Ausbildung von Kranführern

1976 wurde neu in die Tätigkeit des TSB die Ausbildung bzw. Belehrung von Kranführern und Anschlägern aufgenommen. Es wurden im Berichtszeitraum 58 Personen ausgebildet (ADB) und 34 Personen belehrt (AVW/BW und IRE). In den Ausbildungsgang wurde eine geeignete Tonbildschau von 20 Minuten Dauer eingebaut.

2.2.8 Arbeitsplatzüberwachung

E. Banschbach, W. Reuble

Im Jahr 1976 wurden an 54 Arbeitsplätzen Schallmessungen durchgeführt, die zum Teil zu Änderungen und Verbesserungsvorschlägen führten. Darunter waren drei Vorsorgeuntersuchungen und zwei Nachmessungen.

Inst./Abt.	Gebäude, Räume	Ergebnisse in dB(A)	Bemerkungen
ASS	Gebäude 123, Raum 218 Absaugungsvorrichtung von Eindampfanlage, Arbeitsplatz eines Mitarbeiters	40 - 54,4	Keine Empfehlung
Med.Abt.	Gebäude 124, Raum 04 Vorgesehener Raum für audiometrische Untersuchungen	30 - 45	Vorsorgeuntersuchung
ASS/TSB	Gebäude 141, Raum 528 - Rechneranlage	74 - 78 68 - 70	1. Messung im Februar Nachmessung im September
ÜA	Gebäude 141, Raum 639 Kopiergerät, Schreibmaschine	- 74	Zu viele Geräte (Arbeits- vorgänge) auf engem Raum
AVW/LW	Gebäude 245, Lehrwerkstatt Amboß	62 - 92 93	1. Messung im Januar Nachmessung im September
IEKP	Gebäude 406, Hallenbereich 4 - Prüfmaschine	107 - 110	Vorsorgeuntersuchung
LAF	Gebäude 451, Werkstatt	63 - 100	Gehörschutz tragen
ADB	Gebäude 536, Techn. Räume	72 - 94	Verschiedene Verbesserungsvorschläge u. Empfehlungen
IMF/III	Gebäude 574, Pumpstände	60 - 71	Keine Empfehlung
RBT/FR 2	Elektrozentrale	64,5 - 105,5	Gehörschutz tragen
RBT/HZ	Verschiedene Räume	45 - 62	Vorsorgeuntersuchungen
ASS/Ü	Gebäude 721, 723, 724, versch. Räume (IHCH)	62 - 89	Gehörschutz tragen
IHCH	Gebäude 721, Laborraum	52 - 65	Verbesserungsvorschlag

Tab. 2/7 : Schallpegelmessungen

Die nachgenannten Arbeitsplatzüberwachungen auf Schadstoffeinflüsse wurden jeweils auf Anforderung durchgeführt. Die Prüfungen ergaben zwar keine besorgniserregenden Werte, ermöglichten aber Änderungsmaßnahmen für bessere Bedingungen am Arbeitsplatz.

Meßort	Untersuchung	Ergebnis
AVW/HW Funkerosions- maschinenraum	Schadstoffe Temperatur Lüftung	Gekapselte Absaugung am Ölbad, Absaugung der warmen Generatorenabluft, Einbau einer steuerbaren Raum-Zu-und Abluft
IAK-Laser-Labor	Laser-Strahlung	Strahlenführung weitgehend einkapseln
IEKP Spulenwicklei	Schadstoffe	Umgang mit Epoxidharzgemischen nur unter geeignetem Abzug und in Schutzkleidung
IRCH Analyt. Labor	Schadstoffe	Verlegung des Austritts der Diesellabgase
AV-Druckerei	Lüftung und Temperatur	Zusätzlicher Abzug soll Konzentrierung der Luftströmung abbauen

Tab. 2/8 : Arbeitsplatzüberwachung

2.3 Sicherheitsbeirat

G. Stäblein

Der Sicherheitsbeirat für das Kernforschungszentrum Karlsruhe - Ladung, Vorbereitung und Protokollführung sind Aufgaben des Leiters ASS/TSB - trat in der jeweiligen Besetzung im Jahre 1976 wie folgt zusammen:

Datum	Gremium	Thema
29. 1.	ADB	Betonieranlage Abfallager fest Verschiedenes
16. 3.	IRCH	Jodrückhaltung aus der Abluft bei der Isolierung von Spalt-Molybdän 99
23. 3.	RBT/FR 2	2 Bestrahlungsversuchseinsätze Betriebsbericht 1975
23. 4.	IHCH	Sicherheitsbericht Plutoniumteststand (PUTE)
23. 4.	ADB	Weitere Betriebsgenehmigung für die provisorische Betonieranlage
29. 6.	IKVT	Sicherheitsbericht Trenndüsenvorlaufkaskade
27. 8.	ADB	Jahresbericht 75 über Strahlenschutz und Sicherheit Stand der langfristigen Sanierung Verschiedenes
12.10.	RBT/HZ	Zwischenfallfolgen vom 10. 8. Zwischenfall mit erhöhter Personendosis am 4. 10. Weiteres Vorgehen
3.12.	RBT/HZ	Freigabe eines Einschleusvorgangs nach Genehmigungsaufgabe
17.12.	ADB	Betonierung Sanierung des Zwischenlagers für radioaktive Abfälle
17.12.	BÜF	Abluftplan 1977

Tab. 2/9 : Sicherheitsbeirat - Sitzungen

Nach der seit 1970 bestehenden neuen Satzung für den Sicherheitsbeirat fanden insgesamt 78 Sitzungen mit unterschiedlichen Gremien statt (siehe Tabelle 2/10).

In dieser Zeit wurde über zahlreiche Anträge zu Erweiterung und Umbau von Anlagen, vorgesehene Experimente, Strahlenschutzrichtwerte, sicherheitstechnisch. bedeutsame Regelungen und Beseitigung von Zwischenfallfolgen diskutiert und entsprechende Beschlüsse gefaßt.

Die Beteiligung von Vertretern der Aufsichtsbehörde an den Sitzungen erlaubte eine frühzeitige Information und zeitsparende Abstimmung mit dortigen Belangen.

In vielen Fällen konnten auch vorgesehene Gutachter teilnehmen (TOV, Landesanstalt für Umweltschutz u.a.).

Gremium	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	Summe
ADB				3	5	4	4	16
ALKEM		3						3
BÜF	2	1			1	2	1	7
IKVT							1	1
IHCH	1		1		1	1	1	5
IRCH							1	1
IMF		1						1
KNK		1						1
MZFR	1	1						2
RBT/FR 2	2			1			1	4
RBT/HZ	1		1		2		2	6
SNEAK	2	2	1	1	1	1		8
STARK	1	1						2
TEKO						1		1
WAK	2	5	6	3	2	2		20
Summe	12	15	9	8	12	11	11	78

Tab. 2/10 : Sicherheitsbeiratssitzungen

2.4 Meldestelle für Kernbrennstoffe

W. Stock

Die Meldestelle bei ASS/TSB ist für die Erfassung, Überwachung und Meldung von radioaktiven Stoffen, Kernbrennstoffen und Schwerwasser zuständig.

Grundlage dieser Tätigkeit sind :

Artikel 79, 81 und 82 des Vertrages zur Gründung der Europäischen Atomgemeinschaft,
 die Verordnung Nr. 7 und 8 der EURATOM-Kommission,
 das bilaterale Abkommen zwischen der Regierung der Bundesrepublik Deutschland und der Regierung von Kanada,
 die "Erste Strahlenschutzverordnung",
 die Umgangs-, Lager- und Betriebsgenehmigungen der Behörden des Landes Baden-Württemberg.

Die Tätigkeit der Meldestelle erstreckte sich auf:

- Überwachung der Genehmigungsvoraussetzungen für
 - a) Umgang, Lagerung und Transport
 - b) Ein- und Ausfuhr

Bewegungen von Kernbrennstoffen, vor allem GfK-externe Eingänge, wurden auf Einhaltung der genehmigten Mengen des Empfängers überwacht.

Bei der Ausfuhr von Kernbrennstoffen (die nicht durch die Isotopenstelle des IRCH abgewickelt wurden) hat die Meldestelle die Auflagen der jeweiligen Transportgenehmigung überprüft.

1976 wurden insgesamt 1 279 GfK-interne Transporte registriert.

GfK-extern	Jan.	Febr.	März	Apr.	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sep.	Okt.	Nov.	Dez.	Gesamt
U-nat	10	11	12	17	11	26	5	14	9	7	3	3	128
abger.U	1	-	5	8	2	5	2	2	1	-	-	4	30
Thorium	-	3	4	2	2	2	-	-	2	1	-	1	17
anger.U	38	6	12	20	7	20	11	11	16	15	9	1	166
Plutonium	49	24	31	33	13	29	18	19	24	29	12	3	284
	98	44	64	80	35	82	36	46	52	52	24	12	625
GfK-intern													
U-nat	22	20	17	16	40	21	7	10	5	16	10	13	197
abger.U	4	3	3	-	-	3	1	4	6	6	-	1	31
Thorium	1	2	3	-	4	2	1	1	2	1	-	1	18
anger.U	15	14	22	9	19	9	3	4	2	6	13	18	134
Plutonium	29	31	23	12	36	32	14	14	9	19	28	27	274
	71	70	68	37	99	67	26	33	24	48	51	60	654

Tab. 2/11 : GfK-externe und interne Spaltstoffbewegungen

- Transportbegleitung GfK-interner Plutonium-Bewegungen

59 Transporte wurden durchgeführt

(Diese Tätigkeit erstreckte sich auch auf GfK-fremde Anlagen innerhalb des KFZK).

- Kontrolle

- a) der Bestände bei Inspektionen durch Behörden in den Instituten und Abteilungen der GfK
- b) der Buchführung, Belege und Meldungen der einzelnen Anlagen

Die EURATOM-Kommission hat im Berichtsjahr 5 Inspektionen in 12 Anlagen der GfK durchgeführt.

Der Zeitaufwand für die Vorbereitung und Begleitung der Inspektoren bei den Kontrollen betrug 30 Arbeitstage.

Inst./Abt.	Zeitraum 1976	1	2
RBT/SNEAK	15. 3. - 18. 3.	10	100
RBT/FR 2	5. 4. - 6. 4.	100	100
RBT/SNEAK	27. 4. - 29. 4.	-	100
IKVT	27. 4. - 29. 4.	100	-
IMF/I	20. 9. - 23. 9.	-	100
IMF/III	20. 9. - 23. 9.	30	100
IAK	20. 9. - 23. 9.	-	100
IHCH	20. 9. - 23. 9.	20	100
IRCH	20. 9. - 23. 9.	-	100
RBT/HZ	20. 9. - 23. 9.	30	70
RBT/SNEAK	18.10. - 22.10.	-	100
INR	18.10. - 22.10.	100	100
SUA	18.10. - 22.10.	100	-
SUR 100	18.10. - 22.10.	-	100

1 = Ausgangsstoffe
2 = besondere spaltbare Stoffe

Tab. 2/12 : Bei Inspektionen kontrollierte Menge in %

- Buchführung über

- a) Ausgangsstoffe und besondere spaltbare Stoffe der GfK
(nach Art, Form, Zusammensetzung, Menge und Abkommen/Verträgen)
- b) sonstige radioaktive Stoffe
(nach offenen, umschlossenen und erzeugten Stoffen)
- c) Schwerwasser
(nach Beständen, Bewegungen und Verlusten der einzelnen Anlagen)

Die zentrale Erfassung erforderte die Überprüfung und Abstimmung von 1 400 Institutsmeldungen und 1250 Belegen.

- Meldungen

Aus den Unterlagen der Buchführung wurden Meldungen/Berichte erstellt an:

- a) EURATOM-Kommission, Luxemburg
- b) EURATOM-Versorgungsagentur, Brüssel
- c) Bundesministerium für Forschung und Technologie, Bonn
- d) Bundesamt für Gewerbliche Wirtschaft, Eschborn
- e) Ministerium für Arbeit, Gesundheit und Sozialordnung Baden-Württemberg, Stuttgart
- f) Gewerbeaufsichtsamt, Karlsruhe
- g) Landesanstalt für Umweltschutz, Karlsruhe

Die genannten Behörden erhielten 1976 insgesamt 1 880 Meldungen/Berichte.

		EURATOM	BMFT	BAW	MAGS	GAA	LFU	Gesamt
Monats- berichte	Kernbrennstoffe	559	-	559	559	12	-	1 689
	sonstige ra.Stoffe	-	-	-	-	24	-	24
Quartals- berichte	Schwerwasser (D ₂ O)	16	-	-	-	-	-	16
	Kernbrennstoffe kanadischen Ursprungs	-	4	-	-	-	-	4
Halbjahres- berichte	Erzeugung ra.Stoffe	-	-	-	2	2	-	4
	umschlossene ra.Stoffe	-	-	-	-	-	64	64
	Anfall ra.Abfall	-	-	-	2	2	-	4
Jahres- berichte	Bestand ra.Stoffe	-	-	-	32	32	-	64
	Bestand ra.Abfall	-	-	-	1	1	-	2
Sofort- berichte	Kernbrennstoffe	9	-	-	-	-	-	9
Gesamt		584	4	559	596	73	64	1 880

Tab. 2/13 : Erstellte Meldungen/Berichte an Behörden

- Spaltstoffüberwachung - computergerechte Buchführung

Die Umstellung der Spaltstoffüberwachung nach dem Verifikationsabkommen und dem Meldesystem nach der neuen Verordnung der EURATOM-Kommission fand noch nicht statt.

Eine computergerechte Spaltstoffbuchführung wird erst nach Überprüfung der technischen Merkmale der einzelnen Anlagen der GfK durch EURATOM und der Zustimmung durch die IAEA möglich sein.

Nach Auskunft der EURATOM-Kommission ist mit den genannten Änderungen im Frühjahr 1977 zu rechnen.

2.5 Einsatzplanung und Organisation

W. Reuble

2.5.1 Sicherheitstechnische Unterlagen

Zu den sicherheitstechnischen Unterlagen zählen insbesondere die für jede Institution bzw. Gebäudeanlage zu erstellenden Brandbekämpfungspläne. Diese bestehen aus den :

- a) textlichen "Angaben zur Brandbekämpfung" anhand einer einheitlichen Gliederung
- b) "Gebäudepläne für Einsatzdienste", also Grundrißzeichnungen mit den für die Einsatzkräfte notwendigen Hinweisen und Angaben entsprechend der speziellen GfK-NORM 12.

Im Rahmen des notwendigen, laufenden Änderungsdienstes konnten weitere Unterlagen dem neuesten Stand angepaßt werden.

Gebäude-Nr.	Bezeichnung
342	Gästelaboratorium
301, 307, 309	Institut für Kernverfahrenstechnik
242, 247	Abt. Datenverarbeitung u. Instrumentierung II
B 451	Entwicklungsgruppe Kernmaterialsicherung
441, 442	Abt. Datenverarbeitung u. Instrumentierung I
555	MAW-Verdampferanlage der ADB
403, 404, 407	Laboratorium für Isotopentechnik
551	Abt. zur Behandlung radioaktiver Abfälle
548	Deko-fest der ADB
522	Technikum des IRE

Tab. 2/14 : Überarbeitete Brandbekämpfungspläne

Die vorhandenen Kommunikationssysteme wurden wie folgt betreut:

- Lautsprecheranlage
Notwendige Erweiterungen
Probedurchsagen
- Notrufvermittlung ("Rotes Telefon")
Notwendige Zuordnungen
Teilnehmerverzeichnis
- Personenrufanlage
Weiterer Ausbau der möglichen Teilnehmerzahl
Austausch von Altgeräten gegen neuere Typen
- Sprechfunk
Beschaffung von Neugeräten
Ertüchtigung des Systems
- Funkweckerlinie der Werkfeuerwehr
Erprobung des neu eingerichteten Systems im praktischen Einsatz

2.5.2 Organisation und Information der Einsatzdienste

Im Rahmen der Information und Unterrichtung der Einsatzleiter vom Dienst (EVD) und Angehöriger sonstiger Einsatzdienste wurden Ortseinweisungen in den folgenden Bereichen durchgeführt.

Laboratorium für Isotopentechnik
Abt. Datenverarbeitung u. Instrumentierung I u. II
MAW-Verdampferanlage der ADB
Haupt- und Hilfswerkstätten der AVW
Gästelabor-Gebäude
Kläranlagen und Betriebsgebäude

2.5.3 Allgemeine sicherheitstechnische Aufgaben

Mit hohem Zeitaufwand und erster Priorität wurde an der Erarbeitung einer Störfallstudie für das KFZK - ein Projektauftrag an IAS - mitgearbeitet.

Es wurden weiterhin bearbeitet

- Stellungnahmen und Vorschläge zu sicherheitstechnischen Problemen
- Beschaffung von Unterlagen
- Prüfung von Sicherheitseinrichtungen, Fluchtwege und Nottoren

Besonders zu nennen ist die Erstellung der GfK-NORM 13: Kennzeichnung von Schaltstellen der E-Versorgung und eine Neuauflage des Räumungsplanes zur Ausgabe an neue Mitarbeiter.

2.6 Datenverarbeitung

G. Stäblein

Für den Einsatz einer Tischrechneranlage zur Textverarbeitung und Dosisbilanzierung konnten weitere Pilotprogramme erstellt werden.

Von den gesteckten Zielen (siehe Jahresbericht 1975) konnten nur einige erreicht werden, da insbesondere der Personalzeitbedarf für die Erstellung benötigter Dateien recht hoch ist.

Vorhaben für die rechnergeführte Bilanz und Meldungserstellung auf dem Gebiet der Kernbrennstoffkontrolle wurden von der Projektgruppe Entwicklung der Kernmaterialsicherung im Projekt Spaltstoffflußkontrolle in größerem technischen Maßstab übernommen, der eine Einbeziehung der Meldestelle in ein größeres Datenerfassungssystem vorsieht.

Der Einsatz der eigenen Anlage konzentriert sich daher bevorzugt auf einen stützenden Einsatz bei der Führung der Personendosiskartei, auf die mit Einführung der neuen Strahlenschutzverordnung neue Aufgaben zukommen.

Beispiel für eine Programmdatei, die sich über TSB hinaus auch für andere Abteilungen als nutzbar erwies:

GEN

Seit 1962 wurden der GfK insgesamt 213 atomrechtliche Genehmigungen für 23 unterschiedliche Institute und Abteilungen erteilt, wovon noch 117 gültig, 96 bereits abgelaufen oder sonstwie ungültig geworden sind.

Mögliche Genehmigungstypen (auch in Kombination möglich)

- K = Umgang und Lagerung von Kernbrennstoffen
- L = Umgang mit offenen radioaktiven Stoffen
- U = Umgang mit umschlossenen radioaktiven Stoffen
- B = Beförderung von radioaktiven oder Kernbrennstoffen
- V = Verschiedene (Dosimetrie, Besucher, Abluft u.a.)
- R = Betrieb von Röntgenanlagen

mit einer derzeitigen Verteilung

15.1.77	ANZAHL VERSCHIEDENER GENEHMIGUNGSTYPEN :						
	K	L	U	B	V	R	/SUMME
ERTEILTE GEN.	127	101	108	16	8	3	214
GÜLTIGE GEN.	55	64	73	10	3	3	118

Tab. 2/15 : Genehmigungs-Statistik

Das Programm erlaubt kurzfristig Auswahllisten zu drucken unter unterschiedlichen Kriterien, wie

- Gültige Genehmigungen
- Genehmigungen eines Typs
- Genehmigungen für ein bestimmtes Institut oder eine Abteilung
- Genehmigungen bis oder nach einem Stichtag
- Genehmigungs-Statistik

196	03.10.75	ROE/121/75		IRB
197	16.01.76	K/14/64-LU/64/64	N5	IAK
198	18.02.76	K/57/68-LU/104/68	N2	ADB
200	15.03.76	LU/80/74	N1	LAF
201	17.03.76	L/19/70	N1	ISTB
202	26.04.76	K/67/70-LU/30/70	N3	IMF/681
203	11.05.76	K/57/68-LU/104/68	N3	ADB
204	14.05.76	L/24/75	N1	LIT
205	17.05.76	K/83/76-LU/1/76		RBT/Z
206	25.05.76	U/33/76		RBT/IT
207	25.05.76	ROE/57/76		IKVT
208	20.08.76	10.TEG		WAK
209	22.09.76	LU/11/67	N4	IHCH
210	04.10.76	ROE/158/76		IKVT
211	21.10.76	K/78/72-L/99/72	N1	AVW
212	07.12.76	K/38/66	N2	ASS
213	07.12.76	K/84/76		ABRA
214	11.01.77	U/1/77		IRB

Tab. 2/16 : Ausschnitt aus einem Listenausdruck GEN

Nachfolgende bei TSB anfallende einschlägige Arbeiten werden dabei unterstützt:

1. Prüfung des Genehmigungsbedarfs bei Neubestellungen von radioaktiven oder Kernbrennstoffen
2. Prüfung des Genehmigungsbedarfs anlässlich von Begehungen
3. Antragformulierung und Sicherheitsbetrachtung
4. Prüfung von Auflagen bei Erteilung
5. Prüfung der Deckungsvorsorge
6. Prüfung von Auflagen auf Einhaltung bei Begehungen
7. Prüfung der Nutzung allgemeiner Genehmigungen (Transport).

Zielsetzung:

Nach Überprüfung der vielseitigen Einsatzmöglichkeiten sollen der Zeitaufwand für Dateierstellung und Programmläufe in ehrliche Relation zum jeweiligen Handbetrieb gesetzt und hieraus rentable Schwerpunktsätze ausgewählt werden.

3. Strahlenschutzüberwachung

3.1 Arbeitsplatzüberwachung

L.A. König, H.-U. Berger, W. Neumann, J. Amann, D. Beier, A. Lindken

Die Arbeitsplatzüberwachung erfolgt durch Routinemessungen und kurzfristig angeforderte zusätzliche Messungen. Art und Umfang der Routinemessungen sind langfristig mit den Strahlenschutzverantwortlichen vereinbart. Die kurzfristig angeforderten Messungen ergänzen das Routineprogramm unter besonderer Berücksichtigung von Betriebsablauf und Betriebszustand in den überwachten Anlagen und Instituten.

In Tabelle 3/1 sind einige im Zusammenhang mit der Arbeitsplatzüberwachung interessante Zahlen zusammengefaßt und den entsprechenden Daten des Vorjahres gegenübergestellt. Angegeben wird die Anzahl der Meldungen bzw. Protokolle. Nicht aus dieser Tabelle ersichtlich ist der erhebliche Arbeitsaufwand für Direktmessungen. 1976 wurden ca. 119 000 Direktmessungen protokolliert. Trotz der Bemühungen, wo immer möglich Direktmessungen der Oberflächenkontamination durchzuführen, hat die Anzahl der Wischtests um 9 % zugenommen. Die Anzahl der Luftstaubmessungen wuchs um 16 %. Der Vergleich mit dem Vorjahr ergibt eine steigende Tendenz für Sachkontaminationen (+ 29 %), Kontaminationen von Räumen incl. Gegenständen (+ 19 %) und Fußböden (+ 10 %). Die Zahl der Personenkontaminationen nahm nur geringfügig zu (+ 3 %), während die Zahl der Raumlufkontaminationen um 9 % abnahm. Die steigende Tendenz bei den verschiedenen Formen der Sachkontamination und der Personenkontaminationen ist in hohem Maße auf je einen Zwischenfall bei RBT/Z (Austritt von HAW) und bei IMF III (Bersten einer Scheibe an einer Glove-Box) zurückzuführen, wie auch beim Vergleich der Werte aus Tabelle 3/3 mit den Vorjahreswerten ersichtlich ist.

Jahr		1975	1976
Wischtests	insgesamt	486 700	532 460
	> 2 x Nulleffekt	75 200	83 360
Kontaminationen	Luftstaubmessungen	21 268	24 730
	Personen	356	366
	Räume (einschl. Gegenstände)	421	501
	Fußboden (ausschließlich)	977	1 008
	Sachen	2 541	3 277
	Raumluft	1 546	1 376

Tab. 3/1 Übersicht über die Ergebnisse der Arbeitsplatzüberwachung. Die in der Tabelle angegebenen Zahlen geben die Anzahl der Meldungen bzw. Protokolle wieder. Längere Zeit bestehende Kontaminationen werden normalerweise arbeitstäglich neu erfaßt.

In den Tabellen 3/2 und 3/3 werden Angaben aus Tabelle 3/1 nach Strahlenart und Arbeitsplatz sowie nach dem Anlaß der Probenahme aufgegliedert. In der leichten Verschiebung beim Anlaß der Probenahme von den Routinewischtests zu den Wischtests auf Anforderung spiegelt sich unter Umständen die Situation bei RBT/Z nach dem Austritt von HAW am 10.8.76

wider. Dieser Zwischenfall und das am 20.8.76 erfolgte Bersten einer Glovebox-Scheibe im IMF III markieren sich in Tabelle 3/3, in der die prozentuale Häufigkeit der Sachkontaminationen in den interessierenden Bereichen zusammengestellt ist: 1975 kamen z.B. bei RBT/Z nahezu 0 % der β -Raumkontaminationen der GfK vor, 1976 dagegen 68 %. Ähnlich eklatant ist der Anstieg des Anteils der α -Raumkontaminationen von 0 % auf 47 % bei IMF III.

			1975	1976
			Prozentualer Anteil	
Wischtests	> 2 x Nulleffekt		15	16
	auf Anforderung		40	44
	Routine		60	56
Kontaminationen	Raum (einschl. Gegenstände)	α	1	3
		β	24	16
		$\alpha+\beta$	75	81
	Fußboden (ausschließlich)	α	6	8
		β	40	34
$\alpha+\beta$		54	58	
Sachen	α	9	8	
	β	56	72	
	$\alpha+\beta$	35	20	
Raumluft	α	9	8	
	β	18	14	
	$\alpha+\beta$	73	78	
Personen	α	2	6	
	β	88	75	
	$\alpha+\beta$	10	19	

Tab. 3/2 Aufschlüsselung der Kontaminationsmessungen nach Strahlerart und Anlaß der Messungen. Siehe Bemerkung bezüglich der Zählung in der Unterschrift zu Tab. 3/1.

Institut/Abteilung			ADB	FR 2	RBT/Z	IHCh	IRCh	IMF III*	Sonst.
Kontaminationen	Raum (einschließl. Gegenstände)	α	0	0	0	7	40	47	6
		β	10	7	68	14	1	0	0
		$\alpha+\beta$	89	0	9	1	0	0	1
	Fußboden (ausschließlich)	α	1	4	1	30	62	1	1
		β	8	9	52	5	15	1	10
		$\alpha+\beta$	85	0	10	4	1	0	0
	Sachen	α	1	6	0	19	49	12	12
		β	2	14	68	2	3	0	11
		$\alpha+\beta$	47	2	29	8	3	3	8

Tab. 3/3 Prozentuale Verteilung der Ergebnisse auf verschiedene Bereiche. Siehe Bemerkung bezüglich der Zählung in der Unterschrift zu Tab. 3/1.

*Das IMF III wurde im Vorjahr wegen des geringen Anteils der dort gefundenen Kontaminationen nicht gesondert aufgeführt, sondern unter "Institute" zusammengefaßt.

Die Umbauarbeiten in den Anlagen der Abteilung Dekontaminationsbetriebe (ADB) bei gleichzeitiger Entsorgung des KFZK und der WAK machten auch im Jahr 1976 eine intensive Strahlenschutzbetreuung erforderlich.

Im Vergleich mit dem Jahr 1975 zeigte das Ergebnis der amtlichen Filmdosimetrie einen bemerkenswerten Abbau der Jahresdosis des Fremdfirmenpersonals um 74 manrem auf 156 manrem; für das Betriebspersonal verringerte sich die Jahresdosis um 26 manrem auf 127 manrem. Zieht man die Werte der Eigenüberwachung (Taschenionisationskammern) heran, so fiel die Jahresdosis 1976 des Betriebs- und Fremdfirmenpersonals im Vergleich mit dem Vorjahr um 132 manrem auf 316 manrem (siehe Tab. 3/4). Diese günstige Entwicklung muß auf verschiedene Ursachen zurückgeführt werden.

Die Inbetriebnahme der neuen MAW-Verdampferanlage im Februar 1976 brachte verbesserte Arbeitsbedingungen in der MAW-Übernahme und führte damit zu einer geringeren Dosis für das Betriebspersonal der Abwasserdekontamination.

Der Abbau hochkontaminierter Komponenten in der LAW-Verdampferanlage verursachte hier eine Senkung der Ortsdosisleistung, wobei die noch im Jahr 1976 durchgeführten Abrißarbeiten zunächst eine erhöhte Dosis bei dem Fremdfirmenpersonal der Firma KAH erwarten ließen. Daß es trotzdem zu einer Senkung der Dosis der hier tätigen Gruppen kam, liegt an der engen Zusammenarbeit zwischen den Planungsgruppen der ADB und dem Strahlenschutz, die eine intensive Strahlenschutzüberwachung und Beratung des betroffenen Personenkreises möglich machte.

Die neue zentrale Dosimeternaufbewahrung dürfte ebenfalls zur Senkung der Jahresdosis beigetragen haben. Während noch im Jahr 1975 die Dosimeter in den Fluren der Anlagen bei einer mittleren Ortsdosisleistung von ca. 0,04 mR/h abgelegt wurden, werden seit Mai 1976 alle Dosimeter zentral in einer abgeschirmten Ablage in der neuen ADB-Pforte außerhalb der Arbeitszeit aufbewahrt. Bei einer Verringerung der Ortsdosisleistung durch die Abschirmung der Ablage um 0,02 mR/h werden bei einer Ablagezeit außerhalb der Arbeitszeit von 6 500 h 130 mR je Dosimeter weniger Dosis pro Jahr registriert, die sonst dem Personal fälschlicherweise als Bestrahlungsdosis angerechnet würde. Bei einer Zahl von 300 Personen (mittlerer Personalstand im ADB-Bereich) entsprechen 130 mR/a einer Dosis von 39 rem.

Betriebsgruppen

Gruppe	Jahr	Anzahl der überwachten Personen	Gruppendosis		mittlere Einzeldosis		Film/TIK
			Film mrem	TIK mrem	Film mrem	TIK mrem	
Abwasserdeko	1975	30	65 570	82 210	2 186	2 740	0,80
	1976	32	50 780	65 445	1 587	2 045	0,78
Oberflächendeko	1975	19	26 410	36 840	1 390	1 930	0,72
	1976	23	23 730	30 245	1 032	1 315	0,78
Abfallverarbeitung	1975	13	18 710	24 810	1 439	1 908	0,75
	1976	16	14 430	17 735	902	1 108	0,81
Lager	1975	12	23 220	28 360	1 935	2 363	0,82
	1976	15	21 060	22 350	1 404	1 490	0,94
Deko-Trupp* Gruppe Technik	1975	16	20 050	24 645	1 253	1 540	0,81
	1976	23	17 030	20 155	740	876	0,84
Gesamt	1975	90	153 960	196 865			
	1976	109	127 030	155 930			

Fremdfirmengruppen

KAH-Anlagenertüchtig.	1975	46	55 553	78 280	-	-	0,71
	1976	33	28 300	27 300	858	827	1,03
KAH-Reparatur	1975	38	78 995	98 515	-	-	0,80
	1976	27	25 640	30 240	950	1 120	0,85
alle anderen	1975		85 980	74 208			1,14
	1976	396	102 400	103 170			0,99
Gesamt	1975		220 528	252 003			
	1976	456	156 340	160 710			

*Auflösung des Deko-Trupps und Bildung der Gruppe Technik

Tab. 3/4 Gruppendosen (Filmdosimeter- und Taschenionisationskammer ('TIK')-Werte für die Jahre 1975 und 1976 sowie mittlere Dosis der Mitarbeiter der betrachteten Gruppe ('Einzeldosis').

1976 wurden im Strahlenschutzmeßlabor der Arbeitsplatzüberwachung 851 Proben qualitativ γ -spektroskopisch untersucht. Dabei handelte es sich um 224 Luftstaubfilter, 32 Wischttests, 576 Kohlefilter und 19 kontaminierte bzw. aktivierte Gegenstände. Der Zuwachs an Proben ist im wesentlichen auf die weitere Intensivierung der Abluftüberwachung auf Radiojod im Berichtsjahr zurückzuführen. Die Herkunft der Proben ist aus Tab. 3/5 zu entnehmen. Eine Übersicht über die identifizierten Radionuklide wird in Tab. 3/6 gegeben. Die beiden häufigsten Nuklidpaare bzw. Nuklide waren ^{137}Cs - $^{137\text{m}}\text{Ba}$ und ^{134}Cs .

