

**KERNFORSCHUNGSZENTRUM
KARLSRUHE**

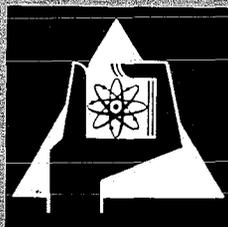
März 1972

KFK 1565

Abteilung Strahlenschutz und Sicherheit

JAHRESBERICHT 1971

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

März 1972

KFK 1565

Abteilung Strahlenschutz und Sicherheit

JAHRESBERICHT 1971

Redaktion: H. Kiefer, W. Koelzer

Beiträge von:

J. Amann, E. Balda, D. Beier, B. Burgkhardt,
W. Comper, E. Dietrich, H.-G. Dillmann,
H. Fessler, K. Gerlach, E. Heist, I. Hofmann,
W. Hübschmann, S. Igarashi, H. Junker, H. Kiefer,
J. Klaar, W. Koelzer, L.A. König, L. Kropp,
H. Michel, D. Nagel, K. Nester, J. Pawelzik,
E. Piesch, W. Reuble, H.-G. Röber, H. Roock,
H. Schüttelkopf, A. Schmitt, G. Stäblein, W. Stock,
P.S. Weng, J. Wilhelm, E. Windbühl, M. Winter

Gesellschaft für Kernforschung m.b.H., Karlsruhe

Frl. U. Sparr und Herrn E. Lachmann sind wir für die Mithilfe bei der Erstellung des Berichts zu Dank verpflichtet.

Zusammenfassung

Die Durchführung und Gewährleistung des Strahlenschutzes und der technischen Sicherheit auf konventionellem und nuklearem Gebiet im Kernforschungszentrum Karlsruhe obliegt der Abteilung Strahlenschutz und Sicherheit.

Der vorliegende Bericht informiert über die einzelnen Aufgabengebiete, gibt die Ergebnisse der Routinemessungen im Jahre 1971 wieder und berichtet über neue Untersuchungsergebnisse und Entwicklungen der verschiedenen Arbeitsgruppen der Abteilung.

Abstract

Performing and safeguarding radiation protection and technical safety in the conventional and nuclear fields at the Karlsruhe Nuclear Research Center are duties of the Radiation Protection and Safety Department.

This report informs about the different duties, lists the results of routine measurements of 1971, and covers recent results of investigations and developments in the Working Groups of the Department.

Résumé

L'exécution et la garantie de la radioprotection et de la sécurité technique classique et nucléaire du Centre d'Etudes Nucléaires de Karlsruhe rentrent dans la compétence du Service "Radioprotection et Sécurité".

Ce rapport décrit les différents secteurs d'activité, résume les résultats des mesures routinières faites en 1971 et donne des renseignements relatifs aux nouveaux résultats d'études et aux réalisations des différents groupes de travail du Service.

<u>Inhaltsverzeichnis</u>	Seite
1. Aufgabengebiete und Organisation der Abteilung Strahlenschutz und Sicherheit	1
2. Administrative Aufgaben	4
2.1 Sicherheitsingenieur - Strahlenschutz	5
2.1.1 Aufgaben im Rahmen der Strahlensicherheit	5
2.1.2 Aufgaben im Bereich der Personendosiskartei	6
2.2 Sicherheitsingenieur - konventioneller Bereich	9
2.2.1 Arbeitssicherheit	9
2.2.2 Beratung - Information - Ausbildung	11
2.2.3 Betriebsüberwachung	11
2.2.4 Besondere Schadensfälle	12
2.3 Meldestelle	13
2.4 Einsatzplanung	17
2.5 Räumungsübung	18
2.6 Allgemeine Aufgaben	20
2.6.1 Sicherheitsbeirat	20
2.6.2 Behördenkontakte	21
3. Strahlenschutzüberwachung	22
3.1 Arbeitsplatzüberwachung	22
3.2 Dichtigkeitsprüfungen	28

	Seite
3.3 Überwachung der Ableitungen	29
3.3.1 Abluftüberwachung	29
3.3.2 Abwasserüberwachung	31
3.3.3 Überwachung des inaktiven Mülls	39
3.4 Umgebungsüberwachung	40
3.5 Personenüberwachung	56
3.5.1 Externe Dosis	56
3.5.2 Inkorporationsmessungen	58
4. Strahlenschutzmeßmethoden	62
4.1 Dosisleistungsmessungen	62
4.1.1 Neutronenmessungen an einer ^{252}Cf -Quelle	62
4.1.2 Dosisleistungsmessungen an ^{238}Pu -Quellen	63
4.1.3 Streustrahlungsmessungen an der Kalibrieranlage im Röntgenraum	66
4.1.4 Die Energieabhängigkeit von Dosisleistungs- und Dosismessern für den Strahlenschutz	69
4.1.5 Langzeitverhalten eines Dosisleistungsmeßgerätes mit digitaler Nullpegelregistrierung	71
4.1.6 Bau einer gewebeäquivalenten Ionisationskammer zur Messung der natürlichen Umgebungsstrahlung	72
4.2 Dosimetrie	73
4.2.1 Thermolumineszenzdosimetrie mit LiF	73
4.2.1.1 Wiederverwendbarkeit und Meßwert-Reproduzierbarkeit von LiF-Dosimetern ohne Regenerierung	73
4.2.1.2 Personendosimetrie mit einem LiF-Albedo-Dosimeter	75
4.2.1.3 Verhalten von LiF-Dosimetern in gemischten Strahlungsfeldern	78
4.2.2 $\text{CaF}_2(\text{nat})$ -Thermolumineszenzdosimeter zur Messung der natürlichen Umgebungsstrahlung	79

	Seite
4.2.3 Festkörperkernspurnachweis	82
4.2.3.1 Nachweis neutroneninduzierter Rückstoßkerne und α -Teilchen in Makrofol E	82
4.2.3.2 Schwellwertdetektorkombination	84
4.2.3.3 Spaltfragmentregistrierung zum Nachweis geringer Urankonzentrationen in Wasser	84
4.2.4 Einheitliche Ausmessung von Neutronenaktivierungsdetektoren in einem Flüssigszintillationszähler	85
4.3 Messung von Einzelnukliden	87
4.3.1 Diskontinuierliche Messung von ^{85}Kr	
4.3.2 Kontinuierliche Messung von ^{85}Kr im Beisein von ^{41}Ar	88
4.3.3 Meßmethoden für ^{131}J bei Probenaktivitäten unter 10^{-11} Ci	90
4.3.4 Verbesserung der Pu-Lungenzähler	93
4.3.5 Kalibrierung des fahrbaren Ganzkörperzählers des Kerntechnischen Hilfszuges	95
4.3.6 γ -spektroskopische Untersuchungen von ^{238}Pu -Quellen	99
5. Strahlenschutzmeßgeräte	101
5.1 Wartung und Reparatur von Strahlenschutzmeßgeräten	101
5.2 Erprobung neuer Geräte	104
5.3 Elektronische Entwicklungen	105
5.3.1 Elektronik für Zählrohrstationen mit telefonischer Abfrage	105
5.3.2 Druckersteuerung mit Codeumsetzer	110
5.3.3 Temperaturverhalten des Zählrohres VALVO 18529	110
5.3.4 Entwicklung einer Zählstaffette und eines selbstanrufenden Alarmgebers	112

	Seite
6. Theoretische Behandlung von Strahlenschutzfragen	114
6.1 Strahlenbelastung beim größten anzunehmenden Unfall, Projekt FR 2/55	114
6.2 Abschirmstopfen Projekt FR 2/76	116
6.3 Kritikalität abgebrannter THTR-Brennelemente im Salzbergwerk	117
6.4 Anzeigeempfindlichkeit einer γ -Aktivitätsmeßstelle	119
6.5 β - und γ -Strahlung der Spaltprodukte bei hohem Abbrand und hoher Flußdichte	120
6.6 Neutronenspektrum hinter einer Abschirmung	120
6.7 Tankwechsel des FR 2	123
6.7.1 Abschirmung der Eigenstrahlung des Fensters der thermischen Säule	123
6.7.2 Betonstopfen für den Abschluß der D_2O -Zu- und Ablaufrohre	123
6.7.3 Strahlenbelastung durch die Streustrahlung im Raum R-107 und R-111	124
7. Umweltschutz	125
7.1 Strahlenbelastung der Umgebung des Kernforschungszentrums Karlsruhe	125
7.1.1 Abschätzung für das Jahr 1971	125
7.1.2 Abschätzung für das Jahr 1972	131
7.2 Experimente zur Bestimmung der atmosphärischen Ausbreitung von tritiiertem Wasserdampf	133
7.3 Auswertung der Ausbreitungsversuche	136
7.3.1 Vergleich mit einer Normverteilung	136

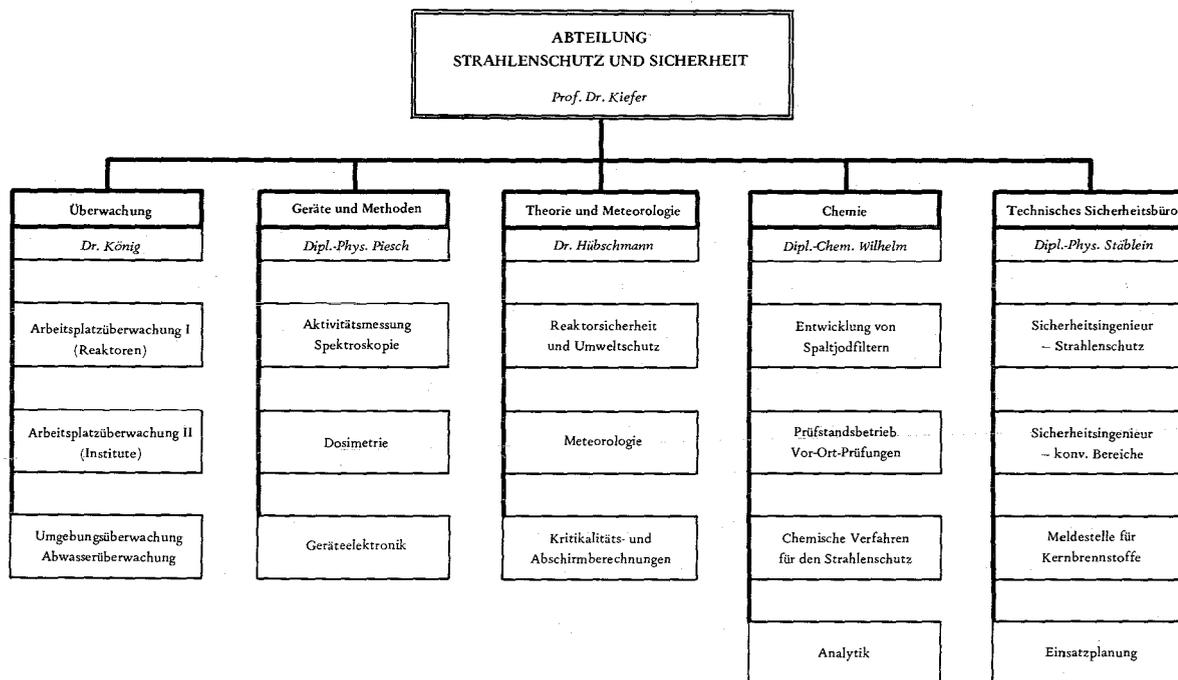
	Seite
7.3.2 Anpassung an die azimutale Gaußverteilung	138
7.3.3 Anpassung der σ_y - und σ_z -Kurven	140
7.4 Halogenierte Verbindungen als meteorologische Tracer	143
7.5 ^{85}Kr -Messungen zur Überwachung der Krypton-Immission aus der WAK	146
7.6 Plutoniumanalytik	149
7.6.1 Plutoniumüberwachung	149
7.6.2 Herstellung und Reinigung von ^{236}Pu	154
7.6.3 Schnellbestimmung von Pu in Abwässern geringer und mittlerer Salzkonzentration	155
7.7 Forschungsprogramm zur Bestimmung der Tritiumkontamination der Umwelt	155
8. Meteorologie	159
8.1 Statistische Auswertungen	159
8.1.1 Ausbreitungsstatistik	159
8.1.2 Höhenabhängige Häufigkeitsverteilung der Windgeschwindigkeiten	161
8.2 Instationäre Ausbreitung	162
8.3 Datenregistrierung	165
8.4 Betrieb der Datenerfassungsanlage	167
8.5 Instrumentierung	168
8.6 Eichung der Temperaturfühler	169
8.7 Rechenprogramme	170
8.7.1 Strahlenbelastung der Umgebung durch α - und β -Aktivität	170
8.7.2 Häufigkeitsstatistik von Windrichtung und Windgeschwindigkeit	171

	Seite
8.7.3 Verarbeitung der gespeicherten Meßdaten	172
8.7.4 Darstellung meteorologischer Daten	173
9. Jodfilterprogramm	175
9.1 Entwicklung von Spaltjodadsorbern auf anorganischer Basis	175
9.1.1 Einfluß von γ -Strahlungsdosen auf die Abscheideleistung von KTB	176
9.1.2 Alterungsuntersuchungen an KTB	179
9.1.3 Abscheidegrade von KTB bei hoher Jod- und CH_3J -Beladung für eine Filterbett-Temperatur von 150°C	181
9.1.4 Einfluß der KTB-Korngröße auf den Abscheidegrad	188
9.1.5 Reaktion von CH_3J an AgNO_3 -imprägniertem Katalysatorträger	191
9.2 Untersuchungen mit imprägnierten Aktivkohlen und Filtern zur Spaltjodabscheidung	194
9.2.1 Versuche an imprägnierten Aktivkohlen	194
9.2.2 Vor-Ort-Jodfilterprüfungen	197
9.3 Jodfilterprüfstand	199
9.4 Atemfilter zur Abscheidung von Spaltjod	203
9.5 Entwicklung eines Jodmonitors	204
10. Beratertätigkeit, Bibliographie	208
10.1 Beratertätigkeit	208
10.2 ASS-Berichte 1971,	210
10.3 Veröffentlichungen	215

1. Aufgabengebiete und Organisation der Abteilung Strahlenschutz und Sicherheit

H. Kiefer, W. Koelzer

Verantwortlich für den Strahlenschutz und die technische Sicherheit im Kernforschungszentrum Karlsruhe ist der Sicherheitsbeauftragte der Gesellschaft für Kernforschung. Ihm untersteht die in fünf Bereiche gegliederte Abteilung Strahlenschutz und Sicherheit.



Der Abteilung Strahlenschutz und Sicherheit gehörten am 31.12.1971 138 Mitarbeiter an, darunter 19 Akademiker sowie 11 Auszubildende, die eine zweijährige Berufsausbildung als Strahlenschutzassistent(in) erhalten.

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"

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

Bereich "Theorie und Meteorologie"

In diesem Bereich werden Strahlenschutz- und Sicherheitsfragen theoretisch untersucht. Dazu gehören insbesondere Fragen der Reaktorsicherheit im Zusammenhang mit Sicherheitsberichten, Kritikalitätsüberlegungen beim Transport und bei der Lagerung von Kernbrennstoffen und Abschirmberechnungen. Von besonderer Bedeutung sind die Berechnungen

der Ausbreitung radioaktiver Aerosole, Dämpfe und Gase und der dadurch hervorgerufenen radiologischen Belastung im Normalfall und bei Unfällen. Zur Ermittlung der erforderlichen zahlreichen meteorologischen Daten und Parameter betreibt die meteorologische Gruppe dieses Bereichs einen 200 m hohen Meßmast. Zur Verdichtung und Verarbeitung der anfallenden Daten der über 50 Meßgeräte ist ein Prozeßrechner eingesetzt, der an die Datenverarbeitungszentrale des Kernforschungszentrums angeschlossen ist. Die gewonnenen Untersuchungsergebnisse liefern einen Beitrag zum allgemeinen Problem der Luftreinhaltung und des Umweltschutzes.

Bereich "Chemie"

Der Bereich "Chemie" widmet sich besonders der Untersuchung, Erprobung und Entwicklung von Spaltjod-Adsorbermaterialien und -Filtern und führt vor-Ort-Prüfungen an bestehenden Reaktorjodfilteranlagen durch. Hinzu kommen die Prüfung und Erprobung radiochemischer Verfahren - insbesondere der Schnellverfahren - für Strahlenschutz Zwecke und die Durchführung radiochemischer Arbeiten innerhalb der Gesamtabteilung.

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 Sicherheitsbeirats des Kernforschungszentrums wahrgenommen.

2. Administrative Aufgaben

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- Stellvertreter des Sicherheitsbeauftragten
Sicherheitsingenieur - Strahlenschutz	<ul style="list-style-type: none">- Genehmigungen, Auflagen- Bestellung zum SSV- Betriebsbegehung- Personendosiskartei
Sicherheitsingenieur - konventioneller Bereich	<ul style="list-style-type: none">- Pflichtenübertragung nach RVO- Betriebsüberwachung- Information und Ausbildung über allgemeine Sicherheit- Unfallanalyse
Meldestelle	<ul style="list-style-type: none">- Erfassung von Kernbrennstoffen und radioaktiven Stoffen- Bestandsmeldungen- Transportaufsicht- Behördliche Inspektionen
Einsatzplanung	<ul style="list-style-type: none">- Information und Ausbildung der Einsatzdienste- sicherheitstechnische Unterlagen- Kommunikationsmittel

2.1 Sicherheitsingenieur - Strahlenschutz

H. Roock

2.1.1 Aufgaben im Rahmen der Strahlenschutzsicherheit

- Sicherheitsüberwachung:

Zur Überprüfung von Strahlenschutzmaßnahmen der Institute und Abteilungen, in denen mit radioaktiven Stoffen umgegangen wird, fanden 76 Betriebsbegehungen statt, davon 11 auf Grund kleinerer Vorfälle. Es ergaben sich insgesamt 179 Beanstandungen.

- Unterstützung der Strahlenschutzverantwortlichen:

Neben Beratung bei der Errichtung und Abgrenzung von Kontrollbereichen, bei der Erfüllung von Behördenauflagen, der Organisation und Koordination von Sachverständigenprüfungen wurden 9 Genehmigungsanträge für den erweiterten Umgang mit radioaktiven Stoffen bearbeitet.

Als allgemeine Arbeitsunterlage wurde ein Ordner - "SSV-Ordner" -, der wichtige Informationen, wie gesetzliche Vorschriften, interne Regelungen, Zuständigkeiten etc. enthält, erstellt und in 115 Exemplaren verteilt.

- Bestellung von Strahlenschutzverantwortlichen:

Zur Zeit sind bei der GfK - ohne Geschäftsbereich Versuchsanlagen - bestellt:

Strahlenschutzverantwortliche (SSV)	27
Stellvertreter des SSV	43
Bereichsstrahlenschutzverantw.(BSV)	40

Im Berichtsjahr wurden 27 Mitarbeiter neu mit der Strahlenschutzverantwortlichkeit schriftlich betraut.

- Inkorporationsüberwachung:

In Zusammenarbeit mit dem toxikologischen Labor der Med. Abt. wurden Richtlinien erarbeitet, die es an Hand von Kriterien ermöglichen, einheitlich für alle Institutionen der GfK den Personenkreis festzulegen, der auf eventuelle Inkorporation von radioaktiven Stoffen zu überwachen ist.

Einer regelmäßigen vorsorglichen Inkorporationsmessung sollen demnach alle Mitarbeiter, die Umgang mit offenen radioaktiven Stoffen oberhalb der Freigrenze haben, zugeführt werden.

Die Inkorporationskontrollen erfolgen im allgemeinen halbjährlich auf γ -Strahler hinreichend großer Energie im Ganzkörperzähler, bei den nachstehend aufgeführten Radionukliden durch Ausscheidungsanalyse mit einer Überwachungshäufigkeit von 14 bis 30 Tagen für H-3 und C-14, 1 Monat für Po-210, 1 bis 3 Monate für Uran und vierteljährlich für Np, Pu, Am, Cm, Cf.

2.1.2 Aufgaben im Bereich der Personendosiskartei

In der Personendosiskartei sind (Dez. 1971) 3 904 Personen erfaßt, einschließlich der in den Instituten und Abteilungen arbeitenden Fremdfirmenangehörigen und der nach 1. SSV0 nicht beruflich strahlenexponierten Personen. Nicht erfaßt sind die Angehörigen von Fremdinstitutionen und die Mitarbeiter des Geschäftsbereiches Versuchsanlagen. Die Tabelle 1 zeigt die prozentuale, auf die Gesamtmitarbeiterzahl bezogene Einstufung in die Dosimetergruppen zur Überwachung der Strahlenbelastung.

Ia	Ib	II	III	IV
17 %	10 %	12 %	14,5 %	46,5 %

Tab. 1: Dosimetergruppeneinteilung

Die Kriterien für die Einstufung in die jeweilige Dosimetergruppe sind für

- Ia : a) Umgang mit offenen radioaktiven Stoffen nach Arbeitsplan oder
b) Umgang mit γ -strahlenden Stoffen oder Röntgenstrahlung mit Strahlungsenergien < 45 keV.

- Ib : Möglichkeit der Strahlenbelastung mit schnellen Neutronen.

- II : a) Umgang mit umschlossenen radioaktiven Stoffen mit γ -Strahlung oberhalb 45 keV oder
b) Reaktorpersonal, das bei der geplanten Arbeit nicht kontaminiert wird.

- III : Personen, die nicht mit radioaktiven Stoffen umgehen und sich nur gelegentlich, höchstens jedoch 40 Stunden im Monat in Kontrollbereichen aufhalten, so daß ihre Jahresdosis mit großer Wahrscheinlichkeit unterhalb 1,5 rem zu erwarten ist.

- IV : Alle nicht in Gruppe I bis III fallenden Mitarbeiter der GfK.

Tabelle 2 zeigt die prozentuale Häufigkeit der mit amtlicher Filmdosimetrie (Dosimetergruppe Ia und Ib) ermittelten Personendosen (monatliche Auswertung).

	Prozentuale Anzahl der Personendosismeßwerte (mrem)					
	<100	100-499	500-999	1000-1499	1500-4999	>5000
Jan.	89,5	9,8	0,6	0,1	-	-
Febr.	92,5	6,3	1,2	-	-	-
März	89,9	9,4	0,7	-	-	-
April	91,0	8,4	0,4	0,1	0,1	-
Mai	93,4	6,3	0,1	-	0,2	-
Juni	86,6	12,6	0,8	-	-	-
Juli	94,2	5,6	0,2	-	-	-
Aug.	90,2	9,5	0,2	0,1	-	-
Sept.	88,3	11,4	0,3	-	-	-
Okt.	91,1	7,6	1,2	-	0,1	-
Nov.	93,0	6,2	0,8	-	-	-
Dez.	93,5	5,5	0,6	0,4	-	-

Tab. 2: Prozentuale Anzahl der Personendosismeßwerte (Dosimetergruppe I)

Tabelle 3 zeigt die prozentuale Häufigkeit der mit amtlicher Glasdosimetrie (Dosimetergruppe II) ermittelten Personendosen (vierteljährliche Auswertung).

	Prozentuale Anzahl der Personendosis- meßwerte (mrem)			
	<100	100-499	500-999	>1000
I. Quartal	86,3	12,5	1,2	-
II. Quartal	84,3	14,2	1,5	-
III. Quartal	84,8	14,1	1,1	-
IV. Quartal	69,0	29,8	1,2	-

Tab. 3: Prozentuale Anzahl der Personendosismeßwerte
(Dosimetergruppe II)

Aufbauend auf der mehrjährigen Benutzung der in der Personendosiskartei verwendeten Karteikarten wurde eine neue Karteikarte entworfen, die ab 1972 verwendet wird. Besonderer Wert wurde u. a. auf Rationalisierung gelegt, außer bei den im Laufe des Jahres hinzukommenden neu zu überwachenden Personen sind alle Personalangaben der Sichtkartei computergefertigt.

2.2 Sicherheitsingenieur - konventioneller Bereich

E. Windbühl

2.2.1 Arbeitssicherheit

Bei der Beurteilung von Unfallereignissen wird oft der Schluß gezogen, daß die Unfälle vorwiegend durch "persönliches Fehlverhalten" der Verunfallten eingetreten sind. Als Unfallursache werden "Unaufmerksamkeit, Ungeschicklichkeit, Leichtsinn" und ähnliche Begründungen genannt. Deshalb

wird vielfach mit der Unfallverhütung bei Verunfallten begonnen, wobei man versucht, durch Belehrung eine sicherheitsgerechte Verhaltensweise zu erreichen. Dies führt jedoch nur in beschränktem Umfange zum Ziel, da das Aufmerksamkeitsverhalten der Mitarbeiter durch solche Maßnahmen nur in bescheidenem Maße veränderbar ist. Ein Abbau des Faktors "persönliches Fehlverhalten" dürfte deshalb nur durch eine Verbesserung der betrieblichen Umweltbedingungen erreichbar sein. Hierbei sind zwei große Bereiche zu unterscheiden - der technische und der soziale Bereich.

Neben diesen Faktoren gibt es im betrieblichen Bereich auch organisatorische Festlegungen und Gegebenheiten. Organisatorische Maßnahmen können deshalb ein Gerüst für betriebliche Abläufe darstellen und damit lenkende Funktionen erfüllen. Sie können hierdurch mehr oder weniger auch den Ausgang von Handlungen beeinflussen, die den technischen oder sozialen Sicherheitsmaßnahmen dienen.

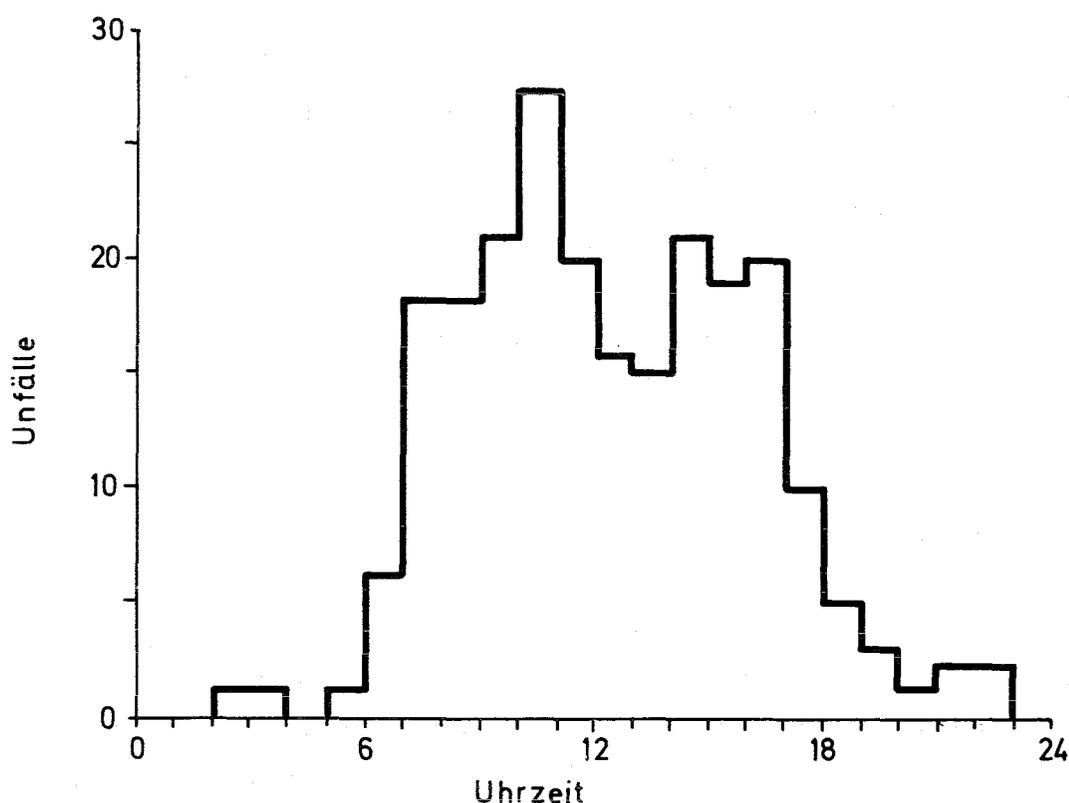


Abb.1.: Zeitliche Verteilung der Unfälle

2.2.2 Beratung - Information - Ausbildung

Neben der ständigen Beratung in sicherheitstechnischen Fragen wurden den Instituten und Abteilungen laufend Informationen zur Arbeitssicherheit zugeleitet. Insbesondere ist hier die begonnene Erstellung und Verteilung von Chemikaliendatenblättern erwähnenswert. Diese Maßnahme soll dazu beitragen, Unfälle, die durch unsachgemäße Handhabung oder Lagerung von Chemikalien infolge Unkenntnis erfolgen können, möglichst zu vermeiden.

In einer Informationsveranstaltung "Sicherheit auf Baustellen" wurden die auf Baustellen tätigen Führungskräfte mit der Verantwortlichkeit und der rechtlichen Bedeutung der Unfallverhütungsvorschriften vertraut gemacht.

Der verstärkte Einsatz von Flurförderzeugen erforderte im Jahre 1971 die Ausbildung und Zulassung von weiteren Mitarbeitern zum Führen dieser Transportmittel. Die Zahl der Ausgebildeten beträgt jetzt insgesamt 145.

Während des Berichtszeitraumes wurden im Rahmen der vorbeugenden Unfallverhütung Filme und Tonbildschauen mit den Themen: Baustellensicherheit, Verkehrssicherheit, Sicherheit beim Elektro- und Gasschweißen, Augenschutz, Gehörschutz und Umgang mit Flurförderzeugen gezeigt. An diesen Veranstaltungen haben etwa 900 Mitarbeiter teilgenommen.

2.2.3 Betriebsüberwachung

Im Berichtszeitraum erfolgten im Rahmen der allgemeinen Betriebsüberwachung 102 Begehungen in den Instituten und Abteilungen, hiervon 14 mit einem Vertreter des Betriebsrates und 15 gemeinsam mit einem Aufsichtsbeamten der Gewerbeaufsicht. Hierbei ergaben sich 159 Beanstandungen; außerdem wurden 66 Empfehlungen zur Verbesserung der Arbeitssicherheit gegeben.

2.2.4 Besondere Schadensfälle

16. 1. Schmelbrand in einer Gebäudedehnungsfuge im Erweiterungsbau von Gebäude 701, entstanden bei der Ausführung eines Deckendurchbruches infolge Abtrennens der Stahlarmierung.
12. 3. Wasseraustritt aus einem Versuchsstand außerhalb der Dienstzeit.
4. 5. Austritt von Kerosin, Tributylphosphat und HNO_3 aus einem Lagerfaß infolge Reaktion der Flüssigkeit mit dem Behältermaterial.
2. 7. Schmelbrand in der Isolierung des Abluftkanals von Gebäude 701 beim Anschließen eines Abluftkanals.
2. 8. Schmelbrand im Dachaufbau von Gebäude 606, entstanden bei Reparaturarbeiten an der Dachhaut.
2. 9. Beim Umfüllen aus einer 50-l-Sauerstoff-Druckgasflasche in eine 2,6-l-Flasche erfolgte in der kleinen Flasche eine Explosion. Hierbei entstanden erheblicher Sachschaden sowie schwere Verletzungen bei 2 Personen mit Todesfolge in einem Falle.
- 7.12. Natriumaustritt im Verschleißprüfstand in Gebäude 272 durch Kurzschluß im Natriumehitzer.

2.3 Meldestelle

W. Stock

Die Meldestelle im Technischen Sicherheitsbüro der ASS ist für die Überwachung, Erfassung und Meldung von radioaktiven Stoffen, Kernbrennstoffen und Schwerwasser zuständig. Grundlage dieser Tätigkeit sind die Gesetze und Verordnungen wie:

- 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 erstreckt sich auf:

- Überwachung der Genehmigungsvoraussetzungen für Umgang, Lagerung, Transport, Ein- und Ausfuhr
- Transportbegleitung für interne Plutonium-Bewegungen
Pu-Bewegungen werden nur mit Genehmigung und unter direkter Aufsicht eines Vertreters der Meldestelle durchgeführt. (Diese Kontrolle erstreckt sich auch auf GfK-fremde Anlagen innerhalb des KFZK.) 1971 wurden 462 Pu-Transporte überwacht.
- Kontrolle
der Bestände bei Inspektionen durch Behörden in den einzelnen Instituten der GfK und GfK/VA
der Buchführung, Belege und Meldungen der einzelnen Anlagen

Datum	Inst./Abtlg.	Art der Kontrolle
3. 2.	SKT	12 Reaktorplatten
4. 2.	KNK	74 Brennelemente
24. 5.	ASS/TSB	Buchprüfung
25. 5.	SNEAK	717 SNEAK-Plättchen 7 PuO ₂ -Behälter
25. 5.	SUAK	4526 SNEAK-Plättchen 92 Natururanblöcke
26. 5.	IMF	UO ₂ - u. PuO ₂ -Pulver
27. 5.	IHCH	UO ₂ -Folien
27. 5.	IRCH	8 Standards
27. 5.	IKVT	UO ₂ + U ₃ O ₈
28. 5.	RB/Z	46 bestr. UO ₂ /PuO ₂ -Proben
28. 5.	ASS	1 Pu-Be-Quelle
17.12.	ASS/TSB	Buchprüfung
17.12.	SNEAK	435 Doppler-Loop-Stäbe 116 SNEAK-Plättchen 10 PuO ₂ -Behälter

Durch das Atomic Energy Control Board Ottawa - Kanada:

Datum	Inst./Abtlg.	Art der Kontrolle
1. 6.	ASS/TSB	Buchprüfung
1. 6.	INR	96 Brennelemente 2 Brennstäbe
1. 6.	FR 2	17 Brennelemente 513 Brennstäbe
1. 6.	STARK	Uranmantel - STARK 172 SNEAK-Plättchen 225 Natururanblöcke
2. 6.	SNEAK	2262 Natururanplättchen 1066 Natururanblöcke 4 PuO ₂ -Behälter
2. 6.	SUAK	4526 Natururanplättchen 92 Natururanblöcke
2. 6.	SKT	225 Brennstäbe
2. 6.	MZFR	416 Brennelemente
2. 6.	ADB	21 Fässer mit abger. Uran

2.4 Einsatzplanung

W. Reuble

Dem Technischen Sicherheitsbüro obliegt die Organisation der Ortsbegehungen und Ortseinweisungen der Einsatzleiter vom Dienst (EVD) sowie die Versorgung aller Einsatzdienste mit den erforderlichen Informationen und Unterlagen für deren Ausbildung und Einsatzbereitschaft.

Einen wesentlichen Bestandteil dieser Unterlagen bilden die Brandbekämpfungspläne, die für jede Anlage bzw. Institution entsprechend den jeweiligen Gegebenheiten erstellt werden. Zur Vermeidung einer unübersichtlichen Vielgestaltigkeit besteht jeder Brandbekämpfungsplan für Einrichtungen des Kernforschungszentrums Karlsruhe aus:

- Angaben zur Brandbekämpfung:

Textliche Hinweise in Kurzfassung entsprechend einer einheitlichen Gliederung über Gebäude, Funktion und besondere Risiken der Anlage.

- Gebäudepläne für die Einsatzdienste:

Schematische Grundrißzeichnungen im Maßstab 1:200, in die alle Angaben für die Einsatzdienste und die der Sicherheit dienenden Einrichtungen eingetragen sind.

Diese Angaben sollen sich gegenseitig ergänzen und durch übersichtliche Darstellung eine schnelle und eindeutige Information ermöglichen. Die Verwirklichung dieses Zieles konnte durch Zusammenarbeit mit den zuständigen Herren der einzelnen Institutionen, durch Ortsbesichtigungen, Beachtung von bestehenden Betriebsbeschreibungen und Genehmigungsaufgaben erreicht werden.

Mit Abschluß des Berichtsjahres 1971 liegen von nahezu allen Institutionen des Kernforschungszentrums Karlsruhe Unter-

lagen für die Einsatzdienste vor. Die Umstrukturierung einzelner Institutionen, Erweiterung oder Umbau verschiedener Anlagen oder Gebäudeteile machen einen ständigen Änderungsdienst dieser Unterlagen nötig.

Im engen Zusammenhang mit der Information und Bereitstellung der Unterlagen für die Einsatzdienste steht die Überwachung der Einsatzbereitschaft und des Ausbaus der Kommunikationsmittel und der damit zusammenhängenden Sicherheitseinrichtungen.

2.5 Räumungsübung

W. Koelzer

Für das Kernforschungszentrum Karlsruhe besteht ein Räumungsplan, der auch für den Fall eines schweren Reaktorunfalls und bei Bedrohung durch äußere Ereignisse eine sichere, ordnungsgemäße und schnelle Räumung des Zentrums ermöglicht.

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

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

Am Dienstag, den 18. Mai 1971, fand zu diesem Räumungsplan die erste Übung statt, über deren Zeitpunkt die Mitarbeiter vorher unterrichtet wurden.

Die Übung war als "Abfahrübung" speziell für die Mitarbeiter, die mit eigenem Fahrzeug ins KFZK kommen, zum Kennenlernen der Räumungswege vorgesehen. An dieser Übung sollten alle Mitarbeiter - mit Ausnahme der Schichtdienste - teilnehmen, die an diesem Tag mit eigenem Fahrzeug ins KFZK gekommen waren. Der genaue Zeitpunkt der für den Nachmittag gegen 16.30 Uhr angesetzten Übung wurde über die Lautsprecheranlage - zeitlich gestaffelt für die einzelnen Räumungszonen - durchgegeben.

Zur Überwachung des Übungsablaufs und des Verhaltens der Mitarbeiter sowie zur Feststellung der zeitlichen Fahrzeugdichte waren an kritischen Stellen innerhalb des Zentrums, an den insgesamt 5 Toren und auch außerhalb Beobachter verteilt. Das Arbeits- und Sozialministerium Baden-Württemberg und das Landesinstitut für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin Karlsruhe hatten Beobachter entsandt.

Während der Übung haben 1994 Fahrzeuge mit etwa 3000 Mitarbeitern das Kernforschungszentrum verlassen, das entspricht einer Übungsbeteiligung von etwa 80 %. Rund 600 Mitarbeiter ohne Fahrzeug wurden - außerhalb der üblichen Mitfahrgemeinschaften - von Fahrzeugbesitzern mitgenommen.

Die Übung hat gezeigt, daß der Räumungsplan für das Kernforschungszentrum Karlsruhe eine geordnete, schnelle und sichere Räumung ermöglicht. Die Räumung jeder der drei Zonen war in 10 Minuten erreicht. Von der Kapazität der Räumungswege her ist eine schnellere Räumung möglich. Von den Mitarbeitern wurden weitgehend (zu etwa 90 %) die vorgeschriebenen Räumungswege benutzt.

Es kam zu keinen Unfällen.

2.6 Allgemeine Aufgaben

G. Stäblein

2.6.1 Sicherheitsbeirat

Im Jahre 1971 fanden die folgenden Sitzungen des Sicherheitsbeirates mit den jeweils für die betreffende Anlage nominierten Mitgliedern statt.

Ladung, Vorbereitung und Protokollierung der Sitzung ist Aufgabe des Leiters ASS/TSB.

Datum	Gremium	Thema
12. 1.	ALKEM	Sicherheitsfragen, Umzug
2. 3.	WAK	Inbetriebnahmestufen e' und d
23. 3.	ÜBERBETR. FRAGEN	Neuer Abluftplan für das KFZK
29. 3.	IMF	Kritikalitätssicherheit im Lager
8. 6.	STARK	Ladung 7A bis 7D
29. 6.	WAK	Sicherheit für Interventionsphase
12. 7.	ALKEM	Sicherheitsfragen, Zwischenfall
15. 7.	WAK	Plutoniumbetrieb
28. 7.	KNK	Inbetriebnahme KNK
4. 8.	WAK	Pu-Verdampfer
4. 8.	SNEAK	SNEAK-8-Anordnung
26.10.	MZFR	Betriebsbericht
7.12.	WAK	Inbetriebnahmestufe e'
7.12.	ALKEM	Sicherheitsfragen
21.12.	SNEAK	SNEAK-9B-Anordnung

2.6.2 Behördenkontakte

Aufsichtsbesuche durch die zuständigen Behörden

- Arbeits- und Sozialministerium Baden-Württemberg (ASM)
- Gewerbeaufsichtsamt Karlsruhe (GAA)
- Landesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin, Immissions- und Strahlenschutz Karlsruhe (LAK) - (gleichzeitig Aufsichtsbeamter für den Unfallversicherungsverband)
- Technischer Überwachungsverein Baden (TOV)

wurden von ASS/TSB begleitet und sich ergebende Beanstandungen bearbeitet.

Behörde	Zahl der Besuche	besuchte Institute und Abteilungen
ASM	42	ADB, ASS, ASS/GM, ASS/TSB, AV 1/AZ, IAR, IHCH, IKVT, IMF, IMF/LB, INR, IRCH, Med., RB/FR 2, RB/HZ, RB/KTH, SKT, SUAK
GAA	45	ADB, ASS, ASS/CH, ASS/TSB, AV 1/FD, AVW, AVW-Wäscherei, EKM-Hptl., IAK, IEKP, IKVT, IMF, INR, IRCH, IRB, Kantine, LEM, LIT, RB/FR 2, RB/HZ, RB/KTH, Zykl.
LAK	11	ADB, ASS, ASS/TSB, IEKP, IHCH, IKVT, IRCH, EKM/FK, RB/FR 2
TOV	2	IKVT, SUAK

Tab. 4: Aufsichtsbesuche

3. Strahlenschutzüberwachung

3.1 Arbeitsplatzüberwachung

L.A. König, J. Amann, D. Beier, E. Dietrich

Die Arbeitsplatzüberwachung umfaßt Routinemessungen, die in langfristigen Vereinbarungen mit den zuständigen Strahlenschutzverantwortlichen festgelegt sind sowie ergänzende, kurzfristig veranlaßte Überwachungsmaßnahmen, die auf den Betriebsablauf abgestimmt sind.

In Tabelle 5 sind einige in Zusammenhang mit der Arbeitsplatzüberwachung interessante Zahlen zusammengefaßt. Zum Vergleich werden die entsprechenden Zahlen aus dem Vorjahr wiederholt.

Jahr		1970	1971
Wischtests	insgesamt	407 000	456 000
	> 2 NE	66 900 *	65 400
Luftstaubmessungen		19 400	17 700
Kontamination	Räume (einschl. Gegenstände)		144
	Fußboden (ausschließlich)	3 009	1 100
	Sachen		1 800
	Personen	105	77
	Atemluft	169	134

* Berichtigte Zahl gegenüber Jahresbericht 1970 (KFK 1365)

Tab. 5: Obersicht über die Ergebnisse der Arbeitsplatzüberwachung

Nicht aus der Tabelle ersichtlich ist der Aufwand für Direktmessungen der Äquivalentdosisleistung und der Oberflächenkontamination. Interessant ist die Feststellung, daß die Anzahl der Wischtests gegenüber dem Vorjahr zugenommen hat, obwohl angestrebt wird, wo immer möglich, Direktmessungen durchzuführen, weil diese Sofortinformationen liefern. Gegenüber dem Vorjahr wurde die Aufschlüsselung der Ergebnisse geändert, um diese den Gegebenheiten besser anzupassen. Die Gesamtzahl der Raum-, Fußboden- und reinen Sachkontaminationen ist praktisch konstant geblieben. Der Rückgang der Anzahl der registrierten Personen- und Atemluftkontaminationen darf nicht überbewertet werden, sondern ist zunächst als statistische Schwankung anzusehen.

Wischtests		> 2 NE	14 %
		auf Anforderung	31 %
		Routine	69 %
Kontaminationen	Raum (einschl. Gegenstände)	α	8 %
		β	78 %
		$\alpha+\beta$	14 %
	Fußboden (ausschließlich)	α	11 %
		β	68 %
		$\alpha+\beta$	21 %
	Sachen	α	13 %
		β	51 %
		$\alpha+\beta$	36 %
	Atemluft	α	23 %
		β	75 %
		$\alpha+\beta$	2 %
	Personen	α	8 %
		β	92 %

Tab. 6: Prozentuale Aufschlüsselung der Ergebnisse aus Tabelle 5

Tabelle 6 enthält ergänzende Informationen zu Tabelle 5 über die Arbeitsplatzüberwachung und ihre Ergebnisse. Der Anteil der auf kurzfristige Anforderung ausgeführten Wischtests wurde registriert, um einen Hinweis auf den Anteil der reinen Routineüberwachung an der Gesamtüberwachung zu erhalten.

Tabelle 7 enthält eine Aufschlüsselung der Ergebnisse der Kontaminationsüberwachung auf jene Abteilungen bzw. Institute, auf die ein wesentlicher Teil des Gesamtaufwandes für Kontaminationsüberwachung entfällt.

Institute/Abteilungen			ADB	FR 2	RB/HZ	IRCh	Sonst.
Kontaminationen	Raum (einschl. Gegenst.)	α	0	17	0	83	0
		β	2	26	7	16	49
		$\alpha+\beta$	20	0	60	0	20
	Fußboden (ausschließlich)	α	42	0	0	46	12
		β	49	2	8	0	41
		$\alpha+\beta$	47	0	50	0	3
	Sachen	α	11	2	0	39	48
		β	19	27	28	6	20
		$\alpha+\beta$	6	0	87	0	7

Tab. 7: Prozentuale Verteilung der Ergebnisse auf verschiedene Bereiche

In den Tabellen 8 und 9 werden einige nähere Angaben über die Ergebnisse der Luftüberwachung gemacht. In Tabelle 8 sind die bei der Luftüberwachung am Arbeitsplatz gefundenen Luftkontaminationen aufgeschlüsselt. Es wurde - Tritium

ausgenommen - keine β -Kontamination oberhalb von $4 \cdot 10^{-9}$ Ci/m³ und keine α -Kontamination oberhalb von $2 \cdot 10^{-8}$ Ci/m³ festgestellt. In Tabelle 9 werden Einzelheiten über die bei den Tritiummessungen am FR 2 festgestellten Konzentrationen angegeben. Gegenüber dem Vorjahr ergab sich keine Änderung der Verhältnisse.

Radionuklide		Anteile in %
Tritium		48
Aerosole	α	24
	β	26
	$\alpha+\beta$	2

Tab. 8: Aufschlüsselung der Luftkontaminationen

Größenordnung* der Konzentration (Ci/m ³)	Anzahl der Fälle
10^{-5}	26
10^{-4}	25
10^{-3}	4
10^{-2}	1

* Definiert durch: $3 \cdot 10^{n-1} \leq \text{Konzentration} < 3 \cdot 10^n$

Tab. 9: Aufschlüsselung der am FR 2 gemessenen Tritiumkontaminationen

1971 wurden im Strahlenschutzmeßlabor 41 Proben α -spektroskopisch untersucht. Die Proben teilten sich auf in 26 Luftstaubfilter, 12 Wischttests sowie 3 kontaminierte Gegenstände. 23 der Proben stammen aus dem Bereich der Abteilung Dekontaminationsbetriebe, der Rest aus dem übrigen Zentrum. Tabelle 10 gibt eine Übersicht über die α -spektroskopisch nachgewiesenen Radionuklide.

Auf dem α - β -Pseudokoinzidenzprobenwechsler für 20 cm-Filter wurden insgesamt 16 600 Luftfilter ausgemessen. Dabei wurde auf 54 Filtern eine α -Aktivität oberhalb 0,1 nCi und auf 128 Filtern eine β -Aktivität oberhalb 0,5 nCi festgestellt.

Nuklide	Anzahl der Fälle	Nuklide	Anzahl der Fälle
^{241}Am	22	^{242}Cm und/oder	2
^{239}Pu	20	^{252}Cf	
^{210}Po	14	nat. Luftstaub	1
^{228}Th +Folgepr.	3	^{238}Pu	1
^{234}U	3	^{243}Cm	1
nat. U	2	^{250}Cf	1

Tab. 10: Alphaspektroskopisch im Strahlenschutzlabor am FR 2 identifizierte Radionuklide

Ferner wurden 118 Proben γ -spektroskopisch untersucht. Im einzelnen handelt es sich um 59 Luftstaubfilter, 42 Wischttests, 15 aktivierte bzw. kontaminierte Gegenstände sowie 1 Gasprobe. Außerdem wurde eine Vor-Ort-Messung ausgeführt. 46 der Proben stammen aus der Abteilung Dekontaminationsbetriebe, 41 vom FR 2. Der Rest wurde aus den übrigen Anlagen des Kernforschungszentrums angeliefert. Zwei Proben konnten nicht analysiert werden, da die Aktivität zu gering bzw. eine Analyse ohne chemische Trennung nicht möglich war. Tabelle 11 gibt eine Übersicht über die γ -spektroskopisch identifizierten Radionuklide.

Nuklide	Anzahl der Fälle	Nuklide	Anzahl der Fälle
$^{137}\text{Cs}-^{137\text{m}}\text{Ba}$	39	^{54}Mn	1
^{60}Co	37	^{59}Fe	1
$^{110\text{m}}\text{Ag}$	25	^{75}Se	1
$^{95}\text{Zr}-^{95\text{m}}\text{Nb}$	22	^{76}As	1
^{65}Zn	18	^{82}Br	1
$^{106}\text{Ru}-^{106\text{m}}\text{Rh}$	17	^{111}Ag	1
^{134}Cs	17	^{122}Sb	1
$^{144}\text{Ce}-^{144\text{m}}\text{Pr}$	17	$^{126}\text{Sn}-^{126\text{m}}\text{Sb}$	1
^{51}Cr	11	^{132}J	1
$^{103}\text{Ru}-^{103\text{m}}\text{Rh}$	9	^{134}J	1
^{125}Sb	8	^{135}Xe	1
$^{99}\text{Mo}-^{99\text{m}}\text{Tc}$	5	^{138}Cs	1
^{133}J	5	^{139}Ce	1
^{131}J	4	^{141}Ce	1
^{24}Na	3	^{192}Ir	1
^{56}Mn	3	^{198}Au	1
^{58}Co	3	^{199}Au	1
^{124}Sb	3	^{210}Pb	1
$\text{U}_{\text{nat.}}$	3	$^{226}\text{Ra} + \text{ Folgepr.}$	1
^{64}Cu	2	$^{228}\text{Th} + \text{ Folgepr.}$	1
$^{114\text{m}}\text{In}-^{114}\text{In}$	2	$^{232}\text{Th} + \text{ Folgepr.}$	1
^{135}J	2	^{235}U	1

Tab. 11: Gammaskopie im Strahlenschutzlabor am FR 2 identifizierte Radionuklide

Von den außerhalb der Routine durchgeführten Arbeiten sind insbesondere Strahlenfeldmessungen an einem im IEKP neu in Betrieb gegangenen Kaskadengenerator zu berichten. Ziel dieser Messungen war, die Ausdehnung des Strahlenfeldes und die Ausgangspunkte der Strahlung zu ermitteln. Die Messungen wurden durchgeführt unter Verwendung von Festkörperdosimetern (Glas- und Thermolumineszenzdosimetern), von Dosisleistungsmeßgeräten sowie eines Vielkanalanalysators. Auf diese Weise konnte u. a. gezeigt werden, daß ein wesentlicher Anteil der Strahlung von Sekundärelektronen herrührt, die die Beschleunigerspannung voll durchlaufen, bevor sie abgebremst werden.

Erhebliche Mühe wurde darauf verwendet, β -Dosisleistungen möglichst genau zu bestimmen. Dies war insbesondere deswegen notwendig, weil bei manchen Arbeiten die Strahlenbelastung der Mitarbeiter so groß ist, daß die Einhaltung höchstzulässiger Dosen nachgewiesen werden muß. Zur Zeit werden in allen Zweifelsfällen neben den Direktmessungen mit TOL/D bzw. TOL/E bzw. Weichstrahlkammern Messungen mit Radiophotolumineszenz- sowie Thermolumineszenzdosimetern durchgeführt, die eine vorgegebene Zeit bestrahlt werden.

Insgesamt waren im Berichtszeitraum 105 Radioisotopentransporte vom bzw. zum Kernforschungszentrum sowie 6 innerhalb des Zentrums zu begleiten.

3.2 Dichtigkeitsprüfungen

H. Fessler

Die nach der 1. Strahlenschutzverordnung vorgeschriebenen Dichtigkeitsprüfungen an umschlossenen radioaktiven Stoffen werden für alle im Kernforschungszentrum vorhandenen Quellen auf Grund einer Ermächtigung der Aufsichtsbehörde von unabhängigen Sachverständigen für Dichtigkeitsprüfungen in Eigenüberwachung durchgeführt.

Im Jahre 1971 wurden insgesamt 140 Dichtigkeitsprüfungen an umschlossenen radioaktiven Stoffen durchgeführt. Bei diesen Prüfungen wurden 12 undichte Quellen ermittelt.

3.3 Überwachung der Ableitungen

3.3.1 Abluftüberwachung

L.A. König, J. Amann

Die Ableitung radioaktiver Stoffe aus dem Kernforschungszentrum Karlsruhe in die Atmosphäre wird gemäß den mit der Aufsichtsbehörde vereinbarten "Grundsätzen für die Ableitung radioaktiver Stoffe in die Luft aus dem Kernforschungszentrum Karlsruhe" im sogenannten "Abluftplan" vorgeplant. Dieser wird im allgemeinen für ein Jahr aufgestellt und enthält für die einzelnen Anlagen verbindliche Monats- und Jahreshöchstwerte.

Tabelle 12 enthält eine Übersicht über die im Jahr 1971 von den einzelnen Anlagen des Kernforschungszentrums abgeleitete Aktivität.

Tab. 12: Ableitung radioaktiver Stoffe im Jahr 1971 aus dem Kernforschungszentrum Karlsruhe in die Atmosphäre (Aktivitätsangaben in Ci)

Anlage	FR 2		MZFR		WAK		ADB		Zykl.	IRCh	RB/HZ
Nuklid bzw. Gruppe	⁴¹ Ar	³ H	³ H	IV	I	⁸⁵ Kr	I	II	⁴¹ Ar, ¹³ N, ¹⁵ O	⁴¹ Ar	²¹⁰ Po
n. Abluftplan zul. Monatswert	30 000	120	500	300	1 · 10 ⁻³	50 000	4 · 10 ⁻⁴	5 · 10 ⁻²	30	4	1 · 10 ⁻⁴
Januar	12 450	38,8	69	28	1,6 · 10 ⁻⁶	-	3,0 · 10 ⁻⁶	-	2,35	3,3 · 10 ⁻²	-
Februar	11 150	33,6	55	18	2,5 · 10 ⁻⁶	-	-	-	1,70	6,0 · 10 ⁻⁴	8,0 · 10 ⁻⁷
März	12 150	40,6	60	32	4,5 · 10 ⁻⁶	-	3,9 · 10 ⁻⁵	1,0 · 10 ⁻³	0,70	2,6 · 10 ⁻³	5,5 · 10 ⁻⁵
April	14 360	54,0	72	44	2,5 · 10 ⁻⁶	-	1,0 · 10 ⁻³	1,9 · 10 ⁻²	4,74	-	-
Mai	8 596	55,4	57	59	1,0 · 10 ⁻⁵	-	5,2 · 10 ⁻⁵	4,6 · 10 ⁻³	-	4,7 · 10 ⁻³	-
Juni	11 637	44,2	100	68	6,0 · 10 ⁻⁶	-	3,5 · 10 ⁻⁵	1,7 · 10 ⁻³	-	2,9 · 10 ⁻²	3,6 · 10 ⁻⁶
Juli	13 180	47,0	64	90	1,0 · 10 ⁻⁶	-	1,9 · 10 ⁻⁵	2,3 · 10 ⁻³	-	7,5 · 10 ⁻³	-
August	10 930	37,8	61	86	1,0 · 10 ⁻⁶	-	4,6 · 10 ⁻⁶	2,6 · 10 ⁻⁴	-	2,0 · 10 ⁻³	-
September	13 200	21,9	390	91	8,0 · 10 ⁻⁶	4 100	1,1 · 10 ⁻⁵	3,1 · 10 ⁻³	-	6,4 · 10 ⁻²	-
Oktober	9 188	80,7	95	5	2,0 · 10 ⁻⁵	6 300	6,0 · 10 ⁻⁵	1,9 · 10 ⁻³	0,20	9,7 · 10 ⁻³	-
November	11 111	65,0	55	< 3	4,5 · 10 ⁻⁵	2 000	7,4 · 10 ⁻⁶	6,3 · 10 ⁻⁴	0,90	1,4 · 10 ⁻²	-
Dezember	13 180	115,0	54	< 2	5,2 · 10 ⁻⁶	3 900	2,6 · 10 ⁻⁶	1,3 · 10 ⁻⁴	4,70	2,3 · 10 ⁻²	-
Summe	141 132	634,0	1 130	526	1,1 · 10 ⁻⁴	16 300	1,2 · 10 ⁻³	3,5 · 10 ⁻²	14,69	0,19	5,9 · 10 ⁻⁵
n. Abluftplan zul. Jahreswert	220 000	1 000	4 000	3 000	1 · 10 ⁻²	500 000	8 · 10 ⁻⁴	0,4	300	30	8 · 10 ⁻⁴
Vorjahreswert	142 129	839	1 685	80	1,2 · 10 ⁻⁴	-	-	-	61	8,6 · 10 ⁻²	-

Zusätzlich wurden 30 Ci ³H bei Ausbreitungsversuchen sowie schätzungsweise 100 Ci ³H bei Targetherstellung (INR) freigesetzt.

Außerdem wurden Anfang 1971 für die FERAB-Anlage (Anlage für feste radioaktive Abfälle), für das Erweiterungslabor für Brennstabentwicklung und für das Transurane-Institut neue Abwassersammelstationen eingerichtet. Die Zahl der Sammelstationen hat sich damit von 38 auf 41 erhöht. Auf diese 41 Stationen verteilen sich insgesamt 191 Sammelbehälter, aus denen die Abwasserproben gezogen werden. Das Fassungsvermögen der Sammelbehälter beträgt bis auf wenige Ausnahmen 10 m^3 . Dies bedeutet, daß das Meßergebnis einer Abwasserprobe über die Freigabe (im Sinne der 1. SSV0) von 10 m^3 Abwasser entscheidet. Die Betriebskosten für die Dekontamination unfreien Abwassers betragen für 10 m^3 rund 1 000 DM.

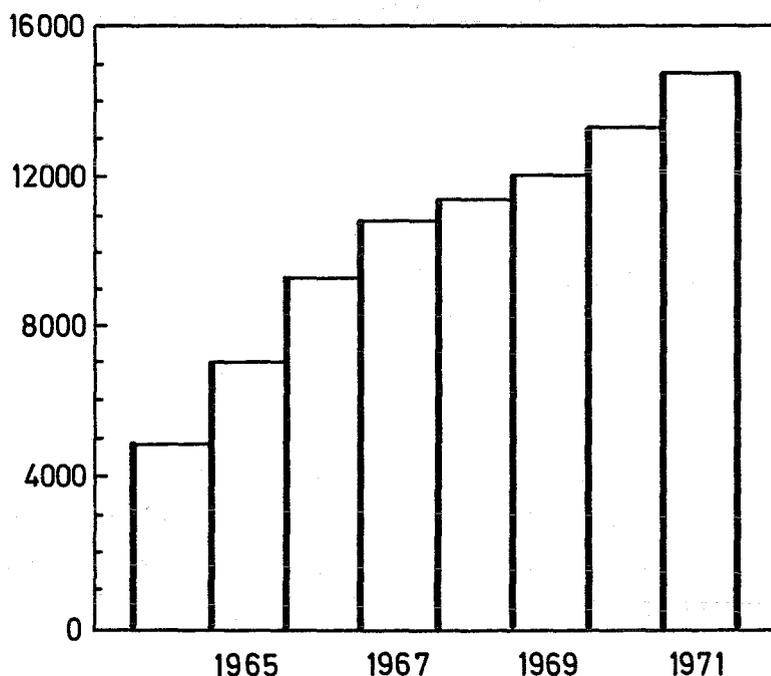


Abb. 2: Jährliche Anzahl der Abwasserproben

Die Aufgabe der Abwasserüberwachung besteht deshalb nicht nur darin, für die Einhaltung der Vorschriften der 1. SSV0 zu sorgen, sondern auch darin, die Freigabemöglichkeiten der 1. SSV0 optimal auszuschöpfen. Dies aber ist umso bes-

ser möglich, je mehr über die Nuklidzusammensetzung einer Abwasserprobe bekannt ist. Eine verstärkte routinemäßige Durchführung spektroskopischer Untersuchungen zur Nuklididentifizierung kann deshalb kostensenkend wirken. Der Umfang der Anwendung von Methoden zur Nuklididentifizierung wird jedoch begrenzt durch den Zeitdruck, unter dem die Messungen im Abwasserlabor bei der ständig steigenden Probenzahl stehen. Der für die Nuklididentifizierung erwünschte Zeitgewinn läßt sich deshalb nur durch Rationalisierungsmaßnahmen im Abwasserlabor selbst erzielen.

1971 galt ein erheblicher Anteil der Arbeiten und Bemühungen des Abwasserlabors diesem Ziel. Von den insgesamt 14 686 Abwasserproben konnten 94 % freigegeben werden (Tab. 17). Der prozentuale Anteil der unfreien Proben ist zwar gegenüber dem Vorjahr um 1,6 % gestiegen, er wäre jedoch ohne die intensivere Durchführung von Einzelnuklidbestimmungen wegen des Aktivitätsanstiegs des Abwassers (Tab. 15 und 16) sicher wesentlich höher ausgefallen.

Neben der Abwasserüberwachung hat das Labor auch 1971 zahlreiche Sonderaufgaben übernommen. Viele Institute und Abteilungen des Kernforschungszentrums (insbesondere FR 2, MZFR, WAK und ADB) machten von der Möglichkeit Gebrauch, Wasser- und Feststoffproben verschiedenster Art und Herkunft (kein Abwasser) im Abwasserlabor untersuchen zu lassen. Dabei wurden insbesondere regelmäßige Kontrollmessungen von Wasserproben aus dem Kühlkreislauf und dem Absetzbecken des FR 2 durchgeführt sowie arbeitstägliche Tritiumbestimmungen in Luftfeuchteproben zur Überwachung des Tritiumgehalts der Abluft und der Luft in verschiedenen Betriebsräumen des FR 2.

Eine Übersicht über die 1971 im Abwasserlabor durchgeführten Einzelmessungen gibt Tabelle 13. Der Jahressumme von rund 17 600 Proben stehen rund 41 600 Einzelmessungen gegenüber, die entweder zum Freigabeentscheid im Sinne der

1. SSV0 oder zum Erhalt der jeweils gewünschten Informationen über die Probe erforderlich waren. Im Mittel waren 1971 im Abwasserlabor arbeitstächlich 64 Proben auszumessen. Knapp 17 % aller Proben waren keine Abwasserproben.

Art der Proben	Zahl der Proben 1971	Zahl der durchgeführten Messungen						Summe der Einzelmessungen
		α	β	^3H	α -spektr.	γ -spektr.	β -Energiebestimmung	
Abwasser	14686	14686	14686	4181	593	2142	853	37141
Schlamm aus Abwassersammelstationen	64	64	64	-	-	-	-	128
Wasserproben FR 2	430	430	430	430	-	430	-	1720
Luftfeuchteproben vom FR 2	2070	-	-	2070	-	-	-	2070
Sonstige Proben	401	81	80	90	189	180	-	620
Jahressumme	17651	15261	15260	6771	782	2752	853	41679

Tab. 13 Art und Zahl der Proben und der 1971 durchgeführten Einzelmessungen

Zusätzlich zu den in Tabelle 13 angeführten Messungen wurden 1971 im Bereich des Abwasserlabors 1 552 Tritiumbestimmungen durchgeführt. Von den 1 552 Proben stammten 248 aus dem Bereich der Umgebungsüberwachung (Kap. 3.4), 528 von den Ausbreitungsexperimenten (Kap. 7) und 776 aus dem Programm zur Bestimmung der Tritiumkontamination der Umwelt (Kap. 7).

Die in den 41 Abwassersammelstationen des KFZK 1971 angefallene Gesamtmenge an sog. Chemieabwasser lag mit rund 255 000 m³ (Tab. 15) um 10 000 m³ unter der des Vorjahres.

Hinsichtlich der gesamten im Chemieabwasser angefallenen Aktivität ergibt sich 1971 jedoch im Vergleich mit früheren Jahren ein völlig neues Bild. Die Steigerungsquoten (Tab. 14) sind fast ausschließlich auf die WAK zurückzuführen, die Ende 1970 in den Zustand der heißen Erprobung trat und 1971 erwartungsgemäß den Hauptteil zu der stark erhöhten Gesamt-abwasseraktivität beitrug. Die 1971 angefallene β -Bruttoaktivität ist 150mal so hoch wie die des Vorjahres. Trotz

der beherrschenden Rolle der von der WAK stammenden Abwasseraktivität sollte nicht übersehen werden, daß auch die β -Aktivität des Abwassers aus allen anderen Anlagen des KFZK im Durchschnitt um den Faktor 3,6 gestiegen ist.

Abwasser-Sammelstationen	Abwasseraktivität 1971 Abwasseraktivität 1970 = f	
	f_{α}	f_{β}
KFZK insgesamt	4,1	149
WAK	4,8	1 458
alle anderen Anlagen	2,7	3,6

Tab. 14: Steigerungsquoten der 1971 angefallenen Abwasseraktivität gegenüber dem Vorjahr

Die Verteilung der angefallenen Abwasseraktivität auf die verschiedenen Anlagen und Institute des Kernforschungszentrums zeigen die Tabellen 15 und 16. Demnach ist die WAK allein bei nur 1,5 % Anteil an der Abwassermenge mit 97,8 % an der gesamten β - und mit 81 % an der gesamten α -Bruttoaktivität beteiligt.

Chemieabwasser und Abwasser- aktivität	α-Brutto- aktivität		β-Brutto- aktivität		Abwassermenge	
	in Ci	%	in Ci	%	in m ³	%
insgesamt	0,492	100	804,86	100	254 395	100
<u>davon entfallen auf:</u>						
die WAK	0,399	81,1	787,52	97,8	3 900	1,5
alle anderen Anlagen	0,093	18,9	17,34	2,2	250 495	98,5

Tab. 15: 1971 im Kernforschungszentrum angefallene Chemie-
abwassermenge und Abwasseraktivität und Anteile
der WAK

Abwassersammel- stationen des KFZK <u>außer</u> WAK	α-Brutto- aktivität		β-Brutto- aktivität		Abwassermenge	
	in mCi	%	in mCi	%	in m ³	%
Heiße Zellen	47,1	50,6	12 718	73,3	2 620	1,0
MZFR	0,3	0,3	3 320	19,2	2 273	0,9
FR 2	1,0	1,0	990	5,7	3 093	1,2
Radiochemie	1,2	1,3	166	1,0	12 970	5,2
Heiße Chemie	25,6	27,5	48	0,3	5 400	2,2
TU-Institut	2,6	2,8	13	0,1	12	-
Alle restlichen 32 Abwasser- stationen	15,2	16,3	85	0,5	224 127	89,5
Summe	93,0	100	17 340	100	250 495	100

Tab. 16: Herkunft des 1971 im Kernforschungszentrum angefal-
lenen Chemieabwassers und der Abwasseraktivität,
ausgenommen WAK

Da jedoch, abgesehen von der WAK, auch die Zunahme der Abwasseraktivität aus allen anderen Anlagen des Kernforschungszentrums bemerkenswert erscheint (die gesamte β -Bruttoaktivität lag mit 17,3 Ci um 12,5 Ci über der des Vorjahres), wurde die Herkunft der Abwasseraktivität dieser Anlagen (alle Abwasserstationen außer WAK) in Tabelle 16 aufgeschlüsselt, geordnet nach abnehmender β -Aktivität.

Es zeigt sich, daß wiederum 99,5 % der gesamten β -Bruttoaktivität und 84 % der gesamten α -Bruttoaktivität in nur 8 der 40 Abwassersammelstationen angefallen sind. Den Hauptanteil am Zuwachs gegenüber dem Vorjahr haben die Heißen Zellen und der MZFR.

Aus Tabelle 15 geht ferner hervor, daß auf 32 Abwassersammelstationen, in denen knapp 90 % des gesamten Chemieabwassers anfallen, nur ein Anteil (bezogen auf die Jahressummen ohne WAK) von 0,5 % der gesamten β - und 16 % der gesamten α -Bruttoaktivität entfällt.

Die in den Tabellen 15 und 16 angegebenen Aktivitätswerte sind die maximal möglichen Aktivitätswerte. Sie setzen sich zusammen aus der nachgewiesenen Aktivität und der maximal möglichen Aktivität solcher Abwasserproben, deren Aktivitätskonzentration unter der Nachweisgrenze lag. Diese Unterscheidung ist notwendig, da, wie die Tabelle 17 zeigt, besonders die α -Aktivitätskonzentration in vielen Fällen unter der Nachweisgrenze liegt.

Die Nachweisgrenzen betragen unter den Meßbedingungen des Routinebetriebs für die α - bzw. β -Bruttoaktivität, bezogen auf ^{235}U und ^{40}K , $0,5 \cdot 10^{-7} \text{ Ci/m}^3$ bzw. $1,0 \cdot 10^{-7} \text{ Ci/m}^3$, für die Tritiumaktivität $1,5 \cdot 10^{-5} \text{ Ci/m}^3$.

Die 1971 aus dem Kernforschungszentrum in den Altrhein abgeleitete Abwassermenge von $4,68 \cdot 10^5 \text{ m}^3$ war um 4 % geringer als im Vorjahr. Der Betrag setzt sich aus dem in Tabelle 15 aufgeführten Chemieabwasser und aus den direkt in die

Kläranlage eingeleiteten anderen Wässern wie Fäkal- und Spülwässern zusammen, die im Gegensatz zum Chemieabwasser vor der Einleitung in die Endbecken noch keiner Aktivitätskontrollmessung unterzogen wurden.

Art der Aktivität	Zahl der untersuchten Abwasserproben 1971	davon mit einer Aktivitätskonzentration < Nachweisgrenze	im Sinne der 1. SSVU unfrei
α	14 686	8 039 (55 %)	890 (6,1 %)
β	14 686	4 259 (29 %)	
^3H	4 181	1 511 (36 %)	

Tab. 17: Anteil der unfreien Proben und der Proben mit Aktivitätskonzentrationen unterhalb der Nachweisgrenze für die α -, β -Brutto- oder Tritiumaktivität

1971		Nachgewiesene Aktivität	Abwassermenge
aus dem Kernforschungszentrum abgeleitete Abwasseraktivität	α	0,4 mCi	
	β	60 mCi	$4,68 \cdot 10^5 \text{ m}^3$
	^3H	734 Ci	

Tab. 18: 1971 aus dem KFZK in den Altrhein bei Leopoldshafen abgeleitete Abwasseraktivität

Tabelle 18 gibt die 1971 aus dem KFZK abgeleitete Abwasseraktivität wieder. Gegenüber 1970 wurden bezüglich der nachgewiesenen Aktivität 73 % mehr α -Bruttoaktivität und 43 %

mehr β -Bruttoaktivität abgeleitet. Die abgeleitete Tritiumaktivität hat sich um 22 % erhöht.