Zusätzlich wurde an 128 Aktivkohlefiltern eine quantitative γ -Spektroskopie zur Abluft- bzw. Raumluft-Überwachung durchgeführt.

Institut/Abteilung	ADB	FR 2	IHCh	IRCh	RBT/Z	Inst. II	Inst. I	Sonst.
Zahl der Proben	469	85	103	81	46	40	26	1

Tab. 3/5 Herkunft der qualitativ γ -spektroskopierten Proben

Nuklid	Zahl der Fälle	Nuklid	Zahl der Fälle
^{137}Cs - $^{137\text{m}}\text{Ba}$	165	^{37}S	2
^{134}Cs	111	^{38}Cl	2
^{131}J	102	^{47}Ca - ^{47}Sc	2
^{125}Sb - $^{125\text{m}}\text{Te}$	76	^{58}Co	2
^{106}Ru - ^{106}Rh	52	^{97}Zr - $^{97\text{m}}\text{Nb}$ - ^{97}Nb	2
^{60}Co	27	Tn-Folgeprodukte	2
^{144}Ce - ^{144}Pr	24	^{22}Na	1
^{123}J	21	^{40}K	1
^{133}J	9	^{46}Sc	1
^{124}J	8	^{46}Mn	1
^{203}Hg	8	^{59}Fe	1
^{65}Zn	7	^{80}Br	1
^{124}Sb	6	^{81}Br	1
^{24}Na	5	^{103}Ru - $^{103\text{m}}\text{Rh}$	1
^{95}Zr - ^{95}Nb	5	^{110}Ag	1
^{99}Mo - $^{99\text{m}}\text{Tc}$	5	^{115}Cd - $^{115\text{m}}\text{Jn}$	1
^{51}Cr	4	^{132}Te - ^{132}J	1
^{54}Mn	4	^{135}J	1
^{75}Se	4	^{140}Ba - ^{140}La	1
^{76}As	3	^{141}Ce	1
U-nat	3	^{153}Sm	1
Th-Folgeprodukte	3	Rn-Folgeprodukte	1
^{239}Np	3	^{227}Ac +Folgeprodukte	1

Tab. 3/6 γ -spektroskopisch im Strahlenschutzmeßlabor identifizierte Radionuklide

Einer α -spektroskopischen Untersuchung wurden im Jahre 1976 29 Proben unterzogen. Es handelte sich dabei um 17 Luftstaubfilter und 12 Wischttests. Die Herkunft der Proben wird in Tab. 3/7 angegeben. Die dabei identifizierten Radionuklide sind in Tab. 3/8 zusammengestellt. Die beiden häufigsten dabei identifizierten Nuklide waren ^{241}Am und ^{239}Pu .

Institut/Abteilung	ADB	FR 2	RBT/Z	Inst. I	Inst. II	IRCh
Zahl der Proben	13	5	4	3	3	1

Tab. 3/7 Herkunft der α -spektroskopierten Proben

Nuklid	^{241}Am ^{238}Pu u/o	^{239}Pu	^{252}Cf ^{244}Cm u/o	^{210}Po	^{244}Cm	U-nat	^{226}Ra + Folgepr.	^{227}Ac + Folgepr.	^{235}U	^{237}Np	^{243}Am
Zahl der Fälle	18	16	6	4	4	4	1	1	1	1	1

Tab. 3/8 α -spektroskopisch im Strahlenschutzmeßlabor identifizierte Radionuklide

Die Änderungen der Nuklidhäufigkeiten auf den spektroskopierten Proben ist nicht ausschließlich auf Änderungen der Betriebsverhältnisse zurückzuführen, sondern zum Teil auch auf eine andere Auswahl der spektroskopierten Proben. Die Intensivierung der Abluftüberwachung auf Radiojod führte zu einem Anwachsen der Fälle, in denen auf spektroskopierten Proben Jodisotope festgestellt wurden, da diese Überwachung im allgemeinen γ -spektroskopisch erfolgt.

1976 wurden 32 900 Messungen an Raum- und Abluftfiltern auf α - β -Pseudokoinzidenz-Anlagen durchgeführt. Dabei wurde auf 1895 Filtern eine α -Aktivität von mehr als 0,1 nCi und auf 1540 Filtern eine β -Aktivität von mehr als 0,5 nCi festgestellt.

Zur weiteren Verbesserung der Abluftüberwachung wurden 5 neue Jodsammler zur Abluftüberwachung eingesetzt, 3 weitere Jodsammler umgebaut und für 5 Abluftsysteme Luftprobenahme-sonden zur isokinetischen Probenahme entworfen.

Die Überwachung des inaktiven Mülls in Mülltonnen und sonstigen Behältnissen wurde fortgesetzt. In 5 Fällen (1975: 7 Fälle) wurden radioaktive Stoffe gefunden und sichergestellt. Strahlenschutzbedingte Entleerungen des Müllwagens waren nicht erforderlich. Sowohl die Überwachung des Inaktivmülls als auch die administrativen Vorschriften zur Handhabung des Mülls haben sich also bewährt.

3.2 Dichtigkeitsprüfungen H. Fessler, H. Junker

Die nach der 1. SSV0 vorgeschriebenen Dichtigkeitsprüfungen an umschlossenen radioaktiven Stoffen werden für alle im KFZK vorhandenen Quellen aufgrund einer Ermächtigung der Aufsichtsbehörden von unabhängigen Sachverständigen für Dichtigkeitsprüfungen in Eigenüberwachung durchgeführt (Wiederholungsprüfungen im Sinne des § 44, 1. SSV0). Im Jahre 1976 wurden 272 dieser Dichtigkeitsprüfungen durchgeführt. Undichte Quellen wurden hierbei nicht festgestellt. Weitere Aufgaben sind Herstellerprüfungen an im Kernforschungszentrum produzierten Quellen. Hierbei wurden 5 Dichtigkeitsprüfungen durchgeführt. Eine undichte Quelle wurde dabei gefunden. Ferner wurden 20 Sonderprüfungen durchgeführt.

3.3 Überwachung der Ableitungen

3.3.1 Abluftüberwachung

L.A. König, J. Amann, A. Lindken

Die Ableitung radioaktiver Stoffe aus dem Kernforschungszentrum Karlsruhe in die Atmosphäre wird gemäß Grundsätzen, die mit den Aufsichtsbehörden vereinbart sind, in einem für ein Jahr gültigen "Abluftplan" vorgeplant. Dieser Abluftplan enthält für die einzelnen Emittenten des Kernforschungszentrums die höchstzulässigen Jahres-, Monats- und Wochenwerte, aufgeschlüsselt nach Radionukliden bzw. Radionuklidgruppen. Für das Jahr 1976 waren im allgemeinen die pro Monat zulässigen Ableitungen auf 1/10 des Jahreswertes begrenzt. In Einzelfällen, die nicht ins Gewicht fallen, wurde von dieser Abstufung abgewichen. Für die Radiojodisotope war 1976 pro Woche 1/50 des pro Jahr zulässigen Wertes erlaubt, für die übrigen Radionuklide 1/4 des zulässigen Monatswertes.

Die Ableitungen werden in den von der Gesellschaft für Kernforschung betriebenen Anlagen teils von den Mitarbeitern der Abteilung Strahlenschutz und Sicherheit/Überwachung, teils in Zusammenarbeit mit den überwachten Institutionen ermittelt. Bei speziellen meßtechnischen Problemen wurde die Hilfe von ASS/Ch und ASS/GM in Anspruch genommen. Die Meßwerte aus den Anlagen des Kernforschungszentrums, die nicht von der Gesellschaft für Kernforschung betrieben werden, werden von den zuständigen Betriebsgesellschaften festgestellt.

Tab. 3/9 enthält die dem Abluftplan 1977 zugrundeliegenden Definitionen der Nuklidgruppen. In Tab. 3/10 wird eine Übersicht über die im Jahr 1976 von den einzelnen Anlagen des Kernforschungszentrums Karlsruhe abgeleitete Aktivität gegeben. Es wurden nur jene Anlagen und Radionuklide aufgenommen, bei denen mindestens einmal im Jahr 1 % des nach dem Abluftplan zulässigen Monatswertes überschritten wurde. Die angegebenen Zahlenwerte stimmen mit den in der Dokumentation erfaßten überein. Die tatsächlich erreichte Meßgenauigkeit ist erheblich geringer als den angegebenen Zahlen von Null verschiedener Ziffern entspricht, da zur Ermittlung eines Ableitungswertes mehrere mit Meßfehlern behaftete Meßgrößen (Luftdurchsätze, Wirkungsgrade) bestimmt werden müssen. Bei den Radiojodableitungen werden nicht nur die Ableitungen an den einzelnen Radiojodisotopen angegeben, sondern auch in der mit J bezeichneten Spalte die Summe der ^{131}J -Äquivalent-Werte. Die Faktoren, mit deren Hilfe die Ableitungen an Radiojodisotopen auf ^{131}J -Äquivalent umgerechnet werden, sind aus der Tab. 3/11 ersichtlich. Überschreitungen zulässiger Werte sind durch Einrahmen der Zahlenwerte kenntlichgemacht. 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.

In Tab. 3/12 sind die insgesamt aus dem Kernforschungszentrum Karlsruhe in die Atmosphäre abgeleiteten Aktivitäten zusammengestellt. Da zum Teil die Standorte der einzelnen Emittenten weit auseinanderliegen, dürfen diese Daten für den Nahbereich nicht als Emissionsdaten einer Quelle verwendet 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. 3/11)

*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 A des Anhangs 3 der Euratom-Strahlenschutznormen angegebenen höchstzulässigen Konzentration darstellt. Die Ableitungen an ^{90}Sr dürfen $\frac{1}{10}$ des für Nuklidgruppe B zugelassenen Aktivitätswertes nicht überschreiten.

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

Tab. 3/9 Definitionen der Nuklidgruppen (Stand 1977)

Nuklid		^{41}Ar	^{85}Kr	^3H	J	A	B	C
Ableitung in Ci	1975	95 730	43 464	1 551	0,20	$3,9 \cdot 10^{-3}$	0,43	1 475
	1976	82 871	85 660	1 179	$\leq 4,8 \cdot 10^{-2}$	$3,5 \cdot 10^{-3}$	0,3	1 309

Tab. 3/10 Gesamtableitungen aus dem Kernforschungszentrum Karlsruhe in die Atmosphäre im Jahre 1976 (Diese Tabelle darf nicht für eine Dosisberechnung verwendet werden, da darin Emissionen an verschiedenen Emissionsorten aufsummiert und zusammengestellt sind.)

^{123}J	$f_i = 5000$
^{125}J	
^{126}J	
^{129}J	
^{131}J	
^{132}J	
^{133}J	
^{134}J	
^{135}J	

Tab. 3/11 Umrechnungsfaktoren auf ^{131}J -Äquivalent

$$\dot{A}_i = f_i \dot{A}_{131}$$

Anlage	FR 2					RBT/IT			MZFR		WAK					
	Nuklid	⁴¹ Ar	³ H	B	¹³¹ J	J	³ H	¹³¹ J	J	³ H	C	A	B	¹²⁹ J	J	⁸⁵ Kr
nach Abluftplan zul. Monatswert	12 000	120	0,15			$5 \cdot 10^{-3}$	0,3		$1,5 \cdot 10^{-5}$	500	300	$2 \cdot 10^{-3}$	1		$8 \cdot 10^{-3}$	45 000
Januar	6 935	17,20	$3,41 \cdot 10^{-3}$	$1,8 \cdot 10^{-4}$	$1,8 \cdot 10^{-4}$	$3,2 \cdot 10^{-2}$	$2 \cdot 10^{-6}$	$2 \cdot 10^{-6}$	56	179	$3,81 \cdot 10^{-4}$	$2,5 \cdot 10^{-2}$	$1,7 \cdot 10^{-4}$	$8 \cdot 10^{-4}$		8 330
Februar	9 890	9,90	$6,15 \cdot 10^{-3}$	$2,6 \cdot 10^{-4}$	$2,6 \cdot 10^{-4}$	$2,5 \cdot 10^{-2}$	$2 \cdot 10^{-6}$	$2 \cdot 10^{-6}$	33,5	207,8	$4,69 \cdot 10^{-4}$	$2,35 \cdot 10^{-2}$	$1,37 \cdot 10^{-4}$	$6,9 \cdot 10^{-4}$		9 800
März	5 300	23,30	$4,84 \cdot 10^{-3}$	$2,2 \cdot 10^{-4}$	$2,2 \cdot 10^{-4}$	0,73	$1,8 \cdot 10^{-6}$	$1,8 \cdot 10^{-6}$	68,6	67,17	$6,32 \cdot 10^{-4}$	$2,84 \cdot 10^{-2}$	$1,18 \cdot 10^{-4}$	$5,3 \cdot 10^{-4}$		10 500
April	9 111	8,50	$5,12 \cdot 10^{-3}$	$2,5 \cdot 10^{-4}$	$2,5 \cdot 10^{-4}$	$3,9 \cdot 10^{-2}$	$1,9 \cdot 10^{-6}$	$1,9 \cdot 10^{-6}$	106,13	52,84	$1,11 \cdot 10^{-4}$	$4,43 \cdot 10^{-4}$	$8,57 \cdot 10^{-5}$	$3,8 \cdot 10^{-4}$		-
Mai	6 892	15,46	$2,84 \cdot 10^{-3}$	$1,9 \cdot 10^{-4}$	$1,9 \cdot 10^{-4}$	$5,2 \cdot 10^{-2}$	$1,8 \cdot 10^{-6}$	$1,8 \cdot 10^{-6}$	28,79	63,06	$6,4 \cdot 10^{-5}$	$1,5 \cdot 10^{-4}$	$1,07 \cdot 10^{-4}$	$4,8 \cdot 10^{-4}$		-
Juni	10 800	12,78	$2,84 \cdot 10^{-3}$	$3,7 \cdot 10^{-4}$	$3,7 \cdot 10^{-4}$	$5 \cdot 10^{-2}$	$1,8 \cdot 10^{-6}$	$1,8 \cdot 10^{-6}$	42,83	42,64	$2,98 \cdot 10^{-4}$	$6,77 \cdot 10^{-3}$	$1,06 \cdot 10^{-4}$	$4,8 \cdot 10^{-4}$		16 500
Juli	129	3,28	$9,81 \cdot 10^{-4}$	$1,23 \cdot 10^{-4}$	$1,23 \cdot 10^{-4}$	$4,3 \cdot 10^{-2}$	$1,8 \cdot 10^{-6}$	$1,8 \cdot 10^{-6}$	54,11	62,26	$7,39 \cdot 10^{-5}$	$3,33 \cdot 10^{-3}$	$1,82 \cdot 10^{-4}$	$8,2 \cdot 10^{-4}$		-
August	5 440	21,93	$2,62 \cdot 10^{-3}$	$9,36 \cdot 10^{-4}$	$9,36 \cdot 10^{-4}$	$4,8 \cdot 10^{-2}$	$2,1 \cdot 10^{-6}$	$2,1 \cdot 10^{-6}$	90,0	49,0	$2,13 \cdot 10^{-4}$	$1,19 \cdot 10^{-3}$	$1,88 \cdot 10^{-4}$	$8,5 \cdot 10^{-4}$		-
September	9 071	4,53	$3,57 \cdot 10^{-3}$	$2,6 \cdot 10^{-4}$	$2,6 \cdot 10^{-4}$	$4,8 \cdot 10^{-2}$	$1,8 \cdot 10^{-6}$	$1,8 \cdot 10^{-6}$	23,88	51,86	$7,13 \cdot 10^{-5}$	$6,15 \cdot 10^{-4}$	$2,28 \cdot 10^{-4}$	$1,0 \cdot 10^{-3}$		-
Oktober	6 044	23,50	$1,97 \cdot 10^{-3}$	$1,54 \cdot 10^{-4}$	$1,54 \cdot 10^{-4}$	$6,5 \cdot 10^{-2}$	$1,8 \cdot 10^{-6}$	$1,8 \cdot 10^{-6}$	68,99	41,71	$2,65 \cdot 10^{-4}$	$2,28 \cdot 10^{-2}$	$4,22 \cdot 10^{-4}$	$1,9 \cdot 10^{-3}$		18 000
November	7 276	19,82	$5,66 \cdot 10^{-3}$	$2,7 \cdot 10^{-4}$	$2,7 \cdot 10^{-4}$	$3,6 \cdot 10^{-2}$	$1,9 \cdot 10^{-6}$	$1,9 \cdot 10^{-6}$	92,26	73,77	$1,79 \cdot 10^{-4}$	$1,15 \cdot 10^{-2}$	$3,19 \cdot 10^{-4}$	$1,4 \cdot 10^{-3}$		13 200
Dezember	5 983	9,61	$2,43 \cdot 10^{-3}$	$2,41 \cdot 10^{-4}$	$2,41 \cdot 10^{-4}$	$5,2 \cdot 10^{-2}$	$1,3 \cdot 10^{-4}$	$1,3 \cdot 10^{-4}$	37,83	94,32	$2,46 \cdot 10^{-4}$	$1,87 \cdot 10^{-2}$	$2,03 \cdot 10^{-4}$	$9,2 \cdot 10^{-4}$		9 330
S u m m e	82 871	169,81	$4,24 \cdot 10^{-2}$	$3,4 \cdot 10^{-3}$	$3,4 \cdot 10^{-3}$	1,22	$1,5 \cdot 10^{-4}$	$1,5 \cdot 10^{-4}$	702,92	985,43	$3,0 \cdot 10^{-3}$	0,14	$3,0 \cdot 10^{-3}$	$1,0 \cdot 10^{-2}$		85 660
nach Abluftplan zul. Jahreswert	120 000	1 000	1,5	-		$5 \cdot 10^{-2}$	3		$1,5 \cdot 10^{-4}$	4 000	3 000	$1 \cdot 10^{-2}$	4		$8 \cdot 10^{-2}$	350 000
Vorjahreswert	95 730	285,2	$1,76 \cdot 10^{-2}$	$1,38 \cdot 10^{-3}$		-	0,71		$2,38 \cdot 10^{-5}$	765,4	1 115,6	$3,04 \cdot 10^{-3}$	0,17		$4,27 \cdot 10^{-2}$	43 464

Tab. 3/12 Ableitung radioaktiver Stoffe im Jahre 1976 aus dem Kernforschungszentrum Karlsruhe in die Atmosphäre (Aktivität in Ci)

Anlage	ADB (FERAB), Geb. 536						ADB, Geb. 545/555, Deko-flüssig						ADB, Geb. 548, Deko-fest					
	Nuklid	A	B	³ H	¹³¹ J	¹²⁹ J	J	A	B	³ H	¹³¹ J	¹²⁹ J	J	A	B	³ H	¹³¹ J	J
nach Abluftplan zul. Monatswert	1.10 ⁻⁴	5.10 ⁻²	100				1.10 ⁻³	4.10 ⁻⁶	2.10 ⁻³	10			4.10 ⁻²	8.10 ⁻⁷	2.10 ⁻³	5		2.10 ⁻⁵
Januar	3,15.10 ⁻⁵	5,62.10 ⁻³	6,1	<9.10 ⁻⁶	≤1,4.10 ⁻³	≤6.10 ⁻³	1,3.10 ⁻⁷	2,82.10 ⁻⁵	12,87	<5.10 ⁻⁶	≤4,8.10 ⁻⁴	≤2,1.10 ⁻³	-	-	0,24	<1,2.10 ⁻⁵	<1,2.10 ⁻⁵	
Februar	1,28.10 ⁻⁶	4,16.10 ⁻³	50,7	7,2.10 ⁻⁶	-	7,2.10 ⁻⁶	-	6,44.10 ⁻⁵	36,1	7,2.10 ⁻⁶	≤4,6.10 ⁻⁴	<2.10 ⁻³	-	2,84.10 ⁻⁶	5,39	<1,6.10 ⁻⁵	<1,6.10 ⁻⁵	
März	8,43.10 ⁻⁵	2,47.10 ⁻²	18,54	<6,4.10 ⁻⁵	≤3,2.10 ⁻⁴	≤1,4.10 ⁻³	-	3,96.10 ⁻⁵	8,0	1,3.10 ⁻⁵	≤1,1.10 ⁻⁴	≤5,1.10 ⁻⁴	-	1,27.10 ⁻⁶	0,19	<2.10 ⁻⁵	<2.10 ⁻⁵	
April	1,68.10 ⁻⁴	2,09.10 ⁻²	15,9	1,1.10 ⁻⁴	≤7,6.10 ⁻⁵	≤4,5.10 ⁻⁴	-	-	3,46	<9,6.10 ⁻⁶	≤1,0.10 ⁻⁴	≤4,5.10 ⁻⁴	-	-	2,67	<1,6.10 ⁻⁵	<1,6.10 ⁻⁵	
Mai	1,51.10 ⁻⁵	1,56.10 ⁻²	40,2	<1,8.10 ⁻⁵	≤2,6.10 ⁻⁴	≤1,1.10 ⁻³	-	2,77.10 ⁻⁵	0,16	<1,29.10 ⁻⁵	≤1,7.10 ⁻⁴	≤7,8.10 ⁻⁴	-	3,57.10 ⁻⁵	0,15	<1,6.10 ⁻⁵	<1,6.10 ⁻⁵	
Juni	5,01.10 ⁻⁵	1,02.10 ⁻²	58,4	<2.10 ⁻⁶	≤2,2.10 ⁻⁴	≤1.10 ⁻³	2.10 ⁻⁷	9,76.10 ⁻⁵	2,58	<1,59.10 ⁻⁵	≤1,8.10 ⁻⁴	≤9,6.10 ⁻⁴	-	-	2,26	<1,6.10 ⁻⁵	<1,6.10 ⁻⁵	
Juli	7,53.10 ⁻⁶	5,28.10 ⁻⁴	0,10	<4,9.10 ⁻⁵	≤2,5.10 ⁻⁴	≤1,1.10 ⁻³	5,5.10 ⁻⁷	3,84.10 ⁻⁵	1,58	<5,2.10 ⁻⁶	≤2,1.10 ⁻⁴	≤9,5.10 ⁻⁴	2,04.10 ⁻⁷	7,45.10 ⁻⁶	0,58	<1,6.10 ⁻⁵	<1,6.10 ⁻⁵	
August	7,1.10 ⁻⁷	1,13.10 ⁻⁴	0,12	<1,6.10 ⁻⁵	≤2,2.10 ⁻⁴	≤1.10 ⁻³	-	2,17.10 ⁻⁵	0,22	<1,3.10 ⁻⁵	≤2,1.10 ⁻⁴	≤9,6.10 ⁻⁴	-	-	0,24	<1,9.10 ⁻⁵	<1,9.10 ⁻⁵	
September	9,4.10 ⁻⁶	6,62.10 ⁻³	5,15	<1,7.10 ⁻⁵	≤2,4.10 ⁻⁴	≤9,6.10 ⁻⁴	-	1,8.10 ⁻⁵	0,29	<1,28.10 ⁻⁵	≤2,1.10 ⁻⁴	≤9,6.10 ⁻⁴	-	9,0.10 ⁻⁶	0,20	<2.10 ⁻⁵	<2.10 ⁻⁵	
Oktober	1,09.10 ⁻⁵	1,29.10 ⁻²	0,2	<1,8.10 ⁻⁵	≤1,7.10 ⁻⁴	≤7,1.10 ⁻⁴	-	1,12.10 ⁻⁵	1,02	<9,3.10 ⁻⁶	≤1,5.10 ⁻⁴	≤6,8.10 ⁻⁴	-	-	0,10	<1,6.10 ⁻⁵	<1,6.10 ⁻⁵	
November	5,5.10 ⁻⁵	8,54.10 ⁻³	8,3	<1,8.10 ⁻⁵	≤2,2.10 ⁻⁴	≤1.10 ⁻³	-	3,64.10 ⁻⁵	3,18	<8,3.10 ⁻⁶	≤2,0.10 ⁻⁴	≤9,0.10 ⁻⁴	-	-	0,17	<1,6.10 ⁻⁵	<1,6.10 ⁻⁵	
Dezember	1,3.10 ⁻⁵	6,5.10 ⁻³	9,03	<1,25.10 ⁻⁴	≤2.10 ⁻⁴	≤1.10 ⁻³	9,66.10 ⁻⁶	5,49.10 ⁻⁵	3,77	<1,46.10 ⁻⁵	≤2,2.10 ⁻⁴	≤1,0.10 ⁻³	1,62.10 ⁻⁷	5,3.10 ⁻⁷	0,75	<2.10 ⁻⁵	<2.10 ⁻⁵	
S u m m e	4,47.10 ⁻⁴	0,12	212,73	<4,5.10 ⁻⁴	≤3,6.10 ⁻³	≤1,6.10 ⁻²	1,05.10 ⁻⁵	4,37.10 ⁻⁴	73,23	<1,3.10 ⁻⁴	≤2,7.10 ⁻³	≤1,2.10 ⁻²	3,66.10 ⁻⁷	5,74.10 ⁻⁵	12,94	<2.10 ⁻⁴	<2.10 ⁻⁴	
nach Abluftplan zul. Jahreswert	1.10 ⁻³	0,4	1 000	-	-	1.10 ⁻²	3.10 ⁻⁵	1,5.10 ⁻²	50	-	-	4.10 ⁻³	2,5.10 ⁻⁶	7.10 ⁻³	10	-	2.10 ⁻⁴	
Vorjahreswert	7,8.10 ⁻⁴	0,24	466,9	1,28.10 ⁻³	-	-	5,84.10 ⁻⁶	6,40.10 ⁻⁴	6,5	-	-	-	2,20.10 ⁻⁶	2,15.10 ⁻⁴	-	-	-	

Tab. 3/12 Fortsetzung

Anlage	INR	IHCh				IRCh					LAF II		Zyklotron	IEKP		KNK
Nuklid	³ H	C	¹³¹ J	¹²⁹ J	J	C	¹³² J	¹³³ J	¹³¹ J	J	¹³¹ J	J	⁴¹ Ar, ¹³ N, ¹⁵ O	¹²⁹ J	J	C
nach Abluftplan zul. Monatswert	10	100			1.10 ⁻³	15				2.10 ⁻⁴		4.10 ⁻⁵	100		2,4.10 ⁻⁵	2 000
Januar	-	-	4,1 . 10 ⁻⁶	-	4,1.10 ⁻⁶	5,12.10 ⁻³	-	-	-	-	1,5.10 ⁻⁶	1,5.10 ⁻⁶	38,8	-	-	< 20
Februar	-	32,9	1,24.10 ⁻⁵	-	1,2.10 ⁻⁵	3,3 . 10 ⁻²	-	-	-	-	1,6.10 ⁻⁶	1,6.10 ⁻⁶	11,2	-	-	< 20
März	-	32,15	5.10 ⁻⁶	≤1,1.10 ⁻⁴	≤5.10 ⁻⁴	2,5 . 10 ⁻²	-	1.10 ⁻⁶	8,5.10 ⁻⁶	8,5.10 ⁻⁶	2,3.10 ⁻⁶	2,3.10 ⁻⁶	32,8	-	-	< 20
April	5	18,80	1,0 . 10 ⁻⁵	≤2,4.10 ⁻⁴	≤1.10 ⁻³	1 . 10 ⁻³	-	-	2,9.10 ⁻⁷	2,9.10 ⁻⁷	2.10 ⁻⁶	2.10 ⁻⁶	7,73	-	-	< 20
Mai	-	-	6,4 . 10 ⁻⁶	≤2.10 ⁻⁴	≤9.10 ⁻⁴	3,8 . 10 ⁻³	-	-	<5.10 ⁻⁷	<5.10 ⁻⁷	1,5.10 ⁻⁶	1,5.10 ⁻⁶	<6,9	7.10 ⁻⁷	3,2.10 ⁻⁶	< 20
Juni	-	-	1,3 . 10 ⁻⁵	≤2,1.10 ⁻⁴	≤9,6.10 ⁻⁴	-	-	-	<4.10 ⁻⁷	<4.10 ⁻⁷	2.10 ⁻⁶	2.10 ⁻⁶	<3,1	-	-	< 20
Juli	-	-	1,0 . 10 ⁻⁵	≤2,0.10 ⁻⁴	≤9,0.10 ⁻⁴	<4 . 10 ⁻³	2,1.10 ⁻²	1,2.10 ⁻³	4,6.10 ⁻⁷	2.10 ⁻⁵	3,4.10 ⁻⁶	3,4.10 ⁻⁶	<10,2	-	-	< 20
August	-	-	1,3 . 10 ⁻⁵	≤1,8.10 ⁻⁴	≤8,2.10 ⁻⁴	-	-	-	<7,3.10 ⁻⁷	<7,3.10 ⁻⁷	2,3.10 ⁻⁶	2,3.10 ⁻⁶	<3,7	-	-	< 20
September	0,9	-	1,54.10 ⁻⁵	≤1,4.10 ⁻⁴	≤6,4.10 ⁻⁴	1 . 10 ⁻⁴	-	-	<6.10 ⁻⁷	<6.10 ⁻⁷	2,2.10 ⁻⁶	2,2.10 ⁻⁶	14,1	7.10 ⁻⁷	3,2.10 ⁻⁶	< 20
Oktober	-	-	9,4 . 10 ⁻⁶	≤1,6.10 ⁻⁴	≤7,2.10 ⁻⁴	-	-	-	<4.10 ⁻⁷	<4.10 ⁻⁷	1,7.10 ⁻⁶	1,7.10 ⁻⁶	17,65	-	-	< 20
November	-	-	1,04.10 ⁻⁵	≤1,7.10 ⁻⁴	≤7,8.10 ⁻⁴	-	-	-	<4.10 ⁻⁷	<4.10 ⁻⁷	1,8.10 ⁻⁶	1,8.10 ⁻⁶	9,35	-	-	< 20
Dezember	-	-	1,4 . 10 ⁻⁵	≤3,9.10 ⁻⁴	≤3,1.10 ⁻³	-	-	-	<6,4.10 ⁻⁷	<6,4.10 ⁻⁷	-	-	3,31	-	-	< 20
S u m m e	5,9	83,85	1,24.10 ⁻⁴	≤2.10 ⁻³	≤7,3.10 ⁻³	<7,2 . 10 ⁻²	2,1.10 ⁻²	1,2.10 ⁻³	<1,2.10 ⁻⁶	<3.10 ⁻⁵	2,2.10 ⁻⁵	2,2.10 ⁻⁵	<158,8	1,4.10 ⁻⁶	6,4.10 ⁻⁶	<240
nach Abluftplan zul. Jahreswert	100	800	-	-	1.10 ⁻²	90	-	-	-	2.10 ⁻³	-	4.10 ⁻⁴	500	-	2,4.10 ⁻⁴	8 000
Vorjahreswert	3	67,7	5.10 ⁻⁶	-	-	0,61	-	-	5,6.10 ⁻⁵	-	1,3.10 ⁻⁵	-	290,8	6.10 ⁻⁶	-	240

Tab. 3/12 Fortsetzung

3.3.2 Abwasserüberwachung

M. Winter, H. Schüler

Am Kernforschungszentrum Karlsruhe fielen 1976 insgesamt $4,8 \cdot 10^5 \text{ m}^3$ 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. 3/1 zeigt ein vereinfachtes Flußschema der Abwässer des Kernforschungszentrums.

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/m^3 und "mittelaktive" Abwässer (MAW) mit Konzentrationen bis zu 10^3 Ci/m^3 , "hochaktive" Abwässer mit Konzentrationen $> 10^3 \text{ Ci/m}^3$ werden nicht der ADB zur Behandlung zugeleitet. 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. Im August 1976 wurde eine zusätzliche, eigens zur Verarbeitung solcher mittelaktiven Abwässer errichtete Verdampferanlage in der ADB in Betrieb genommen.