416 Ci der insgesamt abgeleiteten 734 Ci stammen allein vom MZFR. Die WAK ist an der Jahressumme mit 162 Ci beteiligt.

Im Chemieabwasser anfallende Tritiumaktivität gelangt in unverminderter Höhe ins Endbecken. Demgegenüber wird der Erfolg der Dekontamination unfreier Abwässer auf eindrucksvolle Weise demonstriert: Von 805 Ci der im Chemieabwasser angefallenen β -Bruttoaktivität gelangten schließlich nur noch 60 mCi in die Endbecken der Kläranlage des Kernforschungszentrums.

3.3.3 Überwachung des inaktiven Mülls

L.A. König

Der inaktive Müll aus dem Kernforschungszentrum wird, bevor er vom gesellschaftseigenen Müllwagen abgeholt wird, von Mitarbeitern der Abteilung Strahlenschutz und Sicherheit/Oberwachung auf Radioaktivität ausgemessen. Hierbei wurde in ca. 160 Fällen Aktivität festgestellt. Trotz dieser Kontrolle mußte in drei Fällen der vor der Ausfahrt aus dem Kernforschungszentrum nochmals kontrollierte Müllwagen entleert werden, um radioaktive Stoffe sicherzustellen. Die Torkontrolle wurde als zusätzliche Sicherheitsmaßnahme für jene Fälle eingeführt, in denen die Erstmessung in einem Bereich mit erhöhtem Strahlenpegel ausgeführt werden muß, also nicht die größtmögliche Nachweisempfindlichkeit erreicht wird.

Bei der gefundenen Aktivität handelt es sich um aktivierte oder kontaminierte Gegenstände, deren Gesamtaktivität unter der Freigrenze bzw. in der Nähe der Freigrenze lag. Bei der

unkontrollierten Ausfuhr dieser Gegenstände wäre daher eine Gefährdung oder gar Schädigung von Personen unvorstellbar gewesen.

α -Strahler können durch diese Kontrollen nicht erfaßt werden. Hieraus ergibt sich allerdings kein Sicherheitsrisiko, da insbesondere größere α -Aktivitäten nur in Gloveboxen gehandhabt werden, wodurch eine sichere Handhabung der Abfälle gewährleistet ist.

3.4 Umgebungsüberwachung

M. Winter

Die Umgebungsüberwachung des Kernforschungszentrums Karlsruhe wurde auch 1971 nach dem im Februar 1969 vom Arbeits- und Sozialministerium Baden-Württemberg gebilligten Programm durchgeführt.

Das Programm besteht aus zwei Teilen: 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.

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

Zum Meßstellennetz des routinemäßigen Überwachungsprogramms gehören insgesamt 91 ortsfeste Meßstellen.

8 Zählrohraußenstationen (Standorte s. Abb. 4) dienen der Überwachung des ($\beta+\gamma$)-Strahlungspegels in benachbarten Ortschaften. Die Meßwerte dieser Stationen können telefonisch abgefragt werden. Die gewünschte Information über den Strahlungspegel in einem Umkreis von 2 bis 8 km steht damit auch in einer Unfallsituation innerhalb einiger Minuten zur Verfügung.

Auf dem Gelände des Kernforschungszentrums selbst befinden sich 2 Meßhütten, 31 Meßstellen einer Zählrohr-Monitor-Anlage und 50 Aluminiumstandrohre von ca. 3 m Höhe mit daran aufgehängten Festkörper-Dosimetern. Die Zahl der auf Grund der behördlichen Auflage unterhaltenen Meßstellen blieb damit unverändert.

Verändert hingegen wurde das System der Zählrohr-Monitor-Anlage. Im Hinblick auf mögliche Unfallsituationen mit starken Strahlungsfeldern wurde 1971 die Zahl der Hochdosisleistung-Meßstellen von 5 auf 13 erhöht. Die Standorte der 31 Meßstellen auf dem Gelände der GfK und der WAK sowie die Meßbereiche der Detektoren ergeben sich aus Abbildung 3. Während an 27 Meßstellen die Zählrohre mit Energiekompensationsfiltern ausgestattet sind, um weitgehend energieunabhängig die γ -Dosisleistung messen zu können, dienen die 4 Meßstellen ohne derartige Filter an den Geländegrenzen der WAK zur Messung des ($\beta+\gamma$)-Strahlungspegels. Die Erhaltung der β -Empfindlichkeit dieser Zählrohre erschien an diesen Meßstellen im Hinblick auf die ^{85}Kr -Emissionen der WAK wichtig. Die ersten Brennelementauflösungen der WAK haben im 4. Quartal 1971 auch zu mehreren Warnschwellenüberschreitungen dieser Meßstellen geführt.

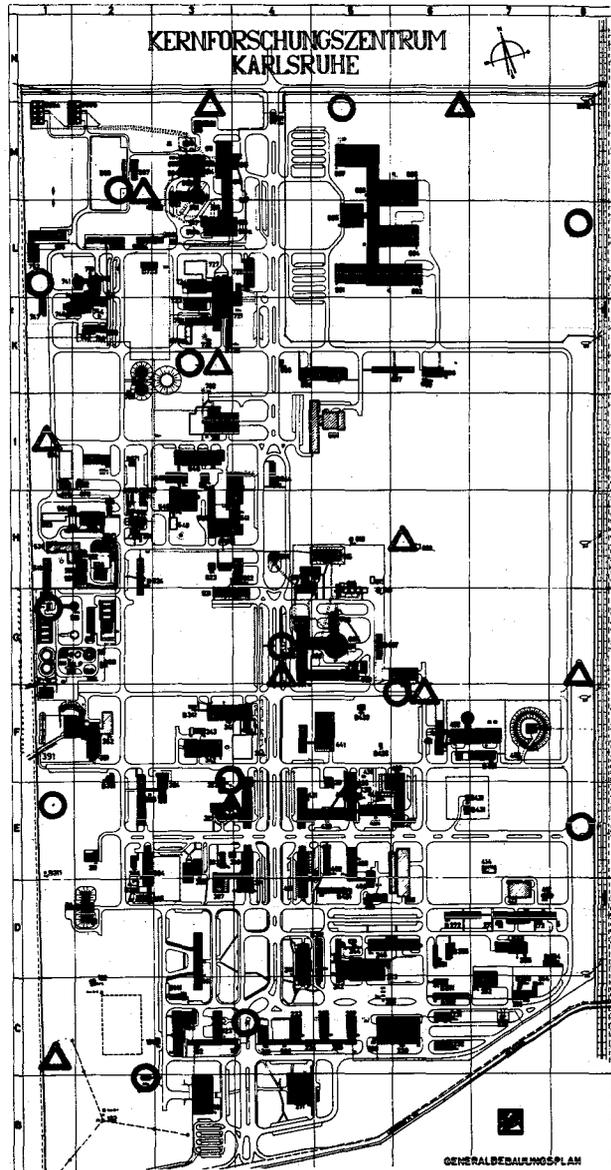
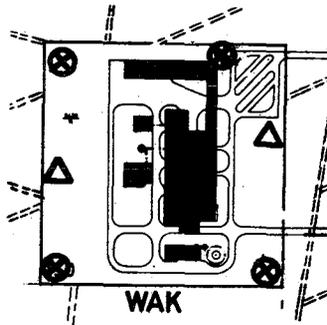


Abb. 3: Meßstellenplan
der Zählrohr-Monitor-
Anlage

- 10^{-2} - 10 mR/h
- △ 10^{-2} - 10^3 R/h
- ⊗ $2 \cdot 10^2$ - $2 \cdot 10^5$ ipm

Das Routineprogramm zur Direktmessung der Strahlung wurde auch 1971 durch die Unterhaltung oder Neuerrichtung zahlreicher zusätzlicher Meßstellen ergänzt. Hier ist insbesondere das umfangreiche Programm zur Erprobung von Festkörper-Dosimetern zur Messung der akkumulierten Strahlungsdosis in der Umgebung zu nennen (13). Einschließlich der von der Aufsichtsbehörde geforderten 64 Meßstellen bestanden 1971 insgesamt 254 Meßstellen mit Festkörper-Dosimetern. Alle Meßstellen sind mit je 2 Phosphatglas-Dosimetern bestückt, insgesamt 200 Meßstellen zusätzlich mit je 2 Thermolumineszenz-Dosimetern. Die 254 Meßstellen verteilen sich auf zwei innere Überwachungsringe um den FR 2-Kamin mit Radien von 100 m und 250 m, auf drei äußere Überwachungsringe mit Radien von 1 km, 2 km und 3 km und auf die insgesamt rund 5 km lange Geländegrenze des KFZK. Alle Dosimeter werden jährlich zweimal zur Ausmessung eingeholt.

Zur Messung der vertikalen Verteilung der γ -Dosisleistung wurden 1971 auf dem meteorologischen Meßmast 3 Meßstellen installiert, die den Niederdosisleistungs-Meßstellen der Zählrohr-Monitor-Anlage entsprechen. Die Zählrohre wurden in 45 m, 130 m und 195 m Höhe angebracht. Die Anzeigeeinstrumente und Linienschreiber dazu befinden sich in der Überwachungszentrale. Die Meßwerte werden durch Kabel übertragen. 1971 konnten auch die bereits im Vorjahr auf dem meteorologischen Mast in 40 m und 80 m Höhe installierten Anemometer und Windfahnen in Betrieb genommen werden. Die zugehörigen Anzeigeeinstrumente befinden sich ebenfalls in der Überwachungszentrale.

Diese Anzeigegeräte sollen dazu dienen, insbesondere außerhalb der Dienstzeit, wenn die meteorologische Meßwarte unbesetzt ist, eine meteorologische Mindestinformation zu liefern, die eine erste Abschätzung der atmosphärischen Ausbreitungsverhältnisse bei Störfällen erlaubt.

froren oder gegebenenfalls Niederschlagsproben genommen. In 40 von insgesamt 55 Proben konnten geringe Tritiumkonzentrationen bis zu maximal 516 pCi/ml nachgewiesen werden.

Im Zusammenhang mit den ersten Brennelementauflösungen der WAK wurden zur Messung der ^{85}Kr -Konzentration der Luft im jeweiligen Windrichtungssektor Luftproben genommen. Insgesamt wurden an 8 verschiedenen Tagen, z. T. nachts, 14 Proben eingeholt. Die Meßergebnisse stimmten in der Größenordnung mit den theoretisch errechneten Werten überein.

Sowohl der Umfang der zur Betreuung des Meßstellennetzes der Umgebungsüberwachung notwendigen Kontrollen, Wartungs- und Reparaturarbeiten und Kalibrierungen, als auch die Zahl der Probenahmen haben 1971 gegenüber dem Vorjahr weiter zugenommen. Zur Durchführung aller dazu notwendigen Fahrten standen 2 mit Funk ausgerüstete Fahrzeuge, 1 VW-Bus und 1 Land-Rover, zur Verfügung, die 1971 insgesamt 18 402 km zurücklegten.

Im folgenden wird das 1971 zur Umgebungsüberwachung durchgeführte Überwachungsprogramm in tabellarischer Form skizziert. Außerdem wurde versucht, durch Bildung von Jahresmittelwerten oder durch Angabe der Schwankungsbereiche der Monatswerte eine Übersicht über die Fülle von Einzelmeßergebnissen zu geben. Die Reihenfolge der Tabellen folgt der angegebenen Gliederung des Überwachungsprogramms.

Die Meßergebnisse weisen gegenüber 1970 keine wesentlichen Veränderungen auf.

Art der Proben	Zahl der Proben
Biologische Proben aus dem Altrheingebiet unterhalb der Abwassereinleitung des KFZK (Schlamm, Plankton, Fisch, Wasserpflanzen)	24
Schlammproben aus dem Hirschgraben unterhalb der Regen- und Kühlwassereinleitung des KFZK	12
Bewuchsproben (vorwiegend Gras und Kiefern-nadeln)	34
Niederschlag	202
Grund-, Trink- und Oberflächenwasser	244
Luftstaub auf Festfiltern	204
Luftfeuchte und Niederschlag zur Tritiumbestimmung bei Brennelementwechsellvorgängen am FR 2	55
Luftproben zur Messung der ^{85}Kr -Konzentration in der Umgebung der WAK	14
Verschiedene Sonderproben	33
Luftfeuchteproben im Rahmen von Ausbreitungsexperimenten	528
Trinkwasser-, Oberflächenwasser- und Niederschlagsproben im Rahmen des Forschungsprogramms zur Bestimmung der Tritiumkontamination der Umwelt	776
Summe	2 126

Tab. 19: Art und Zahl der zur Bestimmung der Umweltradioaktivität genommenen Proben

I. Direktmessung der Strahlung

Programmpunkt I.1

Überwachungs- einrichtung	Meßgrößen	Auswertungsform	Zahl der Meßstellen
Zählrohräußen- stationen * Zählrohre BZ 120 auf Kurbelmasten Impulsspeicher telef. abfragbar	($\beta+\gamma$)- Strahlungs- pegel	Monatsmittel, ge- bildet aus den Impulsraten der täglichen Abfra- gen und minimaler und maximaler Abfragewert	8

* Zählrohrstationen wurden in allen dem KFZK benachbarten Ortschaften aufgebaut, siehe Abb. 4

Meßergebnisse zu I.1

Meßstellen- standorte	($\beta+\gamma$)-Strahlungspegel in ipm		
	Jahres- mittel	min. Abfrage- wert	max. Abfrage- wert
KFZK	495	233	1 566
Leopoldshafen	483	306	1 113
Linkenheim	415	209	1 128
Forsthaus, nördl. KFZK	423	263	941
Friedrichstal	501	273	1 130
Blankenloch	530	277	1 217
Karlsruhe	436	251	1 106
Eggenstein	522	232	1 250

Programmpunkt I.2.1

Überwachungs- einrichtung	Meßgröße	Auswertungsform	Zahl der Meßstel- len
Zählrohr-Monitor- Anlage zur Gelän- deüberwachung	γ -Dosis- leistung	Berichterstattung nur bei Über- schreitungen der Warn- oder Alarm- schwellen	
Zählrohre BZ 120 mit Energiekompensationsfilter Meßbereich: $10 \mu\text{R/h} \leq D \leq 10 \text{ mR/h}$ Warnschwelle bei 1 mR/h			14
Zählrohre Typ 18529 Valvo mit Energiekompensa- tionsfilter Meßbereich: $10 \text{ mR/h} \leq \dot{D} \leq 1\,000 \text{ R/h}$ Alarmschwelle bei 100 mR/h			11

Der Nulleffekt der γ -Dosisleistung \dot{D}_0 im Gelände des KFZK liegt zwischen 0,01 und 0,02 mR/h. Demgegenüber kann \dot{D} an einigen Meßstellen zeitweise, bedingt durch bestimmte Betriebszustände benachbarter kerntechnischer Anlagen, Werte zwischen 0,06 und 0,1 mR/h annehmen. 1971 wurden insgesamt 15 kurzzeitige Überschreitungen der Warnschwelle registriert.

Programmpunkt I.2.2

Überwachungs- einrichtung	Meßgrößen	Auswertungsform	Zahl der Meßstel- len
Zählrohr-Monitor- Anlage zur Gelän- deüberwachung der WAK Zählrohre BZ 120 ohne Energiekom- pensationsfilter	(β+γ)- Strah- lungs- pegel R	Berichterstattung nur bei Über- schreitungen der Warnschwelle	4
Meßbereich: $2 \cdot 10^2 \text{ ipm} \leq R \leq 2 \cdot 10^5 \text{ ipm}$ Warnschwelle: $10 \cdot R_0$ ($R_0 \approx 400 \text{ ipm}$)			
Zählrohre Valvo Typ 18529	γ-Dosis- leistung	Berichterstattung nur bei Über- schreitungen der Alarmschwelle	2
Meßbereich: $10 \text{ mR/h} \leq \dot{D} \leq 1\,000 \text{ R/h}$ Alarmschwelle bei 100 mR/h			

1971 wurden insgesamt 18 Überschreitungen der Warnschwelle von $4 \cdot 10^3 \text{ ipm}$ registriert.

Programmpunkt I.3

Oberwachungseinrichtung	Meßgröße	Auswertungsform	Zahl der Meßstellen
Festkörper-Dosimeter Thermolumineszenz-Dosimeter (LiF) und/oder Phosphatglas-Dosimeter	akkumulierte Strahlungsdosis	Bestimmung der örtlichen Verteilung der Jahresdosis	254
<u>Standorte:</u>			
2 innere Überwachungsringe, Radien 100 m und 250 m um den Abluftkamin des FR 2			35
Entlang der Geländegrenzen des KFZK			103
3 äußere Überwachungsringe, Radien 1 km und 2 km und 3 km			108
Auf den Zählrohraußenstationen			8

Meßergebnisse zu I.3

Expositionszeit	mittlere Jahresdosis in mR gemessen mit Glasdosimetern					
	100 m-Ring	250 m-Ring	Gelände-gr. des KFZK	1 km-Ring	2 km-Ring	3 km-Ring
5-Jahresmittel 1966/1971	107	105	70	55	57	52
9.5.-11.11.71*	188	212	83	60	52	58
	mittlere Jahresdosis in mR gemessen mit LiF-Dosimetern					
2-Jahresmittel 1969/1971	146	159	79	-	-	72
9.5.-11.11.71*	182	189	79	-	-	67

* Die angegebenen Meßwerte wurden auf 1 Jahr extrapoliert

II. Aktivitätsmessungen

Programmpunkt II.1

Oberwachtes Medium	Meßgrößen	Probenahme	Zahl der Sammelstellen
Aerosolgehalt der Luft	langlebige α - und β -Aktivität (ca. 7 Tage nach Probenahme)	2 x wöchentlich mit feststehenden Einzelfiltern	2
	α -Aktivität nach 5 Tagen, β -Aktivität 5-6 Std. nach Bestäubungsende bei 6 Std. Bestäubungszeit	Kontinuierlich mit Schrittfilterbandanlage	1

Meßergebnisse zu II.1

Probenahmestellen	Spezifische β -Bruttoaktivität in pCi/m ³	
	Jahresmittel	Max. Monatsmittel; Monat
Festfilter in Meßhütte West	0,22	0,51 (Juli)
Festfilter in Meßhütte Nordost	0,27	0,61 (Juli)
Schrittfilteranlage auf dem Dach des Strahlenschutzgebäudes	20	44 (Juni)

Die Einzelwerte der α -Aktivität schwankten zwischen < 0,001 und 0,005 pCi/m³.

Programmpunkt II.2

Oberwachtes Medium	Meßgrößen	Probenahme	Zahl der Sammelstellen
Niederschlag	α - und β -Bruttoaktivität	14tägige Sammlung mit Hiberniatrichern	3
	Tritium-Aktivität	14tägige Sammlung mit Hiberniatrichern	3
	Plutonium-Aktivität	monatliche Sammlung mit Naßsammelwannen und mit Hiberniatrichter	2

Meßergebnisse zu II.2

Probenahmestellen	β -Bruttoaktivität				
	integr. Jahreswert in mCi/km ²	Konzentrationswerte in pCi/l			
		Max.	gemessen im	Min.	gemessen im
Meßhütte West	42	151	Juli	12	Nov.
Meßhütte Nordost	40	132	Mai	13	Jan.
WAK	43	194	Juli	10	Nov.
Probenahmestellen	Pu-Aktivität in μ Ci/km ²		³ H in pCi/ml		
	integr. Jahreswert	Schwankungsbereich der Monatswerte			
Meßhütte West	22,0	0,4 - 7,8		0,3 - 5,5	
Meßhütte Nordost	23,7	0,4 - 4,6		0,3 - 5,7	
WAK	10,9	0,2 - 2,6		0,3 - 4,9	

Programmpunkt II.3

Oberwachtes Medium	Meßgrößen	Probenahme	Zahl der Entnahmestellen
Oberflächenwasser	Tritium-Aktivität langlebige α - und β -Aktivität (abzügl. ^{40}K) nach ca. 7 Tagen	kontinuierlich	1
Grund- und Trinkwasser		wöchentlich	1
		1/4jährlich	4
		1/2jährlich	1

Meßergebnisse zu II.3

Probenahmestelle	Schwankungsbereiche		
	β -Bruttoaktivität in pCi/l	α -Bruttoaktivität in pCi/l	^3H -Aktivität in pCi/ml
Oberflächenwasser (Hirschgraben)	<1,2-6,4	<1,7-3,6	<0,3-2,5
Grund- und Trinkwasserproben von 4 Wasserwerken und 2 Schluckbrunnen	<1,2-4,0	<1,7-4,0	<0,3-2,8

Programmpunkt II.4

Überwachtes Medium	Meßgrößen	Probenahme	Zahl der Probenahmestellen
Schlamm	langlebige α - und β -Aktivität nach ca. 7 Tagen	monatlich (Hirschgraben)	1
	langlebige α - und β -Aktivität nach ca. 7 Tagen und Pu-Aktivität	1/4jährlich (Altrhein)	1
Plankton	langlebige α - und β -Aktivität nach ca. 7 Tagen und Pu-Aktivität	1/4jährlich (Altrhein)	1
Fisch	langlebige β -Aktivität nach ca. 7 Tagen (abzügl. ^{40}K)	1/2jährlich (Altrhein)	1
Wasserpflanzen	langlebige β -Aktivität nach ca. 7 Tagen (abzügl. ^{40}K)	1/2jährlich (Altrhein)	1
Bewuchs Futterpflanzen	langlebige β -Aktivität nach ca. 14 Tagen (abzügl. ^{40}K)	1/2jährlich (s. Abb. 4)	3
vorwiegend Kiefernadeln	Pu-Aktivität	1/4jährlich	7

Meßergebnisse zu II.4

Probenahme- stelle	Jahresmittel in pCi/g Tr.	
	α -Bruttoaktivität	β -Bruttoaktivität
Schlamm Hirschgraben	7	19
Altrhein	13	26
Plankton Altrhein	22	57
Fisch Altrhein	Schwankungsbereich der β -Aktivität (abzügl. ^{40}K)	
	< 0,1 bis 1,4 pCi/g Naßgewicht	
Wasserpflanzen Altrhein	3 bis 9 pCi/g Trockengewicht	
Bewuchs 3 Probenahme- stellen	4 bis 44 pCi/g Trockengewicht	
	Schwankungsbereich der Pu-Aktivität	
	0,001 bis 0,008 pCi/g Naßgewicht	
7 Probenahme- stellen		

3.5 Personenüberwachung

3.5.1 Externe Dosis

E. Piesch

Die Eigenüberwachung aller Mitarbeiter des Kernforschungszentrums Karlsruhe mit Phosphatglasdosimetern dient zur Ermittlung einer zusätzlich zur natürlichen Strahlenbelastung vorhandenen beruflichen Strahlenbelastung in der Umgebung kerntechnischer Anlagen. Sie ermöglicht sowohl die Feststellung der akkumulierten Jahresdosis für jede Einzelperson als auch die Ermittlung einer mittleren Jahresdosis für einen bestimmten Personenkreis (Abb. 5).

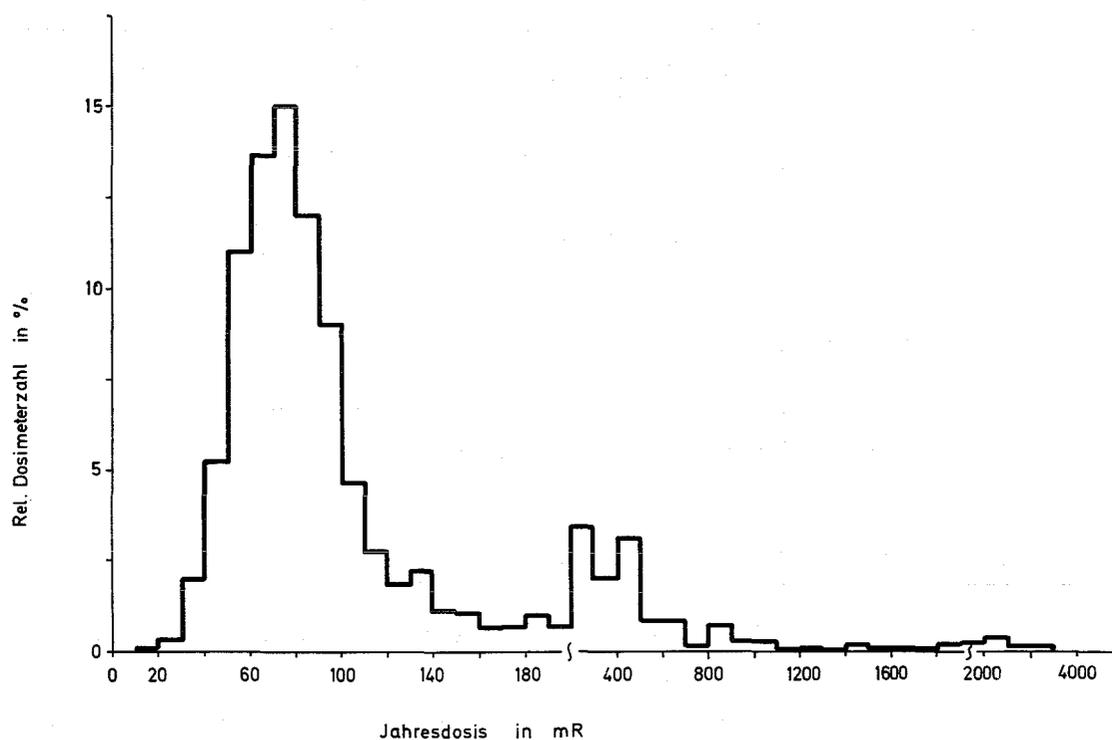


Abb. 5: Strahlenbelastung der Mitarbeiter im Jahre 1971 (Glasdosimeterergebnisse)

Im Kernforschungszentrum wurden im Jahre 1971 etwa 4 000 Personen mit Phosphatglaskugeldosimetern überwacht. Die Auswertung der Dosimeter erfolgt bei Bedarf sofort, bei einem Personenkreis von ca. 700 Personen monatlich, sonst

spätestens halbjährlich. Im Berichtsjahr 1971 wurden insgesamt 16 750 Ausmessungen durchgeführt. Die gemessene mittlere Jahresdosis in den einzelnen Instituten und Abteilungen des KFZK lag zwischen 47 mR und 753 mR. Überschreitungen der zulässigen Personendosis von 3 rem in 13 Wochen bzw. 5 rem/Jahr traten nicht auf. Die für die einzelnen Bereiche gefundenen mittleren Jahresdosiswerte einschließlich der natürlichen Strahlenbelastung sind in Tabelle 20 wiedergegeben.

Anlage	Zahl der Personen	mittlere Jahresdosis mrem	>5 rem/a
Reaktorbetrieb	251	271	-
Beschleuniger	56	424	-
Dekontamination	123	753	-
Strahlenschutz im Kontrollbereich	58	310	-
Chemische Institute	254	244	-
Physikalische Institute	507	91	-
Biol. und medizinische Institute	72	78	-
Sonstige Überwachung	1 671	83	-

Tab. 20: Mittlere Jahresdosis 1971 für den Personenkreis in verschiedenen Bereichen des Kernforschungszentrums Karlsruhe (Glasdosimeterergebnisse)

LiF-Dosimeter werden routinemäßig als Fingerdosimeter und Armbanddosimeter zur Teilkörperdosimetrie eingesetzt. Bei Arbeiten in β -Strahlungsfeldern werden LiF-Dosimeter zu-

sätzlich zum amtlichen Filmdosimeter getragen. Diese Maßnahme ist überall dort erforderlich, wo β -Strahlenbelastungen erwartet werden. LiF-Dosimeter lassen sich vorteilhaft zur Ortsdosimetrie vor allem in β -Strahlungsfeldern dann einsetzen, wenn Messungen mit Weichstrahlkammern in Strahlungsfeldern mit hoher Dosisleistung nicht zu empfehlen sind oder eine Kontamination des Meßgerätes nicht zu vermeiden ist. Der Aufwand für eine solche Ortsdosismessung ist z. B. bei Dekontaminationsarbeiten gerechtfertigt. Im Jahre 1971 wurden insgesamt 4 470 LiF-Dosimeter ausgemessen.

Phosphatglasdosimeter wurden wie bisher an verschiedene auswärtige Stellen ausgegeben und von uns ausgewertet. Vergleichsmessungen mit verschiedenen Dosimetern wurden insbesondere in Mischstrahlungsfeldern innerhalb der routinemäßigen Personenüberwachung durchgeführt. Zur Ermittlung der natürlichen Strahlenbelastung und des Einflusses des Kernforschungszentrums auf die Umgebung wurden im Freien exponierte Phosphatglasdosimeter und LiF-Dosimeter ausgewertet. Unsere Meßstelle hat außerdem Phosphatglasdosimeter im Auftrag auswärtiger Stellen kurzfristig ausgewertet, welche insbesondere bei Reparaturarbeiten im Kernkraftwerk anstelle von amtlichen Filmdosimetern als Personendosimeter getragen wurden.

3.5.2 Inkorporationsmessungen

H. Fessler

Der Karlsruher Human Body Counter dient zur routinemäßigen Inkorporationsmessung von Angehörigen der Gesellschaft, die mit offenen radioaktiven Stoffen umgehen sowie zur Untersuchung nach Zwischenfällen und zur Ausmessung von Pflanzen und Bodenproben. Die Meßanlage ist Eigentum des Landes Baden-Württemberg und der Gesellschaft für Kernforschung, so daß auch Messungen in Zusammenarbeit mit der Landesanstalt

für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin, Immissions- und Strahlenschutz durchgeführt werden.

Bei einer Referenzgruppe von rund 30 männlichen und weiblichen Mitarbeitern wird seit 1961 der Gehalt von Fallout-Radionukliden mit dem Human Body Counter ermittelt. Die Meßergebnisse werden vom Bundesgesundheitsamt in Berlin statistisch ausgewertet. γ -spektroskopisch konnten außer ^{137}Cs keine anderen Fallout-Radionuklide nachgewiesen werden. Im Jahre 1971 wurden für den mittleren Cäsium-Gehalt der Vergleichsgruppe 27,8 pCi/kg gemessen (Höchstwert 304 pCi/kg im Jahre 1964) (Abb. 6).

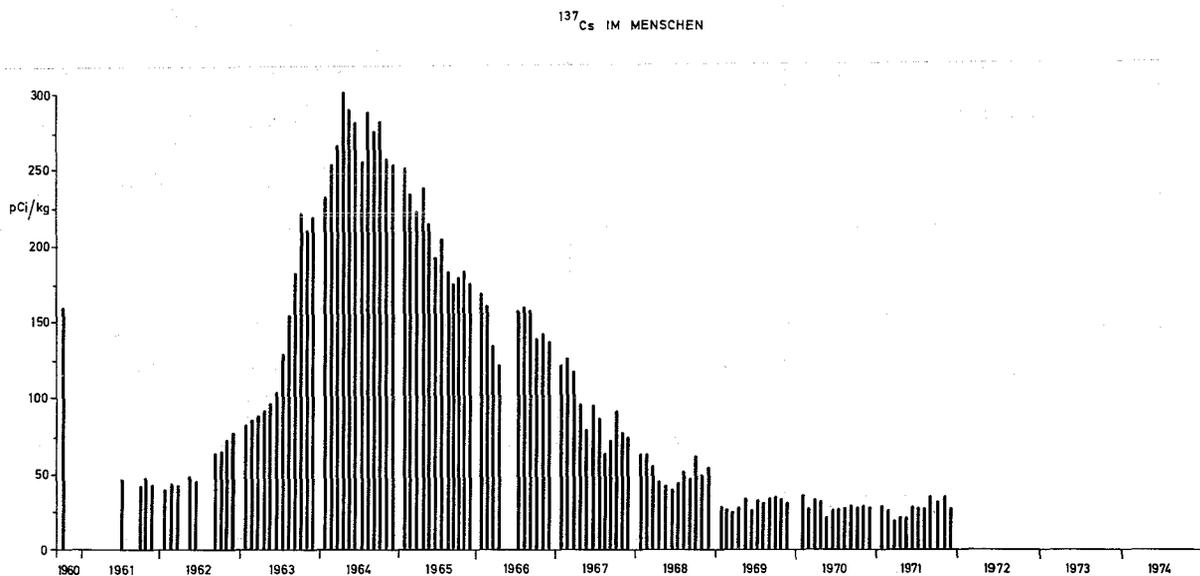


Abb. 6: ^{137}Cs im Menschen

Im Berichtszeitraum 1971 wurden im Human Body Counter insgesamt 2 386 Messungen durchgeführt. Hierbei entfielen auf

Personen	2 237
Pflanzen- u. Bodenproben	109
Sonstige Messungen	40

Tabelle 21 zeigt für die verschiedenen Personengruppen im Kernforschungszentrum die Zahl der durchgeführten Messungen sowie die Zahl und Art der gefundenen Inkorporationen. Festgestellte Inkorporationen in Prozent der zulässigen Körperbelastung sind in Tabelle 22 wiedergegeben.

Institution	Messungen gesamt	Inkorporationen	Inkorporierte Nuklide
Reaktorbetrieb	406	3	^{60}Co ; ^{95}Nb - ^{95}Zr ; ^{232}Th
Beschleuniger	128	8	^{65}Zn ; ^{60}Co ; ^{58}Co ; ^{137}Cs ; ^{118}Te - ^{118}Sb
Dekontamination	136	16	^{137}Cs ; ^{60}Co ; ^{56}Mn ; ^{65}Zn ; ^{125}Sb ; ^{22}Na ; $^{110\text{m}}\text{Ag}$
Strahlenschutz	174	-	
Chem. Institute	466	4	^{54}Mn ; ^{137}Cs ; ^{203}Hg ; ^{122}Sb
Phys. Institute	183	-	
Biol. und mediz- inische Institute	31	2	^{65}Zn
Sonstige Personen GfK	77	-	
Sonstige Personen GWK, KBG	566	90	^{60}Co ; ^{54}Mn ; ^{137}Cs ; ^{58}Co

Tab. 21: Inkorporationsmessung im Body Counter 1971

Radio-nuklide	<0,01%	0,01-0,1%	0,1-1%	1-10%	10-100%	>100%
^{58}Co	5	3	2	-	-	-
^{60}Co	-	14	27	4	-	-
^{122}Sb	-	-	1	-	-	-
^{125}Sb	1	-	-	-	-	-
$^{118}\text{Te}-^{118}\text{Sb}$	1	-	-	-	-	-
^{65}Zn	2	6	1	-	-	-
^{22}Na	-	1	1	-	-	-
$^{110\text{m}}\text{Ag}$	-	1	-	-	-	-
^{232}Th	-	-	-	-	1	-
^{137}Cs	-	27	1	-	-	-
$^{95}\text{Nb}-^{95}\text{Zr}$	-	1	-	-	-	-
^{203}Hg	-	-	-	1	-	-
^{54}Mn	8	18	-	-	-	-
^{56}Mn	2	-	-	-	-	-

Tab. 22: Inkorporierte Aktivität in Prozent der zulässigen Körperbelastung

4. Strahlenschutzmeßmethoden

4.1 Dosisleistungsmessungen

4.1.1 Neutronenmessungen an einer ^{252}Cf -Quelle

B. Burgkhardt

In Zusammenarbeit mit dem Europäischen Institut für Transurane wurde das Strahlungsfeld einer 1 mg ^{252}Cf -Quelle in der Technikumshalle des TU ausgemessen. Es sollte insbesondere die Möglichkeit untersucht werden, die Neutronendosis mit einem LiF-Thermolumineszenzdosimeter auszumessen, wobei jeweils Dosimeterpaare bestehend aus einem TLD-600- und TLD-700-Dosimeter benutzt wurden (siehe auch 4.2.1.3). Abbildung 7 zeigt die in der Umgebung der Quelle ermittelte Dosis bzw. Dosisleistung von Neutronen- und γ -Strahlung in Abhängigkeit vom Abstand zur Quelle. Wiedergegeben wurde die mit einem Rem-Counter (Anderson-Brown-Typ) freiluft gemessene Neutronendosis für eine Bestrahlungszeit von 1 Stunde, und der an einem Mensch-Phantom (Wasserflasche von 20 cm \emptyset) mit TLD-700 gemessene γ -Dosisanteil sowie der Neutronendosisanteil aus der Meßwertdifferenz von TLD-600 und TLD-700.

Im Strahlungsfeld einer ^{252}Cf -Quelle kann demnach mit Hilfe einer Phantombestrahlung die Neutronendosis aus der Meßwertdifferenz beider LiF-Dosimeter und die γ -Dosis aus dem TLD-700-Meßwert in erster Näherung ermittelt werden. Die Meßergebnisse zeigen auch beim Rem-Counter in größeren Abständen von der Quelle für eine Meßhöhe von 1,4 m über Boden (Abb. 8) ein Abweichen vom quadratischen Abstandsgesetz infolge eines Nachweises gestreuter und moderierter Neutronen.

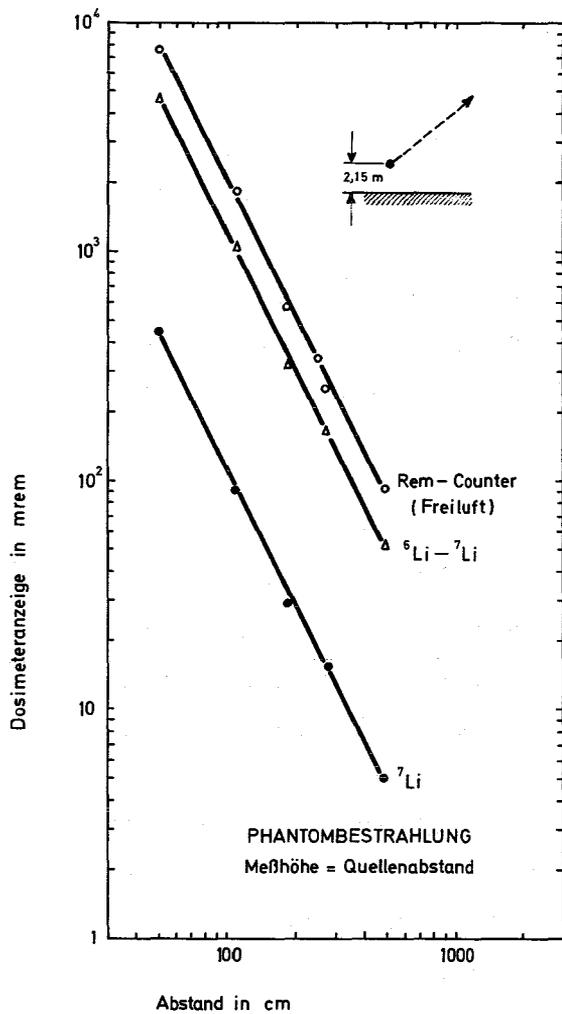


Abb. 7: Phantombestrahlung an einer ${}^{252}\text{Cf}$ -Neutronenquelle (Meßhöhe über Boden = Quellabstand)

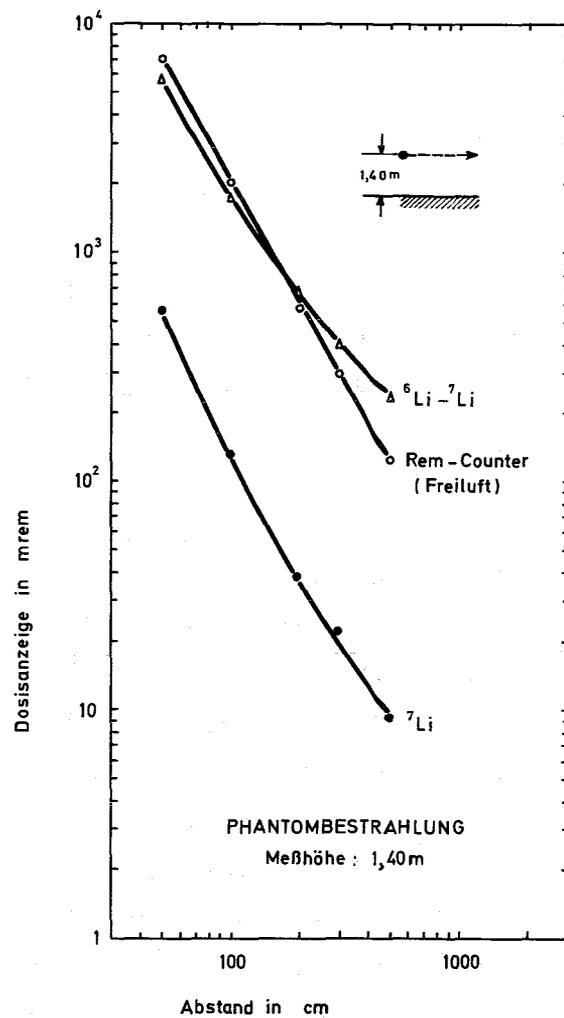


Abb. 8: Phantombestrahlung an einer ${}^{252}\text{Cf}$ -Neutronenquelle (Meßhöhe über Boden 1,40 m)

4.1.2 Dosisleistungsmessungen an ${}^{238}\text{Pu}$ -Quellen

B. Burgkhardt

In Zusammenarbeit mit dem Projekt Aktiniden wurde das Strahlungsfeld zweier ${}^{238}\text{Pu}$ -Präparate ausgemessen, welche nach einer chemischen Abtrennung von Verunreinigungen für die Energieversorgung von Herzschrittmachern vorgesehen sind. Es waren folgende Aufgaben gestellt:

- Messung der Äquivalentdosisleistung von Neutronen
- Messung der γ -Dosisleistung
- Messung der Herabsetzung der γ -Dosisleistung durch zusätzliche Abschirmmaterialien (Stahl, Tantal, Gold).

Darüber hinaus wurden auch spektroskopische Messungen zur Ermittlung der γ -Linien und der entsprechenden Schwächungskoeffizienten für Stahl, Tantal und Gold durchgeführt (Kap. 4.3.6).

Die γ -Strahlung wurde mit einem Dosisleistungsmeßgerät TOL/E in Abhängigkeit vom Quellabstand ausgemessen (Abb. 9). Wegen der relativ geringen Neutronendosisleistung konnte nur bei Präparat I ein Rem-Counter zur Neutronenmessung eingesetzt werden. Die Neutronenmessung erfolgte daher mit einem BF_3 -Zählrohr über moderierte Neutronen im Strahlungsfeld der Pu-Quelle, welche jetzt in der Mitte einer Polyäthylen-Kugel von 20 cm \emptyset aufgestellt wurde. Der Quellfluß bzw. die Neutronenflußdichte der Pu-Präparate wurde durch Vergleich mit einer Am-Be-Quelle bekannter Quellstärke aus Abbildung 10 ermittelt. Die Benutzung einer Am-Be-Neutronen-Quelle mit einer höheren mittleren Neutronenenergie anstelle einer ^{238}Pu -Quelle als Referenzquelle führt zu einer Überbewertung des Neutronenstrahlungsanteiles. Die Ergebnisse der Abschirmmessungen wurden in die Tabelle 23 mit aufgenommen.

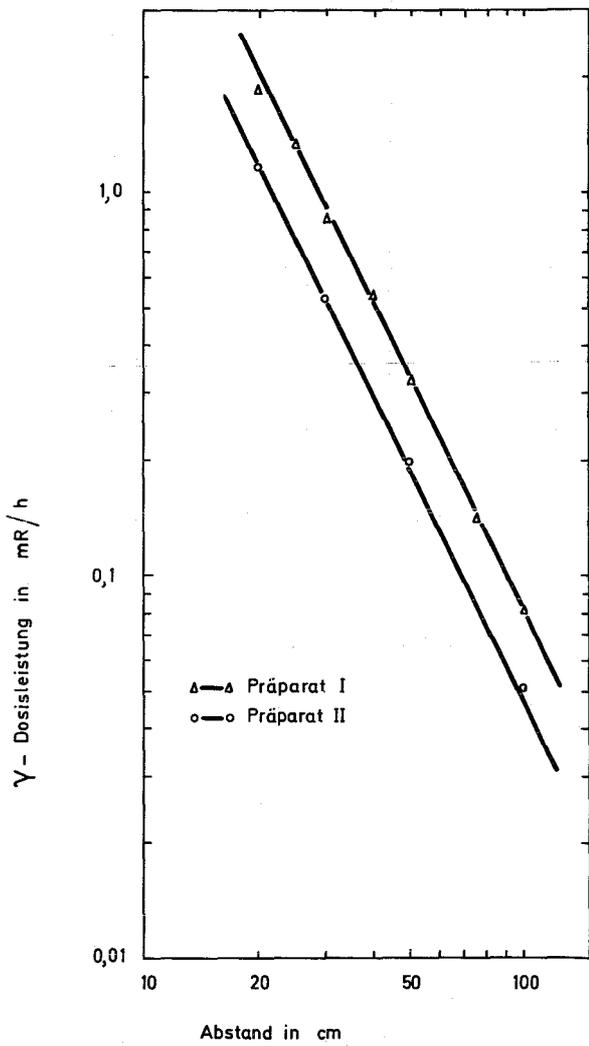


Abb. 9: γ -Dosisleistung an zwei ^{238}Pu -Präparaten

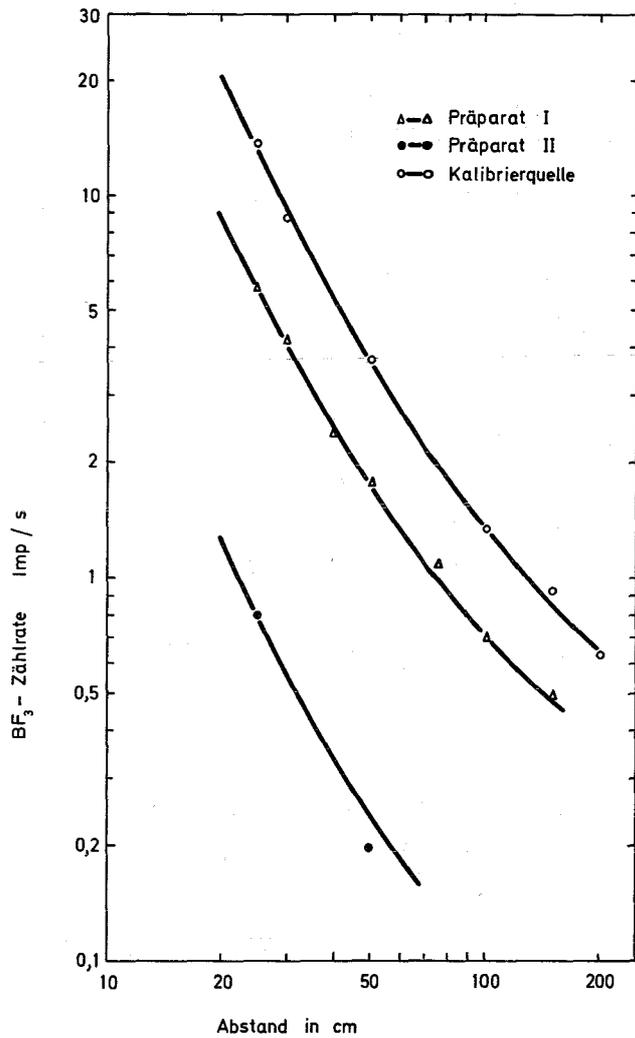


Abb. 10: Neutronenflußdichte an zwei ^{238}Pu -Präparaten

	Präparat I	Präparat II
Quellstärke in n/s	$<3,2 \cdot 10^5$ ($2,4 \cdot 10^5$) [*]	$<4,4 \cdot 10^4$
Strahlenfeld in 30 cm Quellabstand:		
Neutronenflußdichte in n/cm ² s	28	3,9
Neutronendosislei- stung in mrem/h	3,9 (2,9) [*]	0,54
γ-Dosisleistung in mrem/h		
ohne Filter	0,85	0,53
mit:		
Stahl 1,5 mm	0,57	
Tantal 1,5 mm	0,30	0,073
Gold 0,3 mm	0,36	

* Rem-Counter-Messung

Tab. 23: Ergebnisse von Dosisleistungsmessungen an ²³⁸Pu-Präparaten

4.1.3 Streustrahlungsmessungen an der Kalibrieranlage im Röntgenraum

B. Burgkhardt

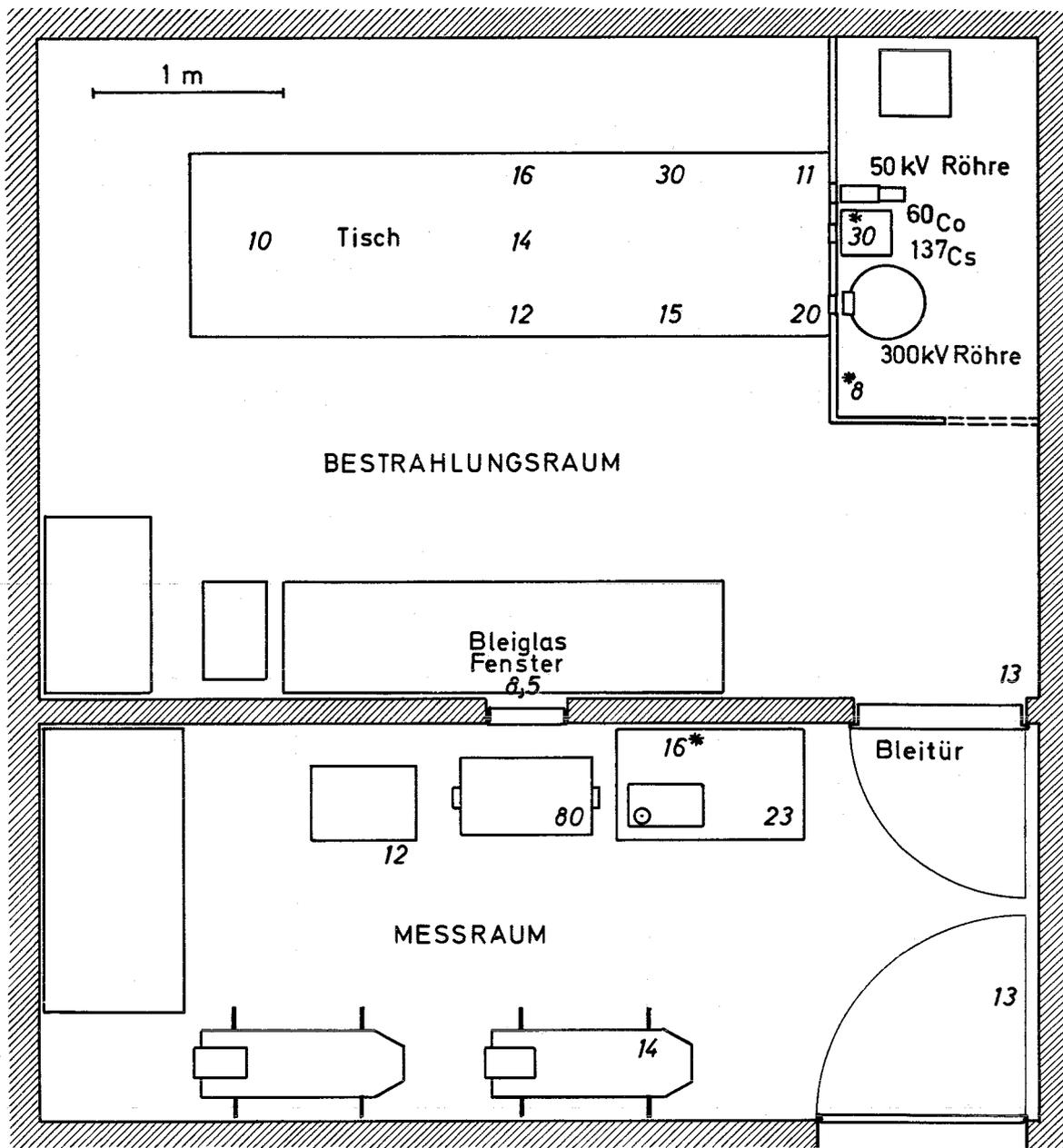
Die Kalibrieranlage im Röntgenraum wird zur Ermittlung der Energieabhängigkeit von Dosisleistungsmeßgeräten im Energiebereich 10 keV - 1,2 MeV eingesetzt. Die Anlage besteht aus 2 Röntgenröhren mit einer maximalen Röhrenspannung von 50 kV bzw. 300 kV und einem automatisch beschickten Bestrahlungsfenster mit einer ⁶⁰Co- und ¹³⁷Cs-Quelle von 10 bzw. 30 mCi. Alle Strahlenquellen sind in einer zusätzlichen Abschirmung aufgebaut. Die Messungen wurden mit einem

BZ-120 mit Energiekompensationsfilter sowie mit $\text{CaF}_2(\text{nat})$ -Thermolumineszenzdosimetern in 1,4 m Höhe über Boden durchgeführt, was der Höhe der Strahlenquellen entspricht.

Tabelle 24 zeigt den Strahlenpegel im Röntgenraum und den anschließenden Räumen bei Betrieb der einzelnen Strahlenquellen. Nullpegelmessungen im Röntgenraum zeigen, daß bei Ruhestellung aller Strahlenquellen ein erhöhter Strahlenpegel von 80 $\mu\text{R}/\text{h}$ lediglich im Meßraum auftritt (Abb. 11). Es handelt sich hierbei um die im Philips-Universal dosimeter eingebaute Kalibrierquelle mit 6 μCi Radium.

	Dosisleistung in $\mu\text{R}/\text{h}$		
	^{137}Cs ^{60}Co	300 kV ohne Zusatz- filter	300 kV Filterkomb. I
Bestrahlungsraum (Decke über Abschirmung)	12	570 000	300
Meßraum			
Bleitür	9	21	15
Bleifenster	8	12	9
Wand	8	10	9
Kellergang	81	95	90
Raum oberhalb Röntgenraum	11	12	11

Tab. 24: Strahlenpegel im Röntgenraum bei Bestrahlungsbetrieb



Zahlenangaben in $\mu\text{R}/\text{h}$, Meßhöhe 1,4 m, * Meßhöhe 2 m

Abb. 11: Streustrahlungspegel an der Kalibrieranlage im Röntgenraum

4.1.4 Die Energieabhängigkeit von Dosisleistungs- und Dosismessern für den Strahlenschutz

B. Burgkhardt, E. Piesch

Die bisher von verschiedenen Autoren gemachten Angaben über die Energieabhängigkeit der Dosimeteranzeige von Strahlenschutzmeßgeräten sind für einen Vergleich nur bedingt verwendbar, da für diese Kalibrierungen in Ermangelung monoenergetischer Kalibrierstrahler Röntgenbremsstrahlung unterschiedlicher Homogenität verwendet wurde. Dies führt dazu, daß die gemachten Angaben über die Energieabhängigkeit des Sondenfaktors u. U. vieldeutig sein können.

Für die im Kernforschungszentrum Karlsruhe durchgeführten Kalibrierungen von Dosisleistungsmeßgeräten wird seit 1964 extrem hartgefilterte Bremsstrahlung (Strahlenqualität I, Tab. 25), zur Kalibrierung von Dosismessern aus Intensitätsgründen weniger hartgefilterte Röntgenbremsstrahlung (Strahlenqualität II) verwendet. Die Tabelle enthält Spalten über die jeweils erforderliche Röhrenspannung U_0 , die Zusatzfilterung, die aus berechneten Spektren ermittelte effektive Energie E_{eff} , die aus gemessenen Spektren (Drexler, Gossrau, GSF-Bericht, S 45, 1968) entnommene mittlere Energie \bar{E} sowie die prozentuale Homogenität

$$p = \frac{\bar{E}}{E_{\text{max}}} \cdot 100 (\%).$$

Es ist geplant, für die Gerätekalibrierung in Zukunft eine einheitliche Kombination von Strahlenhomogenitäten zu übernehmen, wie sie beispielsweise in einem Normentwurf für energiereichere Strahlung bereits vorliegt. Voraussetzung dafür ist jedoch eine Vervollständigung der Empfehlung durch Angaben von Strahlenqualitäten für energieärmere Röntgenstrahlung.

Filterkombination I				
U_0 kV	Zusatzfilter mm	E_{eff} keV	p %	\bar{E} keV
300	2 Al + 5 Cu + 10,5 Pb	270		
200	2 Al + 5 Cu + 4 Sn + 2 Pb	185	92	175
130	2 Al + 7,5 Cu + 2 Sn	108	83	109
100	2 Al + 2 Cu + 1,5 Pb	80	80	89
78	2 Al + 3,5 Cu	65	83	65
56	2 Al + 1,2 Cu	50	89	43
45	2 Al + 1,35 Cu	40	89	35
35	2 Al + 0,5 Cu	30	86	26
25	2 Al + 0,15 Cu	20	80	17,5
15	0,2 Al + 0,1 Cu	10		

Filterkombination II				
U_0 kV	Zusatzfilter mm	E_{eff} keV	p %	\bar{E} keV
300	2 Al + 5 Cu + 3,5 Pb	240	80	239
250	2 Al + 5 Cu + 2 Pb	200		
220	2 Al + 5 Cu + 1,2 Pb	170	77	174
200	2 Al + 5 Cu + 0,9 Pb	150		
180	2 Al + 11 Cu	135	75	135
150	2 Al + 7 Cu	110	73	110
120	2 Al + 3,5 Cu	87	73	87
100	2 Al + 2 Cu	71	71	71
80	2 Al + 0,7 Cu	55		
70	2 Al + 0,4 Cu	46	66	45
60	2 Al + 0,2 Cu	38	63	38
35	2 Al + 0,2 Cu	30		
25	2 Al	18	69	16
15	0,2 Al	10		

Tab. 25: Verwendete Strahlenqualitäten

Um allen Interessenten eine kritische Beurteilung ihres Meßgerätebestandes und einen zweckmäßigen Einsatz von Strahlenschutzmeßgeräten zu ermöglichen, wurde die experimentell ermittelte Energieabhängigkeit von 60 gebräuchlichen Dosisleistungs- und Dosismessern im KFK-Bericht 1484 zusammengestellt. Es handelt sich hierbei um Strahlenschutzgeräte, die in den vergangenen Jahren im Kernforschungszentrum Karlsruhe für den eigenen Bedarf getestet wurden.

Die Ermittlung der Energieabhängigkeit erfolgte im Quantenenergiebereich 10 - 300 keV mit hartgefilterter Röntgenbremsstrahlung sowie mit γ -Strahlung der Radionuklide ^{137}Cs und ^{60}Co . Die Anzeige der zu prüfenden Geräte wurde durch Vergleichsmessungen mit geeigneten Detektoren, die zuvor bei der PTB in Braunschweig geeicht wurden, auf die Gleichgewichtsdosisleistung bezogen. Es handelt sich hierbei um einen Dosisleistungsmesser Typ TOL/D und ein Philips-Universaldosimeter.

4.1.5 Langzeitverhalten eines Dosisleistungsmeßgerätes mit digitaler Nullpegelregistrierung

J. Pawelzik

Zur digitalen Nullpegelregistrierung wurde ein Dosisleistungsmeßgerät bestehend aus einem Proportionalzählrohr TOL/D, einem elektrostatischen Relais und einem Drucker entwickelt (siehe auch: Pawelzik, Kerntechnik 10, (1968), S. 567). Die Verwendung des neuen Zählrohres TOL/E mit Aluminiumwand machte eine Überprüfung der dosimetrischen Eigenschaften des Meßgerätes erforderlich. In Verbindung mit einem Energiekompensationsfilter ist eine energieunabhängige Dosisleistungsanzeige oberhalb 25 keV möglich. Messungen in der Stahlkammer des Body Counters zeigten, daß der kosmische Strahlungsanteil von 3,2 $\mu\text{R/h}$ direkt angezeigt wird. Eine Korrektur für den Eigeneffekt des Detektors ist nicht erforderlich.

Das Meßgerät ist seit Oktober 1968 mit dem Zählrohr TOL/E im Dauerbetrieb eingesetzt worden, zwischenzeitlich über einen Zeitraum von 5 Monaten im Freien bei Temperaturen bis -10° C. Um die Langzeitkonstanz der Nullpegelregistrierung zu demonstrieren, wurden in Tabelle 26 stichprobenweise die Schwankungen der digitalen Anzeige innerhalb eines Zeitraumes von 48 Stunden sowie die mittlere Dosisleistungsanzeige für einen größeren Zeitraum dargestellt.

Zeitpunkt der Stichprobe	Anzeigedauer in Stunden			mittl. Anzeige	
	3 Imp/h	4 Imp/h	5 Imp/h	Imp/h	μ R/h
13.-15. 4.1970	9	35	4	3,90	14,4
13.-15. 8.1970	2	38	8	4,12	15,2
13.-15.12.1970	5	39	4	3,99	14,7
14.-16. 4.1971	4	39	5	4,03	14,9
14.-16. 8.1971	22	26	0	3,54	13,1
14.-16.12.1971	18	30	0	3,63	13,4

Tab. 26: Langzeitkonstanz der digitalen Nullpegelregistrierung mit Zählrohr TOL/E in Verbindung mit einem elektrostatischen Relais

4.1.6 Bau einer gewebeäquivalenten Ionisationskammer zur Messung der natürlichen Umgebungsstrahlung

J. Pawelzik

Für genaue Nullpegelmessungen wurde eine gewebeäquivalente Ionisationskammer gebaut und mit einem Elektrometer und Schreiber in Betrieb genommen. Es handelt sich um eine aus

Teflonplatten mit einem Naturgraphitanteil aufgebaute würfelförmige Kammer von ca. 100 l Inhalt. Die Kammer wird mit gealterter Luft und einer Kammer Spannung von - 400 V betrieben. Der gesamte Meßaufbau wurde auf ein fahrbares Gestell aufgebaut. Für die natürliche Strahlung wurde ein Ionisationsstrom von $1,4 \cdot 10^{-13}$ A erhalten.

4.2 Dosimetrie

4.2.1 Thermolumineszenzdosimetrie mit LiF

B. Burgkhardt, E. Piesch

4.2.1.1 *Wiederverwendbarkeit und Meßwert-Reproduzierbarkeit von LiF-Dosimetern ohne Regenerierung*

Unsere Arbeiten im Jahre 1970 zeigten, daß eine Wiederverwendung von LiF-Dosimeter-Preßlingen in der Routinedosimetrie bei Einhaltung der vorgeschriebenen Regenerierungsverfahren von 400° C über 1 h und 100° C über 2 h nur bedingt möglich ist. Einflüsse des Regenerierungsprozesses führten nach 8maliger Wiederverwendung insbesondere bei TLD-600 zu einer Abnahme des Sondenfaktors beim Einzeldosimeter bis zu einem Wert von 20 % und zu einer Änderung der Streubreite des Sondenfaktors innerhalb einer Charge von 15 Dosimetern von 1 % auf maximal 10 %.

Ziel unserer Arbeiten war eine Verbesserung der zur Zeit noch sehr aufwendigen Auswertung von LiF-Dosimetern sowie eine Verbesserung der Meßgenauigkeit bei einer wiederholten Verwendung desselben Dosimeters unter Verzicht auf den bisher üblichen Regenerierungsprozeß. Das Weglassen des Regenerierungsprozesses führt zunächst zu einer Erhöhung des Sondenfaktors um den Faktor 1,8 und zu einer Veränderung der TL-Glow-Kurve. Eine 10minütige Temperaturbehandlung bei 100° C vor der Messung wurde hierbei beibehalten (Abb. 12).

Eine 50malige Bestrahlung und Ausmessung (aus Zeitgründen ohne eine 10minutige Temperaturbehandlung bei 100⁰ C) führte jedoch zu keiner Änderung des Sondenfaktors und nur im Bereich höherer Temperaturen zu einer Änderung der Glowkurve (Abb. 13).

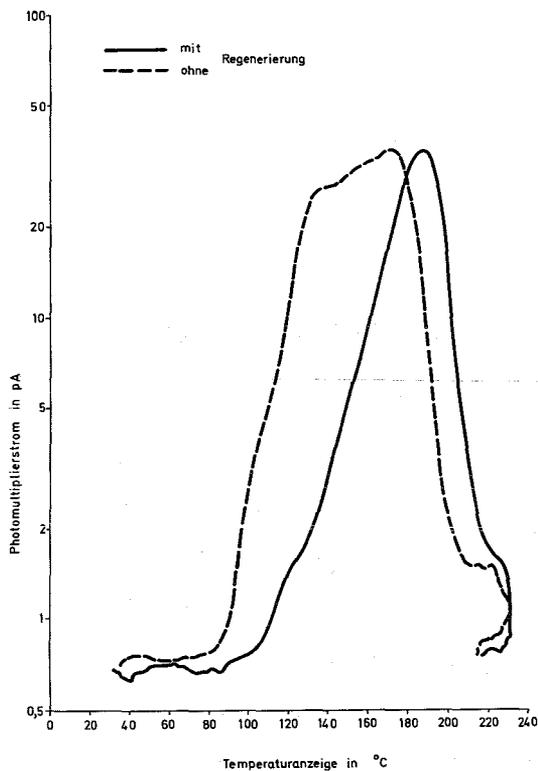


Abb. 12: Glowkurven eines regenerierten und nichtregenerierten LiF-Dosimeter

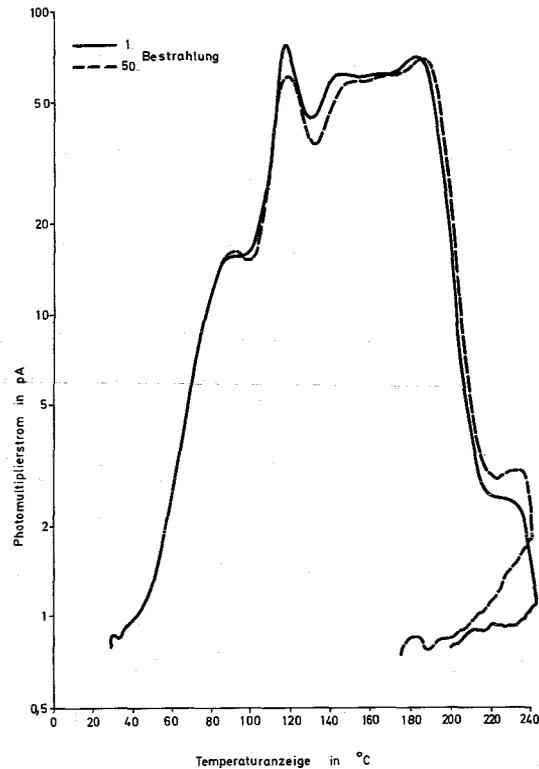


Abb. 13: Glowkurven desselben LiF-Dosimeters nach einmaliger und 50maliger Wiederverwendung

In Abbildung 14 ist die Häufigkeitsverteilung der Meßwerte wiedergegeben, die bei 50maliger Bestrahlung eines Dosimeters auf die gleiche Dosis erhalten wurde. Eine derartig gute Reproduzierbarkeit von besser als $\pm 2\%$ erzielt man allerdings nur, wenn die Messungen innerhalb eines Tages durchgeführt werden. Den Einfluß der Langzeitinkonstanz des Auswertegerätes zeigt die Abbildung 15. Hier wurde ein Dosimeter innerhalb eines Zeitraumes von 1 bzw. 10 Tagen 10mal hintereinander nach einer jeweils gleichen Bestrahlung ausgewertet.

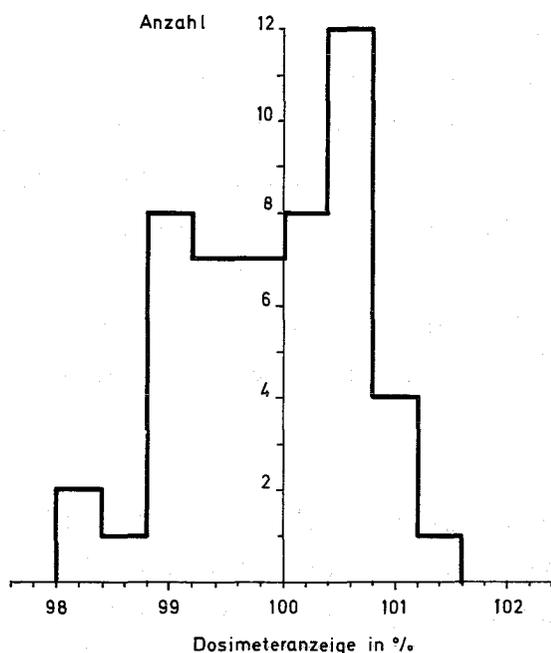


Abb. 14: Häufigkeitsverteilung der Meßwerte desselben Dosimeters bei 50maliger Wiederverwendung am gleichen Tag

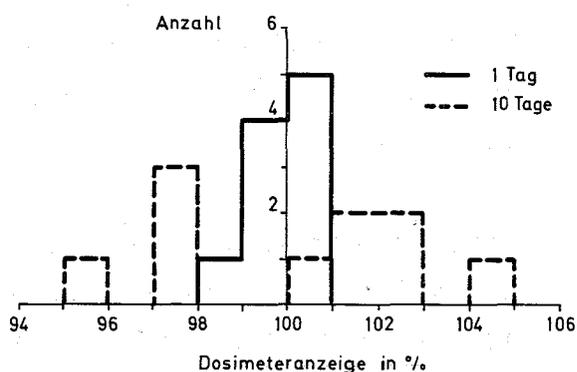


Abb. 15: Häufigkeitsverteilung der Meßwerte desselben Dosimeters bei 10maliger Wiederverwendung im Zeitraum von 1 Tag und 10 Tagen

Bei Verzicht auf das Regenerierungsverfahren erhält man auch bei 50maliger Wiederverwendung keine Änderung des Sondenfaktors. Im Vergleich zur Auswertung mit Regenerierung wird sowohl die Meßgenauigkeit als auch die Reproduzierbarkeit verbessert. Es muß allerdings berücksichtigt werden, daß von der vorhergehenden Bestrahlung eine kleine Restdosis auftritt, die etwa 0,5 % der Bestrahlungsdosis beträgt und die bei genaueren Messungen oder bei einem abwechselnden Einsatz zur Messung hoher und niedriger Dosen durch eine Nullauswertung herabgesetzt werden kann.