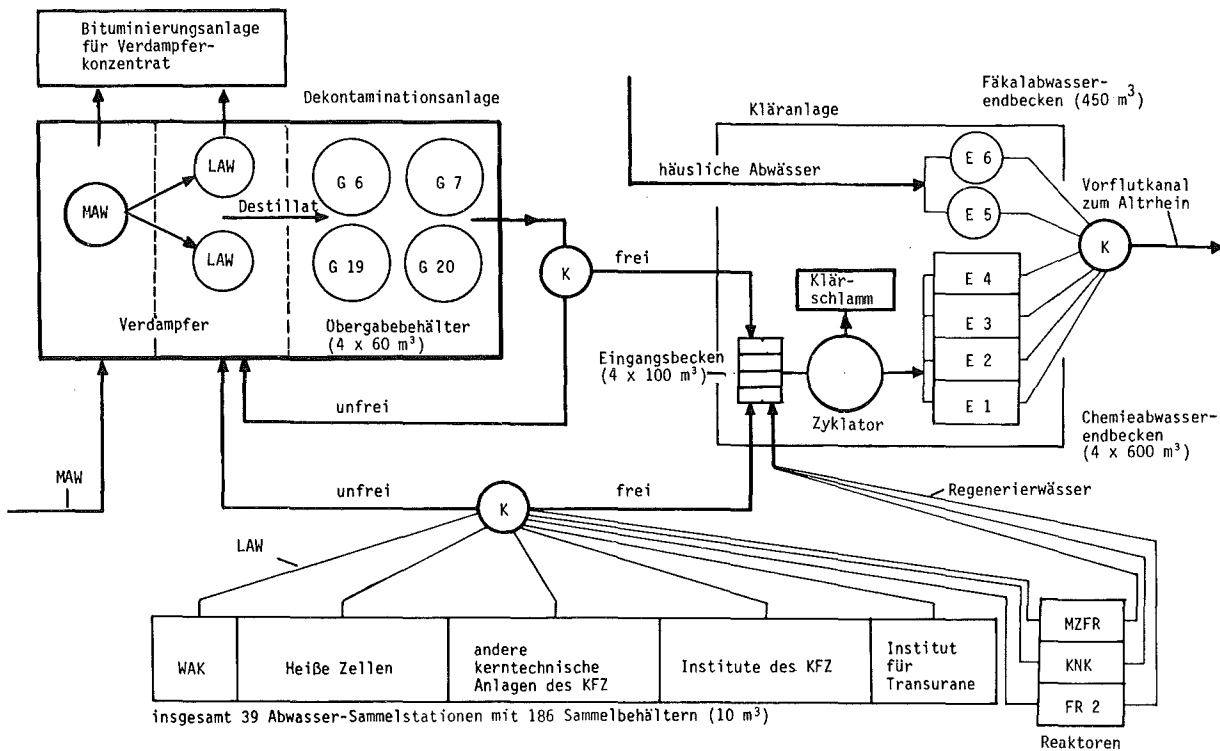


Abb. 3/1 Vereinfachtes Flußschema der Abwässer des Kernforschungszentrums Karlsruhe

(K) Kontrollmessung der Radioaktivitätskonzentration durch das Abwasserlabor

LAW: Leichtaktive Abwässer MAW: Mittelaktive Abwässer

Die leichtaktiven oder als leichtaktiv eingeschätzten Chemieabwässer werden zunächst in 39 Abwasserstationen mit 186 Abwassertanks gesammelt (siehe Abb. 3/1). Erst die vom Abwasserlabor der Abteilung Strahlenschutz und 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 Bituminierungsanlage.

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 Eingangsböden (siehe Abb. 3/1) 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. Die Überwachung der mit dem Abwasser abgeleiteten Rest-Radioaktivität wird durch Maßnahmen der Umgebungsüberwachung ergänzt (siehe Kap. 3.4, Abb. 3/).

Zur Überwachung der Chemieabwässer aus den einzelnen Sammelstationen waren 1976 insgesamt 13 755 Proben zu untersuchen, um im Sinne der geltenden wasserrechtlichen Bestimmungen über ihre Freigabe zu entscheiden. Wie im Vorjahr erwiesen sich rund 5 % dieser Proben als "unfrei".

Außerdem waren entsprechend der Zahl der 1976 insgesamt abgeleiteten Endbeckenfüllungen 845 Endkontrollmessungen durchzuführen. Ungeachtet der für das KFZK 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 65 Wochen- und Monatsmischproben erhöhen die Gesamtzahl der ausgemessenen Abwasserproben auf 14 665. Diese Zahl liegt nur um 3 % unter der Probenzahl für 1975. Abb. 3/2 zeigt die Entwicklung der jährlich untersuchten Abwasserprobenzahl seit 1964.

Wegen der hohen Betriebskosten zur Dekontamination unfreier Abwässer (1976: 500 DM/m³ für LAW und 4 500 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 zwischen $1 \cdot 10^{-6}$ Ci/m³ und $3 \cdot 10^{-5}$ 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.

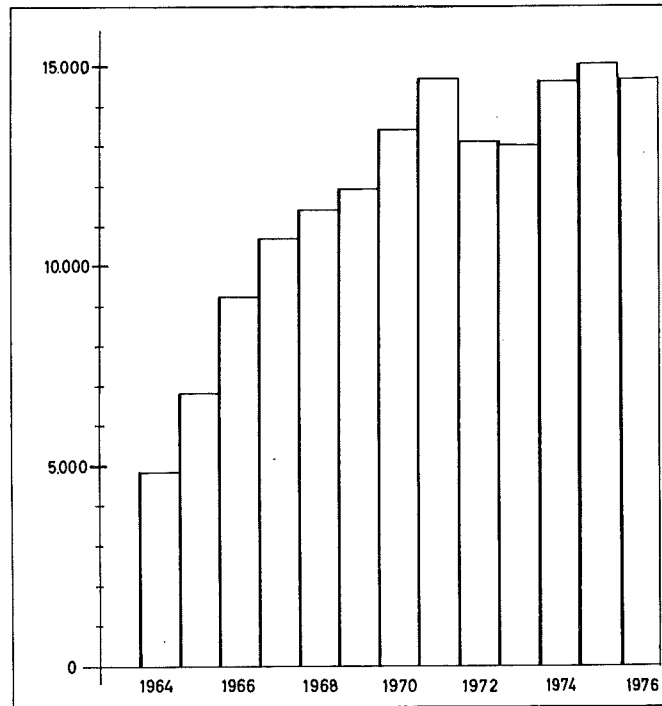


Abb. 3/2 Jährliche Anzahl der untersuchten Abwasserproben

Eine Übersicht über die 1976 im Abwasserlabor durchgeführten Einzelmessungen und über die Herkunft der Proben gibt Tab. 3/13. Der Jahressumme von rund 18 100 Proben stehen rund 46 800 Einzelmessungen gegenüber, die entweder zum Freigabeentscheid oder zum Erhalt der gewünschten Informationen erforderlich waren. Im Mittel waren 1976 im Abwasserlabor arbeitstäglich 72 Proben auszumessen bzw. 187 Einzelmessungen auszuführen.

Art der Proben	Zahl der Proben 1976	Zahl der durchgeführten Messungen						Summe der Einzelmessungen
		α	β	^3H	α -Spektr.	γ -Spektr.	β -Energiebestimmung	
Abwasser	14 665	14 665	14 665	4 876	254	3 315	971	38 746
Schlamm aus Zyklator und Abwasserstationen	320	320	320	-	-	-	-	640
Wasserproben FR 2 (Kühlkreislauf und Absetzbecken)	474	474	474	474	-	474	-	1 896
Luftfeuchteproben zur Abluftüberwachung (FR 2, "Deko-flüssig" und FERAB)	2 346	140	140	2 346	-	140	140	2 906
Sonderproben (Auftragsmessungen, Zwischenfälle)	318	166	160	1 644	13	662	6	2 651
Jahressumme	18 123	15 765	15 759	9 340	267	4 591	1 117	46 839

Tab. 3/13 Art und Zahl der Proben und der 1976 durchgeführten Einzelmessungen

19 % aller Proben waren keine Abwasserproben. Auch 1976 machten Institute und Abteilungen des KFZK 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, Absetzbecken und Naßlager des FR 2, die Luftfeuchteproben zur Tritiumüberwachung der Luft in verschiedenen Betriebsräumen des FR 2 und zur Überwachung der Tritiumemissionen mit der Abluft von FR 2, FERAB und Dekontaminationsanlage für radioaktive Abwässer. Schließlich wurden auch alle Tritiummessungen im Rahmen der Umgebungsüberwachung im Abwasserlabor durchgeführt. Außerdem war 1976 ein erheblicher Teil der in Tab. 3/13 aufgeführten Sonderproben durch besondere Überwachungsmaßnahmen bei Zwischenfällen bedingt (siehe Kap. 3.4, Tab. 3/).

Die in den 39 Abwassersammelstationen des KFZK 1976 angefallene Gesamtmenge an Chemieabwasser lag mit rund 139 600 m³ (siehe Tab. 3/14) nur um knapp 3 % unter dem Wert für 1975.

Die insgesamt 1976 in den leichtaktiven Chemieabwässern angefallene α -Aktivität hat gegenüber dem Vorjahr um 18 % auf 612 mCi zugenommen, die angefallene β -Aktivität ist hingegen um 45 % gesunken und betrug 1976 nur noch rund 12 Ci.

Die Verteilung der angefallenen Abwasseraktivität auf die verschiedenen Anlagen und Institute des KFZK zeigt, geordnet nach abnehmender β -Aktivität, Tab. 3/14. Den Hauptbeitrag zur insgesamt in den leichtaktiven Abwässern angefallenen β -Aktivität lieferte 1976 mit 53,7 % zum ersten Mal der MZFR, gefolgt von der WAK mit 26 % und den Heißen Zellen mit 8,4 %. Diese drei Anlagen lieferten damit zusammen 88,1 % der gesamten β -Aktivität bei einem Volumenanteil ihrer Abwässer von nur 4,7 %.

Der Hauptbeitrag zur α -Aktivität der leichtaktiven Abwässer stammte wie im Vorjahr von der WAK. Er betrug 1976 rund 65 %. Im Gegensatz zu früheren Jahren entfielen rund 20 % der α -Aktivität im Abwasser auf die FERAB.

Abwassersammelstationen des KFZK	Nachgewiesene α -Aktivität		Nachgewiesene β -Aktivität (ohne ³ H)		Abwassermenge	
	mCi	%	mCi	%	m ³	%
MZFR	2,8	0,5	6 420,2	53,7	1 567	1,1
WAK	395,0	64,5	3 112,6	26,0	4 132	3,0
Heiße Zellen	10,3	1,6	1 001,4	8,4	900	0,6
TU	53,5	8,7	725,4	6,1	14	< 0,1
FERAB	123,9	20,2	557,2	4,7	400	0,3
FR 2 (3 Stationen)	0,1	< 0,1	31,2	0,3	2 380	1,7
IHCh	15,2	2,5	30,1	0,3	1 810	1,3
Wäscherei	9,4	1,5	29,9	0,3	8 320	6,0
KNK	0,1	< 0,1	23,7	0,2	189	0,1
Restliche Abwasser- sammelstationen	1,7	0,3	15,9	0,2	119 862	85,9
S u m m e	612,0	100	11 947,6	100	139 574	100

Tab. 3/14 Herkunft und Aktivitätsanteil der 1976 im Kernforschungszentrum angefallenen leichtaktiven Abwässer

In Tab. 3/14 wurden nur solche Anlagen oder Institute einzeln aufgeführt, deren Beitrag zur Abwasseraktivität über 0,1 % lag. Daraus ergibt sich, daß 1976 mehr als 99 % sowohl der β -Aktivität als auch der α -Aktivität in nur 11 der insgesamt 39 Abwassersammelstationen des KFZK angefallen sind. Der Mengenanteil der Abwässer von diesen 11 Stationen lag mit 19 712 m³ bei rund 14 % der Gesamtmenge der angefallenen leichtaktiven Abwässer.

Die sich von Jahr zu Jahr stark ändernde Rangfolge der in Tab. 3/14 aufgeführten Abwasseraktivitätsemittenten erlaubt keine verallgemeinernde Aussage über die künftig in den Abwässern zu erwartenden Aktivitätsmengen und damit auch nicht über eine Rangordnung der Überwachungswürdigkeit der einzelnen Abwassersammelstationen. Die zahlreichen im KFZK betriebenen kerntechnischen Anlagen und Institute bilden schon wegen der sehr unterschiedlichen Mengen der in ihnen gehandhabten Radioaktivität ein sehr breites Spektrum, das sich in den sehr unterschiedlichen Abwasseraktivitätsmengen in den einzelnen Sammelstationen widerspiegelt. Darüberhinaus führen Betriebspausen, unterschiedliche Betriebszustände und sich ändernde Aufgaben zu schwer vorhersagbaren Emissionsschwankungen und Änderungen der innerhalb eines Jahres anfallenden Abwasseraktivität auch innerhalb jeder einzelnen Anlage bzw. Abwassersammelstation.

Das umfangreiche Überwachungssystem mit 39 Sammelstationen und mehr als 14 000 Abwasserproben pro Jahr bleibt deshalb auch künftig erforderlich, um einerseits nur solche Abwasserchargen dem teuren Dekontaminationsprozeß zu unterwerfen, deren Aktivitätskonzentration dies notwendig macht, und um andererseits jede unnötige Belastung der Kläranlage durch unkontrollierte Einleitung von Aktivität zu vermeiden.

Von besonderer Bedeutung ist die Überwachung der Endpufferbecken, weil sie den Endpunkt des Überwachungssystems vor der Ableitung der Abwässer in öffentliche Gewässer markiert. Überwachungsziel ist auch hier, die Einhaltung wasserrechtlicher Bestimmungen und Freigrenzen sicherzustellen und nachzuweisen. Darüberhinaus geht es um die quantitative Erfassung der mit dem Abwasser insgesamt aus dem Kernforschungszentrum abgeleiteten Radioaktivität (siehe Tab. 3/15).

Aus dem KFZK abgeleitete Abwassermenge		483 050
Anzahl der abgeleiteten Endbeckenfüllungen		845
Aus dem KFZK abgeleitete Abwasseraktivität	Art der Aktivität	
	durch Integration der Einzelableitungen ermittelte Aktivität	Nachgewiesene Aktivität in mCi
	aus mengenproportionalen monatlichen Mischproben ermittelte nuklidspezifische Aktivität	
	α	0*
	β	38
	^3H	$4 \cdot 10^6$
	^{89}Sr	2,4
	^{90}Sr	6,3
	^{137}Cs	5,3
	^{238}Pu	0,5
	^{239}Pu	0,4

*Bei allen 845 Einzelproben lag die spezifische α -Gesamtaktivität unter der Nachweisgrenze von $0,5 \cdot 10^{-7}$ Ci/m³.

Tab. 3/15 1976 aus dem KFZK in den Altrhein bei Leopoldshafen abgeleitete Abwassermenge und Abwasseraktivität

Bei der Aktivitätsüberwachung der Abwassermischungen aus den Endpufferbecken werden auch jene Abwässer mit überwacht, 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. 3/1).

Die Freigabe der geklärten Abwässer des Kernforschungszentrums zur Ableitung aus den Endpufferbecken über den Vorflutkanal in den Altrhein kann erfolgen, wenn ihre Aktivitätskonzentrationen die MZK-Werte der 1. SSV0 im Monatsdurchschnitt nicht überschreiten. Im Tagesdurchschnitt ist eine Überschreitung dieser Werte bis zum 10-fachen Betrag zulässig.

Die gesamte 1976 aus dem KFZK abgeleitete Abwassermenge nahm gegenüber dem Vorjahr um rund 60 000 m³ zu.

Zur Ermittlung der in Tab. 3/15 angegebenen Beträge der nachgewiesenen Aktivitäten wurden definitionsgemäß nur solche Abwasserchargen zur Integration herangezogen, deren Aktivitätskonzentration oberhalb der jeweiligen Nachweisgrenze lag. Da die α -Konzentrationswerte aller abgeleiteten Endbeckenfüllungen 1976 wie im Vorjahr unter der Nachweisgrenze lagen, ergab sich für den Betrag der nachgewiesenen jährlichen α -Bruttoaktivität der Wert Null.

Die in den abgeleiteten Abwässern nachgewiesene β -Bruttoaktivität erreichte 1976 mit rund 38 mCi nur noch 43 % des Vorjahreswertes.

Die Ermittlung der Nuklidzusammensetzung der abgeleiteten Abwässer wurde an mengenproportionalen Monatsmischproben durchgeführt. Der Betrag der abgeleiteten Tritiumaktivität liegt um den Faktor 1,4 über dem Wert für 1975. Zur Tritiumgesamtabgabe des Jahres 1976 haben die WAK mit 77 % und der MZFR mit 22 % beigetragen. Außer den Strontiumnukliden ⁸⁹Sr und ⁹⁰Sr, die zusammen rund 23 % der β -Aktivität ausmachen, und ¹³⁷Cs, das einen Anteil von rund 14 % erreicht, konnten in den Monatsmischproben trotz Anreicherung und langen Meßzeiten keine weiteren Nuklide nachgewiesen werden.

Einen Überblick über die Entwicklung der mit den Abwässern des KFZK in den letzten 8 Jahren in den Vorfluter abgeleiteten Radioaktivität gibt Abb. 3/3. Der in den Jahren zwischen

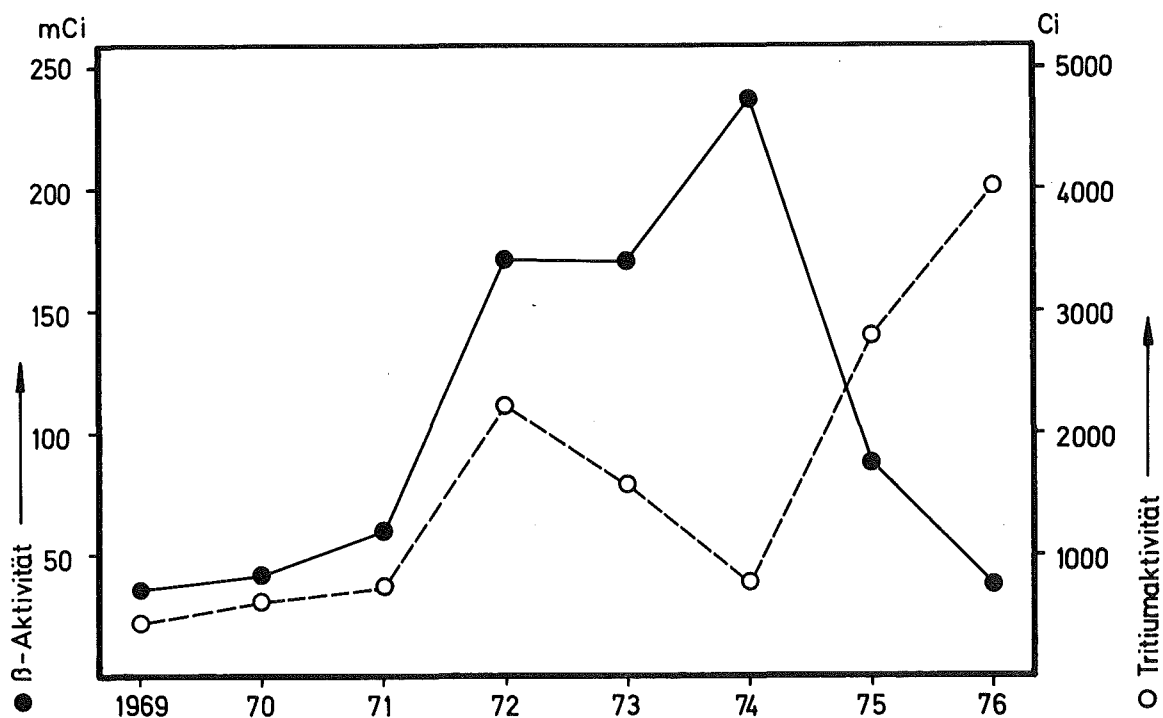


Abb. 3/3 Entwicklung der mit dem Abwasser aus dem KFZK jährlich abgeleiteten β -Aktivität und der abgeleiteten Tritiumaktivität seit 1969

3.4 Umgebungsüberwachung

M. Winter, W. Tachlinski

Die Überwachung der Umweltradioaktivität des Kernforschungszentrums Karlsruhe erfaßt ein Gebiet von knapp 300 km² Fläche. Der Überwachungsbereich wird im Westen durch den Rhein begrenzt, nach allen anderen Richtungen durch die Peripherie eines Kreises von 10 km Radius um den Mittelpunkt des Zentrums. In diesem Gebiet wohnen rund 100 000 Menschen, verteilt auf 20 Ortschaften. 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 Überwachungsgebietes bildet das Betriebsgelände des KFZK selbst einen besonders überwachungswürdigen Bereich von 1,6 km² Fläche. Das Meßstellennetz ist deshalb hier wesentlich dichter als in der eigentlichen Umgebung.

Der Routineteil der Umgebungsüberwachung des Kernforschungszentrums Karlsruhe wurde im wesentlichen unverändert auch 1976 nach dem im Februar 1969 vom Ministerium für Arbeit, Gesundheit und Sozialordnung Baden-Württemberg gebilligten Programm durchgeführt.

Daneben wurden auch im Jahre 1976 wieder eine Vielzahl von Probenahmen und Messungen durchgeführt, die entweder das Routineprogramm direkt ergänzten (siehe 3.4.3) oder Untersuchungen zur Radioökologie des Tritiums (siehe 7.6) dienten. Im Auftrag der Gemeinschaftskernkraftwerk Neckar GmbH und der Kernkraftwerk Süd GmbH wurden an insgesamt 335 Proben aus der Umgebung der Standorte Neckarwestheim und Wyhl Aktivitäts-Nullpegelmessungen durchgeführt.

3.4.1 Das Überwachungsprogramm

Neben der oben erwähnten räumlichen Aufteilung des Überwachungsprogrammes in Betriebsgelände 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 in verschiedenen Medien bestimmt wird, die vom Menschen direkt oder indirekt aufgenommen werden.

Das auflagebedingte Routineüberwachungsprogramm des KFZK erhielt folgende Struktur:

- I. Direktmessung der Strahlung
 - I.1 Zählrohraußenstationen
 - I.2 Zählrohr-Monitor-Anlage zur Überwachung des Betriebsgeländes
 - I.3 Festkörper-Dosimeter
- II. Aktivitätsmessungen
 - II.1 Aerosolgehalt der Luft
 - II.2 Niederschlag
 - II.3 Wasser
 - II.4 Biologisches Material

Eine vollständige und detaillierte Beschreibung des Überwachungsprogramms wird in tabellarischer Form im Jahresbericht 1974 bzw. im KFK-Ext. 20/76-2 gegeben. Im folgenden wird deshalb das Überwachungsprogramm nur in groben Zügen skizziert.

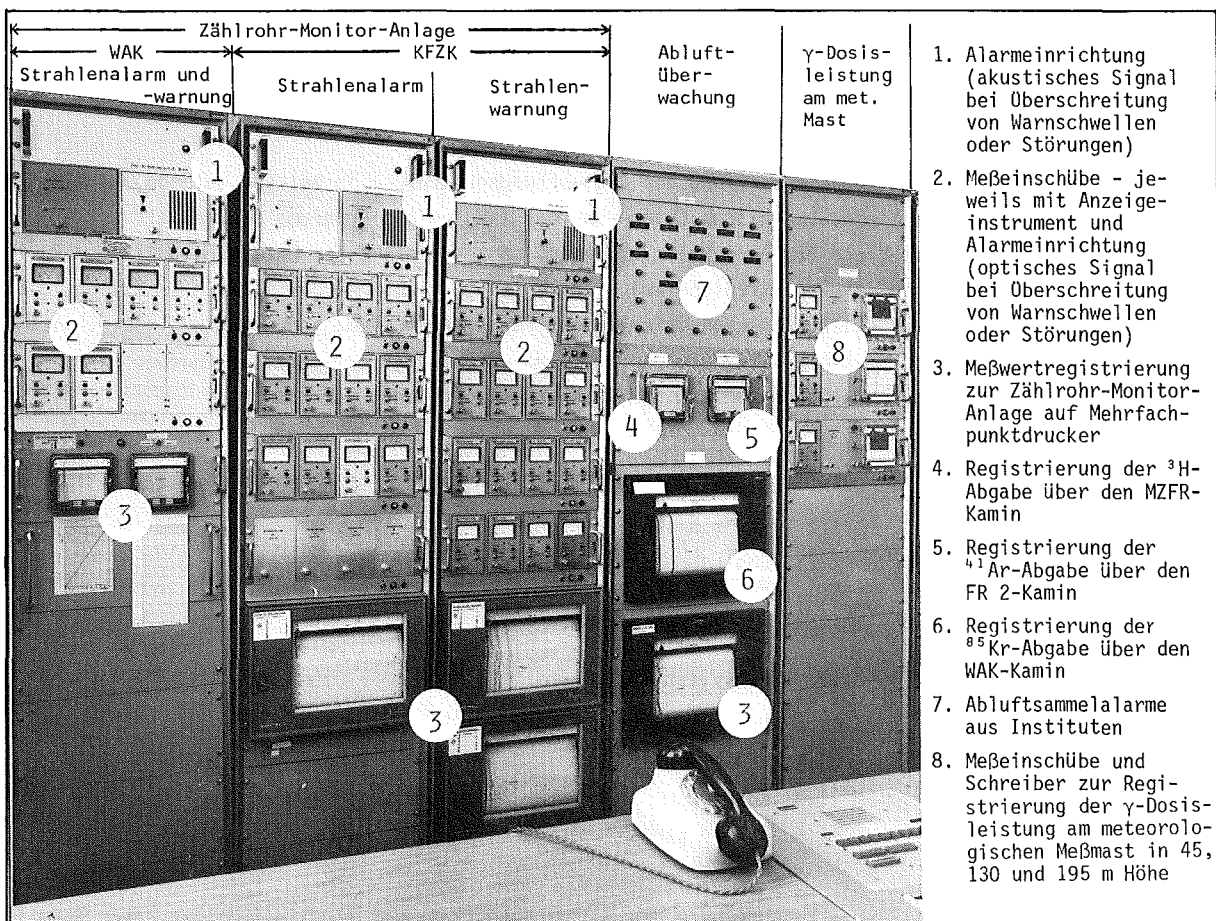
Die an den 8 Zählrohrstationen (s.nach S.36) - eine Station im Kernforschungszentrum und 7 Außenstationen in den benachbarten Ortschaften - registrierten Meßwerte des ($\beta+\gamma$)-Strahlungspegels können telefonisch abgefragt werden. Eine Information über den Strahlungspegel in einem Umkreis von 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 Sammel-einrichtungen für Niederschläge und Luftstaub die insgesamt 31 Meßstellen der Zählrohr-Monitor-Anlage (s. Abb. 3/6). 13 dieser Meßstellen gestatten im Hinblick auf Unfallsituationen mit starken Strahlungsfeldern eine Registrierung der γ -Dosisleistung bis zu 10^3 R/h. 14 Meßstellen erfassen den unteren Meßbereich vom Nullpegel bis zu 10 mR/h. Lediglich 4 Detektoren an der Grenze des Betriebsgeländes der 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 der WAK zu erhalten.

Unabhängig von der mehreren Forschungsprogrammen dienenden Instrumentierung des 200 m hohen meteorologischen Meßmastes sorgen je eine Windfahne und ein Anemometer in 40 m und 80 m Höhe für eine meteorologische Mindestinformation für die Umgebungsüberwachung.

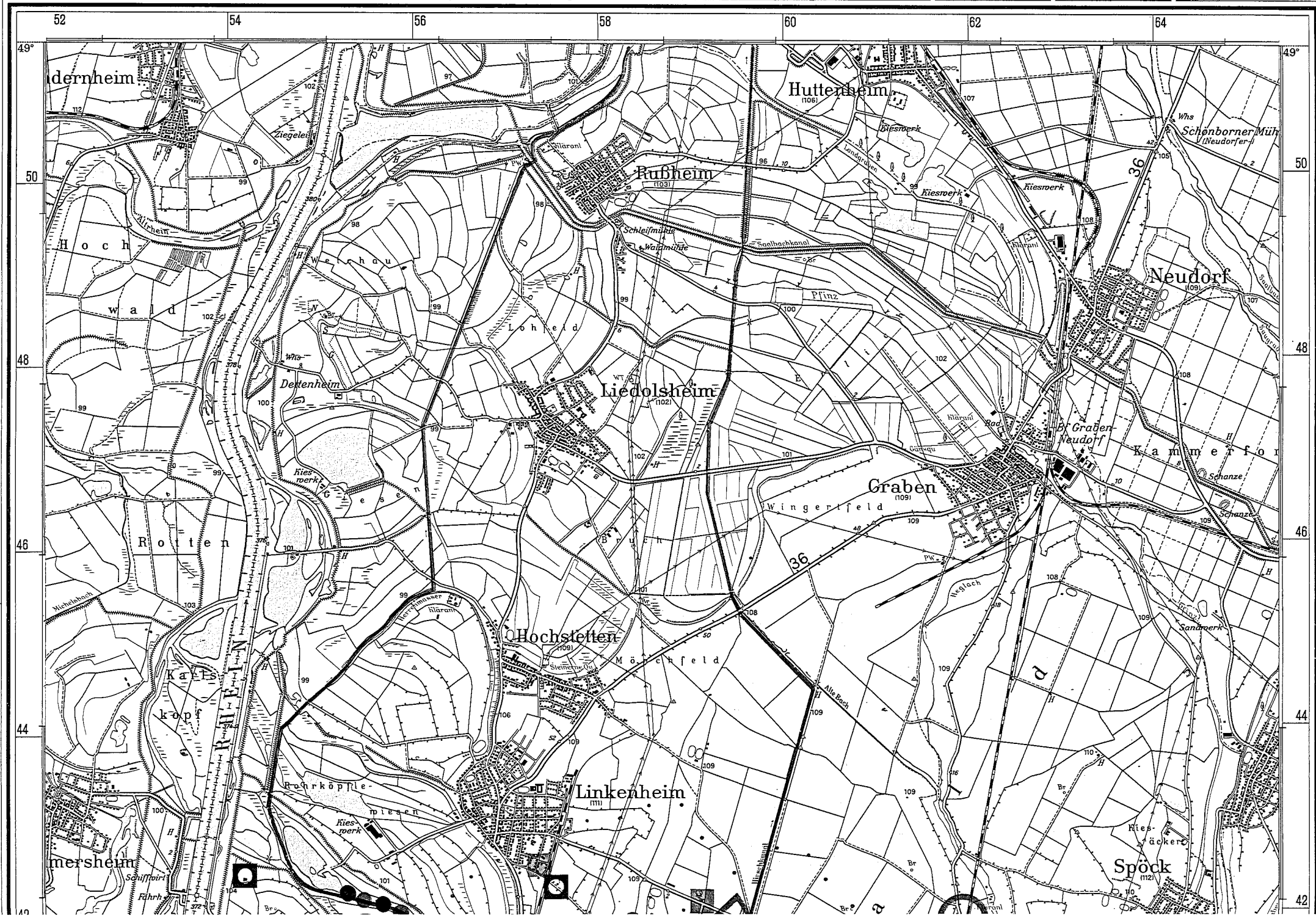
Die Anzeige- und Registriergeräte aller hier genannten Meßstellen befinden sich in der Umgebungsüberwachungszentrale im Gebäude der Abteilung Strahlenschutz und Sicherheit (s. Abb. 3/4). Die Meßwertübertragung von den Meßstellen erfolgt über Meßkabel von insgesamt mehr als 30 km Länge.