4.2.1.2 Personendosimetrie mit einem LiF-Albedo-Dosimeter

Weitere Arbeiten befaßten sich mit der Entwicklung eines Albedo-Dosimeters bestehend aus je einem TLD-600- und

TLD-700-Dosimeter (Größe $3 \cdot 3 \cdot 1 \text{ mm}^3$) zur getrennten Ermittlung der Neutronendosis und der γ -Dosis. Hierbei werden die im Körper des Dosimeterträgers moderierten und rückgestreuten Neutronen über eine ${}^6\text{Li}(n,\alpha)$ -Reaktion insbesondere im TLD-600-Dosimeter nachgewiesen und der Meßwertanteil der Neutronen aus der Meßwertdifferenz des TLD-600-Dosimeters (Neutronen- und γ -Dosisanzeige) und TLD-700-Dosimeters (γ -Dosisanzeige) erhalten. Dieses Dosimeter soll zunächst zur Personenüberwachung an einer ${}^{252}\text{Cf}$ -Neutronenquelle eingesetzt werden.

Bestrahlungsreihen, die in Zusammenarbeit mit dem Europäischen Institut für Transurane an einer $1 \text{ mg } {}^{252}\text{Cf}$ -Quelle durchgeführt wurden, ergaben für das Dosimeter in Verbindung mit einem Mensch-Phantom bei Vordereinstrahlung eine dosisproportionale Anzeige der Neutronen (Abb. 16). Die Dosimeteranzeige wurde auf den Meßwert eines Rem-Counters bezogen. Bei einer Aufheiztemperatur von 335° C während der Auswertung erhält man sowohl für die Dosis von $1 \text{ rem } \gamma$ -Strahlung als auch von 1 rem Neutronenstrahlung dieselbe Meßwertanzeige.

Weitere Phantombestrahlungen in verschiedenen Abständen von der Quelle sowie hinter verschiedenartigen Abschirmungen sollten zeigen, in welchem Maße die Anzeige eines derartigen Albedo-Dosimeters bei einem Einsatz in der Personenüberwachung von der Moderierung der Neutronen sowie von der Orientierung des Körpers zur Strahlenquelle abhängt.

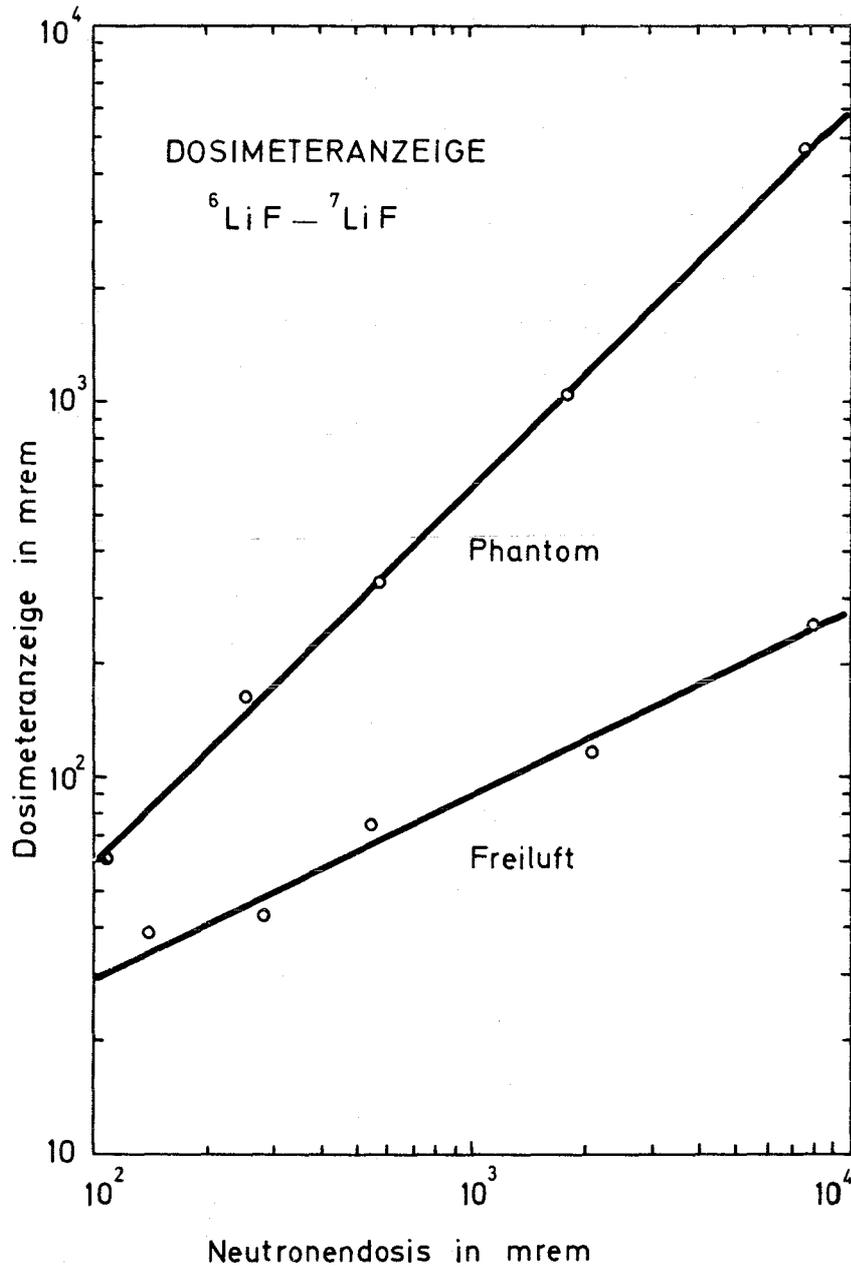


Abb. 16: Dosimeteranzeige eines LiF-Dosimeters bei Phantom- und Freiluft-Bestrahlung an einer ${}^{252}\text{Cf}$ -Neutronenquelle

4.2.1.3 Verhalten von LiF-Dosimetern in gemischten Strahlungsfeldern

Für den Einsatz von LiF-Dosimetern (TLD-100, -600, -700) zur Dosimetrie in einem Neutronen- und γ -Strahlungsfeld wurde untersucht, in welchem Maße die Neutronenempfindlichkeit von dem während der Auswertung erreichten Endwert der Aufheiztemperatur abhängt und in welchem Dosisbereich eine Trennung der Neutronen- und γ -Dosisanteile möglich ist. Wegen der geringen Neutronenempfindlichkeit von TLD-700 wird dieses Dosimeter in erster Näherung nur die γ -Dosis anzeigen. TLD-600 zeigt die γ -Dosis mit der gleichen Empfindlichkeit an, ist aber zusätzlich noch empfindlich gegenüber Neutronen.

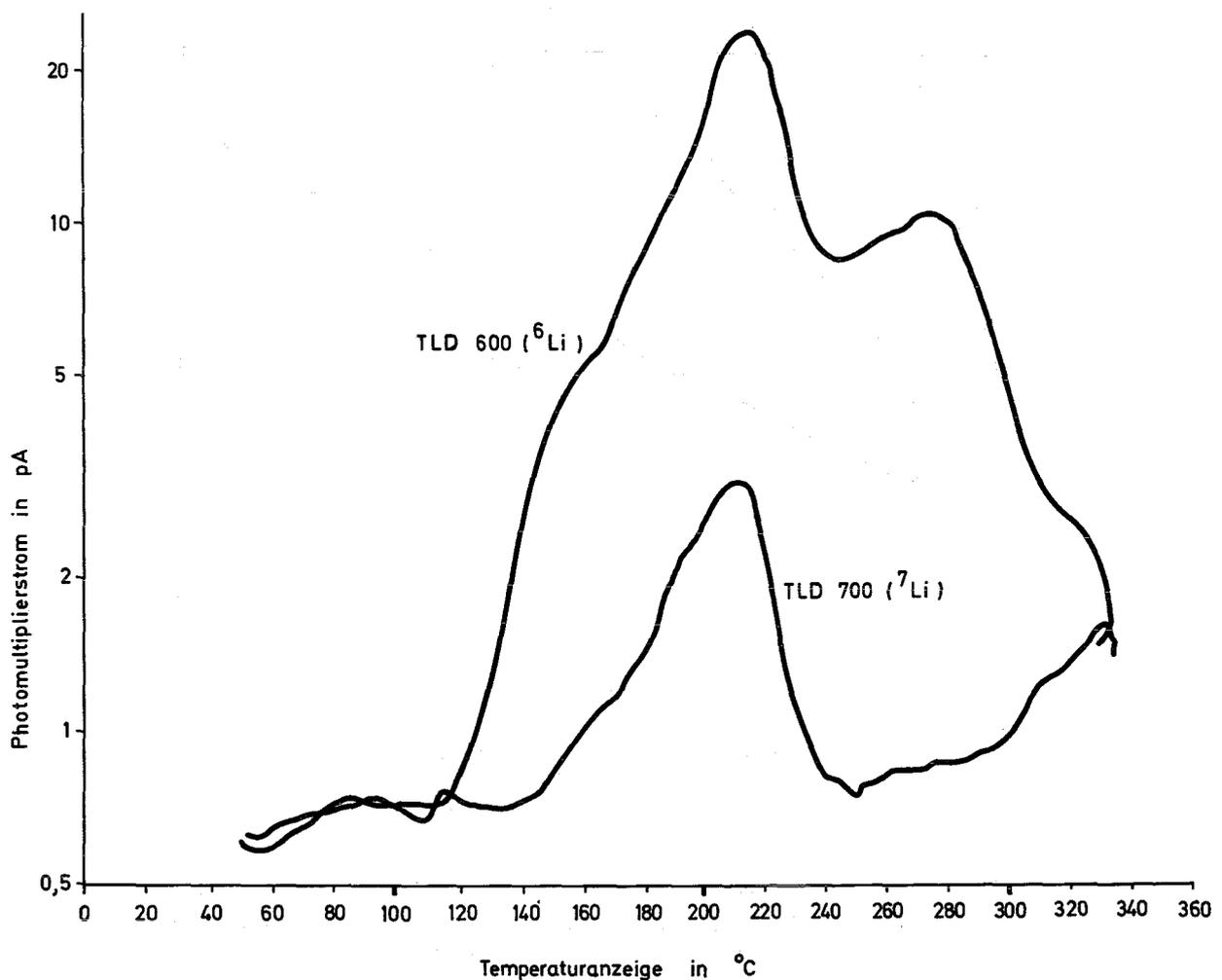


Abb. 17: Glowkurven eines ^6LiF - und ^7LiF -Dosimeters nach Neutronenbestrahlung an einem Phantom

In Abbildung 17 sind typische TL-Glowkurven eines TLD-600- und TLD-700-Dosimeters wiedergegeben, die im Strahlungsfeld einer ^{252}Cf -Quelle an einem Phantom bestrahlt wurden. Eine Neutronenbestrahlung bewirkt demnach im TLD-600 eine Erhöhung des ersten Glow-Peaks und erzeugt einen weiteren Glow-Peak bei einer höheren Temperatur. Eine Trennung des Neutronen- und γ -Dosisanteiles durch Differenzbildung der TLD-600- und TLD-700-Meßwerte ist sowohl bei einer Aufheiztemperatur von 220°C (1. Glow-Peak wird vollständig erfaßt) als auch von 335°C (auch zusätzlicher Glow-Peak wird vollständig erfaßt) möglich. Im Vergleich zu einer γ -Bestrahlung zeigen neutronenbestrahlte Dosimeter im Dosisbereich oberhalb 200 R ein anderes nichtlineares Verhalten. Unsere Untersuchungen ergaben für den Neutronendosisanteil einen Meßbereich bis oberhalb 10^5 rem mit einer relativ geringeren Nichtlinearität.

4.2.2 $\text{CaF}_2(\text{nat})$ -Thermolumineszenzdosimeter zur Messung der natürlichen Umgebungsstrahlung

B. Burgkhardt, E. Piesch

CaF_2 -Dosimeter der Type MBLE-PNP 090 sind hochempfindliche Dosimeter, die in Verbindung mit dem kommerziellen Auswertesystem PNH 801 Dosismessungen schon oberhalb 0,1 mR ermöglichen. Sie lassen sich daher vorteilhaft zur Ermittlung kurzzeitiger Schwankungen des natürlichen Strahlenpegels infolge zusätzlicher Strahlenquellen in der näheren Umgebung kerntechnischer Anlagen einsetzen.

Es wurden die dosimetrischen Eigenschaften dieser Dosimeter, insbesondere die Linearität des Dosisbereiches, die Energieabhängigkeit der Dosisanzeige, die Lichtempfindlichkeit, das Vordosisverhalten, der Nulleffektzuwachs infolge interner Strahlung und die Meßgenauigkeit im Bereich von 0,05 mR bis 500 mR untersucht und mit den dosimetrischen Eigenschaften

anderer Festkörperdosimetersysteme im Hinblick auf eine Messung der natürlichen Umgebungsstrahlung verglichen (2).

Der Meßeffect unbestrahlter Dosimeter von 34 μR addiert sich nur zum Teil zum strahleninduzierten Meßwert. Für Dosen von 200 μR , 100 μR und 50 μR wurde der Meßwertanteil der Vordosis zu 5 μR , 12 μR und nochmals 12 μR ermittelt. Danach muß eine Vordosis nur unter 200 μR berücksichtigt werden. Der Nulleffektzuwachs infolge interner Strahlung ergab sich zu 1 $\mu\text{R}/\text{h}$.

Dosis	Standardabweichung	max. Meßwertstreuung
500 mR	± 3 mR $\pm 0,6$ %	± 9 mR
4 mR	$\pm 0,076$ mR $\pm 1,9$ %	- 160 μR + 240 μR
200 μR	± 23 μR ± 15 %	- 7 μR + 100 μR
100 μR	± 21 μR ± 21 %	- 32 μR + 68 μR
50 μR	± 20 μR ± 40 %	- 72 μR + 88 μR
Vordosis (34 μR)	± 14 μR	- 26 μR + 40 μR

Tab. 27: Standardabweichung und max. Meßwertstreuung von CaF_2 -Dosimetern, ermittelt aus mindestens 50 Messungen

Unter Berücksichtigung eines individuellen Sondenfaktors (Verhältnis von Meßwertanzeige zu Meßwertgröße) wurden bei

der Messung kleiner Dosen die in Tabelle 27 wiedergegebene Meßgenauigkeit und maximale Meßwertstreuung erhalten, die im wesentlichen auf Schwankungen des Dunkelstromes zurückzuführen sind. Eine Dosisleistung von $10 \mu\text{R/h}$ kann nach einer 4tägigen Expositionszeit mit einer Genauigkeit von etwa $\pm 5 \%$ ermittelt werden. Damit können örtliche und zeitliche Schwankungen von $2 \mu\text{R/h}$ des natürlichen Strahlenfeldes nachgewiesen werden.

Gegenüber Lichteinwirkung sind CaF_2 -Dosimeter jedoch sehr empfindlich, eine unkontrollierte Lichteinwirkung während der Bestrahlung und Auswertung muß daher vermieden werden. In Abbildung 18 sind die TL-Glow-Kurven eines CaF_2 -Dosimeters wiedergegeben, welches zunächst unbestrahlt, danach kurzzeitig einer UV-Lichtstrahlung bzw. einer γ -Bestrahlung ausgesetzt war. Bei einer Auswertung in ausschließlich mit Kunstlicht beleuchteten Räumen konnte keine Fehlanzeige festgestellt werden.

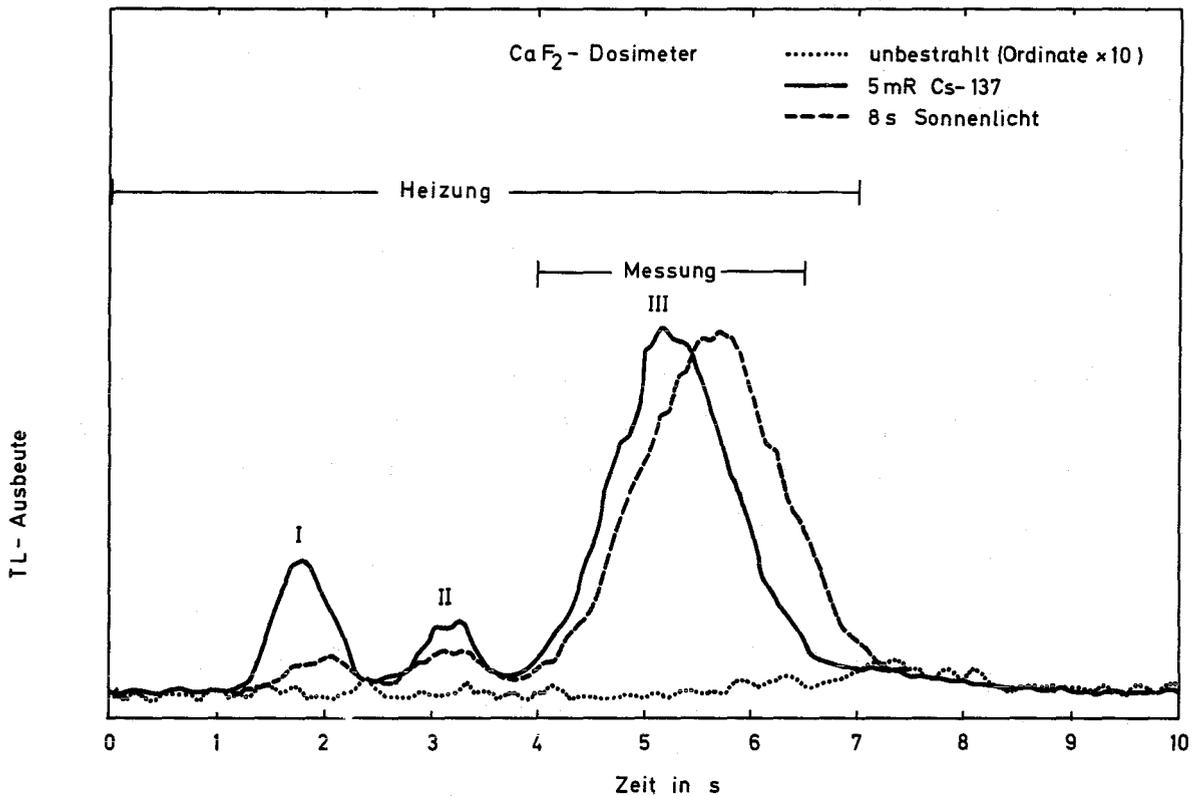


Abb. 18: Glow-Kurven eines CaF_2 -Dosimeters nach Bestrahlung mit UV bzw. γ -Strahlung

4.2.3 Festkörperkernspurnachweis

E. Piesch

4.2.3.1 Nachweis neutroneninduzierter Rückstoßkerne und α -Teilchen in Makrofol E

Von den zur Verfügung stehenden Festkörperkernspur-Kombinationen stellt eine Polycarbonatfolie den einfachsten und mit einer Nachweisempfindlichkeit von ca. $1,5 \cdot 10^{-5}$ Spuren/Neutron für Neutronen > 1 MeV auch den empfindlichsten Detektor dieser Art für einen Neutronennachweis dar. Die dosimetrischen Eigenschaften einer Makrofol-E-Folie wurden im Hinblick auf eine Anwendung in der Neutronendosimetrie für die Messung einer Neutronenfluenz oberhalb 10^8 n/cm² eingehend untersucht und die Ergebnisse von Phantommessungen wiedergegeben (IAEA-Symp. on New Developments in Physical and Biological Radiation Detectors, Wien, Nov. 1970, SM-143/31). Eine automatische Auszählung der Kernspuren mittels Funkenzähler ist zur Zeit wegen der ungenügenden Folienqualität noch nicht mit ausreichender Reproduzierbarkeit möglich. Aussichtsreich erscheinen hingegen elektronische Zählmethoden. Das dafür vorgesehene Gerät - Mikrovideomat der Fa. Carl Zeiss - konnte noch zu Ende des Jahres in Betrieb genommen werden.

In Fortsetzung dieser Arbeiten wurde das Fading-Verhalten der von Rückstoßkernen und α -Teilchen in Makrofol E erzeugten Kernspuren untersucht. Die Untersuchung des Fadings beschränkte sich auf Einflüsse der Temperatur und einer relativen Luftfeuchte von 100 % im Zeitraum zwischen Exposition und dem Ätzen der Folie. Es zeigte sich, daß erst bei Temperaturen von über 100° C ein Fading feststellbar ist. Abbildung 19 zeigt die relative Änderung der Kernspurzahl in Makrofolfolien, die zuvor gleichzeitig mit derselben Neutronenfluenz bestrahlt worden sind und danach einer Temperaturbehandlung von unterschiedlicher Dauer und Temperatur aus-

gesetzt waren. Die Meßwerte wurden auf das Meßergebnis einer unbehandelten, unter Laborbedingungen gelagerten Folie bezogen. Alle Folien wurden gleichzeitig geätzt. Der zusätzliche Einfluß der Temperatur bzw. einer relativen Luftfeuchtigkeit von etwa 100 % führt zu einer Aktivierung bzw. einem Sichtbarwerden zusätzlicher latenter Kernspuren, die bei kurzer Einwirkungsdauer und relativ niedriger Temperatur zunächst zu einer Erhöhung der Kernspurzahl bis maximal 150 % führt, bei längerer Einwirkungsdauer und einer höheren Temperatur aber ein geringfügiges Fading bewirkt.

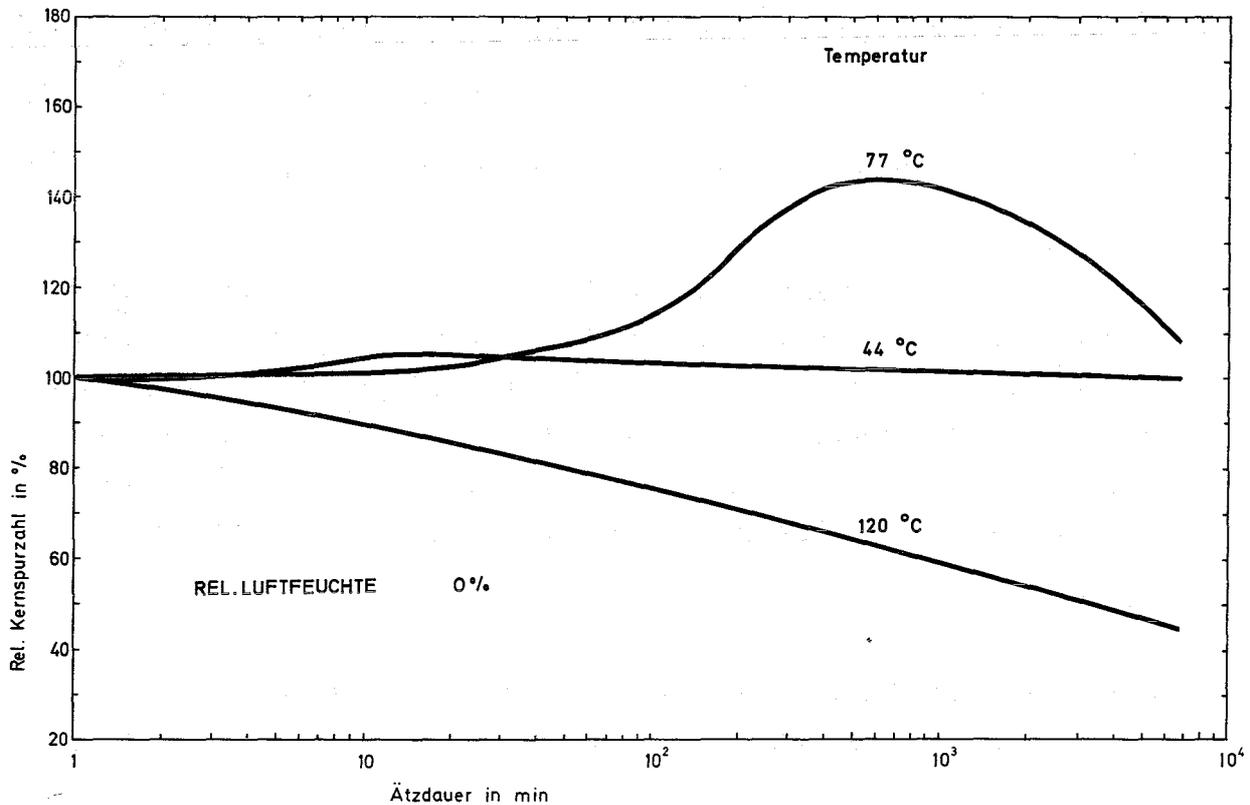


Abb. 19: Fadingverhalten von neutroneninduzierten Kernspuren in einer Polycarbonatfolie

4.2.3.2 Schwellwertdetektorkombination

I. Hofmann, E. Piesch

Außer Makrofol E werden als weitere Schwellwertdetektoren ^{237}Np und ^{232}Th verwendet. Die elektrolytisch aufgetragenen Proben enthalten spaltbares Material von ca. $40 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ und werden in Kontakt mit einer Makrofol-E-Folie als Neutronendetektor eingesetzt. Die Auszählung der neutroneninduzierten Spaltfragmente erfolgt in der Makrofolfolie mikroskopisch oder bei geringer Spurendichte im Funkenzähler. Mit den Schwellwertdetektoren werden folgende Nachweisempfindlichkeiten erzielt:

$^{237}\text{Np}(n,f)+\text{Makrofol}$: $1,8 \cdot 10^{-7}$ Spuren/Neutron für $E_n > 0,75$ MeV
Makrofol E : $1,5 \cdot 10^{-5}$ Spuren/Neutron für $E_n > 1$ MeV
 $^{232}\text{Th}(n,f)+\text{Makrofol}$: $1,25 \cdot 10^{-8}$ Spuren/Neutron für $E_n > 1,2$ MeV

Mit der beschriebenen Kombination von Schwellwertdetektoren, ergänzt durch Schwefel und Gold, wurde während einer Vergleichsbestrahlung innerhalb eines IAEA-Entwicklungsprogrammes das Neutronenspektrum des HPRR-Reaktors in Oak Ridge/USA ausgemessen. Weitere Messungen wurden an einer ^{252}Cf -Neutronenquelle des Europäischen Institutes für Transurane durchgeführt.

4.2.3.3 Spaltfragmentregistrierung zum Nachweis geringer Urankonzentrationen in Wasser

E. Piesch, P.S. Weng

Es wurden die Möglichkeiten einer Anwendung der Spaltfragment-Ätztechnik zum Nachweis geringer Urankonzentrationen insbesondere in Wasserproben im Hinblick auf eine Überwachung von Kernkraftwerken untersucht. Nach einer Reaktorbe-

strahlung der Probe in Kontakt mit einer Detektorfolie können geringe Uranmengen über Spaltfragmente in der Detektorfolie nachgewiesen werden. Als Probenträger diente eine Makrofolie, die in Kontakt mit einer weiteren Folie in der thermischen Säule des FR 2 bestrahlt wurde.

Wegen einer zum Teil ungleichen Verteilung der Spaltfragmente insbesondere bei geringer Urankonzentration der Kalibrierproben, die aus einer Lösung von Uranoxid in 2n-Salpetersäure hergestellt wurden, führte die automatische Auszählung im Funkenzähler nur bei wässrigen Lösungen zu guten, reproduzierbaren Ergebnissen. Eine mikroskopische Auszählung der Probe von etwa 1 cm² Fläche ist andererseits für eine Schnellmethode sehr aufwendig. Es zeigte sich, daß mit dem Funkenzähler unter Zugrundelegung eines Probenvolumens von 0,2 cm³ und einer Neutronenfluenz von etwa 10¹⁵ n/cm² Urankonzentrationen im Bereich von 10⁻⁶ - 10⁻⁹ g/l nachweisbar sind.

Für die Urankonzentration von Wasserproben aus Leopoldshafen und Taiwan wurden u. a. folgende Werte erhalten:

Trinkwasser KFZK	1,2 · 10 ⁻⁶ g/l
Trinkwasser Taiwan	3 · 10 ⁻⁸ g/l
Seewasser Taiwan	3,8 · 10 ⁻⁷ g/l

Wegen der hohen Empfindlichkeit der Nachweismethode muß die Möglichkeit einer Kontamination der Detektorprobe während der Probenherstellung und der Reaktorbestrahlung ausgeschlossen werden.

4.2.4 Einheitliche Ausmessung von Neutronenaktivierungsdetektoren in einem Flüssigszintillationszähler

E. Piesch

Aktivierungsdetektoren in den herkömmlichen Unfalldosimeterkombinationen werden nach der Aktivierung auf eine β/γ -Ak-

erwies sich ein Atemluft-Kompressor mit 200 atü als zweckmäßig. Als Sammelgefäß werden Preßluftflaschen für Atemschutzgeräte verwendet. Mit dieser Methode ist es möglich, den derzeitigen ^{85}Kr -Gehalt in der Atmosphäre von etwa $1,5 \cdot 10^{-11} \text{ Ci/m}^3$ auf etwa $\pm 30 \%$ genau zu messen. Die Meßanlage wurde zur Überwachung der Abluft der WAK eingesetzt, wobei kurzzeitige Spitzenwerte um $3 \cdot 10^{-8} \text{ Ci/m}^3$ gemessen wurden (siehe Kap. 7).

4.3.2 Kontinuierliche Messung von ^{85}Kr im Beisein von ^{41}Ar

H. Fessler, H. Michel

Die im Jahresbericht 1969 (KFK-Bericht 1158) beschriebene Anlage zur kontinuierlichen Direktmessung von ^{85}Kr in Anwesenheit von ^{41}Ar wurde mit ^{85}Kr und ^{41}Ar kalibriert. Es handelt sich bei dieser Anlage um eine Kombination von 3 mit ihren Flächenseiten zusammengebauten Großflächendurchflußzählern, von denen einer als Schutzzähler und zwei als Meßzähler geschaltet sind. Die beiden Meßzähler sind durch eine Absorberfolie geeigneter Dicke voneinander getrennt. Es wurden die Zählrate N_3 des an das Meßvolumen anschließenden Zählers 3 sowie die Zählrate N_2 des mittleren Zählers 2 in Koinzidenz zu Zähler 3 und in Antikoinzidenz zum Schutzzähler 1 gemessen. Da die β -Strahlungen von ^{41}Ar und ^{85}Kr deutlich unterschiedliche Maximalenergien haben, ist eine getrennte Bestimmung der beiden Strahler bei nicht allzu großem Meßvolumen grundsätzlich möglich.

^{41}Ar ist aber auch γ -Strahler, daher wurde die Anlage mit einem ^{60}Co -Präparat, das in Kugeln von annähernd luftäquivalentem Material eingebracht war (entsprechend einem Abstand von 27, 70 und 85 m Luft), auf ihre γ -Empfindlichkeit untersucht. Die mittlere γ -Energie von ^{60}Co ist 1,25 MeV, von ^{41}Ar 1,29 MeV. Das Ergebnis dieser Kalibrierungen ist in Kurve 1 und 4 in Abbildung 20 wiedergegeben. Es wurde mit folgenden vereinfachenden Annahmen gerechnet:

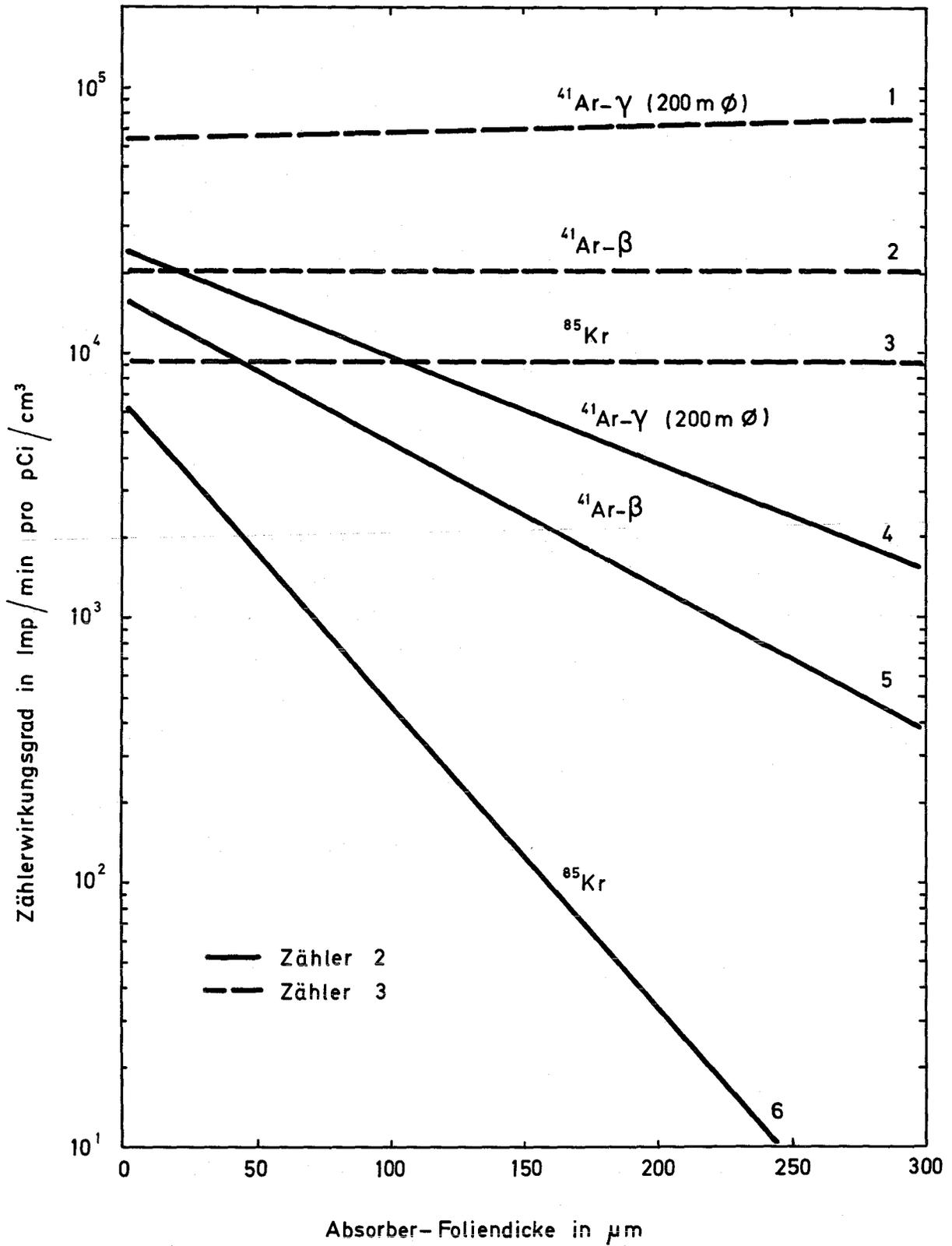


Abb. 20: Kalibrierung der Meßanlage für Krypton-85 und Argon-41

Eine halbkugelförmige ^{41}Ar -Wolke mit einem Durchmesser von 200 m sei gleichmäßig mit ^{41}Ar gefüllt und die Anlage sei im Mittelpunkt dieser Wolke aufgebaut. Man kann zeigen, daß zwar die absolute Höhe der γ -Zählraten von den geometrischen Dimensionen der Wolke abhängig ist, nicht aber das Verhältnis der beiden Zählraten zueinander. Zur Kompensation der äußeren γ -Strahlung von ^{41}Ar muß man daher eine Absorptionsfolie wählen, bei der die Zählratenverhältnisse für ^{41}Ar β -Strahlung und γ -Strahlung gleich sind. Damit wird die ^{85}Kr -Anzeige, abgesehen von den ansteigenden statistischen Schwankungen, unabhängig von den Dimensionen der ^{41}Ar -Wolke.