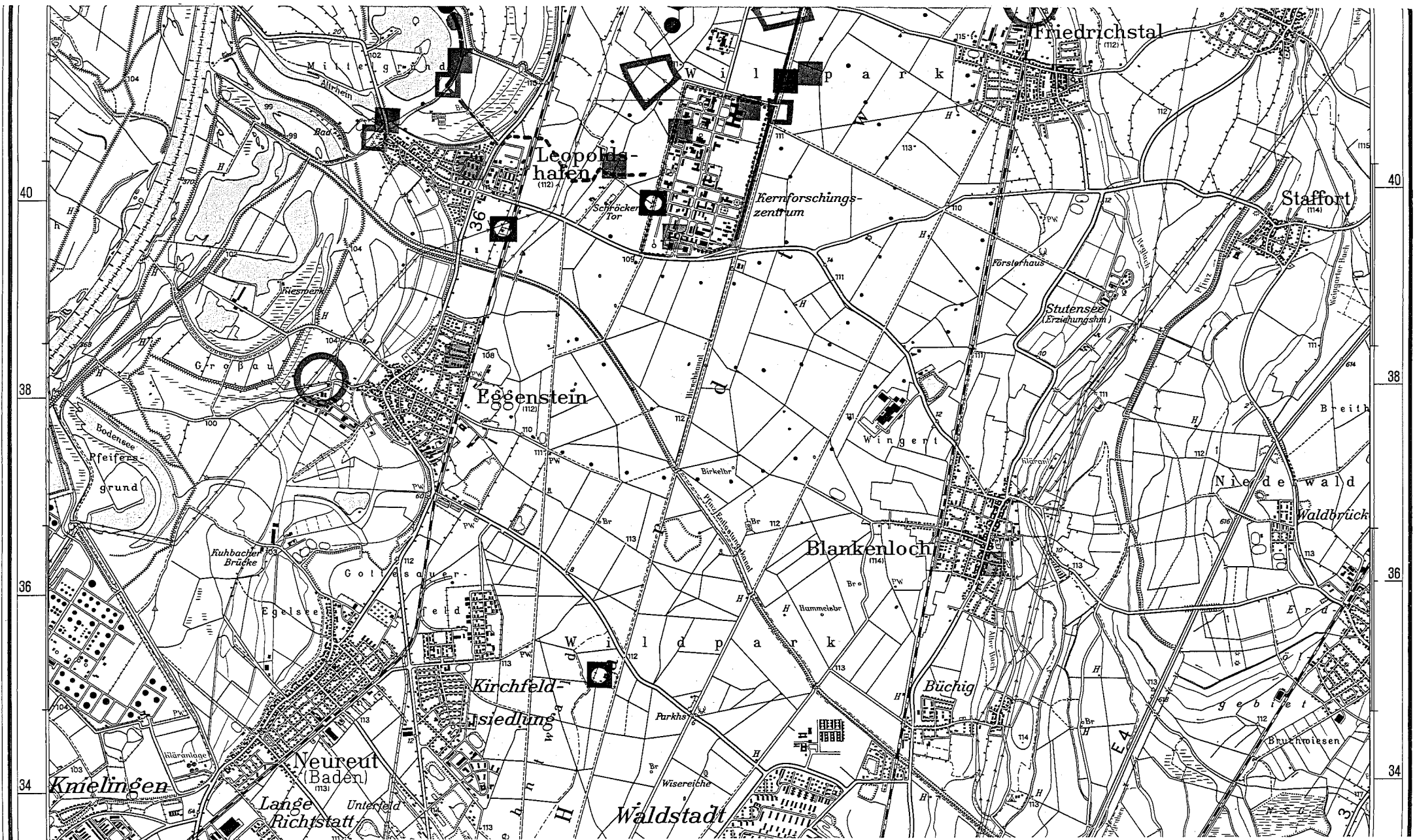
Das auch 1976 fortgesetzte Programm zur Erprobung von Festkörper-Dosimetern zur Messung der akkumulierten Strahlungsdosis im Betriebsgelände und in der Umgebung des KFZK geht weit über den Rahmen der behördlichen Auflage hinaus. Einschließlich der 64 von der Aufsichtsbehörde geforderten Meßstellen bestanden 1976 insgesamt 277 Meßstellen mit Festkörper-Dosimetern, davon 59 innerhalb des Betriebsgeländes, 103 entlang der Geländegrenzen des KFZK und der WAK und 115 in der Umgebung. Alle Meßstellen sind mit je 2 Phosphatglas-Dosimetern bestückt, davon 223 Meßstellen außerdem mit je 2 LiF-Dosimetern. Alle Dosimeter werden jeweils im Mai und im November zur Ausmessung eingeholt.

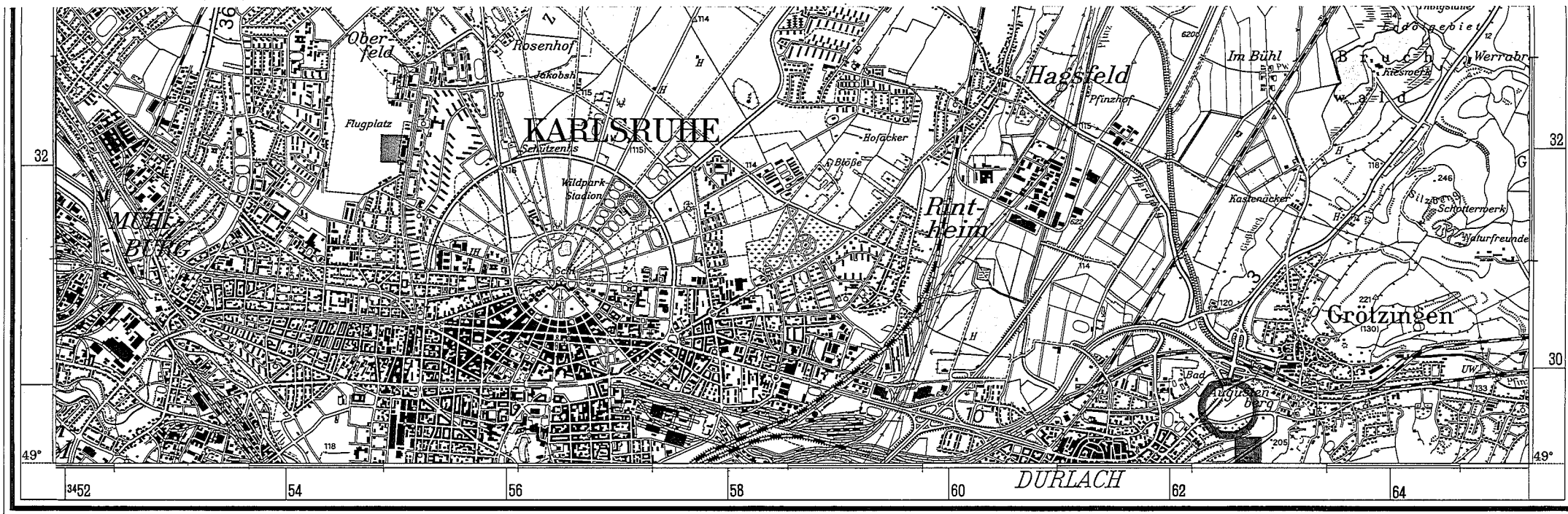


1. Alarmeinrichtung (akustisches Signal bei Überschreitung von Warnschwellen oder Störungen)
2. Meßeinschübe - jeweils mit Anzeigeelement und Alarmeinrichtung (optisches Signal bei Überschreitung von Warnschwellen oder Störungen)
3. Meßwertregistrierung zur Zählrohr-Monitor-Anlage auf Mehrfachpunktdrucker
4. Registrierung der ^3H -Abgabe über den MZFR-Kamin
5. Registrierung der ^{41}Ar -Abgabe über den FR 2-Kamin
6. Registrierung der ^{85}Kr -Abgabe über den WAK-Kamin
7. Abluftsammleralarme aus Instituten
8. Meßeinschübe und Schreiber zur Registrierung der γ -Dosisleistung am meteorologischen Meßmast in 45, 130 und 195 m Höhe

Abb. 3/4 Teilansicht der Umgebungsüberwachungszentrale mit Zählrohr-Monitor-Anlage, Abluftalarmtafel, Kaminüberwachung und γ -Dosisleistungsüberwachung am meteorologischen Meßmast











Legende


Bearbeitungsstand 1.1.1977


 Zählrohraußenstation


 Trinkwasser (Wasserwerke)


 Seston


 Vorflutkanal der Abwässer des KFZK zum Altrhein

 Gras oder Kierfernnadeln zur Plutoniumbestimmung

 Festkörperdosimeter

 Grundwasser (Brunnen)

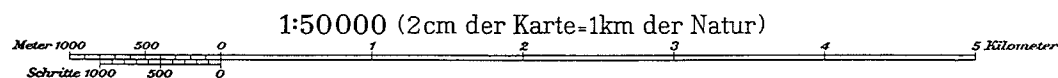
 Schlamm

 Verlauf der als Vorfluter dienenden Oberflächengewässer

 Gras

 Oberflächenwasser

 Fisch und Wasserpflanzen



Ausschnitt aus der topographischen Karte L 6916, Karlsruhe-Nord; mit Genehmigung des Landesvermessungsamtes Baden-Württemberg

Lageplan der Meß- und Probenahmestellen der Umgebungsüberwachung des Kernforschungszentrums Karlsruhe Abteilung Strahlenschutz und Sicherheit

Der zweite Teil des Umgebungsüberwachungsprogramms betrifft die Aktivitätsmessungen. Die Lage der Probenahmestellen des Routineprogramms ist in Abb. 3/5 (Landkarte nach S. 36) angegeben.

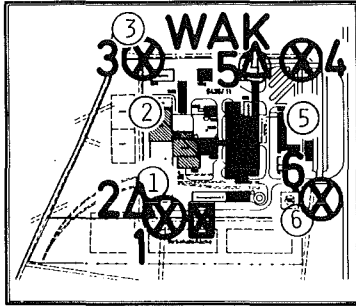
Der Umfang der im Rahmen des Routineprogramms, für besondere Überwachungsmaßnahmen, für das Meßprogramm zur Untersuchung der Tritiumkontamination in der Umwelt und für das Meßprogramm zur Untersuchung der Tritiumkontamination von Pflanzen erforderlichen Probenahmen und auszuführenden Aktivitätsmessungen hat gegenüber 1975 um 23 % zugenommen. Tab. 3/16 bietet eine Übersicht über Art und Anzahl der 1976 genommenen bzw. ausgemessenen Proben.

Art der Proben	Zahl der Proben 1976
Luftstaub auf feststehenden Einzelfiltern	210
Niederschlag	192
Grund- und Trinkwasser	393
Oberflächenwasser und Schlamm aus dem Hirschkanal sowie Feststoffe aus den 6 Sandfängen der Regen- und Kühlwasserkanalisation des KFZK	415
Biologische Proben aus dem Altrheingebiet unterhalb und oberhalb der Abwassereinleitung des KFZK (Schlamm, Seston, Fisch und Wasserpflanzen)	52
Bewuchs- und Bodenproben einschl. Kontrollen an Material, welches im Zusammenhang mit Baumaßnahmen anfällt	294
Pflanzen-, Luftfeuchte-, Boden- und Niederschlagsproben im Rahmen des Meßprogramms zur Untersuchung der Tritiumkontamination von Pflanzen	1243
Niederschlag, Trink- und Oberflächenwasser im Rahmen des Programms zur Bestimmung der Tritiumkontamination in der Umwelt	2791
Sonstige Proben	31
S u m m e	5621

Tab. 3/16 Art und Anzahl der Proben zur Bestimmung der Umweltradioaktivität

Die starke Zunahme der Probenstückzahl ist im wesentlichen auf die Intensivierung des Meßprogrammes zur "Untersuchung der Tritiumkontamination von Pflanzen" mit Hilfe eines polnischen Gastwissenschaftlers, Übernahme der Ausfuhrkontrollen an Material, welches bei Baumaßnahmen anfällt und Fortsetzung der detaillierten Überwachung der Tritiumkonzentration des Grundwassers im Bereich der Kläranlage des KFZK zurückzuführen.

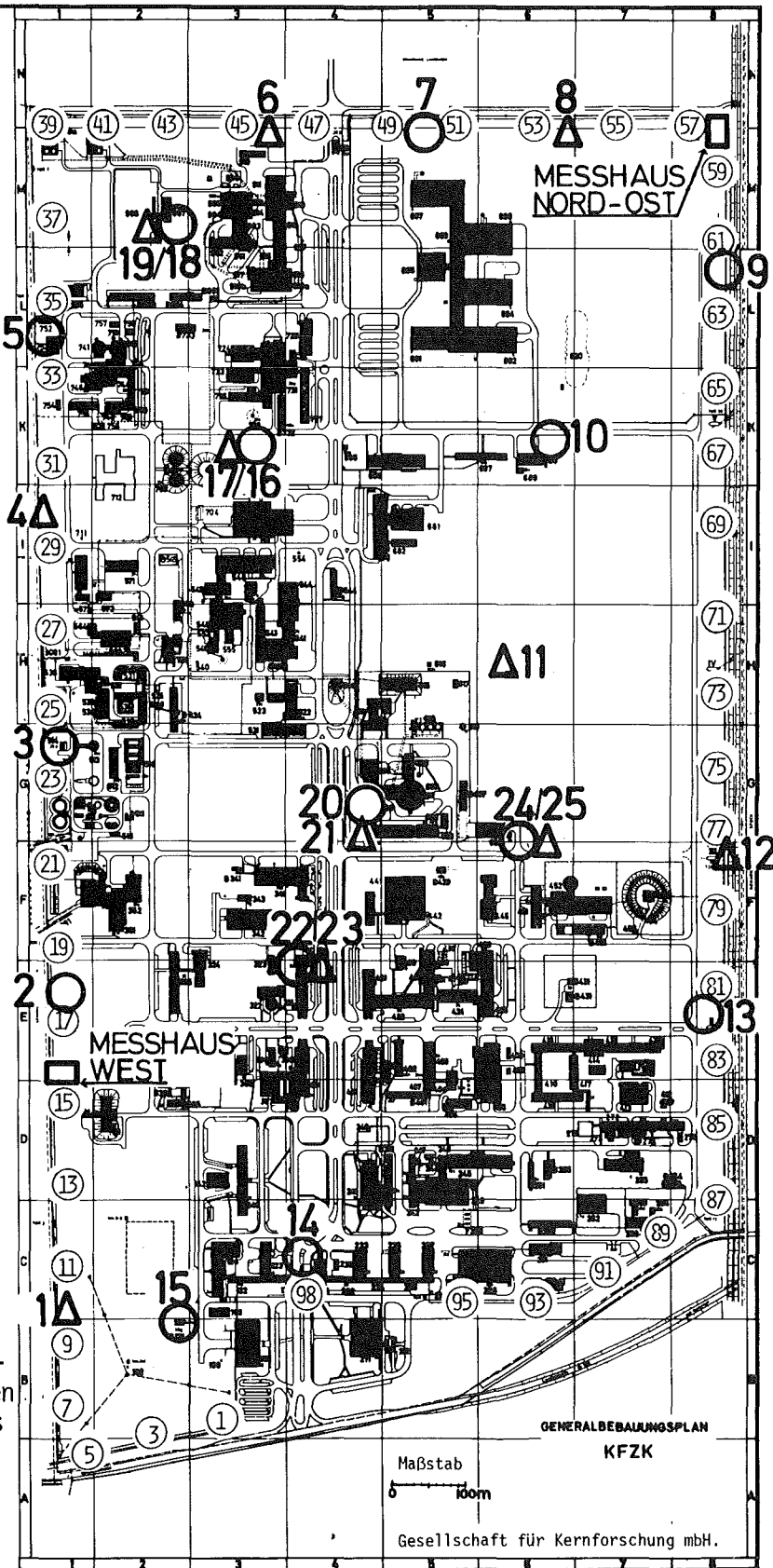
Für die Betreuung des ausgedehnten Meßstellennetzes der Umgebungsüberwachung (Kontrollen, Wartungsarbeiten, Kalibrierungen) und für die Probenahmen stehen zwei mit Funk ausgerüstete Fahrzeuge, ein VW-Bus und ein Land-Rover, zur Verfügung, die 1976 insgesamt rund 25 000 km zurücklegten.



Legende

- GM-Zählrohr mit Energiekompensationsfilter
Meßbereich: 10^{-2} - 10 mR/h
- ⊗ GM-Zählrohr ohne Energiekompensationsfilter
Meßbereich: $2 \cdot 10^2$ - $2 \cdot 10^5$ Ipm
- △ GM-Zählrohr mit Energiekompensationsfilter
Meßbereich: 10^{-2} - 10^3 R/h
- Meßhaus mit Sammeleinrichtung für Niederschlag, Luftstaub (auf Faserfilter), Luftstaub und Niederschlag (in "Naßsammelwannen") und Oberflächenwasser (nur in Meßhaus Nordost)
- ⊠ Sammelstelle WAK für Niederschlag, Luftstaub und Niederschlag (Trockensammlung)
- Festkörperdosimeter-Standort mit je 2 Phosphatglas- und 2 TL-Dosimetern (LiF). Die dargestellten Dosimeterstandorte sind auflagebedingt, diejenigen mit gerader Meßstellenummer sind nicht im Plan enthalten und nicht auflagebedingt.

Abb. 3/6 Lageplan der Meß- und Probenahmestellen innerhalb des KFZK und der WAK



3.4.2 Meßergebnisse des Routineprogramms

Die Vermittlung einer Übersicht über die Fülle von Einzelmeßergebnissen des Überwachungsprogramms 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 Überwachungsprogramms und benutzt dabei die einzelnen Programmpunkte als Zwischenüberschriften.

I. Direktmessung der Strahlung

I.1 Zählrohraußenstationen

Tab. 3/17 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
KFZK	516	291	1 861
Leopoldshafen	488	282	1 864
Linkenheim	497	310	1 798
Forsthaus, nördlich KFZK	428	277	1 134
Friedrichstal	450	312	1 232
Blankenloch	452	323	1 087
Karlsruhe	418	299	1 028
Eggenstein	483	343	982

Tab. 3/17 Meßergebnisse der Zählrohraußenstationen 1976

Die Monatsmittelwerte des Jahres 1976 der 7 Außenstationen streuen insgesamt zwischen rund 370 Ipm und 570 Ipm. Die Jahresmittelwerte liegen hingegen sehr viel enger beieinander, so daß es gerechtfertigt erscheint, für diese Stationen einen Gesamtmittelwert für 1976 zu bilden. Er ergibt sich zu 460 Ipm.

Der Jahresmittelwert für die KFZK-Station liegt mit 516 Ipm um rund 12 % höher. Ursache hierfür waren Bestrahlungen von Dosimetern, die mit unterschiedlicher Stärke und Dauer in der nur 140 m entfernten Eichhalle durchgeführt wurden.

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

I.2.1 Überwachung der γ -Dosisleistung innerhalb des KFZK (siehe Abb. 3/6)

Der Nullpegel der γ -Dosisleistung im KFZK lag wie im Vorjahr an der unteren Meßbereichsgrenze von 10 μ R/h. An den 11 Hochdosisleistungsmeßstellen der Zählrohr-Monitor-Anlage mit einem Meßbereich von 10 mR/h bis 1000 R/h herrschte in keinem Fall - auch nicht kurzzeitig - eine γ -Dosisleistung, die der unteren Meßbereichsgrenze dieser Detektoren entspricht.

Von den 14 Niederdosisleistungs-Meßstellen befindet sich eine (Meßstelle Nr. 15) in der Eichhalle der ASS. Die Registrierungen der γ -Dosisleistung dieser Meßstelle entsprechen zeitlich und dem Betrage nach den in der Eichhalle durchgeführten routinemäßigen Bestrahlungen.

1976 kam es an 3 Meßstellen zu insgesamt 7 Überschreitungen der eingestellten Warnschwelle von 1 mR/h. An den Meßstellen Nr. 3 (Westzaun, Nähe Abfallager) und Nr. 20 (FR 2) dauerten die Warnschwellenüberschreitungen jeweils nur wenige Minuten. Ursachen waren Bewegungen radioaktiver Abfallfässer im Abfallager und der Ausbau bestrahlter Proben aus dem FR 2.

Die an der Meßstelle Nr. 5 (KNK) an 4 Tagen registrierten Warnschwellenüberschreitungen wurden durch Röntgenarbeiten verursacht, die im Freien bei Materialprüfungen im Betriebsgelände des KNK-Reaktors ausgeführt wurden. Die insgesamt 10,2 Stunden währende Warnschwellenüberschreitung lieferte im Bereich der Meßstelle Nr. 5 am Westzaun einen Beitrag zur Jahresdosis von maximal 19,2 mR.

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 Abb. 3/6)

Zwei der insgesamt 6 Meßstellen sind Hochdosisleistungsmeßstellen. Im Meßbereich dieser Detektoren (siehe auch Programmpunkt I.2.1) wurden auch 1976 keine Meßwerte registriert. Der Streubereich des an den 4 anderen Meßstellen kontinuierlich gemessenen ($\beta+\gamma$)-Strahlungspegels reichte 1976 von Meßwerten im Bereich des Nullpegels (ca. $4 \cdot 10^2$ Ipm) bis zu Höchstwerten von einigen 10^4 Ipm.

An allen 4 Meßstellen ereigneten sich 1976 mit Ausnahme des 3. Quartals (Betriebspause der WAK vom 8.7.1976 bis 11.9.1976) Warnschwellenüberschreitungen. Die Ursachen waren entweder Röntgenarbeiten, die auf dem Betriebsgelände der WAK - z.B. zu Schweißnahtprüfungen - durchgeführt wurden, oder ^{85}Kr -Freisetzungen im Zusammenhang mit Brennelementauflösungen.

Zählt man die Warnschwellenüberschreitungen an den einzelnen Meßstellen ohne Berücksichtigung der zum Teil identischen Ursachen, so ergibt sich eine Summe von 46 Ereignissen (1975: 47 Ereignisse). Diese Zahl verringert sich auf 28, wenn man an unterschiedlichen Tagen nur die von unterschiedlichen Ursachen an den 4 Meßstellen ausgelösten Ereignisse zählt.

Der zeitlich gewichtete Mittelwert der bei den 46 Warnschwellenüberschreitungen registrierten Höchstwerte beträgt rund $10 \cdot 10^3$ Ipm (Warnschwelle = $4 \cdot 10^3$ Ipm). Die Gesamtdauer der an einer oder mehreren Meßstellen registrierten Warnschwellenüberschreitungen betrug mit rund 47 Stunden weniger als 0,6 % des Jahres.

I.3 Festkörperdosimeter zur Überwachung der akkumulierten Strahlungsdosis

Das Betriebsgelände wird mit 32 Meßstellen auf zwei "inneren" Kreisen mit Radien von 100 m und 250 m um den FR 2-Kamin, mit 97 Meßstellen entlang der rund 5 km langen Geländegrenze, mit 20 Meßstellen um den innerbetrieblichen Zaun der ADB (siehe Abb. 3/8) und 7 Sondermeßstellen überwacht. 6 weitere Meßstellen befinden sich an der Betriebsgeländegrenze der WAK. Die Überwachung in der Umgebung erfolgt durch 3 konzentrische "äußere" Meßstellenkreise mit Durchmessern von 2, 4 und 6 km mit insgesamt 108 Meßstellen. Die Fläche des KFZK ist dem kleinsten dieser 3 Meßstellenkreise eingeschrieben. Die Außenüberwachung wird ergänzt durch 7 Dosimeter-Meßstellen in den benachbarten Ortschaften (Standorte: identisch mit Zählrohraußenstationen).

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

Für den Expositionszeitraum von November 1975 bis November 1976 ergaben sich die in Tab. 3/18 zusammengestellten Jahresdosiswerte. Die Meßergebnisse zeigen, daß die Jahresdosismittelwerte für die Meßstellen entlang der Betriebsgeländegrenzen des KFZK und der WAK für beide Dosimeterarten innerhalb des Streubereiches der Jahresdosiswerte liegen, die in rund 3 km Entfernung vom KFZK an den Meßstellen des äußeren Überwachungskreises ermittelt wurden.

Meßstellen		Jahresdosiswerte D in mR					
		Glasdosimeter			TL-Dosimeter		
Gruppe	Zahl	\bar{D}	D _{min}	D _{max}	\bar{D}	D _{min}	D _{max}
Betriebsgeländegrenze des KFZK (ohne Nr. 20 - 32)	78	71	56	90	82	64	133
Betriebsgelände der WAK	6	64	54	71	82	77	87
Außenstationen	7	95	64	126	106	81	117
Äußerer Meßstellenkreis mit 6 km Ø	52	67	54	91	72	58	100

Tab. 3/18 Mittelwerte und Streubereich der mit Glas- und TL-Dosimetern gemessenen Jahresdosiswerte

Auffällig ist, daß sich für die an den Kurbelmasten der Zählrohraußenstationen aufgehängten Festkörperdosimeter um rund 40 % höhere Jahresdosiswerte ergaben. Die Ursache hierfür dürfte in der Verwendung von Leinensäcken zu suchen sein, welche die Plastikbeutel mit den eingeschweißten Dosimetern enthalten. Solche Leinensäcke werden zur Aufhängung der Dosimeter nur an den Zählrohrstationen benutzt, da der stärkere Wind in Höhe der Kurbelmasten auf den Gebäudedächern in der Vergangenheit häufig die ungeschützten Plastikbeutel ab- oder aufgerissen hatte. Der sich im Stoff dieser Säcke festsetzende Staub sowie Fallout- und Washout-Rückstände führten zu einer mit der Zeit zunehmenden Kontamination. Da Aerosole und Staubteilchen auf Leinen sehr viel besser haften als auf Plastik, können Regenfälle im Gegensatz zu den an allen anderen Meßstellen frei exponierten Plastikbeuteln auch keinen Dekontaminationseffekt bewirken. Diese Erklärung für die hier gemessenen höheren Jahresdosiswerte wird durch den Umstand gestützt, daß im zweiten Halbjahr des letzten Expositionsjahres, in das die Zündung der chinesischen Bombe von Lop Nor fällt, der Dosismittelwert um den Faktor 1,6 über dem des ersten Halbjahres lag. Ferner ergaben Messungen an Asche exponierter bzw. unbenutzter Säcke einen um den Faktor 10 auseinanderliegenden Aktivitätsgehalt und das für Bomben-Fallout typische Nuklidgemisch.

Möglichkeiten einer sicheren Dosimeternaufhängung an den Zählrohrstationen bei gleichzeitiger Vermeidung des Kontaminationseffektes werden zur Zeit getestet.

Bei der Mittelwertbildung für die Meßstellen entlang der Betriebsgeländegrenze des KFZK (siehe Tab. 3/18) wurden die erhöhten Jahresdosiswerte an den Meßstellen in der Nähe des Abfallagers nicht berücksichtigt. Die 600 m lange Teilstrecke der westlichen Betriebsgeländegrenze des KFZK, an der höhere Dosisleistungen herrschten, reicht von Meßstelle Nr. 20 (Zyklotron, Kläranlage) bis zu Meßstelle Nr. 32. Das Dosisprofil dieser Teilstrecke ergibt sich aus den Einzelmeßwerten der 13 Meßstellen, die für die letzten vier aneinander anschließenden Halbjahres-Expositionsintervalle in Tab. 3/19 zusammengestellt wurden bzw. aus der graphischen Darstellung (siehe Abb. 3/7) der in Halbjahreswerte aufgeschlüsselten Jahresdosis des Zeitraumes November 1975 bis November 1976.

Während an den Flanken des seit Jahren an der Meßstelle Nr. 26 gemessenen Dosismaximums im 2. Halbjahr (Mai bis November 1975) eine Abnahme der Dosis zu verzeichnen ist, stieg der Dosisbetrag an der Meßstelle Nr. 26 gegenüber dem 1. Halbjahr um 20 % an. Ursache hierfür dürfte die im Juli 1976 aus betrieblichen Gründen erfolgte Verlegung der Kerosinwaschanlage (Dekontamination mittelaktiver Kerosinlösungen der WAK) von Geb. 545 in den Westflügel von Geb. 536 sein, der der Meßstelle Nr. 26 genau gegenüberliegt.

Im September 1976 wurde bei einer routinemäßigen Kontrollfahrt der Diebstahl einiger Dosimeterbeutel entdeckt. An den entsprechenden Meßstellen konnte die Jahresdosis nur durch Extrapolation des vorhergehenden Halbjahreswertes bestimmt werden.

Expositionszeitraum Meßstellen-Nr.	November 1974 bis Mai 1975	Mai 1975 bis November 1975	November 1975 bis Mai 1976	Mai 1976 bis November 1976
20	34	30	44	52
21	35	48	49	44
22	49	60	58	62
23	67	78	80	34
24	118	120	121	81
25	143	140	130	81
26	148	166	214	257
27	114	100	105	62
28	69	70	80	50
29	57	50	65	38
30	39	45	60	52
31	40	50	55	34
32	27	30	45	33

Tab. 3/19 Halbjahresdosiswerte in mR am Westzaun des Kernforschungszentrums in der Nähe des Abfallagers (Meßstellen-Nr. 20 bis 32), gemessen mit Glasdosimetern

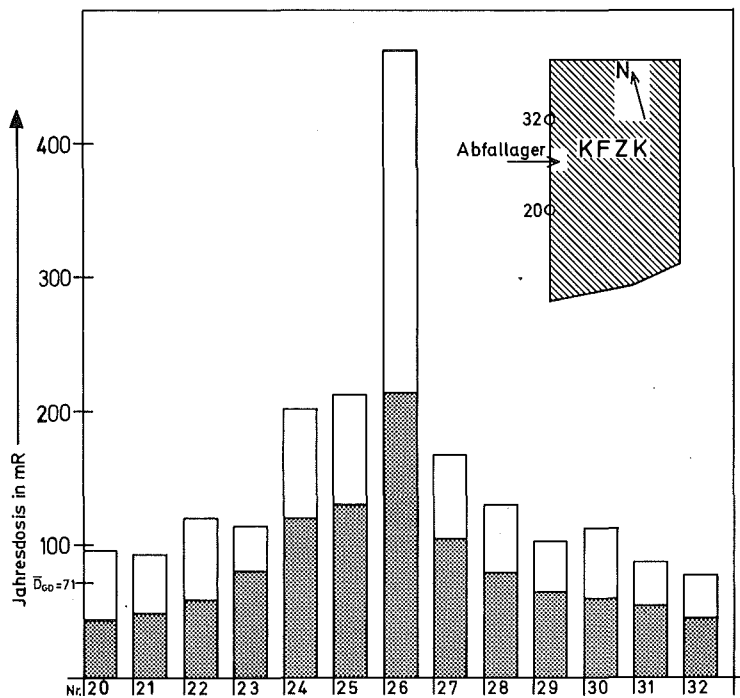


Abb. 3/7 Jahresdosisprofil entlang der Betriebsgeländegrenze des KFZK in der Nähe des Abfallagers, gemessen mit Glasdosimetern (Abstand benachbarter Meßstellen: 50 m)

Halbjahresdosiswerte (182 Tage): November 1975 bis Mai 1976
 Mai 1976 bis November 1976

\bar{D}_{GD} = Durchschnittliche Jahresdosis an den restlichen 78 auswertbaren Meßstellen an der Betriebsgeländegrenze (siehe auch Tab. 3/18)

Das 1975 durch einen Zaun vom übrigen Betriebsgelände abgetrennte Gebiet der Abteilung Dekontaminationsbetriebe wird seither ebenfalls durch "Zaundosimeter" überwacht. Standorte und Meßwerte dieser Überwachungsmaßnahme zeigt Abb. 3/8. Die mit Glasdosimetern gemessene maximale Jahresdosis wurde an der Meßstelle 11 mit 722 mR und die minimale an der Meßstelle 29 mit 130 mR bestimmt.

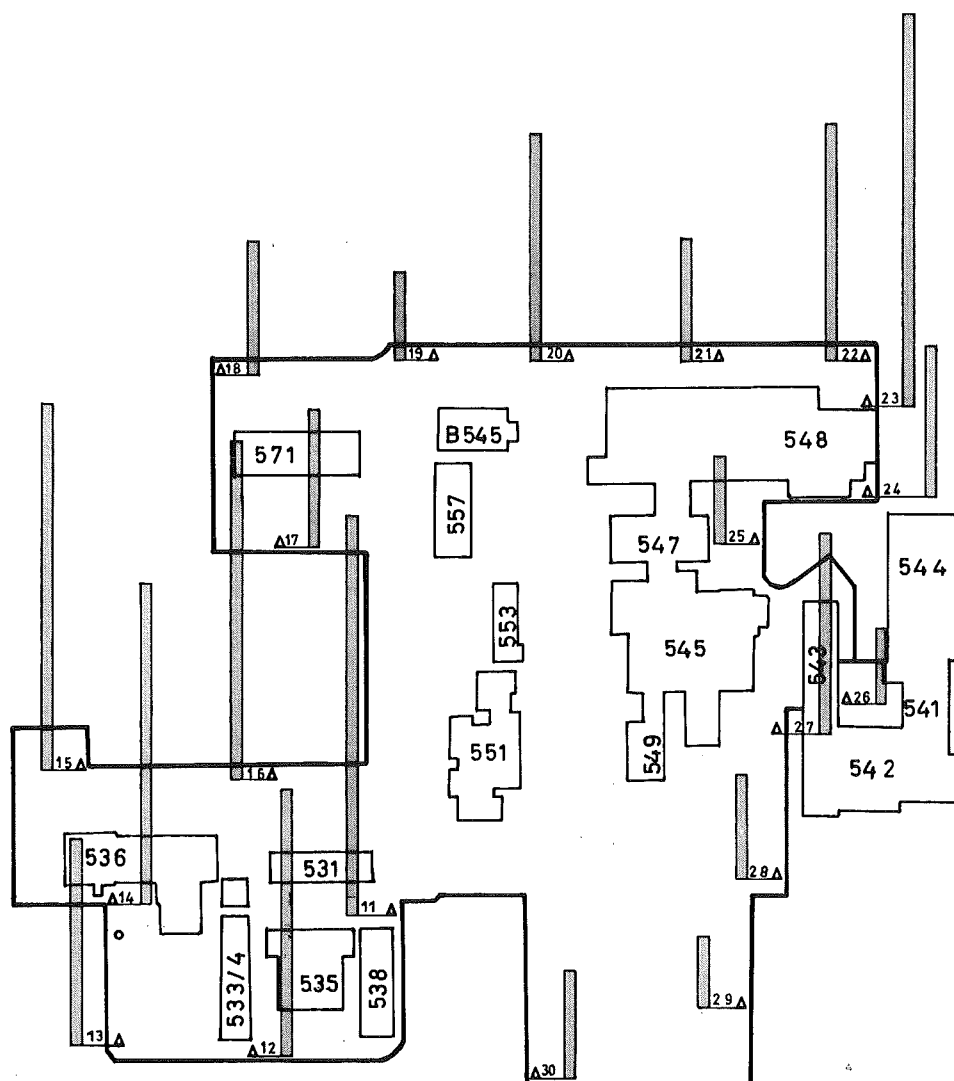


Abb. 3/8 Lageplan der "ADB-Geländegrenze" (—) und der Festkörperdosimeter-Meßstellen (Δ_{XX}) mit Darstellung der Jahresdosismeßwerte ($\bar{}$ 0 100 200 300 400 500 mR), gemessen mit Phosphatgläsern

II. Aktivitätsmessungen

II.1 Aerosolgehalt der Luft

Die Luftstaubsammlung erfolgt auf feststehenden Einzelfiltern von 20 cm \varnothing an den beiden Meßhütten (Lageplan siehe Abb. 3/6). Die Einzelmeßwerte der spezifischen α -Aktivität des Aerosolgehaltes der Luft lagen 1976 zwischen 0,001 und 0,009 pCi/m³. Der Jahresmittelwert der spezifischen β -Aktivität der Luft ergab für beide Meßhütten einen Wert von rund 0,063 pCi/m³. Der Jahresmittelwert der β -Aktivitätskonzentration der Luft erreichte damit nur knapp 80 % des Vorjahreswertes (siehe hierzu auch II.2).