Bei der von uns gewählten Tiefe des Meßvolumens ergab sich diese Folienstärke zu 250 mg/cm^2 . Allerdings wird die untere Nachweisgrenze für ^{85}Kr allein dann wesentlich schlechter, als bei dem dafür ermittelten Optimum von etwa 80 mg/cm^2 . Man wird sich also bei einer stationären Anlage für einen Aufbau mit ausreichend guter Abschirmung (ca. 7 cm Blei) und einer Absorptionsfoliendicke von 80 mg/cm^2 entscheiden und nur bei einer fahrbaren Anlage aus Gewichtsgründen diese Nachteile zu Gunsten der γ -Kompensierung in Kauf nehmen. Bei der stationären Version ist so eine untere Nachweisgrenze von etwa $5 \cdot 10^{-9} \text{ Ci/m}^3$, bei der beweglichen Version von etwa $4 \cdot 10^{-8} \text{ Ci/m}^3$ für ^{85}Kr allein erreichbar.

4.3.3 Meßmethoden für ^{131}J bei Probenaktivitäten unter 10^{-11} Ci

H. Fessler, J. Pawelzik

Im Jahre 1970 war für ^{131}J -haltige Proben (Durchmesser 5 cm, Dicke $< 4 \text{ mm}$) zwischen 2 NaJ(Tl)-Detektoren mit 3 Zoll Durchmesser und möglichst kleinem Abstand hinter 5 cm Bleiabschirmung eine untere 3σ -Nachweisgrenze von etwa $1,5 \text{ pCi}$ bei einer Meßzeit von etwa 1 000 Minuten ermittelt

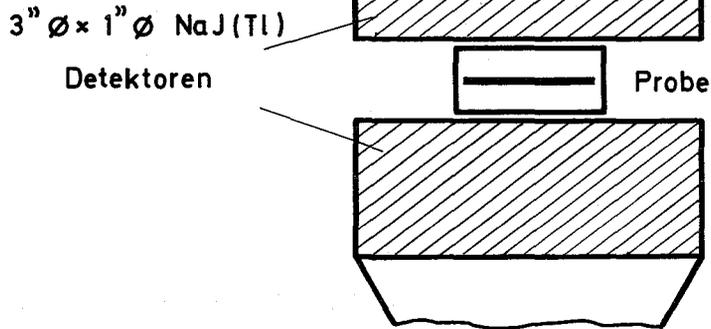
worden. Eine wesentliche Steigerung des erzielten γ -Wirkungsgrades von nicht ganz 50 % für die 364-keV-Linie durch Vergrößerung der Detektoren erschien ohne eine wesentliche Erhöhung des Nulleffektes nicht möglich. Aussichtsreicher erschienen hier Methoden zur Verminderung des Nulleffektes: z. B. durch Verstärkung der Abschirmung, β/γ -Koinzidenz bei sehr dünnen Proben oder Messung in einer Anti-Compton-Anordnung, wenn etwas mehr massebehaftete Proben vorliegen.

Die beiden letzteren Methoden wurden im Laufe des Jahres 1971 getestet. Abbildung 21 zeigt die verwendeten Detektoranordnungen. In Tabelle 28 werden die erhaltenen Ergebnisse aufgeführt. Der Probendurchmesser war einheitlich auf 35 mm festgelegt, da so handelsübliche von ASS/Ch mit ^{131}J -Lösung getränkte und getrocknete Kohlefilterpapiere verwendet werden konnten.

Methoden	Proben- dicke in mg/cm^2	Abschir- mung	Wirkungs- grad für ^{131}J $\frac{\text{Imp}}{\text{min} \cdot \text{pCi}}$	Nachweis- grenze (3σ) Meßzeit 1 000 min in $\text{pCi } ^{131}\text{J}$
β/γ -Koin- zidenz	13	keine	0,27	1,65
"	26		0,20	2,2
" "	39		0,16	2,75
$4\pi \gamma$ (3-Zoll-Det.)	39		0,82	5,3
Anti-Compton	39	5 cm Stahl und 6,5 cm NaJ(Tl)	0,37	1,0
$4\pi \gamma$ (2-Zoll-Det.)	39		0,43	1,6

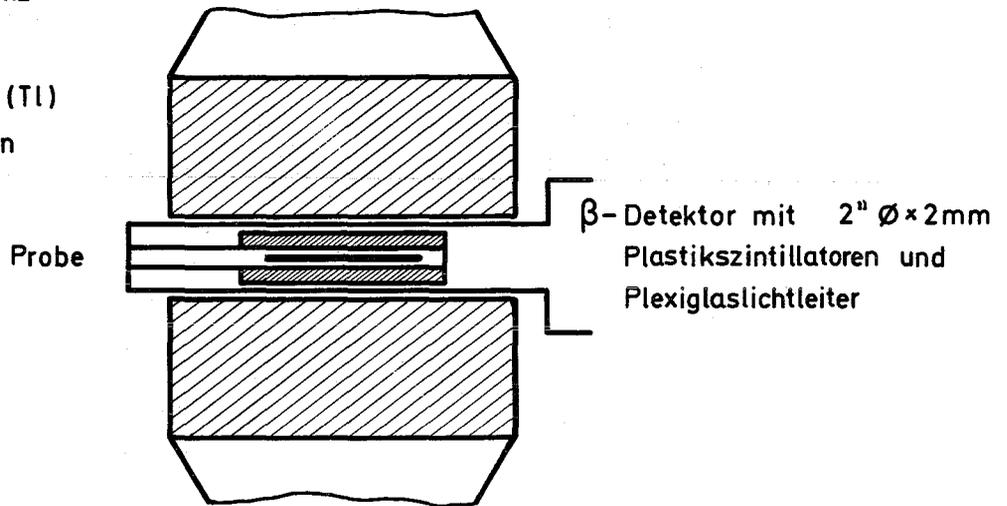
Tab. 28: Nachweisgrenze für ^{131}J

(a) $4\pi \gamma$ ohne Abschirmung

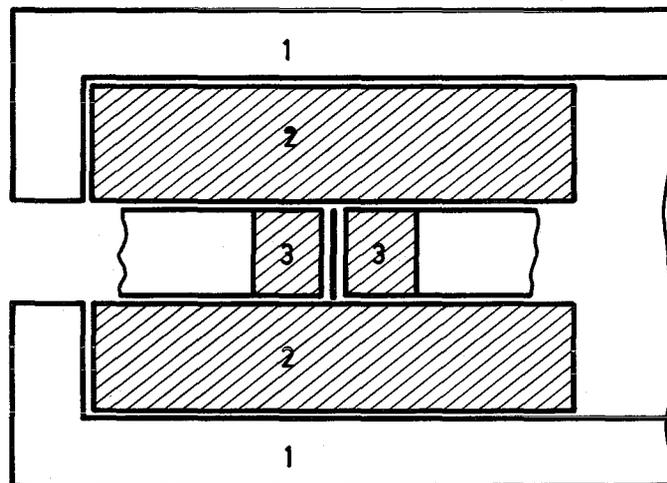


(b) β - γ Koinzidenz

$3'' \text{ } \varnothing \times 1'' \text{ } \varnothing$ NaJ (Tl)
Detektoren



(c) Anti-Compton Anordnung und $4\pi \gamma$ - mit Abschirmung



- 1. 5 cm Stahl
- 2. 6,5 cm NaJ (Tl)
Anti Compton
Schirmkristall
- 3. $2'' \text{ } \varnothing \times 1'' \text{ } \varnothing$ NaJ (Tl)
Detektor

Abb. 21: Meßanordnungen für eine ^{131}J -Low-level-Messung

Die Ergebnisse zeigen, daß mit der β/γ -Koinzidenzmethode bei einer zur Anti-Compton-Methode gleichwertigen Abschirmung durchaus untere Nachweisgrenzen von weniger als 0,8 pCi ^{131}J erreichbar sind. Allerdings wird es dazu in vielen Fällen, z. B. bei Regenwasserproben, einer weitergehenden chemischen Aufarbeitung bedürfen als bei der Anwendung der Anti-Compton-Methode.

4.3.4 Verbesserung der Pu-Lungenzähler

H. Fessler, J. Pawelzik

Zur Reduzierung der beim kommerziellen Pu-Lungenzähler vorhandenen Randeffekte, die die effektive Meßzählerfläche wesentlich verringern, wurde ein neuer Prototyp-Zähler hergestellt. Mit diesem Proportionalzähler wurden Modellversuche für eine endgültige Konzeption neuer Lungenzähler durchgeführt sowie Vergleichsmessungen mit den bisher im Kernforschungszentrum benutzten Zählern.

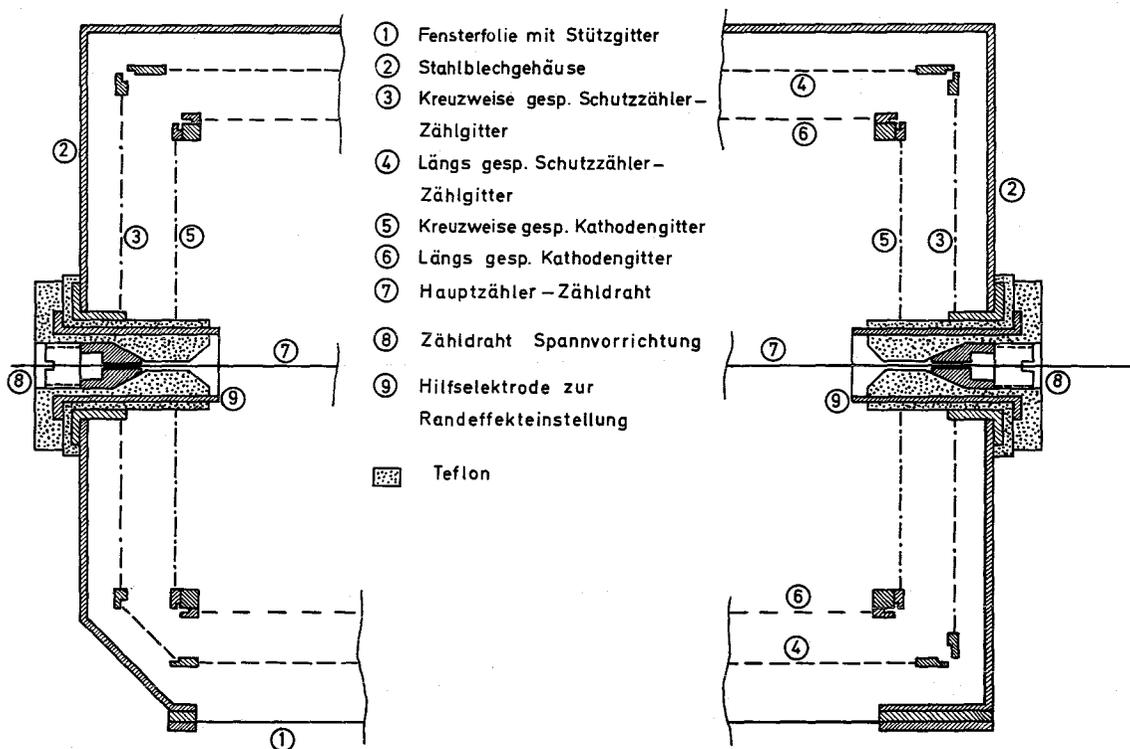


Abb. 22: Aufbau des verbesserten Pu-Lungenzählers

Der Aufbau des Proportionalzählers mit nur einem Hauptzähler-Zählrohr ist in Abbildung 22 wiedergegeben. Diese Konstruktion bringt insbesondere für eine Unterdrückung der Randeffekte große Vorteile.

Die Ergebnisse der Vergleichsmessungen mit den anderen Pu-Zählern zeigt Tabelle 29. Sie wurden gewonnen mit einem punktförmigen 1,5 μCi ^{239}Pu -Präparat in 10 und 30 cm Abstand von der Mitte des Zählerfensters. Die hierbei ausgewerteten Energiebereiche I bzw. II reichten von 7,5 - 22 keV (I) und 11,25 - 18,75 keV (II). Aus diesem Ergebnis ist zu ersehen, daß durch Verbesserung der Energieauflösung und durch Verminderung der Randeffekte eine schmalere Einstellung der Energiebereiche ohne wesentlichen Empfindlichkeitsverlust möglich wird.

Energiebereich	Abstand	Zählrate in Imp/min		
		Kommerz. Zähler 15 · 30 cm ² Fensterfläche	Prototyp alt 15 · 30 cm ² Fensterfläche	Prototyp neu 10 · 20 cm ² Fensterfläche
I	10 cm	780	2 500	1 650
	30 cm	270	525	365
	NE	2,0	2,6	1,0
II	10 cm	470	1 370	1 360
	30 cm	115	265	300

Tab. 29: Ergebnisse der Vergleichsmessung von Pu-Lungenzählern

4.3.5 Kalibrierung des fahrbaren Ganzkörperzählers des Kerntechnischen Hilfszuges

A. Schmitt

Zur schnellen Inkorporationsmessung bei Einsätzen des Kerntechnischen Hilfszuges war im Kernforschungszentrum Karlsruhe ein fahrbarer Ganzkörperzähler gebaut worden, der zu Anfang des Jahres 1971 kalibriert wurde. Sein wichtigstes Merkmal ist die Verwendung eines einzelnen 6" \varnothing • 3,5" NaJ(Tl)-Szintillationsdetektors über einer halboffenen Abschirmwanne (shadow shield), in die eine Liege eingeschoben werden kann.

Der Nulleffekt in einer solchen halboffenen Abschirmung ohne Filterung der Zuluft ist merklich vom Aufstellungsort und vom Wetter abhängig. Der Nulleffekt, definiert als die Bruttozählrate im Energiebereich von 100 keV bis 2 MeV bei leerer Abschirmung, lag je nach Wetterlage zwischen 1 200 bis 2 000 Imp/min. Bei diesen wie auch bei allen übrigen Kalibrierungsmessungen stand der fahrbare Ganzkörperzähler in einer Fahrzeughalle.

Damit werden die üblicherweise angegebenen, vom Nulleffekt abgeleiteten Größen wie der Abschirmfaktor, der Background-Index und die theoretische Nachweisgrenze orts- und wetterabhängig. Sie sind daher bei fahrbaren Anlagen nur mit Vorsicht zu gebrauchen.

Der Abschirmfaktor, definiert als das Verhältnis der Bruttoreate ohne Abschirmung zur Bruttoreate mit Abschirmung im Energiebereich von 100 keV bis 2 MeV lag bei diesen Messungen zwischen 14 und 18.

Der Background-Index, die Bruttoreate pro cm^3 Kristallvolumen, ebenfalls im Energiebereich von 100 keV bis 2 MeV, berechneten sich zu 0,77 bis 1,15 Imp/min • cm^3 .

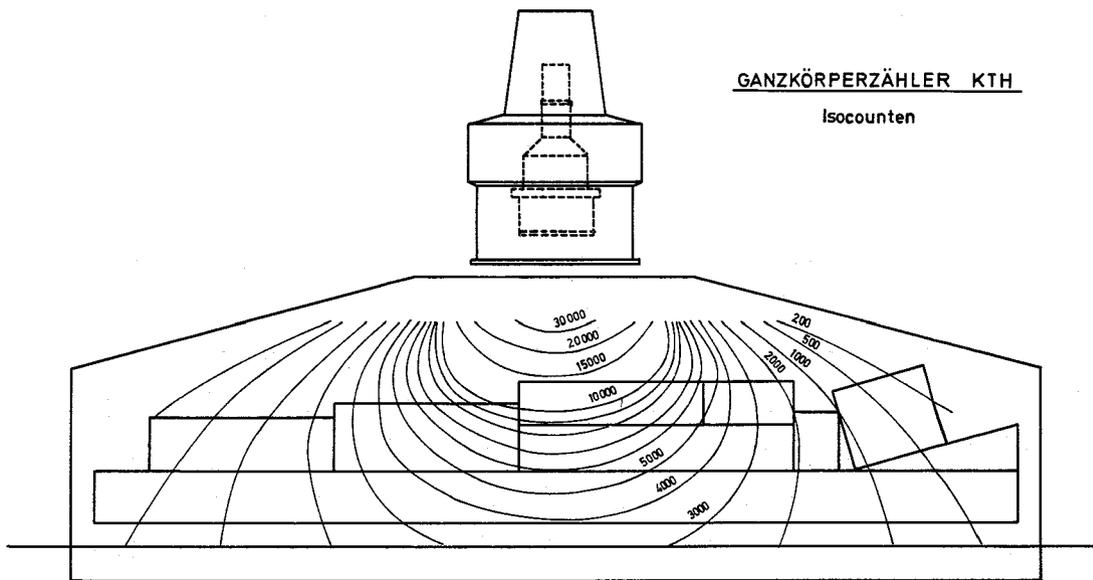


Abb. 23: Ganzkörperzähler KTH: Isocounten

Die gemessenen Isocounten, die Kurven gleicher Zählrate für eine Punktquelle, geben einen Eindruck von der räumlichen Abhängigkeit der Meßempfindlichkeit (Abb. 23). Man sieht, daß bei der hier verwendeten Liegebettgeometrie mit einem einzelnen Detektor der Meßeffect davon abhängt, wo sich die inkorporierte Aktivität im Körper befindet. Man kann nicht für alle denkbaren Fälle Kalibrierkurven aufnehmen. So beschränkt man sich auf den wichtigsten Fall, den "Standardmenschen" von 70 kg Gewicht und 170 cm Körperlänge mit homogen im Körper verteilter Aktivität, für den man den Wirkungsgrad abhängig von der Gamma-Energie bestimmt (Abb. 24).

Diese Kurve wurde mit einem 70-kg-Wasserphantom und geträgerten Eichlösungen von ^{113}Sn , ^{22}Na , ^{137}Cs , ^{88}Y , ^{65}Zn und ^{60}Co bestimmt. Zur genauen Aktivitätsbestimmung wurden von jeder Eichlösung 0,2 ml eingedampft und auf einem Ge(Li)-Meßplatz mit Eichstrahlern der IAEA verglichen. Für die Kalibrierung unterhalb von 390 keV standen noch keine geeigneten Eichlösungen zur Verfügung. Der gestrichelt eingezeichnete Kurvenverlauf entspricht dem Verlauf der Eichkurve

des stationären Ganzkörperzählers der Abteilung ASS/GM. Da der Abfall der Kurve bei niederen Energien hauptsächlich von der Absorption im Wasserphantom herrührt, ist diese Art der Extrapolation für den vorliegenden Zweck brauchbar.

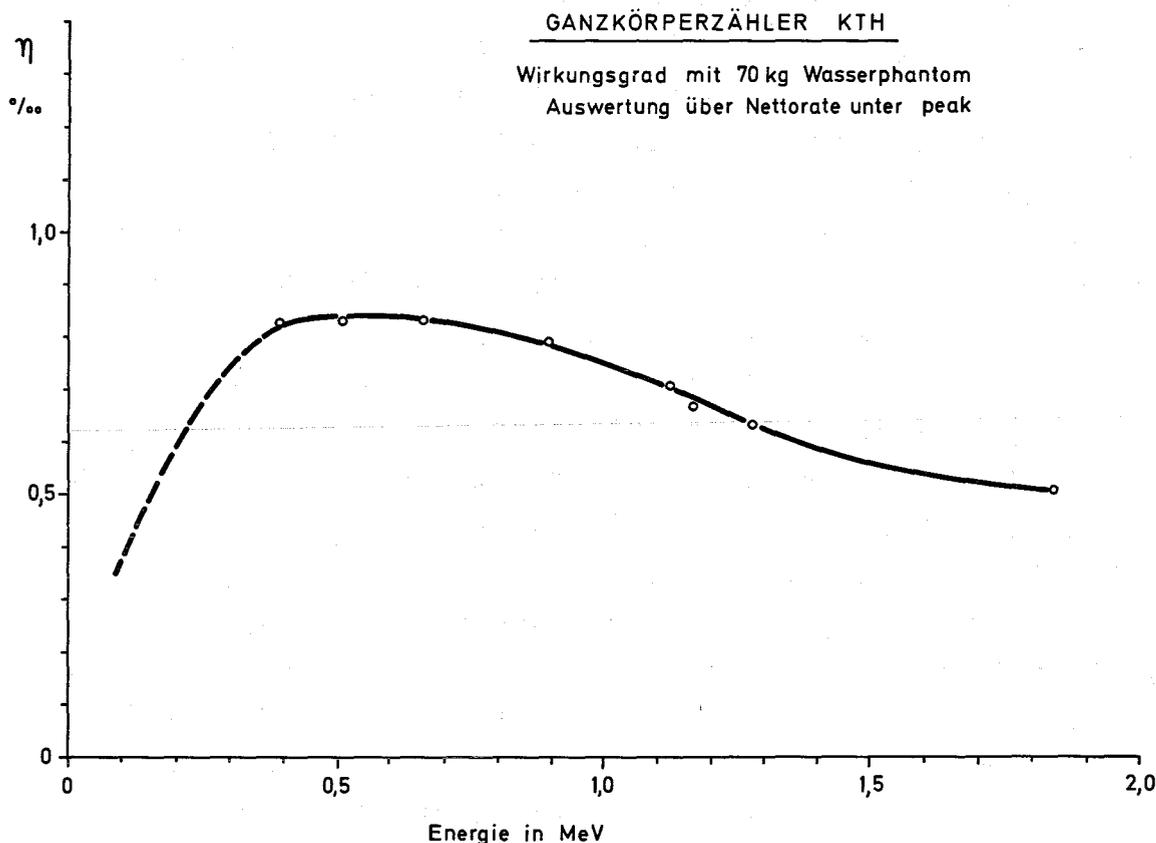


Abb. 24: Ganzkörperzähler KTH: Wirkungsgrad mit 70-kg-Wasserphantom

Diese Wirkungsgradkurve gilt nur für den Standardmenschen. Die oft verwendeten Tabellen der Korrekturfaktoren für Personen mit anderem Körpergewicht wurden noch nicht aufgenommen. Zu ihrer Bestimmung wären verschieden große Phantome und ein beträchtlicher Arbeitsaufwand erforderlich. Für die Auswertung beim fahrbaren Ganzkörperzähler des Kerntechnischen Hilfszuges sind sie auch wenig nütze. Hier werden voraussichtlich nur Personen mit Körpergewichten

- Ermittlung der Schwächungskoeffizienten für Stahl, Tantal und Gold

Im Laufe der Auswertung stellte sich als weitere Aufgabe, den ^{241}Am -Gehalt zu ermitteln, um damit bei Kenntnis des Herstellungsdatums Rückschlüsse auf den weiteren Anstieg der γ -Strahlung von ^{241}Am ziehen zu können. Außer ^{238}Pu konnten ^{241}Am und ^{239}Np identifiziert werden.

Die ermittelten Schwächungskoeffizienten sind in Tabelle 30 wiedergegeben.

γ -Energie	Massenschwächungskoeffizient μ in cm^2/g		
	Stahl	Tantal	Gold
44 keV	2,7	> 7,7	> 9,0
60 keV	1,2	3,1	4,2
100 keV	0,4	4,1	4,9
150 keV	0,24	1,4	1,68
228 keV		0,47	0,56

Tab. 30: γ -spektroskopisch ermittelte Schwächungskoeffizienten für ^{238}Pu

5. Strahlenschutzmeßgeräte

5.1 Wartung und Reparatur von Strahlenschutzmeßgeräten

A. Schmitt

Zum Jahresanfang 1971 waren von der Abteilung Strahlenschutz und Sicherheit 2 668 Strahlenschutzmeßgeräte bzw. Geräteteile (Großflächenzähler, Drucker etc.) zu betreuen, die einen Anschaffungswert von 4,4 Mio. DM hatten. Hierbei sind die aufwendigen Überwachungsanlagen und die Spektroskopieelektronik nicht berücksichtigt.

Im Laufe des Jahres 1971 wurden hiervon etwa 100 Geräte bzw. Großflächenzähler mit einem Anschaffungswert von 0,2 Mio. DM wegen Überalterung aus dem Einsatz gezogen. Neu beschafft wurden in diesem Zeitraum 148 Geräte für 0,3 Mio. DM. Diese Zahlen zeigen, daß der Bestand an Strahlenschutzmeßgeräten gegenüber dem Vorjahr praktisch gleich geblieben ist und nur zu etwa 6 % erneuert wurde.

Während des Jahres 1971 wurden in der eigenen Elektronikwerkstatt 508 Reparaturen an Strahlenschutzmeßgeräten durchgeführt. Weitere 140 Reparaturen mußten von den Herstellerfirmen vorgenommen werden. Diese Zahlen stimmen mit denen des Vorjahres überein.

Sämtliche Dosisleistungsmeßgeräte, die im Kernforschungszentrum Karlsruhe eingesetzt sind, werden von der Abteilung Strahlenschutz und Sicherheit regelmäßig auf ihre Funktionstüchtigkeit überprüft. Nach einem festgelegten Wartungsplan werden diese Geräte halbjährlich in der Elektronikwerkstatt auf mechanische und elektronische Fehler und Alterungserscheinungen untersucht und dann am Hochdosisstand kalibriert. Alle Geräte, die wegen eines Defektes aus dem Einsatz gezogen werden müssen, werden nach der Reparatur neu kalibriert. Ebenso werden neu beschaffte

Dosisleistungsmeßgeräte vor Gebrauch auf ihre Funktionstüchtigkeit kontrolliert. Gelegentlich werden auch Kalibrierungen von Geräten von Kernkraftwerken vorgenommen. Für alle Geräte, die in größeren Stückzahlen vorhanden sind, wurden Prüfanweisungen erstellt und dadurch die routinemäßigen Arbeiten wesentlich rationalisiert.

Tabelle 31 zeigt den Umfang dieser Wartungsarbeiten. Bemerkenswert sei hierzu, daß man aus der Häufigkeit der Reparaturfälle nicht direkt auf die Störanfälligkeit eines bestimmten Gerätetyps schließen kann. Jordankammern mußten beispielsweise oft instandgesetzt werden, da diese Geräte am längsten unter meist rauen Bedingungen eingesetzt sind.

Gerätetyp	Routineprüfung und Kalibrierung	Reparatur und Kalibrierung	Gesamtzahl der Kalibrierungen
Jordankammer	154	30	184
Graetz X-10	19	2	21
" X-50	111	15	126
" X-500	14	2	16
" X-1000	5	3	8
Total 6150	56	4	60
" 6112	49	5	54
Frieseke FH 40	14	1	15
Neutronenmeßgeräte	18	4	22
Sonstige Geräte	7	3	10
Neubeschaffte Geräte	-	-	80
Insgesamt	447	69	596

Tab. 31: Anzahl der Wartungsarbeiten an Dosisleistungsmeßgeräten im Jahre 1971

Die Abteilung betreut in den verschiedenen Instituten und Forschungseinrichtungen des Kernforschungszentrums Karlsruhe 35 Anlagen mit 100 Meßstellen zur Pegel- und Luftüberwachung. Diese Betreuung beginnt schon vor der Beschaffung mit der Beratung über das jeweils zweckmäßigste Meßverfahren und die Geräteauswahl. Sie umfaßt auch die Kalibrierung, Fehlersuche und Reparatur.

Im Jahre 1971 wurde dem Institut für Experimentelle Kernphysik ein Vorschlag für eine Dosisleistungs-Meßanlage mit 8 Meßstellen unterbreitet, die zur Strahlenschutzüberwachung an einem Kaskadenbeschleuniger dienen soll. Weiterhin wurde der Reaktorbetrieb bei der Erweiterung und dem Umbau der Luftüberwachungsanlagen der Heißen Zellen beraten. Erweitert und umgebaut wurde die Abluftüberwachungsanlage des Instituts für Material- und Festkörperforschung; völlig neu beschafft wurde die Anlage zur Überwachung von Rauchgas, Abluft und Raumluft der neuen Veraschungsanlage der Dekontaminationsbetriebe.

Die Nachweisempfindlichkeit der Direktmeßstellen der Abluftüberwachungsanlagen wird zumeist rechnerisch bestimmt, da die Kalibrierung mit gasförmigen Nukliden bei vollem Luftdurchsatz meßtechnisch schwierig ist. Als Versuch wurden im Jahre 1971 zwei Beta-Gamma-Direktmeßstellen mit ^{131}I und eine weitere Meßstelle mit ^{41}Ar kalibriert. Die Aktivitätsmengen - einige mCi - wurden so gewählt, daß sie noch mit einfachen Strahlenschutzmaßnahmen gehandhabt werden konnten und der Meßwert bei zehnminütiger Messung etwa dem zehnfachen Nulleffekt entsprach. Die Ergebnisse zeigten gute Übereinstimmung mit den berechneten Nachweisempfindlichkeiten.

Für die Zählrohr-Monitoranlage ZMA-67 für die Umgebungsüberwachung innerhalb des Kernforschungszentrums wurden 10 weitere Hochdosismeßköpfe gefertigt, einzeln über den Temperaturbereich von -20°C bis $+50^{\circ}\text{C}$ getestet und am

Hochdosis Eichstand bis 1 000 R/h kalibriert. Die Anlage wurde so umgerüstet, daß sie nun insgesamt 16 Niederdosis-Meßstellen für den Meßbereich von 10 μ R/h bis 10 mR/h und 13 Hochdosis-Meßstellen für den Meßbereich von 10 mR/h bis 1 000 R/h besitzt.

5.2 Erprobung neuer Geräte

B. Burgkhardt, A. Schmitt

Im Hinblick auf künftige Beschaffungen von Strahlenschutzmeßgeräten werden bei der Abteilung laufend neuere Geräte gründlich untersucht. Diese Untersuchungen erstrecken sich einmal auf die mechanischen und elektronischen Eigenschaften, wobei auch auf die Bedienbarkeit, die Temperaturabhängigkeit und die Stabilität geachtet wird. Besondere Aufmerksamkeit wird den Detektoren gewidmet, deren Empfindlichkeit, Energie- und Richtungsabhängigkeit genau bestimmt wird.

So wurden im Jahre 1971 die Tritium-Meßsonden Berthold LB 6280, Münchener Apparatebau Type DHK 7 und Herfurth Type HGZ III in einem Vergleichstest untersucht. Ein weiterer Vergleich wurde für drei Dosisleistungsmeßgeräte durchgeführt.

Für einen Zählrohrtyp wurden mit mehreren Mustern von Energiekompensationsfiltern die Energie- und Richtungsabhängigkeit gemessen und Angaben für die Verbesserung der Energiekompensation gemacht.

Genaue Messungen der Energie- und Richtungsabhängigkeit sowie des nutzbaren Dosisleistungsbereiches des Zählrohres BZ 45 mit Energiekompensationsfilter wurden durchgeführt, besonders im Hinblick auf die Beschaffung einer Überwachungsanlage für den Strahlenschutz an einem Kaskadenbeschleuniger des Instituts für Experimentelle Kernphysik. Dort muß

die Dosisleistung der Streustrahlung bis zur Energie von 20 keV herab im Bereich von etwa 20 μ R/h bis 100 mR/h gemessen werden. Robuste Detektoren für ortsfeste Anlagen dieser Art waren bis jetzt auf dem Markt nicht erhältlich. Unsere Messungen zeigten, daß das Zählrohr BZ 45 hierfür geeignet ist.

Zur Untersuchung und Kalibrierung von Dosisleistungsmeßgeräten im Bereich von 0,1 mR/h bis 500 mR/h wurde ein Niederdosis Eichstand in Betrieb genommen. Dieser Eichstand enthält vier ^{137}Cs -Quellen mit den Aktivitäten 800 mCi, 105,7 mCi, 9,5 mCi und 0,98 mCi (Herbst 1970) gemeinsam in einer Bleiabschirmung. Sie können im Handbetrieb wahlweise vor das Strahlenaustrittsfenster geschoben werden. Drei Bleiblenen erlauben eine unterschiedliche Kollimierung des senkrecht nach oben weisenden Strahlenkegels.

5.3 Elektronische Entwicklungen

5.3.1 *Elektronik für Zählrohrstationen mit telefonischer Abfrage*

H.-G. Röber, A. Schmitt

Seit Bestehen des Kernforschungszentrums Karlsruhe sind in den umliegenden Ortschaften Zählrohrstationen installiert, die kontinuierlich den Strahlungspegel registrieren. Damit die gewünschte Meßinformation jederzeit verfügbar ist, wurde eine Anlage entwickelt, die über das öffentliche Fernsprechnetz abgefragt werden kann.

Zum Verständnis der begonnenen Neuentwicklung seien zunächst die Funktionsweise und die wichtigsten Eigenschaften dieser Anlage zusammengefaßt.

Kernstück der Elektronik ist ein Binärzähler aus 26 hintereinandergeschalteten Flip-Flop-Stufen, der als Untersetzer

und Impulsspeicher wirkt. Die momentanen Zustände der Flip-Flop-Stufen repräsentieren den Speicherinhalt in binärer Form. Bei der Abfrage werden nacheinander die Zustände der letzten 16 Flip-Flop-Stufen als hoher bzw. tiefer Ton übertragen. Der Abhörende hat eine Liste der Zweierpotenzen bis 2^{16} und streicht bei einem tiefen Ton die entsprechende Zweierpotenz aus. Addiert man die übriggebliebenen Zweierpotenzen, so erhält man den Speicherinhalt direkt als Dezimalzahl. Die ersten 10 Flip-Flop-Stufen, die nicht abgefragt werden, wirken als Untersetzer mit dem Untersetzungsverhältnis $2^{10} = 1\ 024$. Das Ergebnis muß also mit 1 024 multipliziert werden, um die Anzahl der zwischen zwei Abfragen aufgelaufenen Zählrohrimpulse exakt zu erhalten. Zur Abschätzung des momentanen Strahlungspegels wird 12 Sekunden lang das Kippen der sechsten Flip-Flop-Stufe übertragen. Aus der Anzahl der Tonhöhenänderungen kann festgestellt werden, ob normaler Nulleffekt oder erhöhter Strahlungspegel herrscht.

Die Elektronik hat eine Schaltung zum Herstellen und Trennen der Gesprächsverbindung, ein Bandgerät zur An- und Absage in Klartext und Programmsteuerung. Ein eingebautes Ratemeter mit Kreisblattschreiber dient zur Dokumentation. Die stabilisierte Stromversorgung erfolgt bei Netzausfall durch einen gepufferten Bleisammler. Die Schaltungen sind aus diskreten Bauteilen in ESONE-Technik aufgebaut und füllen einen 19"-Überrahmen.

Acht Anlagen dieser Art sind seit 1965 dauernd in Betrieb und ermöglichen eine bessere Umgebungsüberwachung bei geringerem Personalaufwand. Ein Ersatz durch ähnliche, aber modernere Anlagen wurde wünschenswert. Die eingebauten Tonbandgeräte zeigen Verschleißerscheinungen, und die Elektronik ist zu empfindlich gegen extreme Temperaturen, da sie nach dem damaligen Stand der Technik mit Germaniumtransistoren aufgebaut ist.

Im Rahmen einer Diplomarbeit wurde im Jahre 1971 mit einer

Neuentwicklung begonnen und zunächst ein Versuchsgerät gebaut, dessen Schaltung mit integrierten Schaltkreisen in TTL-Technik entworfen und auf mehreren Platinen aufgebaut wurde (14).