Die Bildung des Jahresmittelwertes verdeckt jedoch den Einfluß der am 25.9.1976 in Lop Nor oberirdisch gezündeten chinesischen Wasserstoffbombe. So wurden am 11.10.1976 an den beiden Meßhütten 4-Tagesmittelwerte von maximal 1,25 pCi/m³ und 0,91 pCi/m³ gemessen. Auch im November waren die Einzelkonzentrationswerte noch deutlich erhöht. Schließt man deshalb die Meßwerte der Monate Oktober und November 1976 von der Mittelwertbildung aus, so ergeben sich für die mittlere β -Aktivitätskonzentration der Luft nur Mittelwerte von rund 0,03 pCi/m³.

II.2 Überwachung des Niederschlags

Die spezifische Aktivität des Niederschlags wird an drei Stellen (Meßhütte West, Meßhütte Nordost und WAK) überwacht.

Eine Übersicht über die 1976 mit dem Niederschlag der Flächeneinheit des Bodens zugeführte Radioaktivität gibt Tab. 3/20.

Sammelort	Niederschlagsmenge, l/m^2	Jahres-Flächenbelastung 1976 in nCi/m^2				
		α	$^{239}Pu+^{240}Pu$	^{238}Pu	β	3H
Meßhütte West	572	< 1,8	0,008	0,008	8,6	376
Meßhütte Nordost	606	< 1,9	0,006	0,005	7,1	767
WAK	580	< 1,7	0,003	0,003	6,9	371

Tab. 3/20 Radioaktivität im Niederschlag 1976

Die Einzelmeßwerte der α -Aktivitätskonzentration lagen fast immer unter der Nachweisgrenze (deshalb auch das Zeichen "<" vor den Flächenbelastungen in Tab. 3/20).. So kann nur ausgesagt werden, daß für alle 3 Sammelstellen die Jahresmittelwerte der α -Aktivitätskonzentration unter 3,2 pCi/l und die α -Flächenbelastungen unter 2,0 nCi/m^2 lagen. Die Jahresmittelwerte der $^{239}Pu+^{240}Pu$ -Konzentration lagen zwischen 5 fCi/l und 14 fCi/l. Die entsprechenden Werte der Flächenbelastung erreichen damit 1976 im Mittel nur rund 55 % der Vorjahreswerte.

Nachdem schon 1975 die Jahresflächenbelastung durch die β -Bruttoaktivität im Niederschlag an den 3 Niederschlagsammelstellen im Mittel gegenüber 1974 um rund 50 % abgenommen hatte, ist 1976 im Vergleich mit 1975 ein weiterer Rückgang der β -Aktivitätsflächenbelastung um rund 30 % eingetreten. Auch die Meßwerte des Deutschen Wetterdienstes zeigen für den Raum Stuttgart einen Rückgang der β -Aktivitätsflächenbelastung durch Niederschläge um rund 20 %. Dabei ist allerdings zu beachten, daß 1976 im Mittel an den 3 Sammelstellen nur 80 % der Niederschlagsmenge von 1975 registriert wurde.

Die hier beschriebenen Zusammenhänge werden durch Tab. 3/21 verdeutlicht.

Sammelort	Jahresmittelwert der β -Aktivitätskonzentration \bar{a} in pCi/l	β -Aktivitätsflächenbelastung $A_F(76)$ in nCi/m^2	$\frac{\bar{a}(76)}{\bar{a}(75)}$ f**	$\frac{A_F(76)}{A_F(75)}$ p	Verhältnis der Niederschlagsmengen $\frac{M(76)}{M(75)}$ q
Meßhütte West	15,0	8,6	0,82	0,64	0,78
Meßhütte Nordost	11,7	7,1	0,89	0,74	0,83
WAK	11,9	6,9	0,90	0,71	0,79
Stuttgart*	10,7	5,9	0,92	0,81	0,88

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

Tab. 3/21 Vergleich der β -Aktivität des Niederschlags 1975 / 1976

Unbedingt erwähnenswert erscheint die Tatsache, daß an den 3 Sammelstellen des Kernforschungszentrums 47 % des Jahreswertes der β -Aktivitätsflächenbelastung - wohl als Folge der chinesischen Bombe vom 25.9.1976 - allein in den beiden Monaten Oktober und November durch Niederschläge dem Boden zugeführt wurden.

Im Falle der Tritiumflächenbelastung (siehe Tab. 3/20) wird der atmosphärische Tritiumanteil von Tritiumimmissionen überlagert, deren Ursache in den Tritiumableitungen mit der Abluft der beiden schwerwassermoderierten Reaktoren MZFR und FR 2 und der FERAB-Anlage liegt. Der Standort der Meßhütte Nordost ist aufgrund der Windrichtungscharakteristik bezüglich der Lage der genannten Tritium-Hauptemittenten gegenüber den beiden anderen Niederschlagssammelstellen begünstigt. Dem entspricht die im Vergleich zu den beiden anderen Stellen um den Faktor 2 höhere Tritiumflächenbelastung an der Nordost-Hütte.

Die Tritiumflächenbelastung hat 1976 gegenüber dem Vorjahr an den Sammelstellen "Meßhütte West" und "WAK" um 58 % und an der Sammelstelle "Meßhütte Nordost" um 30 % abgenommen. Untersuchungen im Rahmen eines umfangreichen Tritiummeßprogrammes an Niederschlägen, die außerhalb des Kernforschungszentrums gesammelt wurden, haben gezeigt, daß auch die allgemeine atmosphärisch bedingte Tritiumflächenbelastung gegenüber 1975 im Mittel um rund 60 % abgenommen hat. Sie betrug 1976 bei einer durchschnittlichen Niederschlagsmenge von 588 mm nur noch rund 240 nCi/m^2 . Zieht man diesen atmosphärischen Anteil (nach Umrechnung auf die im KFZK gesammelte Niederschlagsmenge ergeben sich 228 nCi/m^2) von den Tritiumflächenbelastungen an den 3 Sammelstellen im KFZK ab, so erhält man die durch Tritiumemissionen des KFZK verursachten Anteile an der Gesamtflächenbelastung. Sie betragen 1976 für die Sammelstellen "Meßhütte West" und "WAK" rund 145 nCi/m^2 und für die Sammelstelle "Meßhütte Nordost" 539 nCi/m^2 . Der immissionsbedingte Tritiumanteil innerhalb des Betriebsgeländes des KFZK hat damit gegenüber dem Vorjahr an den beiden erstgenannten Sammelstellen um rund 44 % abgenommen, stieg jedoch an der Meßhütte Nordost um 16 % an.

Die Jahresmittelwerte der Tritiumkonzentration des Niederschlags lagen 1976 an den 3 Sammelstellen bei rund $0,65 \text{ nCi/l}$ bzw. $1,3 \text{ nCi/l}$.

II.3 Überwachung des Wassers (siehe Lageplan nach S. 36)

II.3.1 Oberflächenwasser

Die α - und β -Bruttoaktivität und die Tritiumaktivität des Hirschkanals werden durch kontinuierliche Probenahme von Oberflächenwasser unterhalb der NO-Ecke des Kernforschungszentrums überwacht. Die Probenahmestelle liegt unterhalb der Einleitungen der 6 Sandfänge des Kernforschungszentrums, über die Regen- und Kühlwässer in den Hirschkanal eingeleitet werden. Die Aktivität wird wöchentlich in kontinuierlich entnommenen Mischproben bestimmt.

Die Meßergebnisse 1976 wurden in Tab. 3/22 zusammengefaßt.

langlebige Aktivität	Schwankungsbereich der 52 Wochenmittelwerte	Jahresmittelwert
α	< 1,1 bis 2,4 pCi/l	< 1,6 pCi/l
Rest- β	< 0,8 bis 2,3 pCi/l	< 1,3 pCi/l
^3H	0,4 bis 1,5 nCi/l	0,9 nCi/l

Tab. 3/22 Radioaktivität des Hirschkanals 1976

90 % der Wochenmittelwerte der α -Aktivitätskonzentration und 23 % der Wochenmittelwerte der β -Aktivitätskonzentration lagen unter der jeweiligen Nachweisgrenze.

II.3.2 Grund- und Trinkwasser

Überwacht wurden die Wasserwerke "Süd" und "Tiefgestade" des Kernforschungszentrums, die Wasserwerke Leopoldshafen, Linkenheim-Hochstetten und Karlsruhe-Hardtswald sowie die beiden Schluckbrunnen der WAK. Einen Überblick über die Ergebnisse der Überwachung vermittelt Tab. 3/23.

langlebige Aktivität	Schwankungsbereich der Einzelmeßwerte (Stichproben von 7 Stellen)	Jahresmittelwert
α	< 1,2 bis 2,5 pCi/l	< 1,7 pCi/l
Rest- β	< 0,7 bis 1,4 pCi/l	< 0,9 pCi/l
^3H	< 0,14 bis 0,5 nCi/l	< 0,32 nCi/l

Tab. 3/23 Radioaktivität in Grund- und Trinkwasser 1976

95 %, 84 % bzw. 37 % der insgesamt 74 untersuchten Grundwasserstichproben lieferten Meßwerte unterhalb der jeweiligen Nachweisgrenze für die α -, β - bzw. Tritiumaktivität. Alle gebildeten Jahresmittelwerte waren deshalb mit dem Zeichen "<" zu versehen.

II.4 Überwachung von biologischem Material (siehe Lageplan nach S. 36)

II.4.1 Schlamm

Die Überwachung der Radioaktivität des Schlammes im Hirschkanal erfolgt anhand von monatlichen Stichproben. Der Schwankungsbereich der monatlichen Einzelmeßwerte der spezifischen α -Aktivität lag 1976 zwischen 3 pCi/g Tr. und 6 pCi/g Tr., für die spezifische β -Aktivität zwischen 17 pCi/g Tr. und 22 pCi/g Tr. Es ergaben sich entsprechende Jahresmittelwerte von rund 4 pCi/g Tr. bzw. 19 pCi/g Tr. Dies bedeutet, daß sowohl die Mittelwerte als auch der Streubereich der Aktivitätskonzentration des Schlammes im Hirschkanal gegenüber 1975 deutlich abgenommen haben. Die Mittelwerte 1976 erreichten nur 80 % der Vorjahresmittelwerte.

Zur Überwachung des Altrheins (= Vorfluter für die Abwässer des Kernforschungszentrums Karlsruhe) sind laut Auflage vierteljährlich Schlammproben im Altrhein bei Leopoldshafen, ca. 80 m unterhalb der Abwassereinleitung, zu nehmen. Der zeitliche Verlauf der α - und β -Gesamtaktivitätskonzentration wurde - weit über die behördliche Auflage hinausgehend - 14-tägig überwacht (siehe Abb. 3/9). Das arithmetische Mittel aus 26 Einzelmeßwerten beträgt für die spezifische α -Aktivität rund 9 pCi/g Tr. und für die spezifische β -Aktivität 23 pCi/g Tr. Die spezifische Plutoniumaktivität lag bei allen Quartalsproben unter 0,3 pCi/g Tr. und im Mittel wie im Vorjahr bei knapp 0,2 pCi/g Tr.

II.4.2 Seston

Auch die Sestonüberwachung wurde 1976 intensiviert. Über die auflagebedingte vierteljährliche Probenahmefrequenz hinausgehend erfolgte die Sestonprobenahme im Altrhein ab April 1976 monatlich. Die 10 monatlichen Stichproben ergaben für 1976 Mittelwerte von 18 pCi/g Tr. für die spezifische α -Aktivität und von 61 pCi/g Tr. für die spezifische β -Aktivität des Sestons. Die Einzelmeßwerte der β -Aktivitätskonzentration wurden ebenfalls in Abb. 3/9 graphisch dargestellt. Im Gegensatz zum Schlamm zeigen die Aktivitätskonzentrationen des Sestons einen erheblich größeren Schwankungsbereich, der sich für die spezifische α -Aktivität von rund 9 bis 40 pCi/g Tr. und für die spezifische β -Aktivität von rund 21 bis 220 pCi/g Tr. erstreckte.

Im Gegensatz zur β -Aktivitätskonzentration konnte bei der spezifischen Plutoniumaktivität des Sestons gegenüber dem Vorjahr eine Abnahme von fast 50 % festgestellt werden.

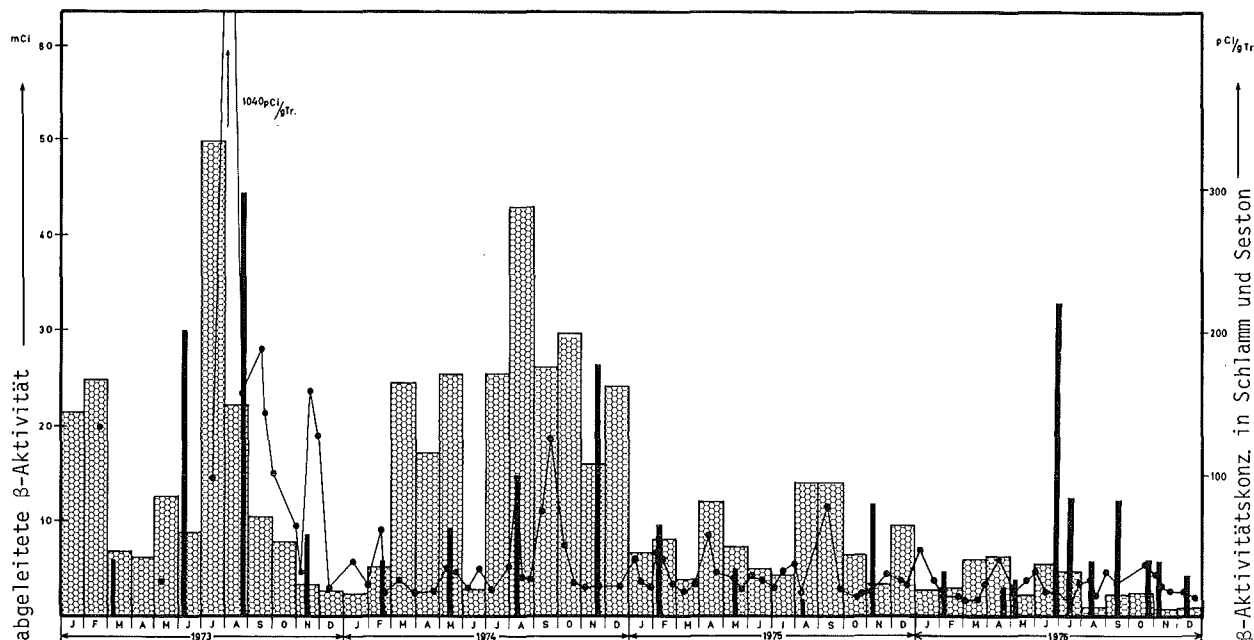


Abb. 3/9 In den Jahren 1973 bis 1976 aus dem KFZK mit dem Abwasser abgeleitete β -Aktivität und β -Aktivitätskonzentration im Schlamm und Seston des Altrheins

II.4.3 Fisch

II.4.4 Wasserpflanzen

Der Überwachung des Vorfluters dienen auch die halbjährlichen Probenahmen von Fisch und Wasserpflanzen. Der Schwankungsbereich der spezifischen Rest- β -Aktivität in den getrennt untersuchten Fischteilen Haut und Flossen, Fleisch und Gräten lag 1976 zwischen 0,9 und 4,3 pCi/g Naßgewicht. Im Mittel ergaben sich dabei für Raubfisch (Hecht) um den Faktor 1,7 höhere Werte als für Friedfisch (Schleie).

Die Untersuchung des Radioaktivitätsgehaltes von Schilf und Wasserschwertlilien ergab für die spezifische β -Aktivität Meßwerte zwischen rund 6 und 16 pCi/g Tr.

II.4.5 Bewuchs

Die halbjährlichen Grasproben aus den beiden Hauptwindrichtungssektoren in jeweils rund 4 km Entfernung vom Kernforschungszentrum (bei Eggenstein und Friedrichstal) und von der Referenzstelle in Grötzingen ergaben bei der Probenahme im Mai 1976 einen Mittelwert der spezifischen Rest- β -Aktivität von 7,4 pCi/g Tr., Ende Oktober jedoch einen Mittelwert von rund 26 pCi/g Tr. Der ^{40}K -Gehalt lag hingegen im Mai und im Oktober unverändert im Mittel bei rund 13 pCi/g Tr. Die um den Faktor 3,5 höheren Rest- β -Aktivitätswerte der Oktoberprobenahme erklären sich aus der fallout-bedingten Aktivitätsablagerung auf dem Gras als Folge der chinesischen Bombe vom 25.9.1976.

Die spezifische Plutoniumaktivität ($^{239}\text{Pu} + ^{240}\text{Pu}$) der Gras- bzw. Kiefernnadelproben von den 4 Stellen in den beiden Hauptwindrichtungssektoren bezüglich der nördlichen Hälfte des Betriebsgeländes des Kernforschungszentrums bewegte sich 1976 zwischen 0,5 fCi/g Tr. und 41 fCi/g Tr. Als Mittelwert ergab sich 6 fCi/g Tr.

Für die Kiefernnadelproben aus den Hauptwindrichtungssektoren bezüglich der WAK wurden Werte zwischen 0,3 fCi/g Tr. und 4 fCi/g Tr. gefunden. Ihr Mittelwert ergab sich zu 1,8 fCi/g Tr.

Die Meßwerte der Vergleichsproben aus dem Raum Durlach erreichten maximal 3 fCi/g Tr. bei einem Mittelwert von 1,1 fCi/g Tr.

Die spezifischen ^{238}Pu -Aktivitätswerte derselben 32 Bewuchsproben lagen nur in 8 Fällen über der jeweils erreichten Nachweisgrenze. Die höchste nachgewiesene ^{238}Pu -Aktivität betrug 5 fCi/g Tr.

3.4.3 Besondere Überwachungsmaßnahmen

Es versteht sich von selbst, daß für eine wirksame Umgebungsüberwachung, die insbesondere das Betriebsgelände selbst mit einschließt, das Routineprogramm allein nicht ausreicht. Vielmehr muß es je nach Anlaß und oft schon bei Hinweisen auf geringste Unregelmäßigkeiten in den Betriebszuständen kerntechnischer Anlagen durch gezielte Überwachungsmaßnahmen ergänzt werden. Tabelle 3/25 vermittelt eine Übersicht über die wichtigsten Überwachungsmaßnahmen, die 1976 aufgrund besonderer Anlässe notwendig erschienen. Die Ergebnisse zeigen, daß keiner der Anlässe zu unzulässigen oder nicht beherrschbaren Kontaminationen geführt hat.

Als Ergänzung zur Routineüberwachung der WAK wurde 1976 ein befristetes Sondermeßprogramm zur Überwachung der ^{129}J -Konzentration in Milch durchgeführt. Im Rahmen dieses Sondermeßprogramms wurden insgesamt 22 Kuhmilchproben aus Spöck (siehe Landkarte nach S.36) und im 1. Halbjahr 1976 insgesamt 10 Ziegenmilchproben (Tierhaltungsstandort: "Forsthaus", ca. 600 m nordöstlich der WAK) untersucht. Die Ziegenmilchüberwachung konnte im 2. Halbjahr nicht weitergeführt werden, weil die Ziege keine Milch mehr lieferte.

Für die Kuhmilchproben ergab sich ein Schwankungsbereich der ^{129}J -Konzentrationswerte von 2 fCi/l bis 0,56 pCi/l, für die Ziegenmilchproben von 0,24 pCi/l bis 5,3 pCi/l. Die arithmetischen Mittelwerte lagen mit 0,11 pCi/l für Kuhmilch und 2,36 pCi/l für Ziegenmilch um den Faktor 21 auseinander, was allerdings im wesentlichen eine Folge der sehr unterschiedlichen Entfernungen der Tierhaltungsstandorte von der WAK ist.

Ebenfalls ergänzend zur WAK-Überwachung wird seit 1976 auf Wunsch der Gemeinde Linkenheim-Hochstetten das Grundwasser aus dem sogenannten Brunnen P - gelegen zwischen der WAK und dem Wasserwerk Linkenheim-Hochstetten - vierteljährlich auf Tritium und langlebige α - und β -Bruttoaktivität untersucht. Alle α - und β -Bruttoaktivitätswerte lagen unter der Nachweisgrenze von ca. 1,7 pCi/l bzw. 0,9 pCi/l. Die mittlere Tritiumkonzentration betrug 0,36 nCi/l.

Da Kühl- und Regenwässer aus dem KFZK kontinuierlich in den Hirschkanal abgeleitet werden, wurden auch 1976 - zusätzlich zu der behördlich geforderten Überwachung von Schlamm und Wasser im Hirschkanal - die in den 6 Sandfängen abgeschiedenen Feststoffe überwacht. Die 6 Sandfänge befinden sich an der Ostgrenze innerhalb des KFZK. Der bei Reinigung der Sandfänge anfallende abgeschiedene Feststoff wird auf die Schlammbeete der Kläranlage verbracht und wird somit als Sondermüll behandelt. Eine Übersicht über die β -Aktivitätsmeßergebnisse der letzten 3 Jahre wird in Tab. 3/24 gegeben.

	Sandfang I			Sandfang II			Sandfang III			Sandfang IV			Sandfang V			Sandfang VI		
	\bar{a}_β	$a_{\beta\min}$	$a_{\beta\max}$	\bar{a}_β	$a_{\beta\min}$	$a_{\beta\max}$	\bar{a}_β	$a_{\beta\min}$	$a_{\beta\max}$	\bar{a}_β	$a_{\beta\min}$	$a_{\beta\max}$	\bar{a}_β	$a_{\beta\min}$	$a_{\beta\max}$	\bar{a}_β	$a_{\beta\min}$	$a_{\beta\max}$
1. Quart. 74	71	20	160	35	12	120	101	18	231	845	473	1347	101	13	399	156	16	458
2. Quart. 74	80	29	148	50	8	144	69	13	186	458	264	1155	135	15	403	88	20	351
3. Quart. 74	70	21	258	55	2	225	86	17	309	1544	517	5799	187	6	531	50	13	93
4. Quart. 74	38	16	88	35	6	203	30	17	69	681	146	1178	180	9	438	31	20	73
1. Quart. 75	60	18	135	25	14	43	27	6	53	518	153	845	64	20	311	24	8	40
2. Quart. 75	48	11	211	28	18	63	44	17	150	449	87	729	70	19	289	45	13	216
3. Quart. 75	34	15	99	22	8	46	56	17	109	571	429	960	62	14	151	23	6	57
4. Quart. 75	32	15	56	21	12	40	39	11	131	558	362	767	39	14	138	97	24	213
1. Quart. 76	90	23	229	23	9	77	77	9	272	676	201	2924	100	20	232	52	13	166
2. Quart. 76	72	12	203	40	10	121	65	9	186	413	54	946	68	16	198	140	6	296
3. Quart. 76	33	15	87	36	17	64	51	15	115	351	161	540	85	32	113	32	12	126
4. Quart. 76	41	18	109	37	16	67	121	16	319	391	214	511	187	61	426	54	18	178

Tab. 3/24 Spezifische β -Aktivität des Schlammes aus den 6 Sandfängen des KFZK in pCi/g Tr; Quartalsmittelwerte (\bar{a}_β), Minima ($a_{\beta\min}$) und Maxima ($a_{\beta\max}$)

Als Folge der schon in den Jahresberichten 1974 (KFK 2125) und 1975 (KFK 2266) berichteten Undichtigkeiten am Rohrleitungssystem der Kläranlage wurde auch 1976 eine intensive Grundwasserüberwachung durchgeführt. Zwei Drittel der ca. 400 entnommenen Grund- und Trinkwasserproben dienten nur diesem Zweck. Die Tritiummeßergebnisse wurden - soweit die Messungen behördlicherseits gefordert waren - regelmäßig monatlich 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 geringen Wanderungsgeschwindigkeit im Boden mit geringerer Frequenz (monatlich bis vierteljährlich). Eine grobe Übersicht über alle Meßergebnisse wird in Tab. 3/25 gegeben. Weitere Einzelheiten enthält Kap. 7.6.2.

Die starke Zunahme der Bautätigkeit im KFZK und damit verbundene Ausfuhren von Erdaushub bzw. Abbruchmaterial machten bei 41 Einzelvorgängen die Ausmessung von ca. 250 Proben notwendig. Alle Proben wurden grundsätzlich γ -spektrometrisch untersucht, an einer Auswahl wurde zusätzlich die α - und β -Bruttoaktivität bestimmt.

Wie bereits erwähnt, wurde auch in diesem Berichtszeitraum das weit über die behördliche Auflage hinausgehende Programm zur Messung der Ortsdosis mit Festkörperdosimetern weitergeführt. Soweit die Ergebnisse nicht schon im Unterkapitel 3.4.2/I.3 berichtet wurden, sind sie in Tab. 3/25 enthalten.

Überwachungszeitraum	Anlaß	Überwachungsmaßnahme	Art und Zahl der untersuchten Proben	Meßergebnisse
26.1.-1.3.	Erhöhte γ -Dosisleistung im Bereich des KNK-Reaktors (nahe Geb. 753) am KFZK-Geländezaun (s. KFK 2266, S. 45)	Meßkampagnen vor und nach Abschirmmaßnahmen innerhalb und außerhalb von Geb. 753 und am Geländezaun mit hochempfindlichen γ -Dosisleistungshandmeßgeräten und γ -Dosismessung mit Festkörperdosimetern (CaF_2) am Geländezaun	-	Rückgang des γ -Dosisleistungsmaximums an der Gebäudeaußenwand von ca. 130 $\mu\text{R/h}$ auf ca. 10 $\mu\text{R/h}$. Die Extrapolation der Festkörperdosimetermeßwerte, gemessen zwischen dem 3.2. und dem 1.3., im Dosisleistungsmaximum am Geländezaun ergab nach den Abschirmmaßnahmen eine Jahresdosis von 66 mR.
10.8.	Ausgelaufene radioaktive Flüssigkeit in der Lkw-Einfahrt von Geb. 701 (Heiße Zellen)	Entnahme von Bodenproben in der Umgebung von Geb. 701 (Parallelproben zur Überwachung durch die LfU)	6 Bodenproben	Bruttoaktivität; a: 4 - 10 pCi/g Tr. a $_{\alpha}$: 16 - 51 pCi/g Tr. a $_{\beta}$: γ -Spektrometrie mit GeLi-Detektor an der Proben mit höchster β -Bruttoaktivität; $^{106}\text{Ru/Rh}$ = 2,6 pCi/g ^{125}Sb = 0,6 pCi/g ^{134}Cs = 0,2 pCi/g ^{137}Cs = 5,0 pCi/g ^{144}Ce = 0,8 pCi/g
30.8.-11.10.	Erhöhte γ -Dosisleistung am Betriebsgeländezaun des KFZK im Bereich der ADB (nahe Geb. 536) infolge innerbetrieblicher Verlegung der Waschanlage für mittelaktives Kerosin	Messung der γ -Dosis mit Festkörperdosimetern ($\text{CaF}_2:\text{Dy}$) in 3 Expositionszeiträumen von jeweils 14 Tagen im betroffenen Gebiet	16 Festkörperdosimeterpaare	Ergebnisse extrapoliert auf Monatsdosis in mR. Expositionsintervall vom 30.8. bis 13.9. Am KFZK-Zaun \dot{D}_{max} = 54 \dot{D}_{min} = 28 Am ADB-Zaun \dot{D}_{max} = 133 \dot{D}_{min} = 27 Expositionsintervall vom 13.9. bis 27.9. Am KFZK-Zaun \dot{D}_{max} = 49 \dot{D}_{min} = 27 Am ADB-Zaun \dot{D}_{max} = 111 \dot{D}_{min} = 25 Expositionsintervall vom 27.9. bis 11.10. Am KFZK-Zaun \dot{D}_{max} = 26 \dot{D}_{min} = 18 \dot{D}_{max} = 27 \dot{D}_{min} = 18

Tab. 3/25; Übersicht über besondere Überwachungsmaßnahmen 1976

Überwachungszeitraum	Anlaß	Überwachungsmaßnahme	Art und Zahl der untersuchten Proben	Meßergebnisse
3.9.	Kontamination im Hof des Prozeßgebäudes der WAK	Entnahme von Bodenproben in Ausbreitungsrichtung am Südzau der WAK, verbesserte Beobachtung des Sandfangs VI, in den die Regenwasserkanalisation der WAK entwässert und Entnahme von Feststoffproben aus den Leitungsrohren zum Sandfang VI	3 Bodenproben wöchentliche Routineproben des Feststoffes in Sandfang VI 2 Feststoffproben aus Zuleitung zum Sandfang	Bodenproben: Bruttoaktivität; a_{α} : 3 - 6 pCi/g Tr. a_{β} : 17 - 26 pCi/g Tr. γ -Spektroskopie (NaJ-Detektor); keine künstlichen Radionuklide nachweisbar Feststoff aus Sandfang VI: Anstieg der Bruttoaktivität nach Regenfällen auf a_{α} : 26 pCi/g Tr. a_{β} : 126 pCi/g Tr. γ -spektroskopisch wurde ^{54}Mn , ^{60}Co , $^{106}\text{Ru/Rh}$, ^{134}Cs , ^{137}Cs , ^{144}Ce , identifiziert Feststoffe aus Sandfangzuleitungsrohren: Bruttoaktivität; a_{α} : 9 pCi/g Tr., 9 pCi/g Tr. a_{β} : 29 pCi/g Tr., 26 pCi/g Tr. γ -Spektroskopie; ^{60}Co , ^{134}Cs , ^{137}Cs
7.9.	Radioaktivitätsfreisetzung durch Bruch des Filters eines mobilen Abluftgebläses im Lager für radioaktive Abfälle (Geb. 531) bei der Demontage der provisorischen Betonieranlage.	Entnahme von Boden- und Bewuchsproben im vermuteten Immissionsgebiet	3 Bodenproben 4 Bewuchsproben	Bodenproben: Bruttoaktivität; a_{α} : 5-11 pCi/g Tr. a_{β} : 21-31 pCi/g Tr. γ -spektrometrisch identifiziert; $^{106}\text{Ru/Rh}$, ^{134}Cs , ^{137}Cs , ^{60}Co Bewuchsproben: Bruttoaktivität; a_{α} : 1-25 pCi/g Tr. a_{β} : 13-55 pCi/g Tr. γ -spektrometrisch identifiziert; $^{106}\text{Ru/Rh}$, ^{137}Cs , ^{60}Co In dem zum Zwischenfallszeitpunkt gehörenden Routine-Luftstaubsammelintervall trat an der in Windrichtung liegenden Meßhütte West der α -Bruttoaktivitätsjahreshöchstwert von 0,009 pCi/m ³ auf.
Oktober	Oberirdische Zündung eines chinesischen Kernwaffentests in Lop Nor am 25.9.76	Intensivierte Überwachung des Aerosolgehaltes der Luft und des Niederschlags	16 Luftstaubproben 9 Niederschlagsproben	Luftstaubproben: Bruttoaktivität; siehe Kap. 3.4.2/II.1 γ -Spektrometrie / zurückgerechnet auf den Entnahmezeitpunkt der Filter; exponiert vom 7.-11.10.76) ^{72}Zn = 1040 fCi/m ³ ^{131}J = 135 fCi/m ³ ^{95}Zr = 106 fCi/m ³ ^{132}J = 82 fCi/m ³ ^{93}Nb = 41 fCi/m ³ ^{132}Te = 98 fCi/m ³ ^{99}mTc = 63 fCi/m ³ ^{140}Ba = 190 fCi/m ³ ^{103}Ru = 104 fCi/m ³ ^{140}La = 281 fCi/m ³ Niederschlag: Bruttoaktivität; siehe Kap. 3.4.2/II.2 γ -Spektrometrie (Probe vom 6.10.76 gesammelt an zentrumsunbeeinflusster Stelle) ^{131}J = 721 pCi/l ^{103}Ru = 109 pCi/l ^{132}J = 159 pCi/l $^{140}\text{Ba/La}$ = 83 pCi/l
14.10.	Austritt von möglicherweise schwach radioaktivem Chemieabwasser aus einem Entleerungsschacht der Chemieabwasserkanalisation	Sicherstellung von Proben des versickernden Abwassers und Bodenprobenahme	3 Wasserproben 1 Bodenprobe	Wasser: Tritiumkonzentration; 2,7 pCi/ml Bruttoaktivitätskonzentration (einschl. ^{40}K) a_{α} = 43 pCi/l; a_{β} = < 20 pCi/l Boden: Bruttoaktivitätskonzentration: a_{α} = 7 pCi/g Tr. a_{β} = 20 pCi/g Tr. Weder in Boden noch in Wasser konnten γ -spektroskopisch künstliche Radionuklide nachgewiesen werden.

Tab. 3/25: Übersicht über besondere Überwachungsmaßnahmen 1976 (Fortsetzung)

Überwachungszeitraum	Anlaß	Überwachungsmaßnahme	Art und Zahl der untersuchten Proben	Meßergebnisse
ganzjährig	Undichtigkeiten am Rohrleitungssystem der Kläranlage	Weiterführung der 1975 begonnenen intensiven Grundwasserüberwachung an 14 Brunnen (Probenahmefrequenz zwischen dreimonatlich und wöchentlich)	259 Grundwasserproben	Grundwasser innerhalb des Betriebsgeländes (193 Proben) Tritiumkonzentration; 0,3 - 638 nCi/l Bruttoaktivitätskonzentration; $a_{\alpha} = < 1,3 - 2,4 \text{ pCi/l}$ $a_{\beta} = < 0,9 - 6,3 \text{ pCi/l}$ Grundwasser außerhalb des Betriebsgeländes (66 Proben) Tritiumkonzentration; $< 0,15 - 314 \text{ nCi/l}$ Bruttoaktivitätskonzentration; $a_{\alpha} = < 1,7 \text{ pCi/l}$ $a_{\beta} = < 0,9 \text{ pCi/l}$
ganzjährig	Geplante Tieflagerung tritiumhaltiger Abwässer in stillgelegten Erdölbohrungen	Monatliche Probenahmen aus den Beobachtungsbrunnen Nr. 16 und Nr. 20	24 Grundwasserproben	Die Tritiumkonzentration lag 1976 im Mittel bei 0,3 nCi/l
ganzjährig	Fortsetzung der Überwachung der Regenwasserkanalisation	Wöchentliche Schlammprobenahmen aus den 6 Sandfängen der Regen- und Kühlwasserkanalisation	318 Schlammproben	Bruttoaktivitätskonzentration; siehe Tab. 3/24 γ -Spektroskopie: Sandfang IV; $^{106}\text{Ru/Rh}$, ^{134}Cs , ^{137}Cs , ^{60}Co , ^{144}Ce Sandfang V; ^{144}Ce , ^{134}Cs , ^{137}Cs Sandfang VI; ^{54}Mn , $^{106}\text{Ru/Rh}$, ^{134}Cs , ^{137}Cs , ^{144}Ce
permanent	Erhöhte γ -Dosisleistung in der unmittelbaren Umgebung der Dekontaminationsbetriebe	Ständige Unterhaltung von 53 Sondermeßstellen mit Festkörperdosimetern (Betriebsgeländegrenze der ADB und 2 Meßstellenkreise um FR 2-Kamin)		Ergebnisse der ADB-Geländezaunüberwachung siehe Kap. 3.4.2/I.3 Die Ergebnisse von den 2 Meßstellenkreisen zeigten eine Schwankungsbreite von 64 bis 680 mR, wobei der Höchstwert wiederum im Bereich ADB registriert wurde.
ganzjährig	Auflage des Ministeriums für Arbeit, Gesundheit und Sozialwesen, Stuttgart	Überwachung von Kuh- und Ziegenmilch auf ^{129}J -Kontamination	10 Ziegenmilchproben 22 Kuhmilchproben	Ergebnisse siehe Text Kap. 3.4.3

Tab. 3/25: Übersicht über besondere Überwachungsmaßnahmen 1976 (Fortsetzung)

3.5 Personenüberwachung

3.5.1 Externe Dosis

B. Burghardt

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. Zur Personen- und Ortsdosimetrie werden vor allem Phosphatglasdosimeter und Thermolumineszenzdosimeter eingesetzt. Für bestimmte Überwachungsaufgaben stehen verschiedene Dosimeterkombinationen zur Verfügung, die neben dosimeterspezifischen Vorteilen eine erhöhte Sicherheit bei der Überwachung des Arbeitsplatzes und eine größere Genauigkeit bei der Messung des natürlichen Strahlenpegels bieten.

Die Personen- bzw. Arbeitsplatzüberwachung sämtlicher Mitarbeiter des Kernforschungszentrums mit Phosphatglasdosimetern dient neben der Dosisbestimmung nach einem evtl. Unfall der Erfassung der Jahresdosis einschließlich der natürlichen Strahlenbelastung am Arbeitsplatz. Die Häufigkeitsverteilung der bei den Mitarbeitern im Jahre 1976 gemessenen Jahresdosis ist in Abb. 3/10 wiedergegeben.

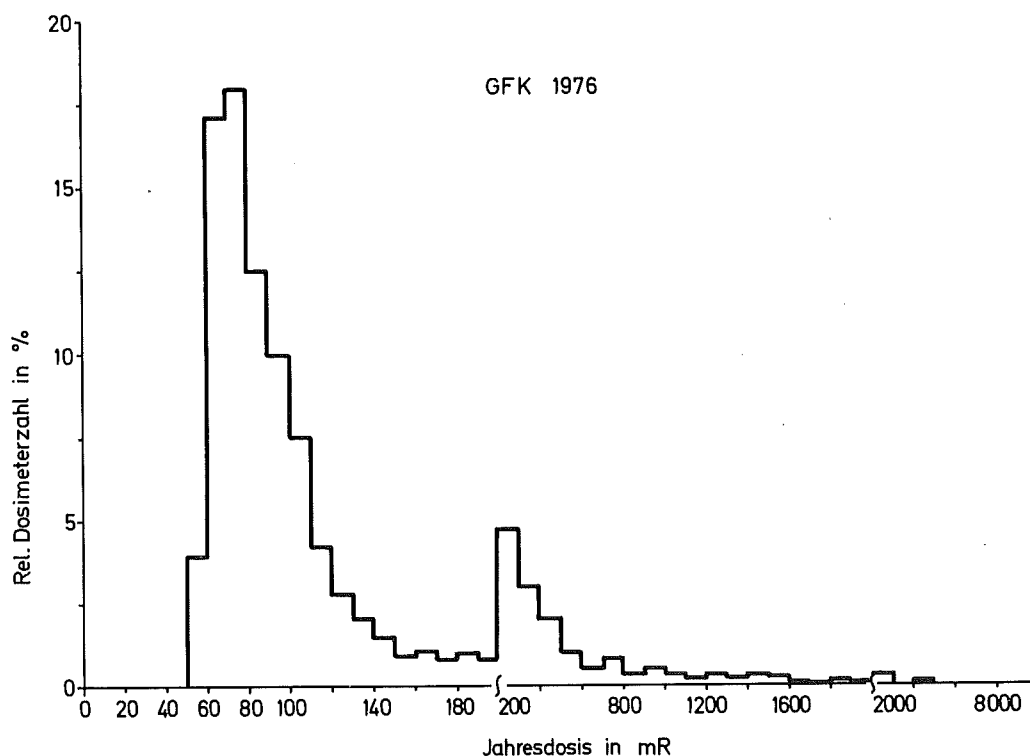


Abb. 3/10: Externe Strahlendosis der Mitarbeiter der GfK - einschließlich natürlicher Strahlung - im Jahre 1976

Im Kernforschungszentrum wurden im Jahre 1976 etwa 3000 Personen mit Phosphatglasdosimetern überwacht. Die Auswertung dieser Dosimeter erfolgt bei Bedarf sofort, bei einem Personenkreis von ca. 800 Personen monatlich, sonst halbjährlich. Im Berichtsjahr wurden insgesamt 17 800 Glasdosimeterauswertungen durchgeführt. Die gemessene mittlere Jahresdosis pro Person lag in den einzelnen Instituten und Abteilungen des KFZK zwischen 76 und 617 mrem. Die für die einzelnen Bereiche gefundenen mittleren Jahresdosiswerte pro Person einschließlich der natürlichen Strahlung sind in Tab. 3/26 wiedergegeben.

ANLAGE	Mittlere Personen- zahl 1976	Personendosis für 1976 in mrem
Beschleuniger	52	268
Biol. u. med. Institute	64	78
Chem. Institute	301	269
Dekontamination	188	617
Physikal. Institute	432	84
Reaktorbetrieb	266	267
Strahlenschutz (Kontrollbereich)	68	346
Versorgungsbetriebe	163	122
Sonstige	1466	76

Tab. 3/26: Glasdosimetrie: Mittlere Jahresdosis für verschiedene Bereiche

Thermolumineszenzdosimeter werden innerhalb der Personenüberwachung besonders zum Nachweis von β -Strahlung, zur Teilkörperdosimetrie sowie zur Bestimmung der Neutronendosis mit dem Albedodosimeter eingesetzt. Zusammen mit Phosphatglasdosimetern werden TL-Dosimeter im Freien zur Ermittlung der natürlichen Strahlenbelastung und des Einflusses kerntechnischer Anlagen auf die Umgebung exponiert.

Im Berichtsjahr wurden 9800 Thermolumineszenzdosimeter zur Personen- und Ortsdosimetrie ausgewertet. Die Zahl der TLD-Routineauswertungen ist in den letzten Jahren ständig gestiegen, wie aus Abb. 3/11 hervorgeht, und wird sich besonders bei Einführung des Albedodosimeters in die Neutronen-Personenüberwachung weiter erhöhen.

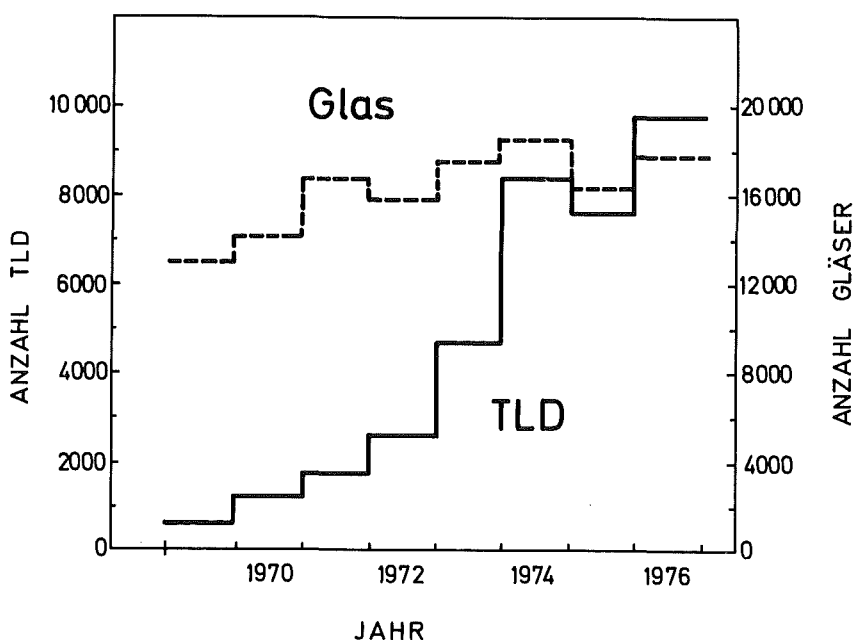


Abb. 3/11: Anzahl der jährlichen Auswertungen von TL- und Phosphatglasdosimetern

Die damit verbundene Arbeitszunahme konnte bisher vor allem durch die Einführung einer Dosimeterkapsel anstelle des zeitraubenden Einschweißens der Dosimeter aufgefangen werden. Da diese Dosimeterkapsel geeignet ist für eine automatische Auswertung, könnte die Auswertekapazität durch die Anschaffung eines entsprechenden Automaten weiter erhöht werden. Seit Mitte 1976 wird das serienmäßig hergestellte Karlsruher Albedodosimeter erstmals in einem Reaktor (FR 2 Karlsruhe) zur routinemäßigen Neutronen-Personenüberwachung erfolgreich eingesetzt. Die Kalibrierung des Albedodosimeters für die Personenüberwachung in der Umgebung verschiedener Neutronenquellen wird zur Zeit durchgeführt.

3.5.2 Inkorporationsmessungen

H.-P. Amann, H. Doerfel

Alle Mitarbeiter der Gesellschaft für Kernforschung, die mit offenen radioaktiven Substanzen umgehen, werden im Karlsruher Human Body Counter routinemäßig auf Inkorporationen untersucht. Außerdem werden regelmäßige Inkorporationsmessungen an einem entsprechenden Personenkreis der GWK und der KBG durchgeführt. Die Meßanlage dient ferner zu Sondermessungen nach Zwischenfällen sowie zur Ausmessung von großvolumigen Pflanzen- und Bodenproben. Darüberhinaus wird mit dem Human Body Counter an einer Referenzgruppe von etwa 10 weiblichen und 10 männlichen Mitarbeitern der ASS seit 1961 kontinuierlich der Gehalt von Fallout-Radionukliden ermittelt. Im Routinebetrieb wird mit vier NaJ(Tl)-Kristallen sowohl integral als auch selektiv gemessen, so daß bei einer gegebenen Inkorporation unmittelbare Aussagen über die Verteilung der inkorporierten Radionuklide möglich sind. Bei Verdacht auf inkorporierte Transurane werden zusätzliche Messungen mit einem NaJ/CsJ-Sandwichdetektor oder einem Argon-Methan-Durchfluß-Proportionalzähler vorgenommen.

1976 wurden im Rahmen der Überwachung insgesamt 1438 Personen ausgemessen.

Institutionen	Messungen gesamt	Inkorporationen	inkorporierte Nuklide
Reaktorbetrieb	342	11	^{58}Co , ^{60}Co , $^{106}\text{Ru/Rh}$, $^{110\text{m}}\text{Ag}^*$, ^{241}Am
Zyklotron	56	4	^{137}Cs
Dekontamination	514	70	^{58}Co , ^{60}Co , $^{106}\text{Ru/Rh}$, ^{137}Cs , ^{239}Pu , ^{241}Am
Strahlenschutz	87	4	^{60}Co , ^{131}J , ^{137}Cs
Chemische Institute	201	2	$^{99\text{m}}\text{Tc}^*$, ^{134}Cs , ^{137}Cs
Physikalische Institute	20	7	^{131}J , ^{241}Am
Biologische Institute	19	-	-
Sonstige Personen d. GfK	8	1	^{137}Cs
Sonstige Personen KBG, GWK usw.	191	20	^{54}Mn , ^{60}Co , $^{95}\text{Nb/Zr}$, ^{124}Sb , ^{137}Cs , ^{239}Pu , ^{241}Am

Tab. 3/27: Inkorporationsmessungen im Body Counter bzw. Lung-Counter

* Nuklearmedizinischer Test

Die Tab. 3/27 zeigt für die verschiedenen Personengruppen im Kernforschungszentrum die Anzahl der durchgeführten Messungen sowie Zahl und Art der festgestellten Inkorporationen. Bei insgesamt 119 Inkorporationen waren in 84 Fällen ein Nuklid, in 33 Fällen zwei Nuklide und in 2 Fällen drei Nuklide beteiligt. In 24 Fällen bestand ein Verdacht auf Inkorporation von Transuranen, der sich in 10 Fällen bestätigte.

Die Tab. 3/28 vermittelt einen Überblick über die festgestellten Inkorporationen in Prozent der zulässigen Körper- bzw. Organbelastung. In drei Fällen wurde die Schilddrüsenbelastung von ^{131}J überschritten. Eine Gefährdung bestand jedoch nicht, da die festgestellte Aktivität noch erheblich unter der bei nuklearmedizinischen Tests verabreichten Menge lag.

Der Abbau der ^{131}J -Aktivität wurde in einem der Fälle durch regelmäßige Nachmessungen verfolgt. Dabei ergab sich in Übereinstimmung mit der Literatur eine effektive Halbwertszeit von 7,6 Tagen.

Bei den Messungen der Referenzgruppe konnten auch 1976 außer ^{137}Cs keine Fallout-Radionuklide nachgewiesen werden. Die ^{137}Cs -Aktivität ist inzwischen soweit abgeklungen, daß die 662 keV-Linie von der benachbarten 609 keV-Linie des Ra-Folgeprodukt ^{214}Bi nur noch schwer zu trennen ist. Bei der bisher üblichen trapezförmigen Untergrundkorrektur wird durch die ^{214}Bi -Linie eine ^{137}Cs -Aktivität vorgetäuscht. Aus diesem Grund wird seit Mai 1976 die ^{137}Cs -Linie mit Hilfe eines speziellen Verfahrens der kleinsten

Fehlerquadrate von der ^{214}Bi -Linie und einem linearisierten Untergrund separiert. Dabei ergab sich aus den Messungen der Monate Mai bis Dezember eine mittlere ^{137}Cs -Aktivität von 14,7 pCi/kg gegenüber 24,2 pCi/kg nach der alten Auswertemethode im Vorjahr.

Radionuklide	<0,01-0,1 %	0,1-1 %	1-10 %	10-100 %	>100 %
^{54}Mn	-	3	-	-	-
^{58}Co	2	3	-	-	-
^{60}Co	36	16	1	-	-
$^{95}\text{Nb/Zr}$	1	1	-	-	-
$^{99\text{m}}\text{Tc}$ *	1	-	-	-	-
$^{106}\text{Ru/Rh}$	4	4	-	-	-
$^{110\text{m}}\text{Ag}$ *	1	-	-	-	-
^{124}Sb	-	2	-	-	-
^{131}J	-	-	2	1	3
^{134}Cs	-	1	-	-	-
^{137}Cs	60	5	-	-	-
^{239}Pu	-	-	-	2	-
^{241}Am	-	-	5	2	-

Tab. 3/28: Inkorporierte Aktivität in Prozent der zulässigen Belastung

*) Nuklearmedizinischer Test

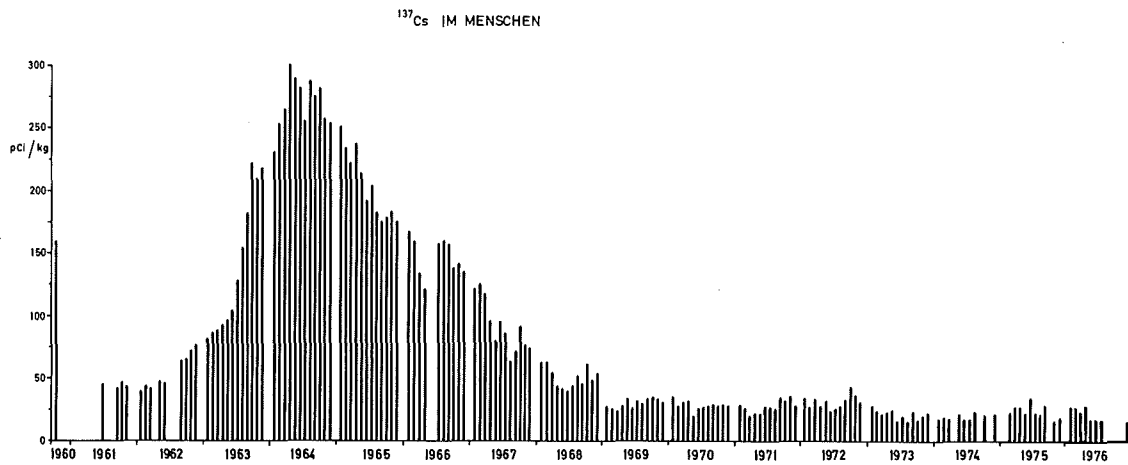


Abb. 3/12; ^{137}Cs im Menschen nach Messung der Abteilung Strahlenschutz und Sicherheit an einer Kontrollgruppe

4. Dosimetrie und Spektroskopie

4.1 Photonendosimetrie

4.1.1 Reproduzierbarkeit von TLD- und RPL-Dosimetersystemen

B. Burghardt, E. Piesch

Bei der Auswahl von Dosimetersystemen zur Messung kleiner Dosen im Bereich des natürlichen Strahlenpegels steht die Reproduzierbarkeit und Meßgenauigkeit im Vordergrund. Hierbei zeigt sich, daß die Meßgenauigkeit des Dosimetersystemes im wesentlichen von den Eigenschaften des individuellen Meßgerätes, insbesondere gerätebedingten Unterschieden im Dunkelstromverhalten und in der Reproduzierbarkeit des Aufheizzyklus bestimmt wird. Innerhalb eines Vergleichstestes wurden daher die dosimetrischen Eigenschaften von 7 z.T. in der Routine eingesetzten Dosimetersystemen untersucht und zwar mit 3 TLD-Geräten und 2 Glasauswertegeräten (siehe Tab. 4/1).

Die Kurzzeitreproduzierbarkeit der Dosismessung mit einem Einzeldosimeter in Abhängigkeit von der Dosis ist in Abb. 4/1 für 4 Dosimetersysteme wiedergegeben. Jeder Meßwert entspricht der Maximalabweichung in einer Dosimetergruppe von jeweils 10 kurzzeitig hintereinander ausgemessenen Dosimetern unter Berücksichtigung der individuellen Dosimeterkalibrierung. Für die Kurzzeitreproduzierbarkeit ergaben sich bei dem 100fachen Dosiswert der unteren Nachweisgrenze D_{NWG} Werte zwischen 1,5 % und 7 %. Die entsprechende D_{NWG} , die hier als 3σ -Wert des Dunkelstromes definiert ist, liegt bei 0,2, 2 und 8 mR für LiF:Mg,Ti (TLD 700 Presslinge $3 \times 3 \times 0,9 \text{ mm}^3$) und 10 mR für Phosphatglasdosimeter (Yokotaglas $8 \times 8 \times 4,7 \text{ mm}^3$).

Angaben über die Langzeitstabilität eines Dosimetersystemes können aus der 10mal wiederholten Messung mit einem Einzeldosimeter über den Zeitraum von einigen Tagen erhalten werden (siehe Abb. 4/2). Die Meßreihe mit jeweils 10 Dosimetern führte zu σ -Werten zwischen 1 % und 5 %.

Relativ große Unterschiede in der Reproduzierbarkeit der verschiedenen Dosimetersysteme zeigen vor allem die 3σ -Werte in Abb. 4/3, welche vor allem auf die Eigenschaften des Auswertegerätes (System 1,2,3), auf eine Regenerierung der Dosimeter vor Wiederverwendung (System 2,3) oder auf das Dosimetermaterial (System 4,6) zurückzuführen sind.

Die in Tab. 4/1 wiedergegebenen Eigenschaften der Dosimetersysteme beziehen sich auf die Meßergebnisse von jeweils 10 Dosimetern bzw. Bestrahlungen. Bei einer Dosismessung mit Einzeldosimetern liegt die Reproduzierbarkeit im Bereich $10 \times D_{NWG}$ zwischen 2,5 und 25 %, für eine 30 mR-Messung zwischen 3 % und 9 %. Hinzu kommen weitere Meßunsicherheiten bei der Bestimmung des individuellen Kalibrierfaktors, durch Subtraktion der Nulldosis von 1,2 mR bis 20 mR und durch eine Nichtlinearität des Auswertegerätes, welche im wesentlichen von der Qualität des individuellen Auswertegerätes bestimmt werden.

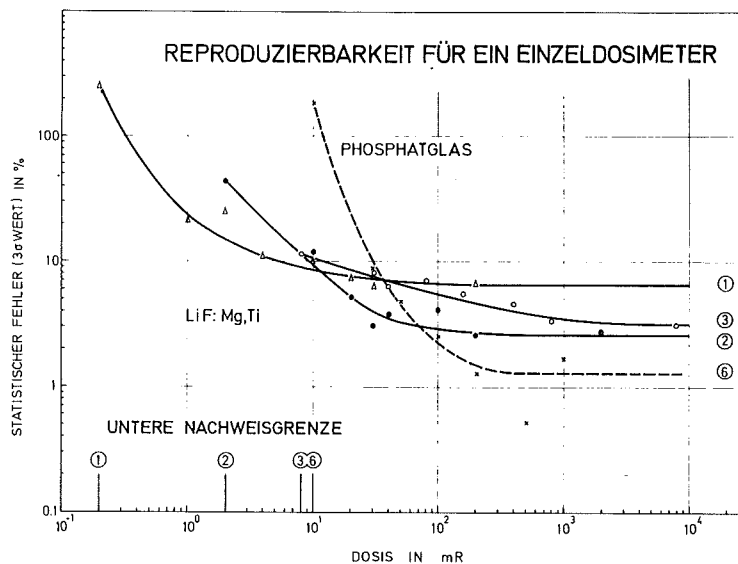


Abb. 4/1: Reproduzierbarkeit der Dosismessung mit einem Einzeldosimeter

DOSIMETER-SYSTEM	TLD-SYSTEM					GLAS	
	1	2	3	4	5	6	7
	PITMAN		HARSHAW			TOSHIBA	
GERÄT	2000					3b	6
TYP						1975	1967
JAHR	1975	1972	1968	1972	1972	1961	1967
DETEKTOR	TLD 700				PTL717	FD-1	
GRÖSSE	3 x 3 x 0,9				4,2 x 0,9	8 x 8 x 4,7	
AUSWERTUNG	T _{max} °C						
VORHEIZUNG	100 °C						
REGENERIERUNG	400 °C						
DUNKELSTROM	E X T E R N						
σ %	JÄ	JÄ	JÄ	NEIN	NEIN	JÄ	JÄ
MAX. mR	16.9	6.6	4.6	7.8	7.5	-	-
	+0.13	+1	+3	+0.8	+0.55	-	-
NULL-DOSISANZEIGE							
σ %	19.7	48	55	58	55	7.8	1.8
MAX. mR	1.3	1.3	2.7	6.1	12.4	+6.5 ¹⁾	+9 ¹⁾
READERSTABILITÄT							
σ %	0.02	4.3	0.8	3.0	2.8	0.15	2.3
MAX. %	+0.001	+6.7	+1.5	+5	+5	+0.25	+4.2
LANGZEITSTABILITÄT							
σ %	3.3	3.8	5.2	3.4	4.8	0.73	2.2
MAX. %	+6.1	+6.7	+10	+6.5	+6.9	+1	+4.2
REPRODUZIERBARKEIT							
± σ % 10x D _{LDL}	15	2.7	4.2	-	-	2.0	3.5
± σ % 100x D _{LDL}	4.1	1.9	2.3	1.0	2.5	1.2	1.0
+MAX. % 10x D _{LDL}	25	5.2	7.1	-	-	2.5	4.9
+MAX. % 100x D _{LDL}	7.5	2.6	3.4	4.2	8.4	1.7	1.7
READER-LINEARITÄT							
MAX. %	+6.5	+2	+5	-	-	+0.4	+4
SERIENGLEICHHEIT							
σ %	9.4	2.9	7.7	2.4	2.9	0.8	1.9
UNTERE NACHWEISGRENZE							
D _{LDL} mR	0.2	2	8	4.5	7.5	10	40
D _{MIN} mR	0.04	0.4	1.8	0.26	0.17	10	20
FADING BEI 70°C/10d	26%	26%	23%	-	5 %	1.5%	2.4%

¹⁾ max. Abweichung der Vordosis infolge Einflüsse vom Waschvorgang

Table 4/1: Dosimetrische Eigenschaften der TLD- und RPL-Systeme

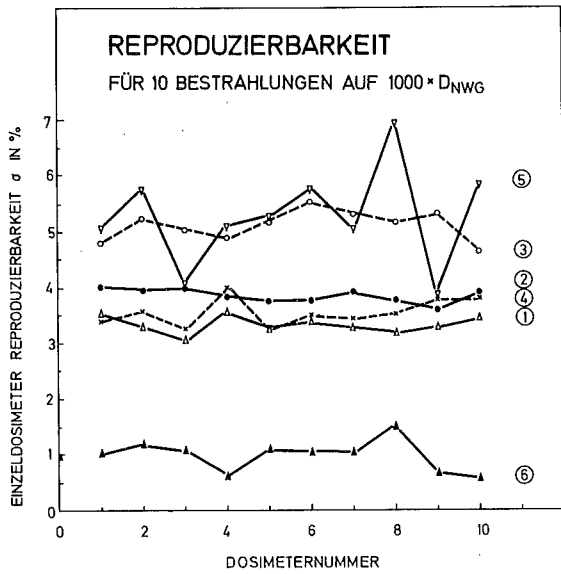


Abb. 4/2: Langzeitreproduzierbarkeit von 10 Dosimetern

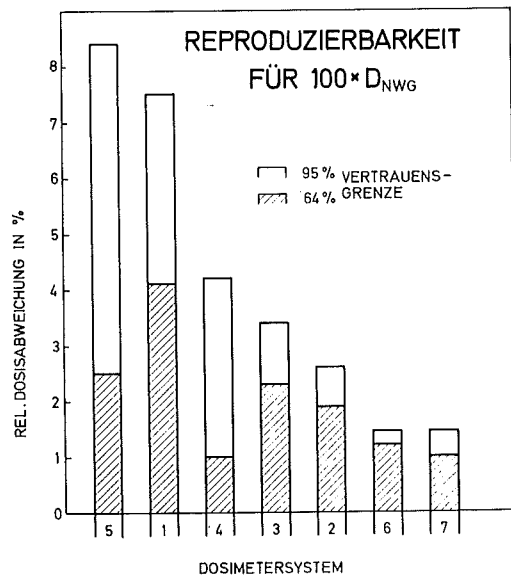


Abb. 4/3: Kurzzeitreproduzierbarkeit von TLD- und RPL-Systemen

4.1.2 Strahlenschäden in LiF:Mg,Ti Thermolumineszenzdosimetern

E. Piesch, B. Burghardt, I. Hofmann

LiF:Mg,Ti zeigt nach Hochdosisbestrahlung oberhalb 10^3 R eine Änderung der Dosimeterempfindlichkeit. Dies ist die Folge komplexer Umsetzungen von Elektronenhaftstellen bzw. Glow-peaks und die Erzeugung von ausheilbaren und permanenten Strahlenschäden im Festkörper. Zur Wiederherstellung der Dosimeterempfindlichkeit für eine anschließende Wiederverwendung der Dosimeter wird daher nach kleinen Dosisbestrahlungen eine einstündige Temperaturbehandlung bei 400°C angewandt. Bei Hochdosisbestrahlungen waren hingegen Temperungszeiten von 16 h bzw. 64 h nicht ausreichend, um alle Strahlenschäden auszuheilen. Zur Wiederherstellung der Dosimeterempfindlichkeit von vorbestrahlten Dosimetern wurde daher der Einfluß einer langzeitigen Temperaturbehandlung untersucht. Hierzu wurden unbestrahlte und auf 10^6 R bestrahlte TLD 600 und TLD 700 Dosimeter zwischen 1 h und 1000 h bei 400°C temperiert.

Abb. 4/4 zeigt die Änderung der Dosimeterempfindlichkeit von unbestrahlten Dosimetern infolge thermisch induzierter Schäden durch die Wärmebehandlung bei 400°C als Funktion der Temperierungsdauer im Vergleich zur Wiederherstellung der durch Strahlenschäden reduzierten Dosimeterempfindlichkeit nach einer Bestrahlung auf 10^6 R und entsprechender Korrektur der thermisch induzierten Schädigung.