Als nächster Schritt wurden verschiedene Möglichkeiten diskutiert, wie man durch Ändern der Codierung eine praktischere Lösung erreichen könnte. Es wurde auch überlegt, wie man die Abfrageschaltung mit einer früher entwickelten automatischen Fernsprech-Wählschaltung kombinieren kann, um eine selbstanrufende Zählrohrstation zu erhalten. Dies führte zum Bau eines nachbaufähigen Mustergerätes mit folgenden Merkmalen:

Es wurde reiner Netzbetrieb vorgesehen. Die Erfahrung zeigte, daß innerhalb von sechs Jahren bei keiner Anlage ein Netzausfall aufgetreten war, wohl aber Störungen durch vernachlässigte Bleisammler. Da die Sicherheit der Bevölkerung nicht nur von diesen Zählrohrstationen abhängt, erscheint eine gepufferte Batterieversorgung nicht unbedingt erforderlich. So können aber integrierte Schaltkreise in TTL-Technik verwendet werden, die zwar einen relativ hohen Leistungsverbrauch besitzen aber sehr preisgünstig sind. Bei der Auswahl des Registriergerätes braucht auch keine Rücksicht auf den Stromverbrauch genommen zu werden.

Zur Registrierung des Strahlenpegels wurde ein digitales Ratemeter entwickelt. Es besteht aus einem Impulszähler, der von einem Timer gesteuert wird und nach jeweils einer Minute Meßzeit seinen Inhalt in Form von zwei Dezimalstellen und der Zehnerpotenz an einen Zwischenspeicher überträgt und auf Null zurückspringt. Über einen Digital-Analog-Wandler und einen Schreiberverstärker wird der Meßwert von einem Kreisblattschreiber registriert. Der Meßbereich ist durch das Zählrohr mit drei Dekaden gegeben. Bei dieser Art der Registrierung sind die Dekaden gleich breit, die Unterteilung innerhalb der Dekaden aber linear. Die Genauigkeit

Bei der Abfrage beginnt man links oben. Jede Spalte entspricht einer Vierergruppe von Tonimpulsen. Innerhalb einer Vierergruppe haben die Tonimpulse der Reihe nach die Wertigkeiten 1, 2, 4, 8. Ein tiefer Ton bedeutet, daß die entsprechende Wertigkeit ausgestrichen wird. Nach der Abfrage werden in jeder Spalte die nicht ausgestrichenen Zahlen addiert und liefern direkt das Ergebnis.

Die ganze Elektronik des Mustergerätes konnte bis auf die Stromversorgung und einen Übertrager auf einer einzigen Platine untergebracht werden (Abb. 25).

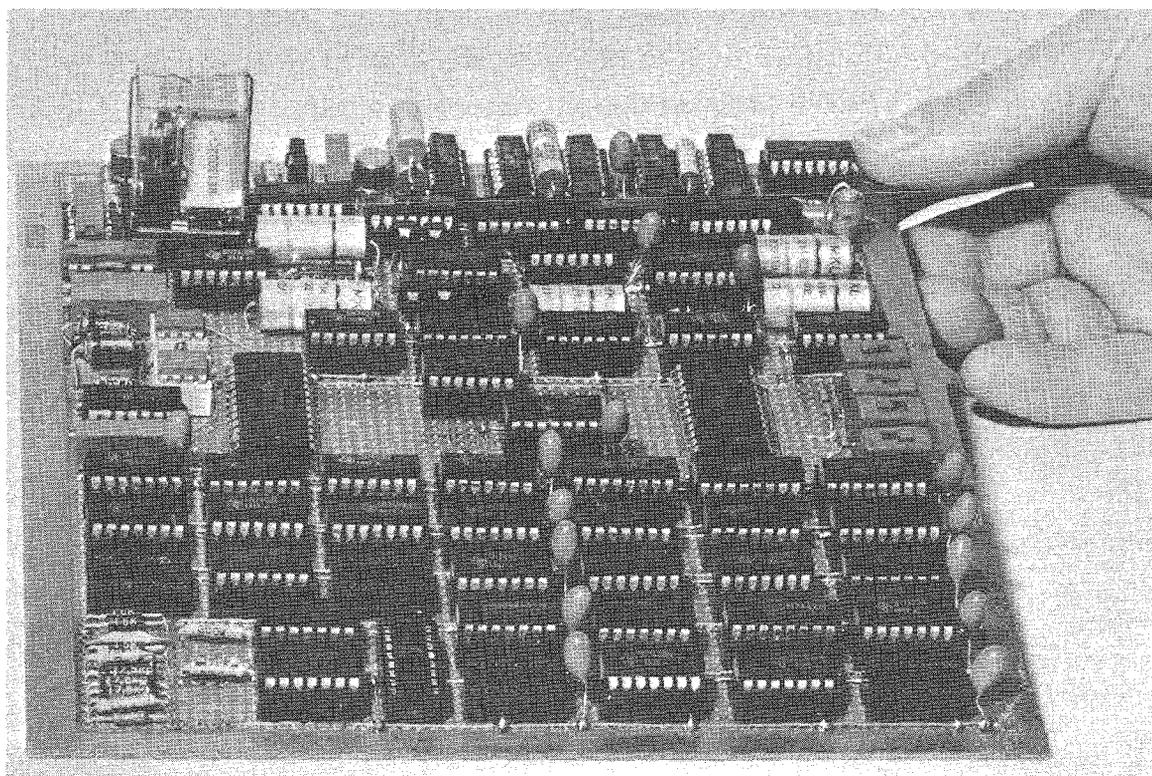


Abb. 25: Aufbau der Elektronik für eine Zählrohrstation mit telefonischer Abfrage

Die Einrichtung zum automatischen Selbstanruf nach Überschreiten eines Schwellwertes wurde nicht eingebaut; sie kann aber ohne Schwierigkeiten eingefügt werden.

5.3.2 Druckersteuerung mit Codeumsetzer

H.-G. Röber, A. Schmitt

Zur Verbesserung der Dosimeter-Auswertung wurden die Schwankungen und die Langzeitdrift des TLD-Auswertegerätes HARSHAW Modell 2000 untersucht. Hierzu war es wünschenswert, das Gerät so zu erweitern, daß es repetierend messen und ausdrucken kann. Der Anschluß eines speziellen Zifferndruckers ist zwar vorgesehen, doch hätte dessen Beschaffung die Arbeit um mindestens ein halbes Jahr verzögert. Ein verfügbarer Zifferndrucker, der die Ziffern im "1-aus-10-Code" übernimmt, konnte nicht direkt an das TLD-Auswertegerät angeschlossen werden, da dieses den Meßwert im BCD-Code abgibt. Es wurde daher eine geeignete Druckersteuerung mit Codeumsetzung und Pegelanpassung entworfen und gebaut. Sie erlaubt eine manuelle Bedienung wie auch eine automatisch-repetierende Betriebsweise. Sie wurde so ausgelegt, daß sie einen hochstabilen Timer starten kann, der anstelle der im TLD-Auswertegerät eingebauten Uhr die Meßzeit bestimmt. Diese Druckersteuerung wurde hauptsächlich aus integrierten Schaltkreisen mit eigener Stromversorgung als komplettes Gerät aufgebaut. Alle Bauteile konnten sofort bezogen werden. Zwischen Auftragserteilung und Inbetriebnahme verging nur eine Woche.

5.3.3 Temperaturverhalten des Zählrohres VALVO 18529

A. Schmitt

Innerhalb des Kernforschungszentrums Karlsruhe werden zur Überwachung des Strahlenpegels im Bereich von 10 mR/h bis 1 000 R/h Hochdosismessköpfe mit GM-Zählrohren VALVO 18529 verwendet. Es wurde untersucht, ob sich diese Zählrohre ohne Nachkalibrierung der Meßstellen austauschen lassen und wie sich das Plateau abhängig von der Temperatur ändert. Hierzu

wurden die Plateaukurven von 10 neuen Zählrohren bei Zimmertemperatur, bei + 50° C, 0° C und - 20° C aufgenommen.

Für die Messungen in einem Temperaturschrank waren alle 10 Zählrohre auf einer Pertinaxplatte im Kreis so angeordnet, daß sie unter praktisch gleichen Bedingungen bestrahlt wurden. Jedes Zählrohr war mit einer Eingangsschaltung versehen, die weitgehend der Eingangsschaltung der Hochdosismessköpfe entspricht. Lediglich der Arbeitswiderstand war niederohmiger gewählt, da die Meßimpulse über längere Koaxialkabel aus dem Temperaturschrank zu einem Schwellenverstärker mit nachgeschaltetem Impulszähler geführt werden mußten. Die Schwelle war auf 50 mV eingestellt. Bestrahlt wurde mit einer ⁹⁰Sr-Quelle von 0,247 mCi in 15 cm Abstand.

Die Plateaukurven hatten bei Zimmertemperatur alle denselben Verlauf und stimmten im Bereich des beim Hochdosiskopf gewählten Arbeitspunktes (575 V) auf 10 % genau überein. Diese Abweichungen, die eventuell auch durch ungleichmäßige Bestrahlung hervorgerufen wurden, sind ausreichend klein, um Zählrohre ohne Nachkalibrierung austauschen zu können.

Bezieht man die gemessenen Plateaukurven auf die Zählrate am gewählten Arbeitspunkt, so stellt man fest, daß die Plateaus aller Zählrohre über die ganzen Plateaukurven nur um + 2 % voneinander abweichen.

Alle 10 Zählrohre zeigten dasselbe Temperaturverhalten. Bei + 50° C lagen die Plateaus etwa 5 % oberhalb, bei - 20° C etwa 10 % unterhalb der jeweiligen Plateaukurve bei Zimmertemperatur.

Bezieht man wiederum die gemessenen Plateaukurven auf die Zählrate im gewählten Arbeitspunkt von 575 V, so erhält man die Kurven der Abbildung 26, die praktisch für alle untersuchten Zählrohre gültig sind. Aus dieser Darstellung sieht man, daß nach einer Kalibrierung bei Zimmertemperatur der

Fehler der Zählrate im gesamten Temperaturbereich von -20°C bis $+50^{\circ}\text{C}$ höchstens 10 % beträgt.

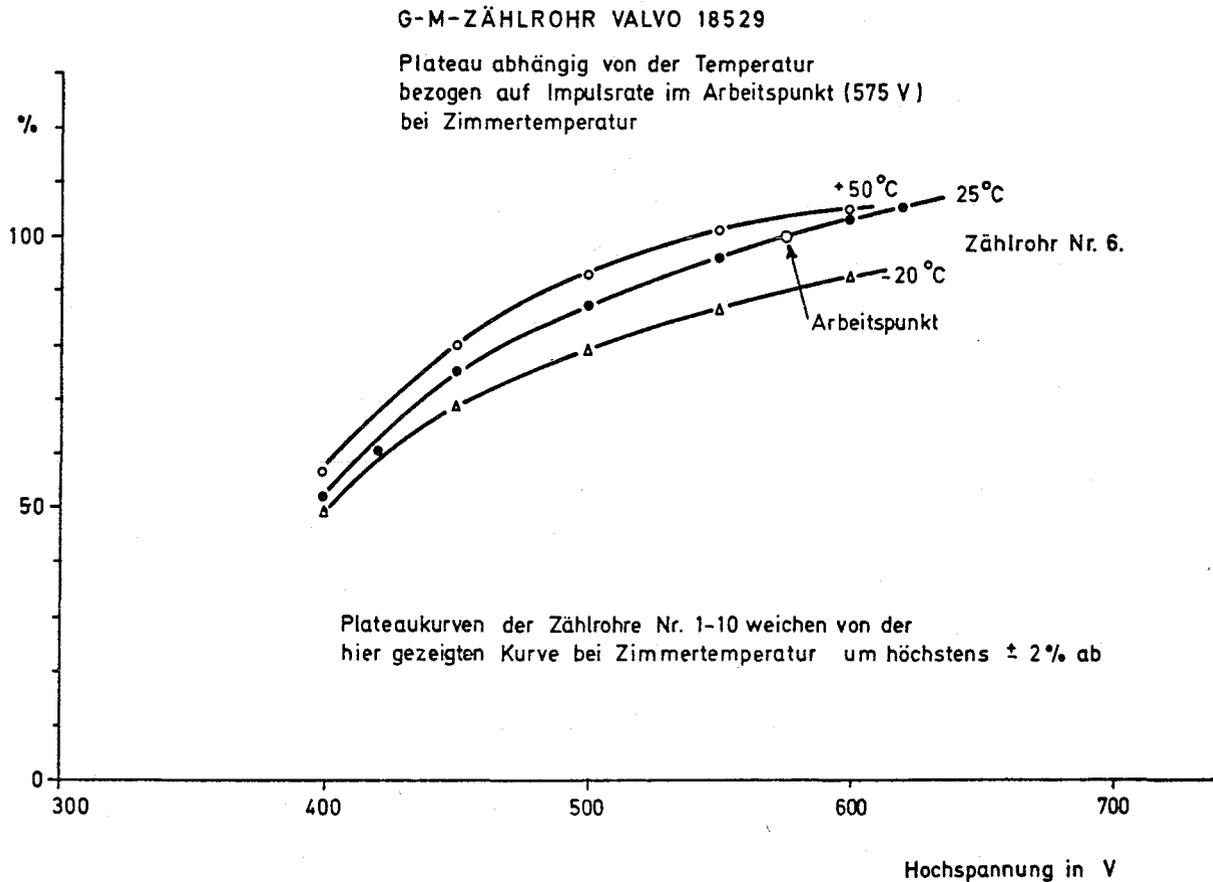


Abb. 26: GM-Zählrohr VALVO 18529 Plateau abhängig von der Temperatur

5.3.4 Entwicklung einer Zählstaffette und eines selbstanrufenden Alarmgebers

E. Heist

Es wurde die Aufgabe gestellt, die zeitliche Änderung eines großräumigen Strahlungsfeldes mit einem System von Meßstellen automatisch zu überwachen. Hierzu wurde eine Zählstaf-

fette entwickelt, welche eine Vielzahl von Strahlungsdetektoren über ein einziges Kabel miteinander verbindet und welche die Meßwertinformation dieser Meßstellen mit Hilfe einer elektronischen Staffettenabfragung über Kabel oder drahtlos an eine Zentrale übermittelt.

Zur besseren zeitlichen Auflösung des Gesamtsystems kann die Meßwertabfrage automatisch auf Schnelldurchlauf geschaltet werden, wenn der registrierte Strahlungspegel an einem Detektor unterhalb einer vorgegebenen Schwelle liegt. Die Meßwertinformation wird bei Erhöhung des Strahlenpegels nach Überschreiten der Schwelle direkt, aber auch in vorgegebenen Meßbereichssprüngen einschließlich einer Meßstellenkennziffer übertragen.

Für ein vorhandenes Meßstationensystem innerhalb der Umgebungsüberwachung, welches über eine telefonische Abfrage Meßwertinformationen liefert, wurden die Möglichkeiten eines Ausbaus mit einem selbstanrufenden Signalgeber untersucht. Aufgabe dieses Signalgebers ist der telefonische Selbstanruf einer Meßstelle in der Zentrale bei Überschreiten einer Meßbereichsschwelle. Die vorgeschlagene Lösung sieht eine digitale Durchgabe der Direktinformation vor, einer Absenderkennung und den Anschluß eines stromarmen Schreibersystems für die Registrierung des Strahlenpegels an der Meßstelle.

6. Theoretische Behandlung von Strahlenschutzfragen

W. Comper

6.1 Strahlenbelastung beim größten anzunehmenden Unfall, Projekt FR 2/55

Als größter anzunehmender Unfall (GaU) wird ein Bruch der Kühlmittelleitung angesehen. Für die Unfallanalyse wurden zwei Störfälle als GaU definiert und bezüglich ihrer Strahlenbelastung untersucht.

Modell 1: Bruch der Primärdampfleitung hinter dem Schnellschlußventil Ve 108 im Second-Containment.

Modell 2: Bruch der Primärdampfleitung unmittelbar vor oder hinter dem Reaktoreinsatz.

Beide Modelle wurden mit zwei verschiedenen Freisetzungsraten betrachtet:

- a) Bei einem spontanen Rohrbruch werden 100 % der Edelgase, 50 % der Halogene, 50 % der Elemente Ba, Sr, Cs und Te sowie 1 % der Feststoffe freigesetzt.
- b) Infolge des Kühlungsausfalls findet die 10fache Normalfreisetzung statt.

Bei Modell 2 wurde angenommen, daß die Aktivität aus dem Deckelzwischenraum in die Reaktorhalle strömt und sich nach etwa 20 s gleichmäßig in der Reaktorhalle verteilt hat. Mit der normalen Lüftung gelangt die Aktivität über den Schornstein in die Umgebung des Kernforschungszentrums. Für die Halogene und festen Spaltprodukte wurde eine Ablagerung von 10 % angenommen.

Für beide Modelle wurde die Ganzkörperbelastung durch die äußere Strahlung wie die Inhalationsdosis als Funktion der Zeit bestimmt.

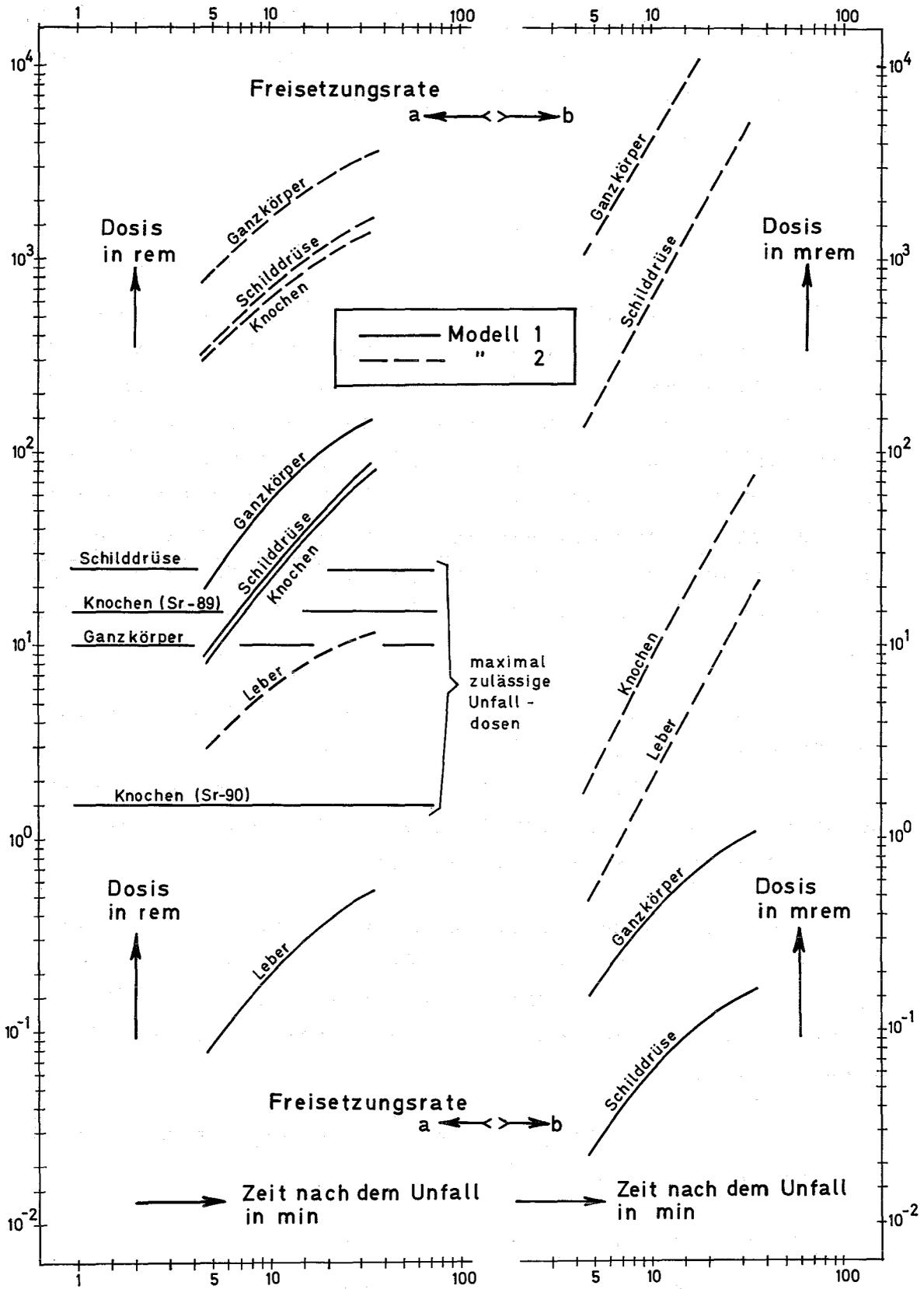


Abb.27: Bestrahlungsdosen in der Reaktorhalle

In Abbildung 27 sind einige Ergebnisse der Rechnungen für die Belastung in der Reaktorhalle dargestellt. Zum Vergleich sind die maximal zulässigen Dosen nach einem nuklearen Unfall eingetragen.

6.2 Abschirmstopfen Projekt FR 2/76

Für den Bestrahlungseinsatz des Projektes FR 2/76 wurde eine Optimalisierung der Füllung des Abschirmstopfens durchgeführt. Die Geometrie des Reaktoreinsatzes ist gegeben. Durch den Einsatz, der im Zentralloop eingebaut ist, verlaufen 12 Rohrschlangen, die über die Pfropfenlänge einmal gewendet sind und zur Aufnahme von Kühlrohren und Kabeln dienen. Sie wurden als zweimal geknickte Rohre betrachtet. Dem Betrieb entsprechend wurde angenommen, daß 5 Rohre mit Kühlwasser und 4 Rohre mit Kabeln belegt sind; 3 Rohre bleiben leer.

Die Berechnung wurde mit einem Abschirmprogramm, das auf der "Removal-Diffusions-Theorie" basiert, durchgeführt. Es wurden nur Strahlen, die in Richtung Zentralkanal laufen, berücksichtigt und angenommen, daß ein symmetrischer Ringspalt vorliegt, der einmal abgesetzt ist.

Für verschiedene Materialzusammensetzungen des Abschirmstopfens wurde der Verlauf des Gamma- und Neutronenspektrums durch die Abschirmung untersucht; gleichzeitig wurde die Wärmeproduktion, bedingt durch die Strahlung in der Abschirmung, berechnet.

Für die günstigste Materialkombination ergab sich im Deckelzwischenraum eine Dosisrate von:

$$\begin{aligned} D (\text{Neutronen}) &= 2,5 \text{ mrem/h} \\ D (\text{Gamma}) &= 2,6 \cdot 10^{-3} \text{ mrem/h.} \end{aligned}$$

Die Ergebnisse der Rechnung zeigen, daß allein die Strahlung

durch die Rohrschlangen für die Dosisleistung im Deckelzwischenraum verantwortlich ist.

Die Strahlung an der Oberseite des Reaktoreinsatzes setzt sich wie folgt zusammen (Beitrag der schnellen Neutronen):

3 leere Kanäle 150 mrem/h, 4 Rohre mit Kabel 40 mrem/h,
5 Wasserrohre 1 mrem/h.

Der Beitrag der Gammastrahlung durch die Rohre beträgt ca. 40 mrem/h. Die Dosisleistung im Deckelzwischenraum kann wesentlich verringert werden, wenn die leer stehenden Rohrschlangen mit einem moderierenden Material ausgefüllt werden.

Die gleiche Betrachtung wurde für den Abschirmstopfen des Projektes FR 2/64 durchgeführt. Unter der ungünstigen Annahme, daß der Ringspalt von ca. 3 mm lichter Weite zwischen Stopfen und Festdeckel durchsichtig ist, liegt die Dosisrate im Deckelzwischenraum bei 70 mrem/h.

6.3 Kritikalität abgebrannter THTR-Brennelemente im Salzbergwerk

Zur Beurteilung der Kritikalitätssicherheit von eingelagerten, abgebrannten THTR-Brennelementen wurden für mehrere Geometrien die k_{eff} -Werte bestimmt. Die Selbsterhitzung der Brennelemente sowie das chemische und physikalische Verhalten infolge der hohen Strahlungsintensität wurde dabei nicht berücksichtigt. Ein Fluten der Lagerstätte mit Wasser wurde nicht angenommen.

Zwei Möglichkeiten der Einlagerung in einem Salzbergwerk wurden untersucht:

1. Lagerung der Brennelementkugeln in Kannen;
2. Lagerung der Brennelementkugeln in einer zylindrischen Kaverne.

Zu 1: Die Kannen sind in quadratischem Raster nebeneinander und in einer, zwei oder drei Schichten übereinander angeordnet. Das Material der Brennelemente und der Kannen wurde homogenisiert, um daraus die Teilchendichte zu bestimmen. Der betrachtete, mit Kannen gefüllte Raum hat folgende Abmessungen:

$l = 24 \text{ m}$; $b = 6 \text{ m}$; $h = 1,9 \text{ m}$, $3,8 \text{ m}$ oder $5,7 \text{ m}$ bei 1, 2 und 3 Schichten. Je Schicht können 400 Kannen gestaut werden.

Als seitlicher Reflektor wurde eine 1 m dicke Schicht NaCl angenommen. Für k_{eff} erhält man:

Anzahl der Schichten	1	2	3
k_{eff}	0,4	0,55	0,59

Mit der gegebenen Geometrie ist man weit von der Kritikalität entfernt.

Zu 2: Die Kaverne wurde als zylindrische Bohrung betrachtet, in die die Kugeln eingelagert werden. Die seitliche NaCl-Reflektordicke wurde mit 1 m angenommen. Die Packungsdichte wurde so bestimmt, als ob die Kugeln in einem Quader neben und übereinander gelagert wären. Die so bestimmte Packungsdichte liegt nur wenig unter der einer Kugelschüttung. Aus dem homogenisierten Material wurde die Teilchendichte bestimmt.

Mit einer 26-Gruppen-Diffusionsrechnung in Zylinder-Geometrie wurden die in Abbildung 28 gezeigten k_{eff} -Werte errechnet. In diesem Fall müssen Höhe oder Durchmesser kleiner als 4 m sein, damit der kritische Zustand nicht erreicht wird. Voraussetzung ist, daß ein Fluten der Kaverne ausgeschlossen wird.

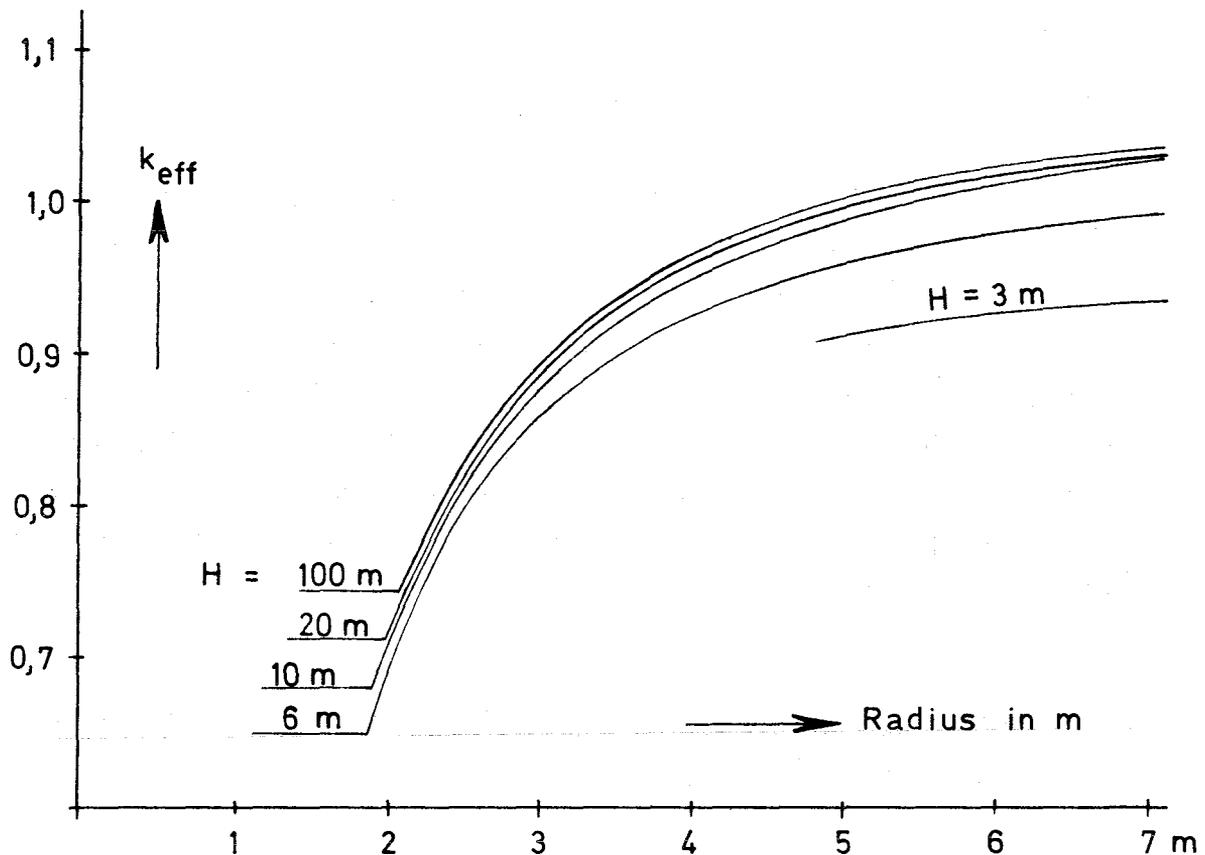


Abb. 28: Kritikalität einer Packung kugelförmiger Brennelemente

6.4 Anzeigeempfindlichkeit einer γ -Aktivitätsmeßstelle

Auf rechnerischem Wege wurde die Anzeigeempfindlichkeit der Direktmeßstelle für die Abluftüberwachung im Gebäude des Instituts für Radiochemie (Bau 321) bestimmt.

Die Zählrohrsonde, die außerhalb des Abluftkanals im Lüfterbau angebracht ist, dient vorzugsweise zur Messung von γ -Strahlung. Der Abluftkanal verläuft in einem Abstand von 3 cm parallel zu einer Betonwand, die eine gute Reflexion der Strahlung ermöglicht. Das Zählrohr ist ca. 2 cm unterhalb des Lüftkanals - senkrecht zur Längsachse desselben - angebracht. Die Intensität des γ -Strahlenfeldes am Ort des Zählrohres ist also nicht nur durch den direkten Strahlenfluß, sondern auch wesentlich durch den γ -Streufuß bestimmt.

Zur Berechnung der Streuflüsse wurde ein Rechenprogramm entwickelt. Die Streuung an der ebenen Wand wurde bei Energien bis zu 1,5 MeV als Einfachstreuung berechnet. Für höhere γ -Energien ist es notwendig, auch Vielfach-Streuungen zu berücksichtigen. Bei den hier betrachteten Energien von maximal 3 MeV ist es ausreichend, nur die Einfach- und Doppelstreuung zu betrachten. Die Rechnungen wurden für 23 wichtige Radionuklide durchgeführt. Für jedes Nuklid wurde die Empfindlichkeitsanzeige der Meßstelle für eine Luftkonzentration von 1 Ci/m^3 berechnet. Die Rechnungen zeigen, daß der Beitrag der Streustrahlung zur Aktivitätsmessung bis zu fast 50 % betragen kann.

6.5 β - und γ -Strahlung der Spaltprodukte bei hohem Abbrand und hoher Flußdichte

Zur Lösung dieser Aufgabe wurde ein bereits vorhandenes Rechenprogramm entsprechend erweitert. Dieses berechnet das Spaltproduktinventar für 60 Zerfallsketten als Funktion der Reaktorleistung, Betriebszeit und Kühlzeit. Jede radioaktive Kette wurde auf maximal 5 Nuklide beschränkt. Die Halbwertszeiten und die Einfangquerschnitte wurden der Nuklidkarte (3. Auflage) entnommen; die kumulativen Spaltausbeuten findet man bei Katcoff (Nucleonics No. 11, 1 S.61).

Mit dem Programm wurden im einzelnen die Masse, die Aktivität und die Zerfallsenergie der β - und γ -Strahlung sowie die Zerfallswärme für jedes Nuklid und für eine effektive thermische Flußdichte von $10^{15} \text{ n/cm}^2 \text{ s}$ berechnet.

Mit dem gleichen Programm werden derzeit auch MZK-Werte für Spaltproduktgemische berechnet.

6.6 Neutronenspektrum hinter einer Abschirmung

Beim Durchdringen der Abschirmschichten erfährt das Neutro-

nenspektrum je nach Abschirmmaterial eine mehr oder weniger starke Veränderung; diese beeinflusst die Abschirmwirkung. Mit drei verschiedenen Rechenverfahren wurden Neutronenspektren beim Durchdringen von Abschirmschichten unterschiedlicher Dicke berechnet:

1. Removal-Diffusions-Konzept,
2. SN-Rechnung,
3. Monte-Carlo-Methode.

Die Rechenverfahren 1 und 2 erlauben, die Rechnungen mit einem Vielgruppensatz durchzuführen. In der beschriebenen Untersuchung wurde eine 26-Gruppen-Rechnung durchgeführt. Folgende Spektren wurden eingegeben:

- a) Spaltspektrum
- b) stark moderiertes Spektrum (im D₂O moderiert)
- c) mäßig moderiertes Spektrum.

Das Rechenverfahren 3 erlaubt nur die Untersuchung monoenergetischer Neutronen und ist sehr aufwendig bezüglich der Auswertung.

Die Materialschichten wurden als eindimensionale unendlich ausgedehnte Platten betrachtet. Für folgende Materialien und Materialschichten wurden die Rechnungen ausgeführt:

Wasser bzw. Plexiglas	10 - 300 cm
Eisen	10 - 150 cm
Blei	5 - 100 cm
Beton	10 - 150 cm

Die Abbildung 29 zeigt nach den Verfahren 1 und 2 berechnete Spektren (Eingabe: D₂O-moderiertes Spektrum, Abschirmung: 12 cm Plexiglas).

Weitere Ergebnisse werden kurz zusammengefaßt: Bei dicken Schichten sind die Spektren am Ende der Schicht unabhängig

vom Eingangsspektrum, bei Beton und Wasser auch unabhängig von der Dicke. Der Unterschied zwischen Beton und Wasser ist gering, der Anteil der niederenergetischen Neutronen in beiden Materialien groß.

Bei Eisen und Blei zeigt sich bis zur Dicke von 40 cm eine große Abhängigkeit der Spektren vom Eingangsspektrum. Erst bei Schichten von 70 cm und mehr verschwindet dieser Einfluß. Bis zu einer Dicke von 30 cm dominiert besonders im Blei der hochenergetische Anteil des Spektrums.

Bei Beton und Eisen mit Schichtdicken von 70 cm und mehr zeigen sich deutliche Unterschiede im Neutronenspektrum der SN-Rechnung und der Rechnung nach dem Removal-Diffusions-Konzept. Der epithermische Anteil ist bei der SN-Rechnung größer, während die höheren Energien bei der Removal-Diffusionsrechnung leicht überwiegen.