Die Ergebnisse zeigen, daß die strahleninduzierten Schäden in LiF:Mg,Ti auch bei langzeitiger Temperaturbehandlung nur teilweise ausheilbar sind, was sich in einer für TLD 600 und TLD 700 unterschiedlichen Regenerierung der relativen Dosimeterempfindlichkeit von 0,3 auf 0,7 bzw. 0,9 äußert. Thermisch induzierte Schäden treten hingegen schon nach 30 h Temperaturbehandlung bei 400°C auf und sind bei TLD 700 offensichtlich dafür verantwortlich, daß die strahleninduzierten Schäden nicht vollständig ausgeheilt werden.

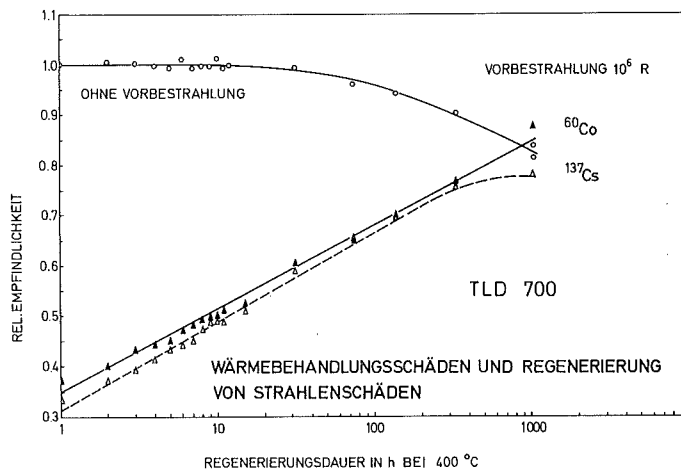


Abb. 4/4: Änderung der Dosimeterempfindlichkeit durch thermische Schädigung bzw. durch strahleninduzierte Schäden als Funktion Temperierungsdauer bei 400°C

Die effektive Empfindlichkeit $R(D,T,t)$ des LiF-Dosimeters nach einer Hochdosisvorbestrahlung D kann nach einer Temperierungsdauer t in Stunden bei einer Temperatur $T^\circ\text{C}$ durch folgenden Ausdruck beschrieben werden

$$R(D,T,t) = [1-d(D) + r(T,t)] [1-d(T,t)] \cdot R_0$$

- Erläuterungen:
- R_0 = Dosimeterempfindlichkeit bei geringen Dosen und bei einer Temperaturbehandlung $400^\circ\text{C}/1$ h
 - $d(D)$ = strahleninduzierte Schädigung nach Hochdosisvorbestrahlung D in R
 - $r(T,t)$ = thermisch induzierte Regenerierung für eine Temperungsdauer t bei $T^\circ\text{C}$
 - $d(T,t)$ = thermisch induzierte Schädigung für eine Temperungsdauer t in h bei $T^\circ\text{C}$

Aufgrund der experimentellen Ergebnisse ergab sich, daß die thermisch induzierte Regenerierung $r(T,t)$ nach einer Vorbestrahlung auf 10^6 R eine logarithmische Funktion der Temperierungsdauer t und direkt proportional zum Betrag der strahleninduzierten Schädigung $d(D)$ ist.

$$r(T,t) = d(D) \cdot 0,11 \cdot \ln t(T_1), \text{ mit } T_1 = 400^\circ\text{C}$$

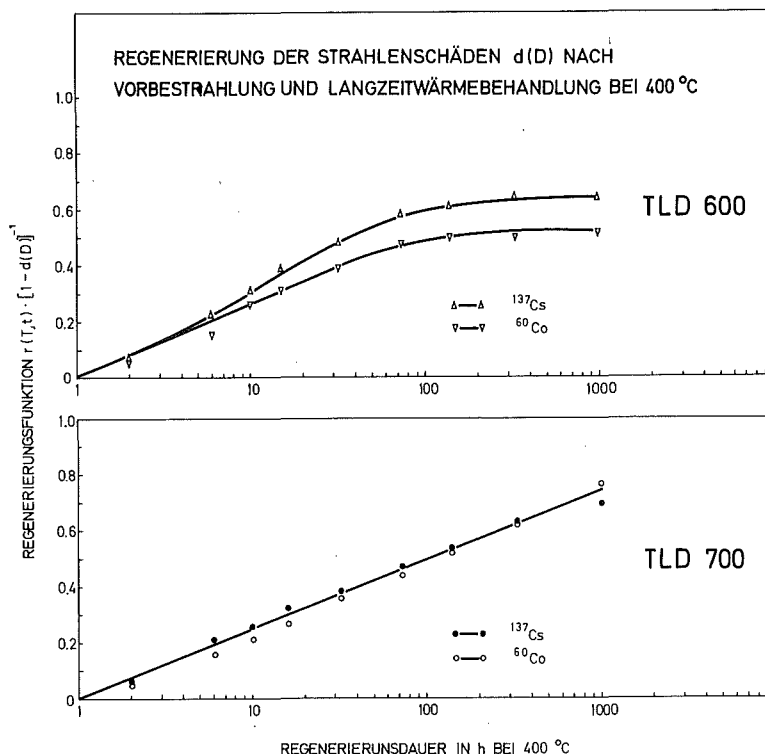


Abb. 4/5: Regenerierung der Strahlenschäden $d(D)$ nach Vorbestrahlung und Langzeitwärmebehandlung bei 400°C

Diese Funktion (siehe auch Abb. 4/5) beschreibt das Verhalten von TLD 700 bis zu einer Temperungsdauer von 1000 h von TLD 600 jedoch nur bis 100 h. Die Ergebnisse für TLD 600 zeigen eine signifikante Abhängigkeit von der Dosisleistung (Bestrahlungszeit 5 h für ^{60}Co , 250 h für ^{137}Cs).

Die Regenerierung von strahleninduzierten Schäden ist unabhängig von der Höhe der Vorbestrahlung (10^4 - 10^6)R direkt proportional zum Betrag der Schädigung. Da eine Temperaturbehandlung bei 400°C sowohl zur Wiederherstellung strahlengeschädigter Lumineszenzzentren als auch zur Zerstörung von Elektronenhaftstellen führt, können Strahlenschäden auch bei längerer Regenerierungsdauer nur unvollständig ausgeheilt werden. Nach einer totalen Regenerierungsdauer von 100 h wird sich aber die Empfindlichkeit unbestrahlter bzw. im unteren Dosisbereich bestrahlter Dosimeter um etwa 5 % verringern.

4.1.3 Supralinearität von $\text{CaF}_2:\text{Dy}$ und $\text{CaSO}_4:\text{Tm}$ Thermolumineszenzdosimetern

B. Burgkhardt, E. Piesch, D. Singh

Nach einer Hochdosisbestrahlung zeigen die meisten TLD-Materialien eine Nichtlinearität der Dosimeterempfindlichkeit. Diese sogenannte Supralinearität wurde bisher insbesondere bei $\text{LiF}:\text{Mg,Ti}$ untersucht. Wegen der zunehmenden Bedeutung anderer Materialien insbesondere von CaF_2 - und CaSO_4 -Dosimetern wurde die

Empfindlichkeit dieser Materialien im Dosisbereich 10 R bis $2 \cdot 10^6$ R untersucht.

Die experimentell gefundene Änderung der Dosisempfindlichkeit ist in Abb. 4/6 für CaF_2 :Dy-Presslinge (TLD 200), für CaF_2 :Mn in Teflon, für CaSO_4 :Dy in Teflon und für CaSO_4 :Tm auf einem Al-Träger wiedergegeben. Die untersuchten Materialien zeigen ein ähnliches Verhalten wie LiF:Mg,Ti . Die Supralinearität beginnt demnach bei ca. 100 R, erreicht ein Maximum bei etwa $5 \cdot 10^4$ R und fällt infolge Strahlenschäden bei höheren Dosen wieder ab. Im Maximum ergab sich hierbei bezogen auf die Empfindlichkeit bei 10 R eine um den Faktor 1,6, 2,6, 3,1 und 3,6 höhere Empfindlichkeit für CaF_2 :Mn, CaF_2 :Dy, CaSO_4 :Dy und CaSO_4 :Tm. Ein besseres Verständnis der Supralinearität kann durch eine Analyse der Glow-Kurve und eine entsprechende Interpretation der Änderungen in den Glow-peaks als Funktion der Dosisvorbestrahlung erreicht werden.

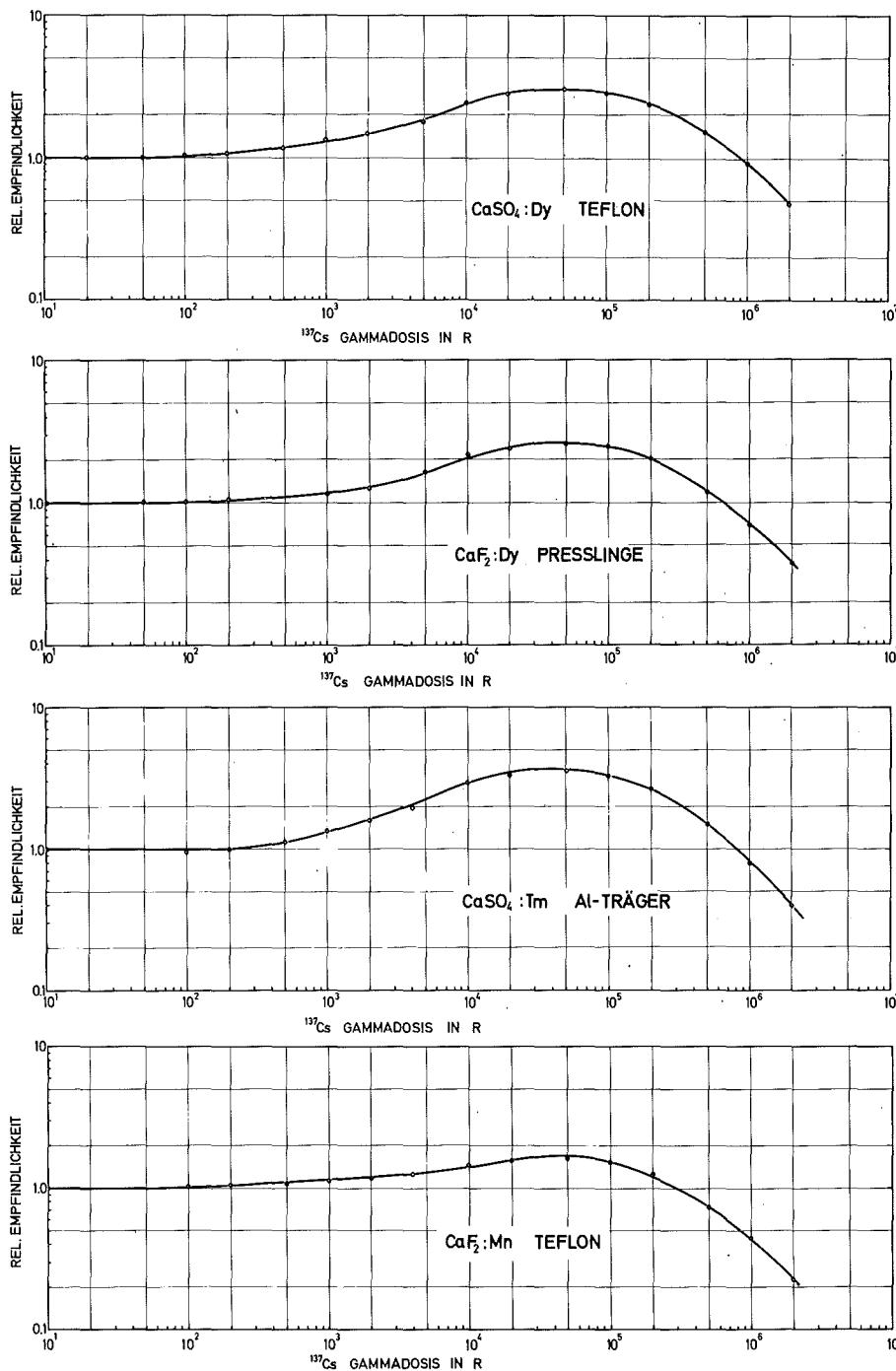


Abb. 4/6: Nichtlinearität der Dosisempfindlichkeit von CaF_2 und CaSO_4 Thermolumineszenzdosimetern

CaF₂:Dy zeigt 4 verschiedene Glow-peaks bei Temperaturen von 150°C, 190°C und 260°C (s. Abb. 4/8), welche für die wiedergegebenen Bestrahlungen ein unterschiedliches supralineares Verhalten aufweisen. Vor allem die Änderung der Peakhöhe von Peak II erbringt neben dem Hauptpeak I einen relativ großen Beitrag zur totalen Supralinearität, da die TL-Lichtausbeute dieses Peaks mit der des Hauptpeaks vergleichbar ist. Im Gegensatz zu LiF:Mg,Ti wird die Supralinearität von CaF₂:Dy jedoch durch den Hauptpeak I hervorgerufen. Dies zeigt deutlich die in Abb. 4/7 für die einzelnen Glow-peaks getrennt aufgetragene Empfindlichkeit als Funktion der Dosis. Die Nichtlinearität beginnt demnach schon unterhalb 100 R für Peak III gefolgt von Peak II, jedoch erst oberhalb 10³ R für Peak I und IV. Demnach ist für das supralineare Verhalten Peak II bei kleinen Dosen, Peak I hingegen bei höheren Dosen verantwortlich. Anstelle einer Lichtsummenmessung ergibt eine Peakhöhenmessung daher auch Supralinearität.

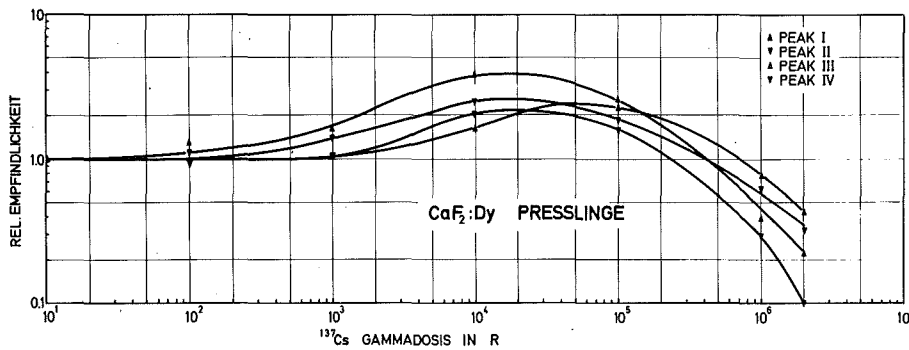


Abb. 4/7: Supralinearität der einzelnen Glow-peaks von CaF₂:Dy

Auch CaSO₄:Tm zeigt ein komplexes Peakverhalten (Abb. 4/9). Die Breite des Hauptpeaks II nimmt bis zu einer Dosis von 5·10³ zu, was als zusätzliche Besetzung eines Hochtemperaturpeaks interpretiert werden kann. Oberhalb 10³ R verlagert sich der Hauptpeak von 180°C nach 220°C, oberhalb von 10⁴ R jedoch wieder zurück nach 180°C. Parallel dazu verringert sich die Peakhöhe I oberhalb 10³ R, erreicht bei 2·10⁴ R ein Minimum und steigt auf einen konstant höheren Wert oberhalb 2·10⁵ R. Das supralineare Verhalten beider Peaks ist in Abb. 4/10 wiedergegeben. Die erst bei hohen Bestrahlungen auftretende Supralinearität von Peak I beeinflusst jedoch wegen der relativ geringen Peakhöhe nur in geringem Maße das Verhalten vom Hauptpeak II.

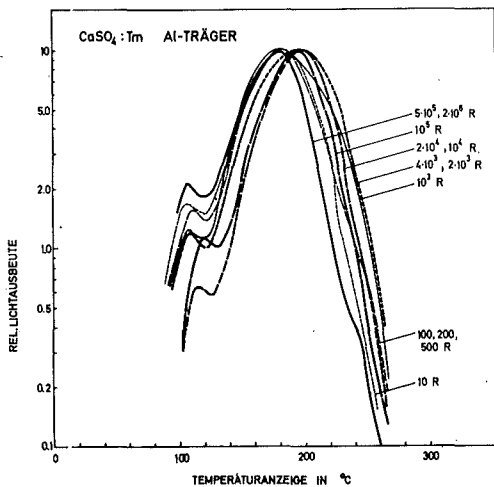


Abb. 4/8: Glow-peak Analyse von CaF₂:Dy für 3 verschiedene Bestrahlungen

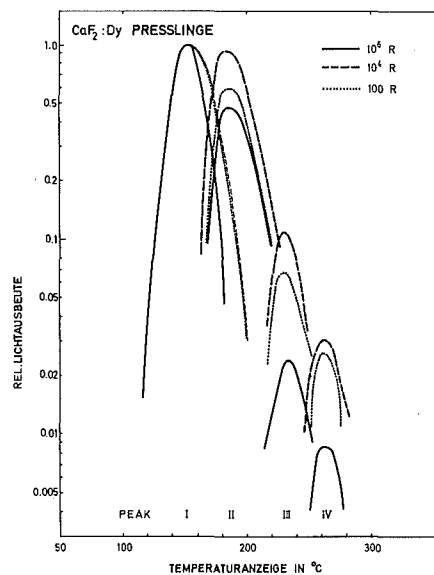


Abb. 4/9: Glow-Kurven von CaSO₄:Tm auf Al

Zur Wiederverwendung wurden die hochdosisvorbestrahlten Dosimeter regeneriert und neu kalibriert. Die Dosimeterempfindlichkeit nach einer Vorbestrahlung ist in Abb. 4/11 für die zwei TLD-Materialien wiedergegeben. Im Gegensatz zu LiF:Mg,Ti, welches oberhalb einer Vorbestrahlung auf 10^3 R eine Verringerung der Dosimeterempfindlichkeit zeigt (bei 10^3 R auf 0,3), zeigt CaF₂:Dy keine Änderung, CaSO₄:Tm sogar eine permanente Sensibilisierung der Dosimeterempfindlichkeit nach einer vorausgegangenen Hochdosisbestrahlung.

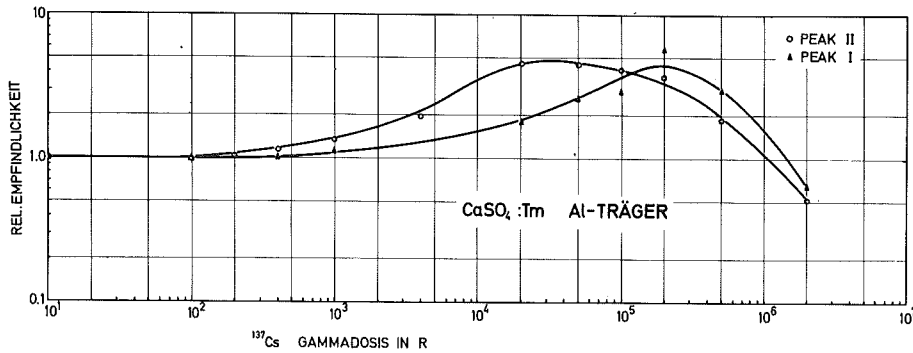


Abb. 4/10: Supralinearität der Glow-peaks von CaSO₄:Tm auf Al

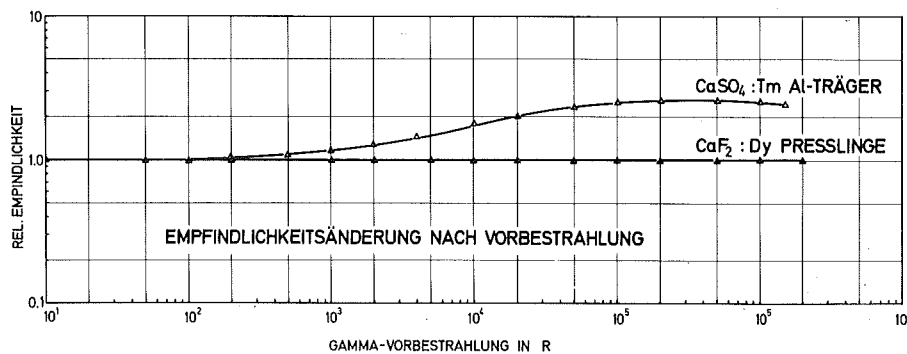


Abb. 4/11: Änderung der Dosisempfindlichkeit nach Hochdosis-Vorbestrahlung

4.1.4 Ermittlung der Tiefendosisverteilung und der Personendosis von 9 MeV-Photonen

B. Burghardt, E. Piesch, A. Schmitt

Silberaktivierte Phosphatgläser zeigen bei einer Ausmessung in Richtung des Strahleneinfalles einen nahezu exponentiellen Abfall der Fluoreszenzintensität in Abhängigkeit von der Glastiefe. Damit kann für monoenergetische Photonen im Energiebereich 600 keV - 10 MeV die effektive Photonenenergie bzw. die Homogenität der Strahlung ermittelt werden.

Die Tiefendosis von energiereichen 9 MeV-Neutronen wurde bisher ausschließlich mit Ionisationskammern und chemischen Dosimetern gemessen. Im Rahmen der von Euratom durchgeführten Bestrahlungsversuche am Triton-6 MW-Reaktor in Fontenay-aux-Roses wurden für diese Meßaufgabe auch Festkörperdosimeter eingesetzt. Folgende Bestrahlungen wurden hierbei durchgeführt.

- LiF:Mg,Ti Dosimeter der Größe 3x3x0,9 mm³, angeordnet im Abstand von 1 cm entlang der Achse eines zylindrischen Phantoms,
- Phosphatglasdosimeter der Größe 8x8x4,7 mm³ frei in Luft,
- verschiedene Festkörperdosimeter an der Oberfläche eines Phantoms.

Abb. 4/12 gibt die für 9 MeV-Photonen gefundene Tiefendosisverteilung wieder, die mit 0,9 mm dicken LiF:Mg,Ti Dosimetern in einem Polyäthylphantom gefunden wurde im Vergleich zu den Ergebnissen Troesch-Lasseur, welche mit Ionisationskammern von 5 cm³ Größe in einem Wasserphantom erhalten wurden. Die relative Dosisanzeige wurde auf die Werte in einer Gewebetiefe von 3 g/cm³ bezogen. Der charakteristische Anstieg der Dosis in den ersten 3 cm Gewebetiefe ist auf eine bevorzugte Streuung der Photonen und Elektronen in

Richtung des Strahleneinfalles zurückzuführen. Wegen des relativ großen Meßvolumens zeigen Ionisationskammern nahe der Oberfläche des Phantoms nur 50 % der TLD-Ergebnisse.

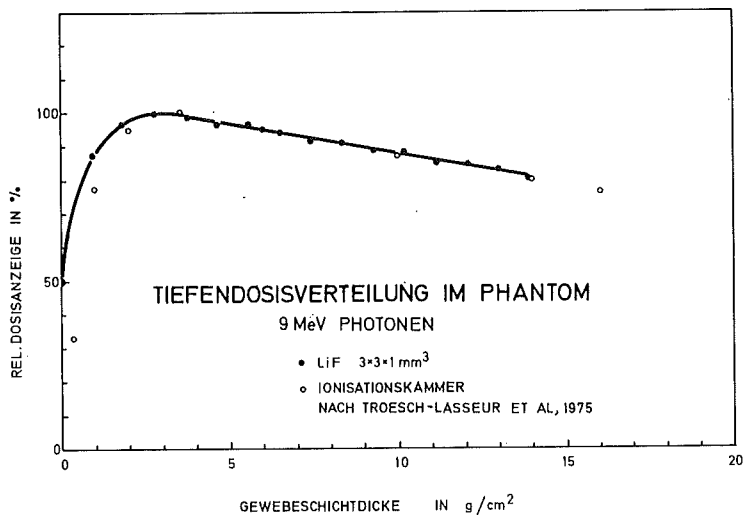


Abb. 4/12: Tiefendosisverteilung von 9 MeV Photonen gemessen mit TLD 700 und Ionisationskammer

Die differenzielle Ausmessung der Fluoreszenzintensität in einem Phosphatglas erfolgte in einem 0,3 mm tiefen Glasbereich, der das Glas in Richtung des Strahleneinfalles durchläuft. Abb. 4/13 zeigt eine gute Übereinstimmung der Ergebnisse für frei in Luft bestrahlte Glaswürfel und in einem Phantom bestrahlte LiF-Dosimeter, obwohl Phosphatgläser im Energiebereich unterhalb 300 keV in der Dosisanzeige energieabhängig sind. In hochenergetischen Photonenfeldern kann daher anstelle einer Vielzahl von Dosimetern in einem Phantom ein einfaches Glas nach einer Freiluftbestrahlung zur Ermittlung der Tiefendosisverteilung in einem gewebeäquivalenten Phantom herangezogen werden.

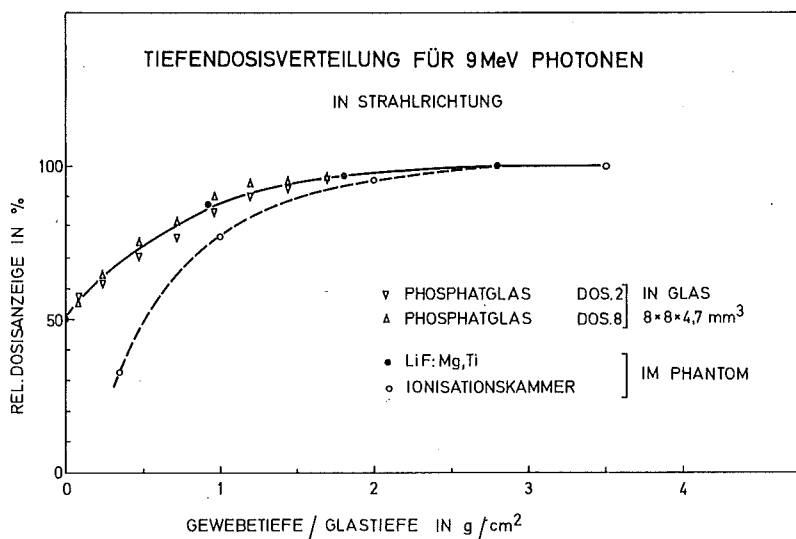


Abb. 4/13: Tiefendosisverteilung von 9 MeV Photonen

Da hochenergetische Photonen an der Oberfläche des Phantoms praktisch nicht rückgestreut werden, zeigen Personendosimeter sowohl am Phantom als auch bei Freiluftbestrahlung dieselbe Empfindlichkeit. Die experimentell ermittelte relative Empfindlichkeit der routinemäßig eingesetzten Personendosimeter ist in Tab. 4/2 wiedergegeben. Bedingt durch die unterschiedliche Dosimeterabdeckung und Dicke der Detektoren wird nur in den we-

nigsten Fällen ein ausreichendes Gleichgewicht für Sekundärelektronen erzielt, so daß die meisten Personendosimeter die Energiedosis in einer Gewebetiefe von 3 g/cm³ unterbewerten. LiF:Mg,Ti zeigt eine relative Empfindlichkeit von 27 % für 0,4 mm Teflondosimeter, jedoch 87 % für Presslinge hinter einer Abdeckung von 500 mg/cm², Phosphatgläser unabgedeckt 72 % und in der perforierten Zinnkapselung 128 % verglichen mit 58 % und 74 % für Taschenionisationskammern.

Detektor	Hersteller	Abdeckung mg/cm ²	Rel. ¹⁾ Empfindlichkeit
<u>LiF:Mg,Ti</u>			
in Teflon 6 mm ϕ x 0,4 mm	Teledyne Isotopes	7	0,27
TLD 700 ribbons 3 x 3 x 0,9 mm ³	Harshaw	7 500	0,40 0,57
TLD 700 Bulb	Harshaw	-	0,78
<u>CaF₂:Dy</u>			
TLD 200 ribbons 3 x 3 x 0,9 mm ³	Harshaw	7 perforierte Zinn- kapselung	0,37 1,12
<u>Phosphatglas</u>			
8 x 8 x 4,7 mm ³	Schott u. Gen.	7 perforierte Zinn- kapselung	0,72
<u>Ionisationskammer</u>			
PHY-SEQ 6	La Physiotechnie	Taschendosimeter	0,58
LB 14862	Berthold	Taschendosimeter	0,74

¹⁾ Dosisempfindlichkeit per rad für 9 MeV entsprechend dem Tiefendosismaximum in 3 g/cm² Gewebetiefe bezogen auf die Dosisempfindlichkeit für 1,2 MeV Photonen.

Tab. 4/2: Empfindlichkeit von Dosimetern für 9 MeV Neutronen

4.1.5 Festlegung von Bestrahlungsbedingungen für eine Phantomkalibrierung

E. Piesch

Es ist Aufgabe der Dosimetrie innerhalb der Strahlenschutzüberwachung, die interessierende Meßgröße unter jeweils vorgegebenen Bestrahlungsbedingungen an der Person, vor Ort und in der Umgebung zu messen. Im Hinblick auf eine Kalibrierung von Orts- und Personendosimetern auf die Meßgröße "Äquivalentdosisindex" war es erforderlich, die nach dem z.Zt. gültigen Konzept benutzten Bezugsgrößen und Bestrahlungsbedingungen zur Diskussion zu stellen [39].

Zur Zeit werden vom Normenausschuß Radiologie die Begriffe Orts- und Personendosis auf der Grundlage von ICRU 19 neu definiert. Hierbei wird von einem älteren Konzept ausgegangen, für Ortsdosis- und Personendosismessungen die Körperdosis als einheitliche Meßgröße zugrunde zu legen. Die Orts- und Personendosis sind danach - anstelle der tatsächlich auftretenden Körperdosis - die maximale Äquivalentdosis (dose equivalent index) in einer Kugel von 15 cm Radius aus weichteilgewebeäquivalentem Material der Dichte 1 g/cm³ mit dem Kugelmittelpunkt als Bezugsort.

Bei allen Arten von Kalibriervergleichen erscheint es zweckmäßig, unabhängig von der festgelegten Meßgröße die Standardionendosis als Bezugsgröße zugrunde zu legen, die mit dem Bezugsdosimeter in einem Strahlungsfeld frei in Luft unter Sekundärelektronengleichgewicht angezeigt wird. Bei Bezugsdosimetern ist der auf die Standardionendosis bezogene Kalibrierfaktor für verschiedene Strahlenenergien vorgegeben.

Regeln für die Kalibrierbestrahlung von Dosimetern zur Direktanzeige der Körperdosis wurden in den vergangenen Jahren ausführlich erörtert und auch praktisch für Freiluft- bzw. Phantomkalibrierungen angewandt. Die

erforderlichen Bezugsgrößen für eine Phantomkalibrierung sind in Abb. 4/14 im Vergleich zu einer Kalibrierung frei in Luft dargestellt. Ausgehend von der Messung der Standardionendosis am Ort des Dosimeters läßt sich in beiden Fällen für das Personendosimeter ein Kalibrierfaktor ermitteln, der aus der jeweiligen Anzeige des Dosimeters frei in Luft α bzw. am Phantom α_p und der im Strahlungsfeld am Meßort ohne Phantom vorhandenen Standardionendosis ermittelt wird. Damit läßt sich - zunächst unter Verzicht auf die interessierende Meßgröße - die Energieabhängigkeit der Dosimeteranzeige frei in Luft und an der Phantomoberfläche angeben. Die am Phantom ermittelte Energieabhängigkeit des "Kalibrierfaktors" - bezogen auf die Hilfsgröße Standardionendosis - kann zu einem späteren Zeitpunkt auf jede interessierende Meßgröße umgerechnet werden.

	<u>Freiluft-</u> <u>kalibrierung</u>	<u>Phantom-</u> <u>kalibrierung</u>
Dosimeterort	Freiluft	an Phantomoberfläche
Meßgrößen im Strahlungsfeld	Ionendosis in R, Freiluft am Ort des Dosimeters, Energie E, Richtung β	
gewünschte Meßgröße	Energiedosis im Gewebe	Energiedosis in der interessierenden Phantomgröße
Dosimeteranzeige	D_t in rd $\alpha(E, \beta)$	D_{ti} in rd $\alpha_p(E, \beta)$
"Kalibrierfaktor"	$f(E, \beta)$ in $\frac{R}{\alpha}$	$f_p(E, \beta)$ in $\frac{R}{\alpha_p}$
Konversionsfaktor	$f_t(E)$ in $\frac{rd}{R}$	$f_p(E, \beta)$ in $\frac{rd}{R}$
Dosisanzeige	$D_t = f \cdot f_t \cdot a$	$D_{ti} = f_p \cdot f_{ti} \cdot \alpha_p$

Abb. 4/14: Bezugsgrößen für Phantomkalibrierungen

Abb. 4/15 erläutert die Bedingungen für die Kalibrierbestrahlung von Dosimetern an der Phantomoberfläche insbesondere zur Bestimmung der Energieabhängigkeit der Dosimeteranzeige bei frontaler, seitlicher und rückseitiger Bestrahlung des Dosimeters. Ausgehend von einem Freiluftvergleich des Standarddosimeters in Pos. 1 und des Referenzdosimeters in Quellnähe in Pos. 2 wird bei allen nachfolgenden Bestrahlungspositionen am Phantom auf die gleiche Standardionendosis bestreht, die ohne Phantom am Meßort 1 vorhanden wäre.

Zur Verwirklichung reproduzierbarer Meßverhältnisse werden hierbei folgende Voraussetzungen gemacht:

- der Nutzstrahlenkegel muß größer sein als der Phantomquerschnitt,
- die jeweilige Standardionendosis in Pos. 3, 4 und 5 wird mit Hilfe der in Pos. 2 gemessenen Standardionendosis für Bestrahlungsverhältnisse frei in Luft ermittelt,
- das Strahlenfeld soll an den Meßpositionen ausreichend homogen sein. Für einen Abstand > 2 m beträgt die örtliche Änderung der Standardionendosis zwischen Pos. 1 und 3 beispielsweise weniger als 10 %.

Entsprechende Umrechnungsfaktoren (rd/R) zur Ermittlung der Energiedosis im Weichteilgewebe beziehen sich bisher ausschließlich auf Freiluftbestrahlungen. Entsprechende Umrechnungsfaktoren für die Bestimmung der Körperdosis bzw. des Äquivalentdosisindex stehen bisher noch nicht zur Verfügung. Die in der Strahlentherapie benutzten Umrechnungsfaktoren können andererseits für den vorliegenden Zweck nicht herangezogen werden. Ältere experimentell ermittelte Faktoren von A.R. Jones beziehen sich hingegen auf eine mittlere Organdosis und sind für die vorgesehene Kalibrierung zu ungenau. Daher ist eine Kalibrierung von Ortsdosimetern und Personendosimetern in Bezug auf die interessierende Meßgröße z.Zt. noch nicht realisierbar.

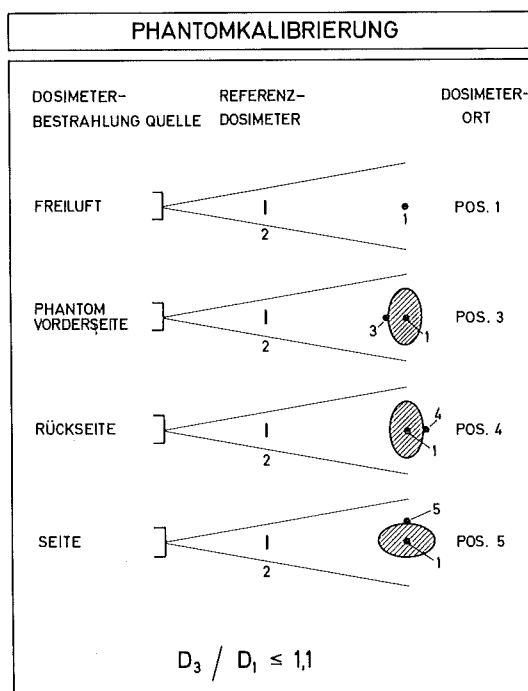


Abb. 4/15: Bestrahlungsbedingungen für Phantombestrahlungen

Die hier vorgeschlagene Kalibrierbestrahlung hat den Vorzug, daß zur Übertragung der interessierenden Meßgröße auf das Dosimeter weder ein zusätzlicher Primärstandard noch ein Sekundärstandard erforderlich sind und damit zusätzliche, in diesem Fall vermeidbare Fehlereinflüsse nicht auftreten. Hinzu kommt, daß entsprechende Umrechnungsfaktoren für den Äquivalentdosisindex berechnet werden müssen, eine Direktmessung an der Oberfläche eines Kugelphantoms mit unterschiedlich gebauten Primär- bzw. Sekundärstandarddosimetern hingegen äußerst schwierig zu verwirklichen ist.

4.1.6 Nachweis kleiner Dosisbeiträge zum natürlichen Strahlenpegel

E. Piesch

Im Vergleich zur Personenüberwachung werden beim Einsatz von Dosimetern in der Umgebungsüberwachung höhere Anforderungen gestellt. In der Umgebung kerntechnischer Anlagen soll die durch Emission radioaktiver Stoffe in die Luft verursachte Strahlenbelastung einen Wert von 30 mrem/a nicht überschreiten. Erforderlich sind daher entsprechend empfindliche Dosimetersysteme, die auch über längere Akkumulierungsperioden eine hohe Meßgenauigkeit zeigen und die eine langzeitige Änderung des Strahlenpegels um etwa 5 mrem/a noch anzuweisen gestatten.

Hauptkriterium für die Auswahl von Festkörperdosimetern ist die Unempfindlichkeit gegenüber Umwelteinflüssen (Temperatur, Luftfeuchte, UV-Licht, evtl. chemische Schadstoffe) und eine entsprechend stabile Meßwertspeicherung. Zur Ermittlung eines kleinsten nachweisbaren Dosisbeitrages durch die Emission von Kernkraftwerken muß die örtliche, individuelle Untergrunddosis berücksichtigt werden. Für verschiedene Meßstellen kann aber auch unter bestimmten Voraussetzungen eine mittlere Untergrunddosis zugrunde gelegt werden, welche definitionsgemäß die über den Standortbereich gemittelte Ortsdosis vor Inbetriebnahme des Reaktors oder einer Messung der Ortsdosis an einem Referenzort sein kann. Interpretationsschwierigkeiten ergeben sich jedoch dann, wenn örtliche Schwankungen des natürlichen Strahlenpegels sowie statistische Meßfehler, die bei beiden Messungen auftreten, rechnerisch zu negativen Dosisangaben führen.

Bedingt durch die Subtraktion der Untergrunddosis erhöht sich die Meßunsicherheit unter optimalen Bedingungen auf etwa 10-15 % (2σ -Abweichung). Die Empfindlichkeit einer solchen Dosisdifferenzmessung ist damit durch den Betrag der Untergrunddosis und nicht durch das Dosimetersystem vorgegeben. Abb. 4/16 zeigt den

kleinsten nachweisbaren Dosisbeitrag, den man gerade noch als Emissionsbeitrag einer kerntechnischen Anlage interpretieren kann, als Funktion der am Meßort vorhandenen natürlichen Untergrundstrahlung. Danach wird man bei einer kleinstmöglichen Untergrunddosis von 50 mrem/a bestenfalls einen Dosiszuwachs von 5 mrem/a, bei 100 mrem/a jedoch nur 10 mrem/a nachweisen.

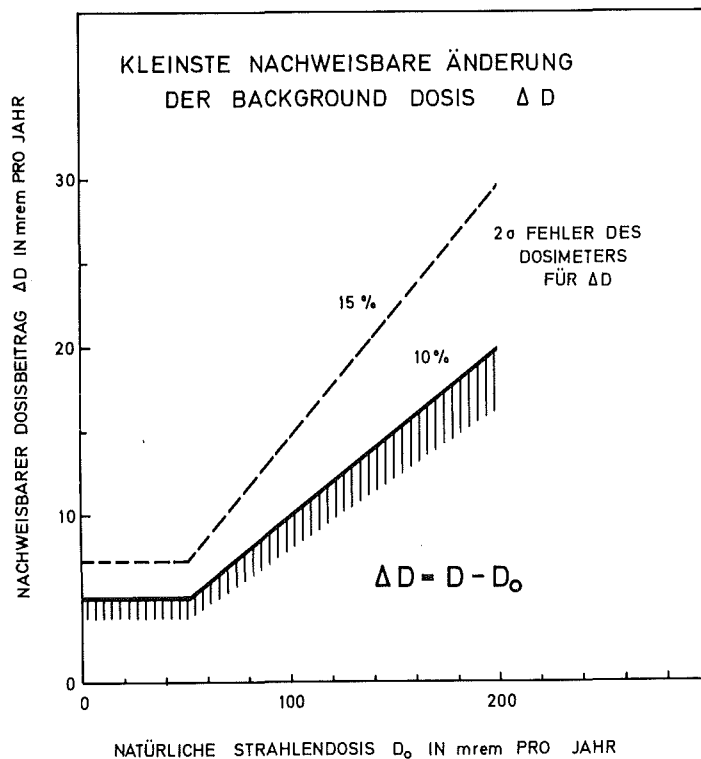


Abb. 4/16: Untere Nachweisgrenze für eine Erhöhung der natürlichen Backgrounddosis durch zusätzliche Strahlenquellen

Bei einer Jahresdosisauswertung wird eine relativ hohe Meßgenauigkeit und Reproduzierbarkeit im Dosisbereich von 10 mrem gefordert. Abb. 4/17 zeigt am Beispiel eines natürlichen Strahlenpegels von 60 mrem/a, daß der zulässige Meßfehler und damit die Empfindlichkeit und die untere Nachweisgrenze eines Dosimetersystemes erst bei relativ kurzen Überwachungsperioden von Bedeutung werden. Die erforderliche Expositionsdauer zum Nachweis des natürlichen Strahlenpegels beträgt je nach Empfindlichkeit des Auswertesystemes mindestens 1-4 Wochen bei $\text{CaF}_2:\text{Dy}$, jedoch mehr als 1-3 Monate bei $\text{LiF}:\text{Mg,Ti}$ und mehr als 1 Jahr beim Phosphatglas.

Die Meßunsicherheit bei der Bestimmung eines zusätzlichen Dosisbeitrages ist hier im wesentlichen vorgegeben durch den Betrag der Untergrunddosis und den statistischen Meßfehler. Für die Überwachung der Umgebung sind daher Dosimetersysteme mit hoher Meßgenauigkeit erforderlich. Hierzu werden zur Zeit vom Arbeitskreis "Dosismessung externer Strahlung" des Fachverbandes für Strahlenschutz e.V. die Eigenschaften und die Leistungsfähigkeit von Festkörperdosimetern im interessierenden Dosisbereich unter vergleichbaren Testbedingungen untersucht, um daraus entsprechende Empfehlungen für die Auswahl und den Einsatz von Dosimetersystemen zur Langzeitüberwachung der Umgebung zu erarbeiten.

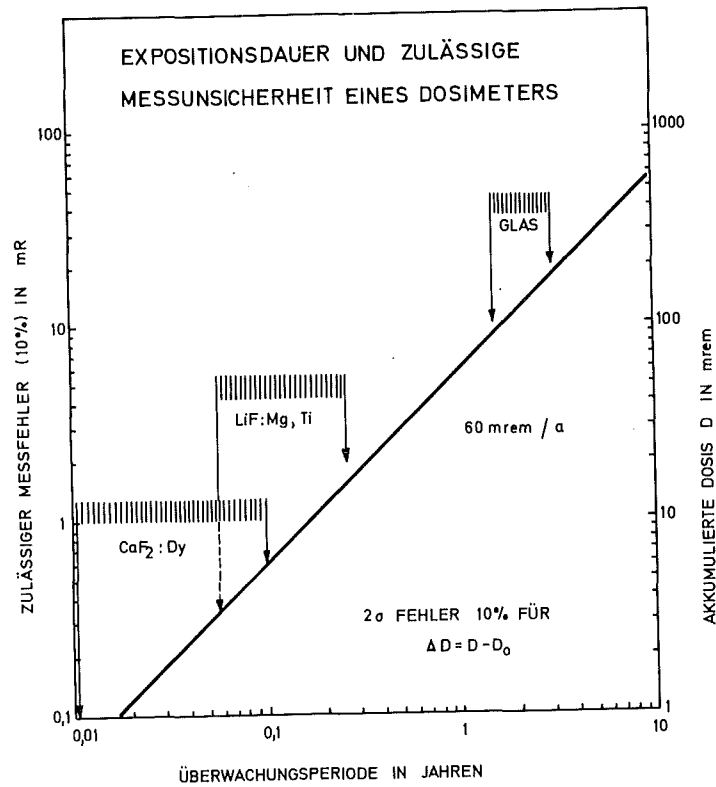


Abb. 4/17: Meßunsicherheit verschiedener Dosimetersysteme für den Nachweis einer Dosiserhöhung bei 60 mrem/a in Abhängigkeit von der Expositionsdauer

4.1.7 Megaraddosimetrie mit gefärbtem Zelluloseacetatfolien

H.O. Mohamed, E. Piesch

Für eine Anwendung zur Megaraddosimetrie wurden die dosimetrischen Eigenschaften von gefärbten Zelluloseacetatfolien von 0,2 mm Dicke (Lonza-Werke GmbH, Weil am Rhein) untersucht. Die Änderung der optischen Dichte (Absorption) sowie die Änderung der optischen Durchlässigkeit (Transmission) wurden mit monochromatischem Licht unterschiedlicher Wellenlängen in einem Zeiss-Spektralphotometer im Dosisbereich 1-50 Megarad nach Bestrahlung mit ⁶⁰Co und ¹³⁷Cs untersucht. Neben dem nutzbaren Dosisbereich wurden vor allem das Fadingverhalten unter Laborbedingungen, der Einfluß der Temperatur während der Lagerung, der Einfluß einer UV-Lichtbestrahlung sowie die Energieabhängigkeit und Dosisleistungsabhängigkeit für gelbes, grünes, rotes und blaues Zelluloseacetat untersucht.

Die im nutzbaren Dosisbereich ermittelte Änderung der Absorption bzw. Transmission ist in Tab. 4/3 für die verschieden gefärbten Folien wiedergegeben. Die unterschiedlich gefärbten Folien zeigen eine gute Reproduzierbarkeit der Dosismessung mit einem Variationskoeffizienten von 0,5-1 % im Dosisbereich 4-50 Megarad. Für verschiedene Chargen wurden keine signifikanten Unterschiede in der relativen Änderung der optischen Dichte festgestellt.

Dosisbereich Mrad	Parameter	Δ ₂ -Δ ₁ *)			
		grün	blau	rot	gelb
1-30 30-60	optische Dichte	1,30 0,05	0,94 0,11	1,35 0,33	0,95 0,34
1-30 30-60	Trans- mission in %	82 11	63 23	29 37	18 23

Tab. 4/3: Änderung der optischen Dichte und der optischen Durchlässigkeit für verschiedene Dosisbereiche (⁶⁰Co).

*) Änderung des Parameters entsprechend dem Dosisbereich

Eine Dosisleistungsabhängigkeit wurde nicht beobachtet bei ^{60}Co -Bestrahlungen zwischen $0,3 \cdot 10^5 - 5 \cdot 10^5$ rad/h und bei 5 MeV und 10 MeV Elektronen im Dosisleistungsbereich $2 \cdot 10^8 - 2 \cdot 10^{10}$ rad/h. Unterschiede in der Empfindlichkeit zwischen ^{60}Co und 10 MeV Elektronen müssen jedoch auf eine Dosisleistungsabhängigkeit zurückgeführt werden.

Abb. 4/18 zeigt Fadingkurven von gelben Zelluloseacetatfolien während einer Lagerungszeit von 30 Tagen unter Laborbedingungen. Die Form der Fadingkurve wird in hohem Maße von der Farbe der Folie und der Art der Bestrahlung bestimmt. Das geringste Fading ergaben gelbe Folien nach Gammabestrahlung und blaue Folien nach Elektronenbestrahlung. Die ungünstigsten Verhältnisse zeigt rotgefärbtes Zelluloseacetat wegen seines hohen Abfalles und Anstieges der optischen Dichte als Funktion der Lagerungsdauer und der Dosis.

Die Temperaturabhängigkeit der Anzeige wurde während einer Lagerungszeit bis zu 100 h untersucht (siehe Abb.4/19). Gelbes Zelluloseacetat zeigt für Gammastrahlung die günstigsten Verhältnisse, jedoch einen Anstieg mit der Lagerungstemperatur vor allem nach Hochdosisbestrahlungen mit Elektronen. Das kleinste Temperaturfading zeigt blaues Zelluloseacetat nach Elektronenbestrahlung, im Gegensatz zum relativ hohen Abfall bei hohen Temperaturen nach Gammabestrahlung.

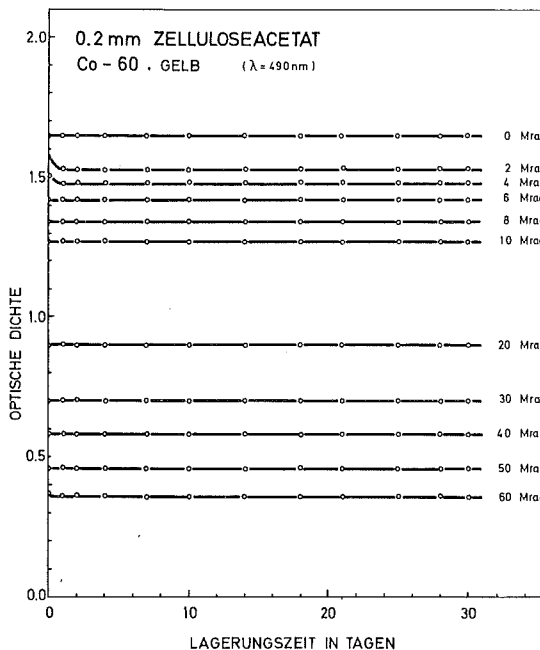


Abb. 4/18: Fading von gelben Zelluloseacetatfolien als Funktion der Lagerungsdauer

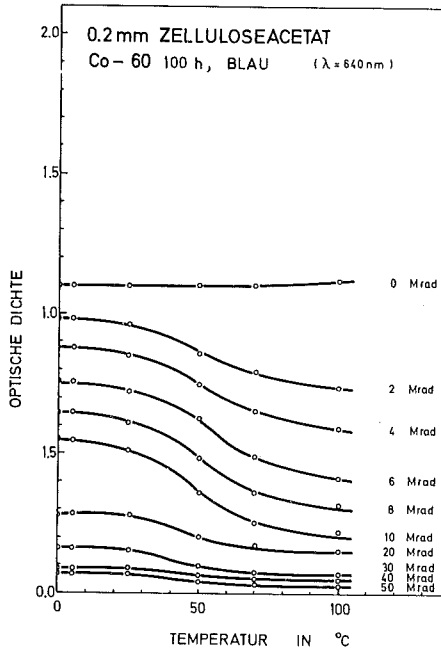
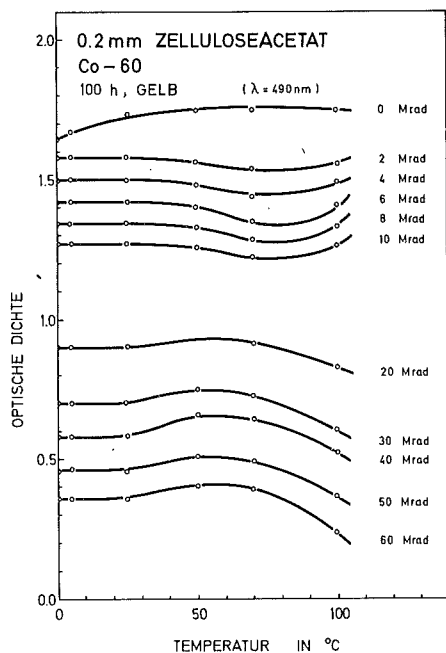


Abb. 4/19: Fading von gelben bzw. blauen Zelluloseacetatfolien als Funktion der Lagerungstemperatur

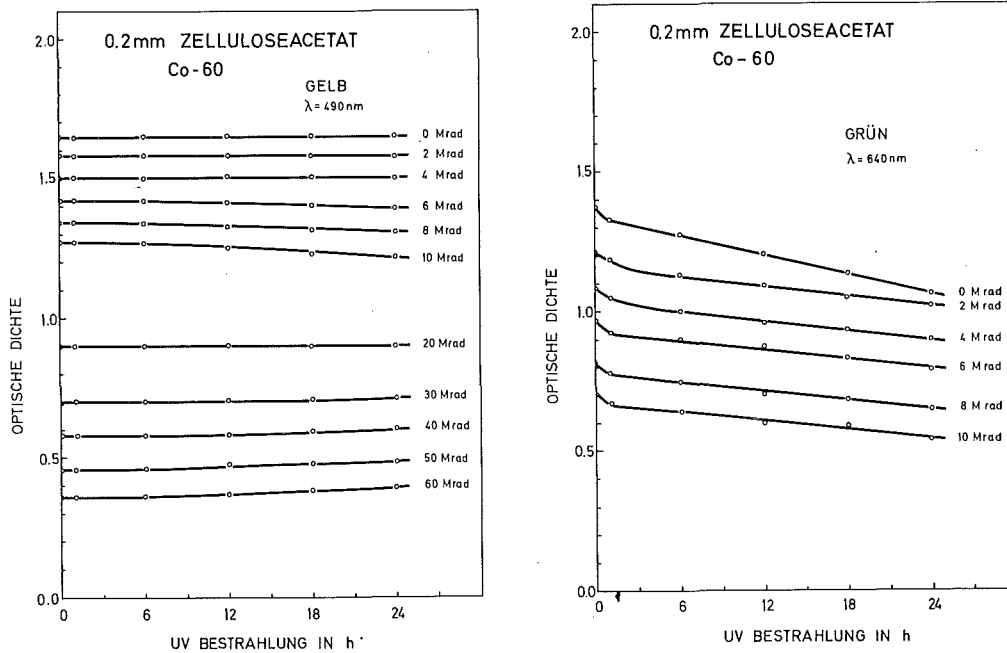


Abb. 4/20: Fading von gelben bzw. grünen Zelluloseacetatfolien als Funktion einer UV-Lichteinwirkung

Der Einfluß von UV-Licht in unmittelbarer Nähe einer Lampe ist für gelbes und grünes Zelluloseacetat in Abb. 4/20 wiedergegeben. Auch hier bestimmt die Farbe der Folie, die Dosisvorbestrahlung sowie die UV-Lichtintensität die Änderung der Meßwertanzeige.

4.1.8 Weiterentwicklung des automatischen Glasdosimeter-Auswertegerätes

H.G. Röber

Nach Fertigstellung der Auswerteelektronik wurde das optische System noch weiter verbessert. Die Veränderungen am optischen System der Fluoreszenzanregung diente hauptsächlich zur Herabsetzung des Streulichtes. Durch Verändern der optischen Blende sowie der abzubildenden Spalthöhe konnten zahlreiche Meßreihen zur Optimierung der Optik aufgenommen werden. Jeder Meßpunkt der Meßreihen ist unter praktischen Bedingungen 10mal aufgenommen worden. Anschließend wurden alle Meßwerte statistisch ausgewertet. Das Ergebnis gestattet es, die optische Blende und die Spalthöhe optimal einzustellen. Nach Optimierung der Optik beträgt die Vordosis bei einem Flachglas von 1,5 mm Dicke 300 mR. Für die untere Nachweisgrenze, definiert als 3σ -Schwankung der Vordosis, ergab sich ein Wert von 10 mR. Bei der Messung der Dosis von 100 mR konnte eine 1σ -Reproduzierbarkeit von 3 % erzielt werden.

Die derzeitigen Arbeiten betreffen die Konstruktion einer geeigneten Dosimeterhalterung und Kapselung für das Flachglas. Parallel dazu erfolgt die Inbetriebnahme des Auswertegerätes in Verbindung mit einem Kleinrechner.

4.2 Neutronendosimetrie

4.2.1 Passives Neutronenspektrometer mit LiF-Thermolumineszenzdosimetern

D. Singh, B. Burghardt, E. Piesch

Zur Ermittlung zusätzlicher Aussagen über das an einem Arbeitsplatz vorliegende Neutronenspektrum wurden die dosimetrischen Eigenschaften eines passiven Neutronenspektrometers untersucht. Dieses Dosimeter besteht aus einem Polyäthylenzylinder von 25 cm Durchmesser und 25 cm Länge, welcher TLD 600 und TLD 700 Thermolumineszenzdosimeterpaare entlang der Achse in Richtung des Strahleneinfalles in äquidistanten Abständen von 0,8 cm enthält. Die Zylindermantelfläche wurde mit einer Cadmiumfolie abgedeckt. Ausgehend von der experimentell gefundenen gammaäquivalenten Neutronenanzeige der TLD 600 Dosimeter in Abhängigkeit von der Phantomtiefe werden zur Beschreibung des Neutronenspektrums Parameter wie die Relaxationslänge, die effektive Neutronenenergie bzw. der Grad der Moderierung herangezogen. Die Untersuchungen wurden im Strahlungsfeld von 14 MeV-, Pu-Be- und ^{252}Cf -Neutronen unterschiedlicher Moderierung durchgeführt.

Abb. 4/21 zeigt die hierbei gefundene relative Neutronendosisanzeige des TLD 600 Dosimeters, die im wesentlichen durch thermische Neutronen über die (n,α) -Reaktion in ^6Li erzeugt wird, in Abhängigkeit von der Phantomtiefe jeweils bezogen auf den Maximalwert der Dosisverteilung. Zur Beschreibung des Spektrums können demnach unter anderem folgende Größen herangezogen werden

- die Dosimeteranzeige R_0 an der Oberfläche des Phantoms,
- die Phantomtiefe d_{max} , wo die maximale Dosimeteranzeige R_{max} auftritt,
- der Abfall der Dosisanzeige durch Absorption in Polyäthylen im Anschluß an den Build-up thermischer Neutronen in den ersten Zentimeter Phantomtiefe.

Es zeigte sich, daß die TLD-Anzeige R_{10} in einer Phantomtiefe von 10 cm zur direkten Ermittlung der Neutronenäquivalentdosis herangezogen werden kann. Die entsprechende gammaäquivalente Neutronenanzeige betrug hierbei 2,9 R/rem. Im Vergleich dazu wurde im Mittelpunkt einer Polyäthylenkugel von 24 cm Durchmesser eine Neutronenäquivalentdosisempfindlichkeit von 1 R/rem gefunden. Günstige Aussagen im Hinblick auf die untersuchten Neutronenspektren konnten aus dem Verhältnis R_{10}/R_{max} gewonnen werden (siehe Abb. 4/22). Die begonnenen Untersuchungen sollen mit einem verbesserten Spektrometer fortgesetzt werden.

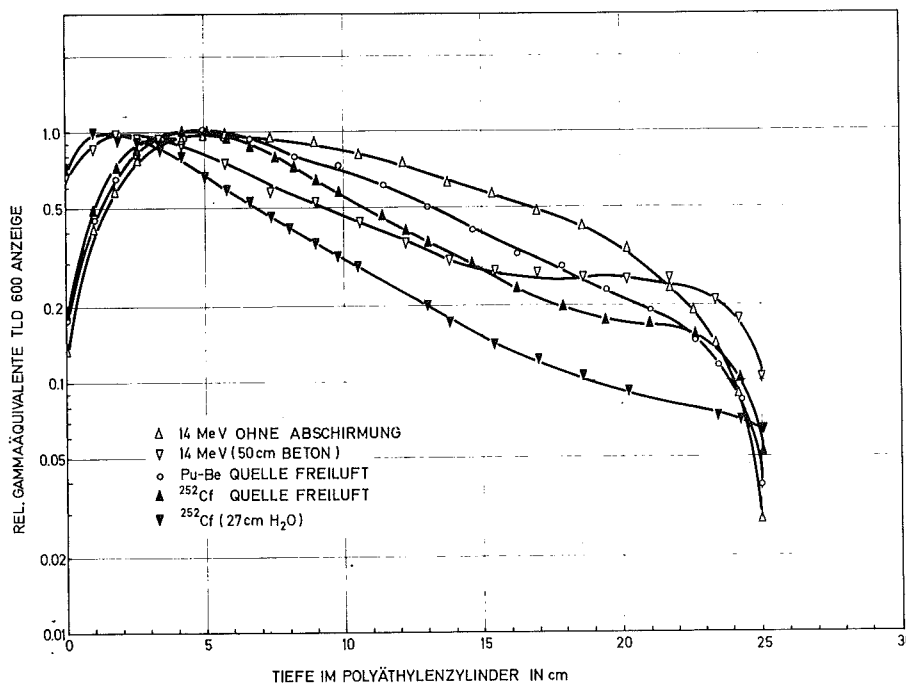


Abb. 4/21: Rel. TLD 600 Dosisanzeige in Abhängigkeit von der Phantomtiefen für verschiedene Neutronenspektren

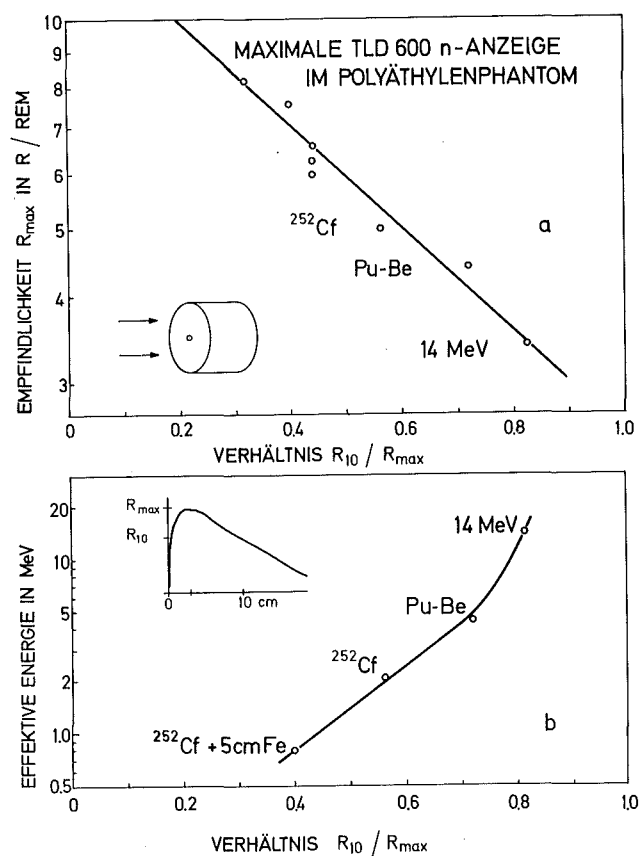


Abb. 4/22: Änderung der TLD 600 Dosisempfindlichkeit im Maximum (a) und Änderung der effektiven Neutronenenergie

4.2.2 Neutronennachweis über Rückstoßkerne in Polymer-Kernspürätzdetektoren

E. Piesch, J. Jasiak

Im Vergleich zu einem Neutronennachweis über Spaltfragmente verspricht der Nachweis neutroneninduzierter Rückstoßkerne in Polymerfolien eine größere Anwendung innerhalb der Personendosimetrie. Entsprechende Untersuchungen der letzten Jahre konzentrierten sich hierbei auf die Verwendung von Makrofol-Polycarbonatfolien mit guten Fadingeigenschaften sowie von rotgefärbten dünn-schichtigen Zellulosenitratfolien Fabrikat Kodak LR 115, welche bei mikroskopischer Auszählung durch das Auftreten von hellen Löchern innerhalb eines roten Untergrundes gute Kontrasteigenschaften ergeben. Es zeigte sich, daß die Anwendung des Funkenzählers zur automatischen Auszählung nur unter Vorbehalt mit einem hohen experimentellen Aufwand realisierbar ist, ohne die gewünschte Reproduzierbarkeit für eine Routineauswertung zu bringen [40]. Demgegenüber versprechen neuere elektrochemische Ätzverfahren die besten Aussichten für eine praktische Anwendung.

Tab. 4/4 zeigt eine Zusammenstellung der experimentell gefundenen Neutronenempfindlichkeit bei optischen Auszählmethoden und bei einer automatischen Auszählung im Funkenzähler. Im Funkenzähler werden demnach nur 3 bis 10 % der optisch erkennbaren Ätzspuren erfaßt. Da auch beim LR 115-Film Löcher nur nach vollständigem Ätzen der rotgefärbten Zellulosenitratfolien nachweisbar sind, können die experimentellen Ergebnisse der Funkenzählerauswertung direkt mit diesen Ergebnissen verglichen werden.

In Abb. 4/23 sind die experimentellen Ergebnisse wiedergegeben, die für die Energieabhängigkeit von Rückstoßkernspurdetektoren bei optischer und automatischer Auszählung erhalten werden. Im Gegensatz zur optischen Auszählung in Makrofol ändert sich die relative Empfindlichkeit des LR 115-Filmes bei optischer Auszählung sowie für beide Detektoren bei automatischer Auszählung zwischen 14 und 2 MeV um den Faktor 100. Daher können bei einer automatischen Auszählung nur Neutronen oberhalb 2 MeV nachgewiesen werden.