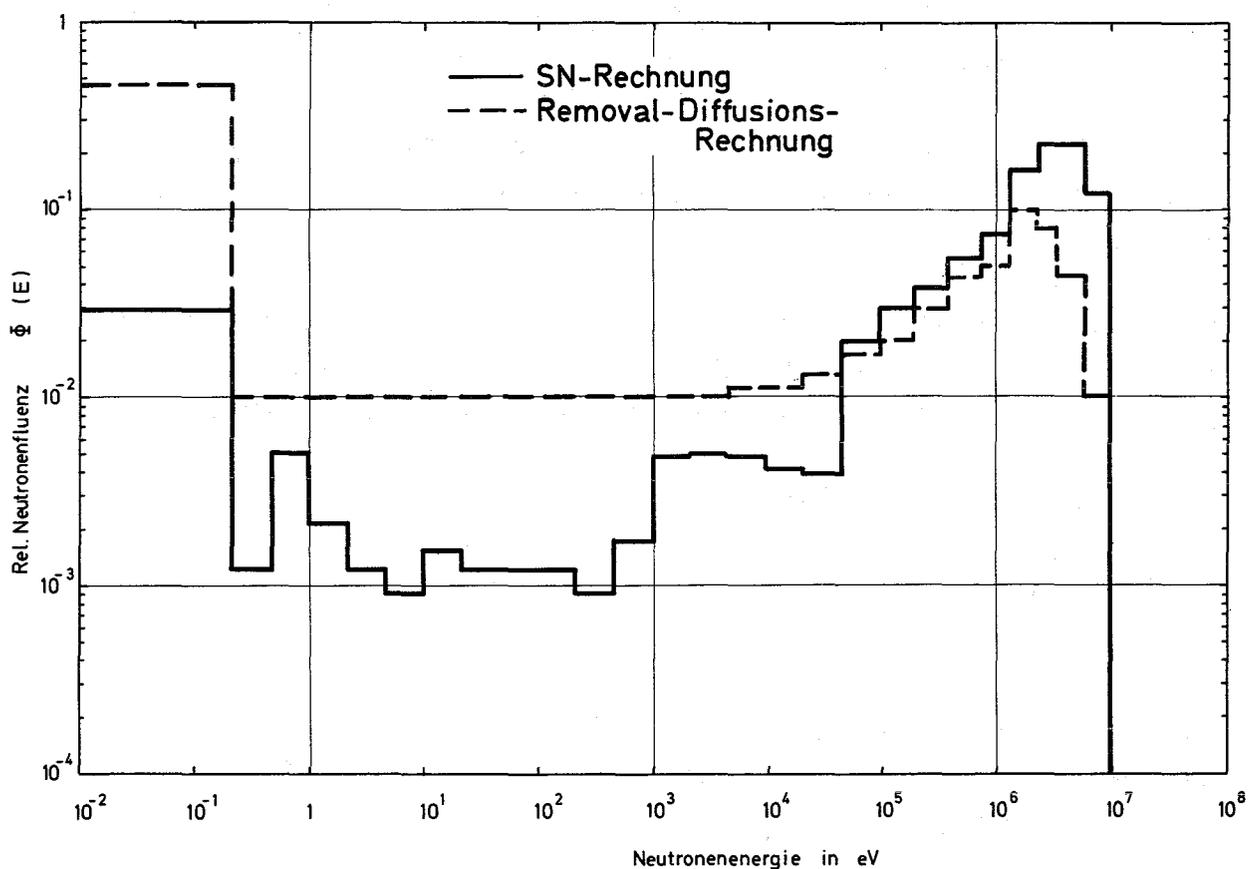


Abb.29: Neutronenspektrum auf der Außenseite einer Plexiglas-Abschirmung ($s = 12$ cm)

6.7 Tankwechsel des FR 2

Für den geplanten Tankwechsel des FR 2 wurden eine Reihe von Strahlenschutzfragen behandelt.

6.7.1 Abschirmung der Eigenstrahlung des Fensters der thermischen Säule

Das ausgebaute Al-Fenster wirkt als eine rechteckige Strahlenquelle. Für eine Abkühlzeit von 30 d wurde die Strahlenbelastung in der Umgebung berechnet. Eine Abschirmung von 73 cm Normalbeton reicht aus, um die Dosisrate in 1 m Entfernung auf 1,5 mrem/h zu reduzieren.

6.7.2 Betonstopfen für den Abschluß der D₂O-Zu- und Ablaufrohre

Als Strahlenquelle gilt in erster Linie der Edelstahlverteilerboden im Aluminium-Tank. Die Quellstärke beträgt nach 30 d Abklingzeit:

^{51}Cr 2,97 Ci/m³

^{59}Fe 0,1 Ci/m³

^{60}Co 0,77 Ci/m³

Die daraus berechneten Flächenquellstärken betragen:

$1,4 \cdot 10^{10}$ γ/cm^2 s mit einer Energie von 0,32 MeV

$6,1 \cdot 10^{10}$ γ/cm^2 s mit einer Energie von 1,1 MeV

$6,5 \cdot 10^{10}$ γ/cm^2 s mit einer Energie von 1,3 MeV

Die Dosisleistung an der Endfläche des Betonstopfens beträgt

2,5 mrem/h bei 100 cm Betonabschirmung

0,5 mrem/h bei 117 cm Normalbeton oder bei 95 cm Beton
und zusätzlich 5 cm Blei

6.7.3 Strahlenbelastung durch die Streustrahlung im Raum R-107 und R-111

Als primäre Strahlenquelle wirkt der Verteilerboden im Aluminium-Tank. Durch die kreisförmigen Öffnungen der D₂O-Zu- und Abflußrohre tritt die Strahlung in die Räume R-107 und R-111. Die am Betonboden reflektierte γ -Strahlung sowie die Luftstreuung wurden berechnet. Die maximale Dosisleistung durch die am Boden reflektierte Strahlung beträgt ca. 1,0 rem/h. Die Dosisleistung bedingt durch die Luftstreuung beträgt etwa 0,2 rem/h.

7. Umweltschutz

7.1 Strahlenbelastung der Umgebung des Kernforschungszentrums Karlsruhe

W. Comper, W. Hübschmann

Für das Kernforschungszentrum Karlsruhe und seine Umgebung wird jährlich die Strahlenbelastung infolge der zu erwartenden radioaktiven Emissionen in die Atmosphäre berechnet.

7.1.1 Abschätzung für das Jahr 1971

Die für das Jahr 1971 im Bereich des Kernforschungszentrums angemeldeten radioaktiven Emissionen in die Atmosphäre zeigt die Tabelle 33. Die emittierten Nuklide sind - soweit nicht näher spezifiziert - in 4 Gruppen eingeteilt (Tab. 34). In der Berechnung wurde jeweils dasjenige Isotop eingesetzt, welches die höchste Strahlendosis verursacht.

Tab. 33: Angemeldete Emissionen des KFZK im Jahre 1971 in Ci/a bzw. mCi/a

Emittent	Kamin- höhe m	Nuklid bzw. Nuklidgruppe									
		I mCi/a	II Ci/a	J-131 Ci/a	III Ci/a	IV Ci/a	Kr-85 Ci/a	Ar-41 Ci/a	H-3 Ci/a	N-13 Ci/a	O-13 Ci/a
WAK	60	10	10	10	4	800	500 000		5 000		
FR 2	99,5	3	1,5		15	3 000		220 000	1 000		
KNK	100	3	1,5		15	3 000	30 000*				
MZFR	100	3	1,5		15	3 000			4 000		
HZ	60	0,8	0,4		4	800					
IHCH	60	0,8	0,4		4	800					
ADB	70	0,8	0,4		4	300					
ZYKL	35	0,3	0,15		1,5	300				1 200	260
TU	40	0,3	0,15	1,5	1,5	300					
SNEAK	50	0,2	0,1		1	200					
IRCH	15	0,03	0,015		0,15	30					
IMF		0,03	0,015		0,15	30					
LIT					0,15	30					
STARK	20	0,01	0,001		0,1	10					
INR									100		
Summe		22	16	11,5	66	12 600	500 000 30 000	220 000	10 000		

* Spaltdelgas- Gemisch

Für die Gruppe I wurde der α -Strahler ^{239}Pu eingesetzt. In der Gruppe II ist ^{131}J das bezüglich der Strahlendosis wirksamste Isotop. Dieses kann jedoch nicht von allen Emittenten der Gruppe II abgegeben werden. Es wurde angenommen, daß die WAK die Emission der Gruppe II ausschließlich als ^{131}J abgibt (zusätzlich zu der angemeldeten ^{131}J -Emission), und abgeschätzt, wie hoch die Dosis sein würde, wenn auch die übrigen Emittenten nur ^{131}J in dieser Gruppe durch den WAK-Kamin abgeben würden.

Konservativerweise sollte man damit rechnen, daß die Schilddrüsendosis bei Kleinkindern um mindestens den Faktor 1 000 höher liegt als die Inhalationsdosis bei Erwachsenen.

Gruppe	Nuklide
I	Beliebige Mischung von α -, β - und γ -Strahlern.
II	Beliebige Mischung von α - und β -Strahlern, wenn Pb-210, Ac-227, Ra-228, Pu-241, Am-242m und Cf-254 unberücksichtigt bleiben können.*
III	Wie Gruppe II, wenn zusätzlich die Nuklide Sr-90, J-129, Pa-230, Bk-249, Cf-253, Es-255 und Fm-256 unberücksichtigt bleiben können.
IV	Spaltedelgase sowie H-3, N-13, O-15, Cl-38, Ar-41

* "Unberücksichtigt bleiben" können diese Radionuklide 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.

Tab. 34: Einteilung der Radionuklide in Gruppen

In der Gruppe III werden insgesamt höchstens 66 Ci/a abgegeben. Diese Menge wurde gegenüber den starken β - und γ -Emissionen der kerntechnischen Anlagen vernachlässigt. Eine ^{131}J -Emission in dieser Gruppe wurde nicht angenommen.

In Gruppe IV liefert ^{41}Ar den stärksten Beitrag zur Umgebungsbelastung. Dieses Isotop wurde daher eingesetzt, soweit es überhaupt von den einzelnen Emittenten abgegeben werden kann.

Zur Berechnung der atmosphärischen Ausbreitung wurde eine in 16 Sektoren aufgeteilte Windrose verwendet. Die "Beaufschlagungshäufigkeit" in diesen Sektoren basiert auf einer über 14 Jahre ausgewerteten Statistik der Wetterwarte Karlsruhe. Eine in den einzelnen Sektoren unterschiedliche Windgeschwindigkeitsverteilung wurde nur bei der Berechnung der Gamma-Dosis berücksichtigt. Für die Berechnung der übrigen konzentrationsabhängigen Belastungen wurde ein einfaches Verfahren angewendet, welches eine Abschätzung oberer Grenzwerte der Konzentrationen gestattet. Einzelheiten der Berechnungsverfahren können aus (3) entnommen werden.

Die äußere Gamma- und äußere Beta-Bestrahlung stellen die wesentlichsten Belastungsarten dar. Diese sind in Form von Isodosenkarten im Bereich bis zu 10 km Entfernung vom Forschungszentrum dargestellt (Abb. 30 und 31). Die Beta-Belastung wurde durch Überlagerung der Einzelbelastung der drei bedeutendsten Emittenten gewonnen. Außerdem werden die Bestrahlungsdosen durch Inhalation von Tritium, ^{131}J und ^{239}Pu für einige Punkte des Forschungszentrums sowie der umliegenden Ortschaften angegeben (Tab. 35). In allen Ortschaften bleiben die berechneten Dosen weit unter den zulässigen Werten. Bei der Ermittlung der Beta-Belastung zeigte es sich, daß durch die Überlagerung der Emissionen aus den Kaminen der WAK, des FR 2 und der KNK keine neuen oder wesentlich erhöhten Maxima entstehen.

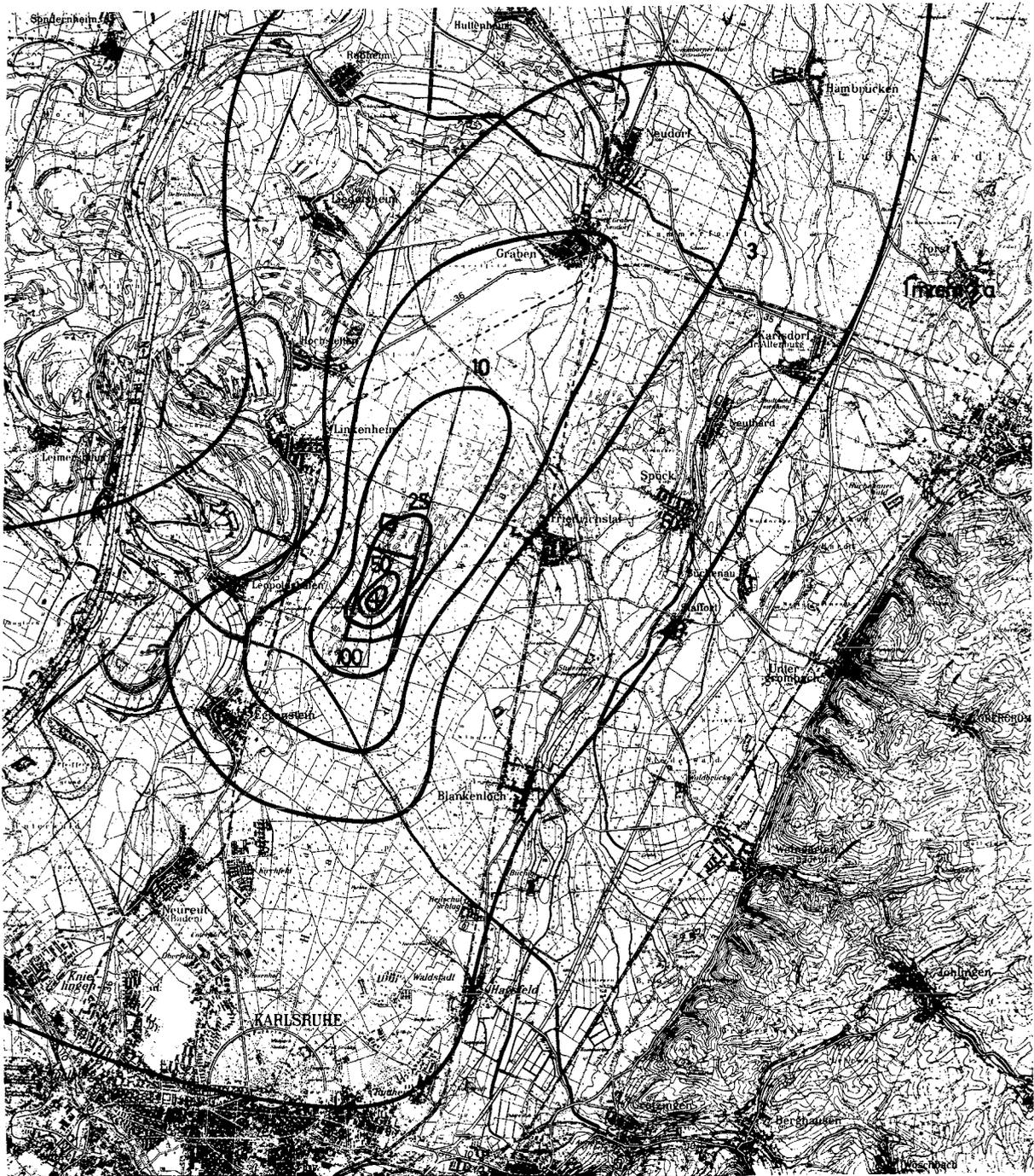


Abb. 30: γ -Isodosen

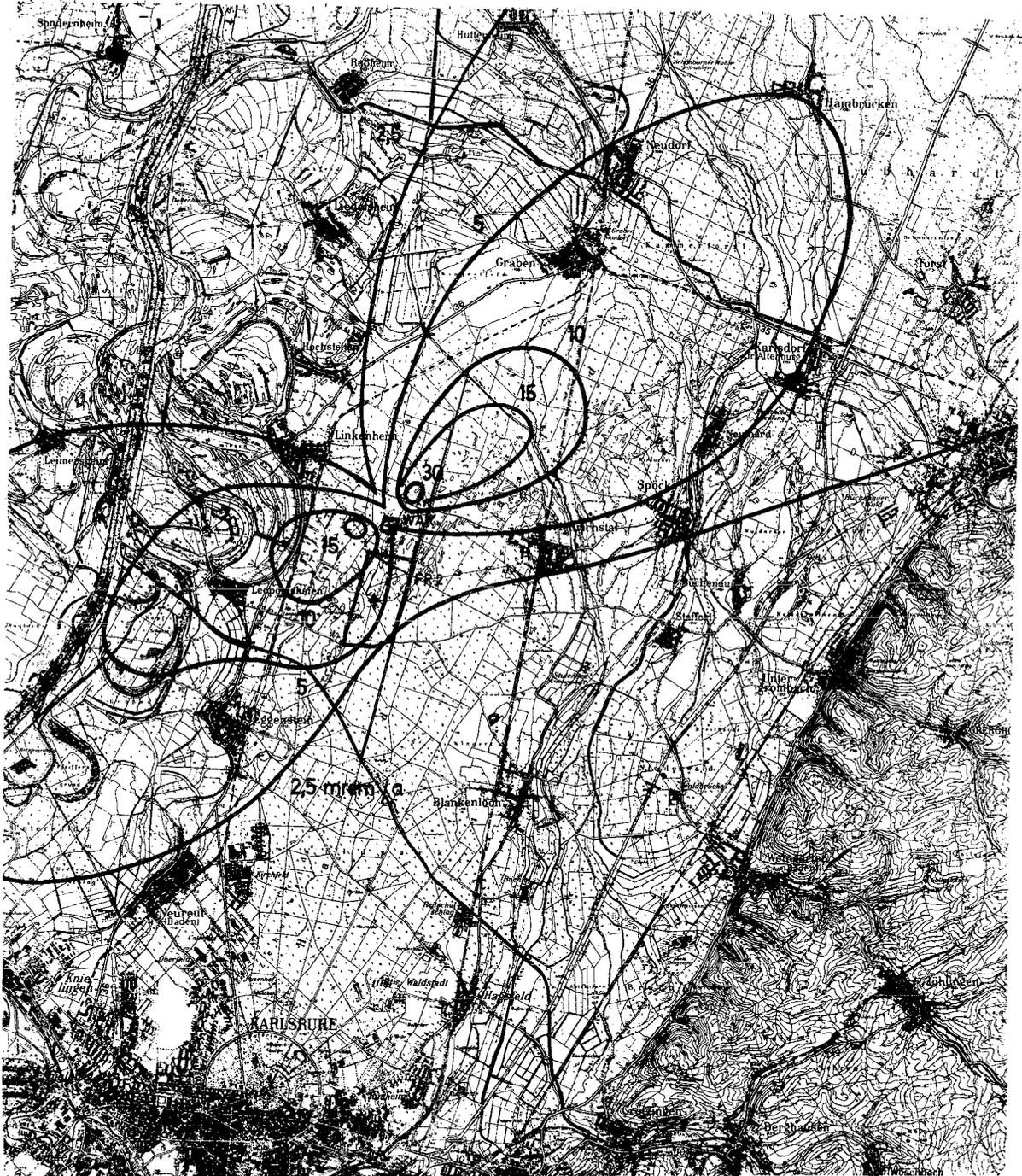


Abb. 31: β -Isodosen

Tabelle 35: Strahlendosen im KFZK und in der Umgebung

Ort	Strahlendosis in mrem/a infolge				integrierte Dosis in mrem/50 a infolge Pu-239-Inhalation
	äußerer γ -Strahlung	äußerer β -Strahlung	J-131-Inhalation	Tritium-Inhalation	
KFZK:					
Nordtor	50	9	1	0,08	4,0
Südtor	27	6	0,9	0,06	2,3
Zaun 600 m NO vom FR 2	70	8	0,4	0,07	4,3
Zaun 500 m SW vom FR 2	36	6	0,9	0,06	3,3
Umgebung:					
Graben	4,23	6,4	1,1	0,06	1,6
Spöck	2,0	3,0	0,3	0,04	0,8
Friedrichs- tal	5	4,7	0,5	0,06	1,5
Blankenloch	1,1	0,85	0,13	0,01	0,4
Karlsruhe Markt	0,9	1,0	0,14	0,01	0,4
Neureut	1,8	1,8	0,23	0,02	0,9
Eggenstein	3,8	4,0	0,53	0,04	1,7
Leopolds- hafen	4,8	8,2	1,3	0,08	3,0
Linken- heim	1,7	3,1	0,6	0,03	1,3

Vielmehr wird die Lage der Maxima durch den stärksten Emittenten, die WAK, bestimmt, und die dort auftretenden Dosen werden durch die übrigen Emittenten nur geringfügig (um etwa 10 %) erhöht. Dies ist eine Folge der günstigen Lage der Schornsteine quer zur Hauptwindrichtung sowie ihrer unterschiedlichen Höhe.

7.1.2 Abschätzung für das Jahr 1972

Für das Jahr 1972 wurde, soweit erforderlich, eine Neuberechnung der Umgebungsbelastung des Kernforschungszentrums mit z. T. geänderten Eingangsdaten vorgenommen. Folgende Daten wurden dabei benutzt:

- Meteorologische Statistik des Jahres Dez. 67 - Nov. 68 für das KFZK.
- Lage aller Emissionsorte und Quellhöhen entsprechend den geographischen Verhältnissen. Es wurde weder eine Überhöhung der Kamine angenommen, noch die Waldhöhe berücksichtigt. Beide Effekte kompensieren sich teilweise.
- Emissionsstärken entsprechend dem Abluftplan für das Jahr 1972 (Tab. 36).

Tab. 36: Angemeldete Emissionen des KFZK im Jahre 1972 in Ci/a bzw. mCi/a

Emittent	Kaminhöhe m	Nuklid bzw. Nuklidgruppe						
		A mCi/a	B Ci/a	J-131 Ci/a	C Ci/a	Kr-85 Ci/a	Ar-41 Ci/a	H-3 Ci/a
WAK	60	10	4	1,0	800	350 000		5 000
FR 2	100	3	1,5		3 000		220 000	1 000
KNK	100	3	1,5		30 000			
MZFR	100	3	1,5		3 000			4 000
HZ	60	0,8	0,4		6 000			
IHCH	60	0,8	0,4		800			
ADB-536	70	1,0	0,4		10			
ZYKL	36	0,3	0,15		500			
TU	50	0,3	0,15	0,2	300			
SNEAK	50	0,2	0,1		200			
ADB-545	19	0,03	0,015		60			
IMF/LB	5	0,03						
IMF	9	0,016						
LIT			0,015		30			
IRCH	15	0,01	0,01		30			
STARK	20	0,01	0,015		1			
ADB-548	15	0,025	0,007		10			
INR								100
Summe		22,6	10	1,2	45 000	350 000	220 000	10 000

Die Ergebnisse zeigt Tabelle 37.

Tab. 37: Strahlendosen im KFZK und Umgebung

Ort	Strahlendosis in mrem/a infolge		
	Äusserer β-Strahlung	J-131- Inhalation	Tritium Inhalation
Graben	3,5	0,06	0,05
Neudorf	2,5	0,05	0,04
Friedrichstal	3	0,05	0,04
Spöck	1,6	0,03	0,03
Neuthard	6	0,1	0,09
Karlsdorf	4,5	0,07	0,06
Staffort	1,2	0,02	0,2
Blankenloch	1	0,02	0,01
Hagsfeld	1	0,02	0,02
Karlsruhe Markt	1	0,02	0,01
Neureut	2	0,03	0,03
Eggenstein	3,5	0,06	0,04
Leopoldshafen	6	0,14	0,08
Linkenheim	2,5	0,05	0,03
Hochstetten	2	0,04	0,03
Liedolsheim	1,3	0,03	0,02
Russheim	1	0,02	0,01
Leimersheim	2	0,04	0,03
Nordtor	7	0,14	0,09
Südtor	6	0,08	0,06
Zaun NO vom FR 2	6	0,14	0,08
Zaun SW vom FR 2	6	0,11	0,08
Weideplatz zw. Graben und Friedrichstal südlich Bruchsal		0,15 0,012	

Die Nuklide der Gruppe B wurden gegenüber den Edelgasemissionen vernachlässigt. Die Jod-Dosis gilt für Inhalation durch Erwachsene. Wird ^{131}J über den Weide-Kuh-Milch-Belastungspfad von Kleinkindern aufgenommen, so liegt die resultierende Dosis bei den bekannten ungünstigen Annahmen um mindestens den Faktor 1 000 höher.

In Tabelle 37 sind der ungünstigste potentielle Weideplatz (auf der Mitte zwischen Graben und Friedrichstal) und der nächste tatsächliche Weideplatz (südlich Bruchsal) aufgeführt.

Eine Neuberechnung der γ -Dosen wurde nicht vorgenommen. Da die angemeldeten Emissionen γ -aktiver Isotope sich nicht erhöht haben, können die Berechnungsdaten für das Jahr 1971 als weiterhin gültig betrachtet werden.

7.2 Experimente zur Bestimmung der atmosphärischen Ausbreitung von tritiiertem Wasserdampf

M. Winter, L.A. König

Um die Strahlenbelastung in der Umgebung einer kerntechnischen Anlage als Folge von Ableitungen radioaktiver Stoffe in die Luft abschätzen zu können, ist u. a. die Kenntnis des meteorologischen Ausbreitungsfaktors χ erforderlich. Allen theoretischen Ansätzen zur Lösung des Problems liegen jedoch vereinfachende Annahmen zugrunde, die insbesondere die topographischen Gegebenheiten des Standorts einer kerntechnischen Anlage nicht berücksichtigen.

Deshalb sind Ausbreitungsexperimente zur Messung der Konzentration im Ausbreitungsfeld erforderlich, um Informationen über solche Wetterlagen zu erhalten, die von bekannten Ausbreitungsformeln nicht oder nur unzureichend erfaßt werden, und um den Einfluß spezieller Geländebe-

schaffenheiten (z. B. Wald, Bebauung) auf die Konzentrationsverteilung in der Umgebung des Emittenten kennenzulernen.

Seit 1969 werden am Kernforschungszentrum Karlsruhe solche Ausbreitungsexperimente durchgeführt, um festzustellen, inwieweit Abweichungen von theoretischen Vorhersagen für unseren Standort zu erwarten sind. Als Tracer für die bisher durchgeführten Experimente diente tritiiertes Wasser in Dampfform.

1971 wurde dieses Versuchsprogramm mit vier weiteren Ausbreitungsexperimenten fortgesetzt. Die Aktivitätsfreisetzung erfolgte über den 100 m hohen Abluftkamin des FR 2. Der tritiierte Wasserdampf wurde der Abluft beigemischt. Die konstante Aktivitätsemissionsrate \dot{A} ergibt sich als Produkt aus der Tritiumkonzentration C_K im Tracer-Vorratsgefäß und der Verdampfungsgeschwindigkeit v .

$$\dot{A} (t) = C_K \cdot v = \text{const.} \quad (1)$$

Zur Bestimmung der Immission wird die Tritiumkonzentration der Luftfeuchte C_F im Ausbreitungsfeld gemessen. Die Luftfeuchteproben werden durch Ausfrieren der Luftfeuchte an trockeneisgekühlten Blechen in Sammelintervallen von 20 Minuten gewonnen. Die Bestimmung der Tritiumkonzentration erfolgt im Flüssigszintillationsspektrometer, wobei 1 g Luftfeuchte für eine Tritiumbestimmung mit einer Nachweisgrenze von ca. 1,7 pCi/g ausreicht.

Die Tritiumkonzentration der Luft C_L am Immissionsort ist dann gegeben durch

$$C_L = C_F \cdot f_{\text{abs}} \quad (2)$$

wobei f_{abs} die absolute Luftfeuchte in g/cm^3 bedeutet. Aus (1) und (2) ergibt sich der zeitliche Mittelwert des Ausbreitungsfaktors zu

$$\bar{X} = \frac{\tau_L}{\dot{A}} \quad (3)$$

Bei einer absoluten Luftfeuchte von 10 g/m^3 können am Immissionsort Tritiumkonzentrationen der Luft von 10^{-10} Ci/m^3 ohne besonderen Aufwand nachgewiesen werden.

In Tabelle 38 sind die wichtigsten Daten zu den vier Ausbreitungsexperimenten angegeben. Sie enthält Angaben über die Wetterbedingungen während der Versuche und über die Größe der Ausbreitungsfelder, in denen die Luftfeuchtesammelstellen aufgebaut wurden. Bei allen vier Versuchen wurden je 5 Sammelstellen auf 5 Ringsektoren unterschiedlicher Radien verteilt. Bei allen Versuchen konnten, da die Windrichtungssektoren für hinreichend lange Zeit ihre Lage nicht wesentlich verändert haben, jeweils mehrere Sammelintervalle direkt aneinander angeschlossen werden. Dies bedeutet, daß bei einem Versuch mehrere Konzentrationsverteilungen ermittelt werden konnten.

Ausbreitungsversuch Nr./Datum	Zur Wetterlage während des Versuchs			Ausbreitungsfeld			Sammelinterv. pro Versuch	Zahl der Proben	A Ci/h	Ausbreitungsfaktor in 10^{-6} sec/m^3		Quelldistanz d. Konz.-maximums r_{max} in km	$\frac{r_{\text{max exp.}}}{r_{\text{max th.}}}$
	Kategorie nach Pasquill	min. und max. Windgeschw. in 100 m Höhe m/s	min. und max. absolute Feuchte g/m^3	Begrenzungsradien r_i (km) r_a (km)	Öffnungswinkel ϕ °	χ_{NWG}				χ_{max}			
8 23. März	C → B	3,3 - 5,0	3,0 - 3,7	0,6 2,6	60°	6	134	4,8	0,003	3,8	0,62	0,69	
9 18. Mai	B	1,8 - 3,4	8,8 - 11,0	0,27 1,5	125°	6	144	3,8	0,014	17,7	0,27	0,39	
10 20. Juli	C	5,5 - 6,8	9,7 - 10,1	0,6 2,9	38°	5	125	4,3	0,014	3,0	0,61	0,55	
11 4. Nov.	C	5,3 - 6,8	6,3	0,27 2,1	63°	5	125	4,0	0,007	5,3	0,60	0,55	

Tab. 38: Einige Daten zu den 1971 durchgeführten Ausbreitungsversuchen

Aus der Fülle der Einzelmeßergebnisse enthält die Tabelle 38 lediglich die aufgetretenen Maximalwerte der Ausbreitungsfaktoren χ_{max} und die Quelldistanzen r_{max} der Konzentrationsmaxima.

7.3 Auswertung der Ausbreitungsversuche

Die in den Jahren 1969 und 1971 durchgeführten Ausbreitungsversuche mit Tritium als Tracer wurden nach drei verschiedenen Methoden ausgewertet.

7.3.1 Vergleich mit einer Normverteilung

W. Hübschmann

Diese Methode wurde bereits im Jahresbericht 1970 (5) beschrieben. Sie wurde programmiert und weiterentwickelt. Mit dieser Methode wird versucht, eine systematische Abweichung zwischen den gemessenen und den theoretisch mit Hilfe der Ausbreitungsparameter von Pasquill-Gifford berechneten Konzentrationen festzustellen. Die Parameter σ_y und σ_z wurden entkoppelt, um eine bessere Anpassung zu erzielen. Die Güte der Anpassung wird durch die mittlere quadratische Abweichung charakterisiert. Diese gibt die mittlere Differenz zwischen gemessener und optimal angepaßter berechneter Konzentration am Meßplatz an, jeweils bezogen auf den (berechneten) Scheitelwert der Konzentration auf der Ausbreitungsachse in der jeweiligen Entfernung x . Sie ist also als Bruchteil der Maximalkonzentration der jeweiligen Entfernung aufzufassen.

In diesen Wert gehen folgende Einzeleffekte ein:

- Behinderung der Anströmung einzelner Meßstellen, z. B. durch Wald,
- Ungleichförmigkeit der Ausfrierrate,
- Abweichung der tatsächlichen Ausbreitung von dem Modell der Gaußverteilung,
- örtliche Abweichungen der Ausbreitungsparameter (Windrichtung und -geschwindigkeit, σ_y und σ_z) von den mittleren Werten.

Die zusammenfassende Auswertung der ersten Versuchsserie (Versuche 1 bis 7), welche über Waldgelände bei neutraler bis leicht labiler Wetterlage durchgeführt wurden, erbrachte folgende Ergebnisse:

- Die Entkoppelung von σ_y und σ_z ermöglicht eine genauere Anpassung.
- Eine optimale Anpassung der Berechnung an die Meßwerte erfordert, die σ -Werte einer labileren Stabilitätsklasse einzusetzen, als es nach der Diagnose aus den Windmessungen angezeigt wäre.
- Die seitliche Ausbreitung (in y-Richtung) weicht stärker in Richtung "labil" ab als die vertikale. Die optimale Anpassung ergibt für die σ_y -Werte eine Verschiebung um 1/2 bis 1 Stufe der Pasquillschen Kategorienskala.
- Die vertikale Ausbreitung wird durch die Bodenbedeckung in der Umgebung des Ausbreitungsortes unterschiedlich beeinflusst. Über Waldgelände zeigt der Konzentrationsverlauf einen σ_z -Verlauf an, der gegenüber den Pasquill-Gifford-Kurven um eine halbe Stufe "labiler" ist. Die Hochbauten des Kernforschungszentrums sowie einzelstehende hohe Waldstreifen bewirken z. T. eine erhöhte und stark inhomogene vertikale Turbulenz, welche eine noch stärkere Labilität vortäuscht.
- Die mittlere Waldhöhe ist von der effektiven Emissionshöhe abzuziehen.
- Die mittlere quadratische Abweichung liegt - abgesehen von Extremwerten - zwischen 0,15 und 0,3, mit einer über alle Versuche gemittelten Abweichung von 0,23, d. h. von etwa 1/4 des Scheitelwertes. Wegen der statistischen Eigenart der Ausbreitung erscheint eine wesentliche Verringerung dieser mittleren Abweichung unwahrscheinlich.

7.3.2 Anpassung an die azimutale Gaußverteilung

K. Nester

Seitdem die Anzahl der Meßstellen auf 25 erhöht wurde und diese auf fünf Kreisbögen verschiedener Radien gleichmäßig um die mittlere Ausbreitungsrichtung verteilt wurden, konnte ein Auswerteverfahren angewandt werden, das die Parameter σ_y und σ_z direkt zu berechnen gestattet. Vorausgesetzt wird dabei, daß sich die Konzentrationsverteilung in azimutaler Richtung durch eine Gaußverteilung annähern läßt. Die Bodenkonzentration S_{Bi} auf den Kreisbögen wird in diesem Fall theoretisch durch die Gleichung

$$S_{Bi} = A_i \exp \frac{-y^2}{2 \sigma_{y_i}^2} \quad i = 1, 2, 3, 4, 5 \quad (1)$$

beschrieben.

Durch optimale Anpassung (least-square-fit) der Funktion (1) an die Meßwerte können die Parameter σ_{y_i} und A_i berechnet werden. Aus den A_i wiederum lassen sich die σ_{z_i} über die Beziehung

$$A_i = \frac{Q}{\pi \sigma_{y_i} \sigma_{z_i} \bar{u}} \exp - \frac{H^2}{2 (\sigma_{z_i})^2} \quad (2)$$

bestimmen. Gleichung (2) hat allerdings nur dann eine Lösung, wenn

$$A_i \leq \frac{Q}{\bar{u} \sigma_{y_i} \sigma_{z_i} H\sqrt{e}} \quad (3)$$

Die geschilderte Auswertung wird für verschiedene Ausbreitungsrichtungen ϕ durchgeführt. ϕ variiert bis zu

+ 10 Grad um die mittlere Windrichtung. Die beste Anpassung innerhalb dieses Bereiches bestimmt die gefundenen σ -Werte.

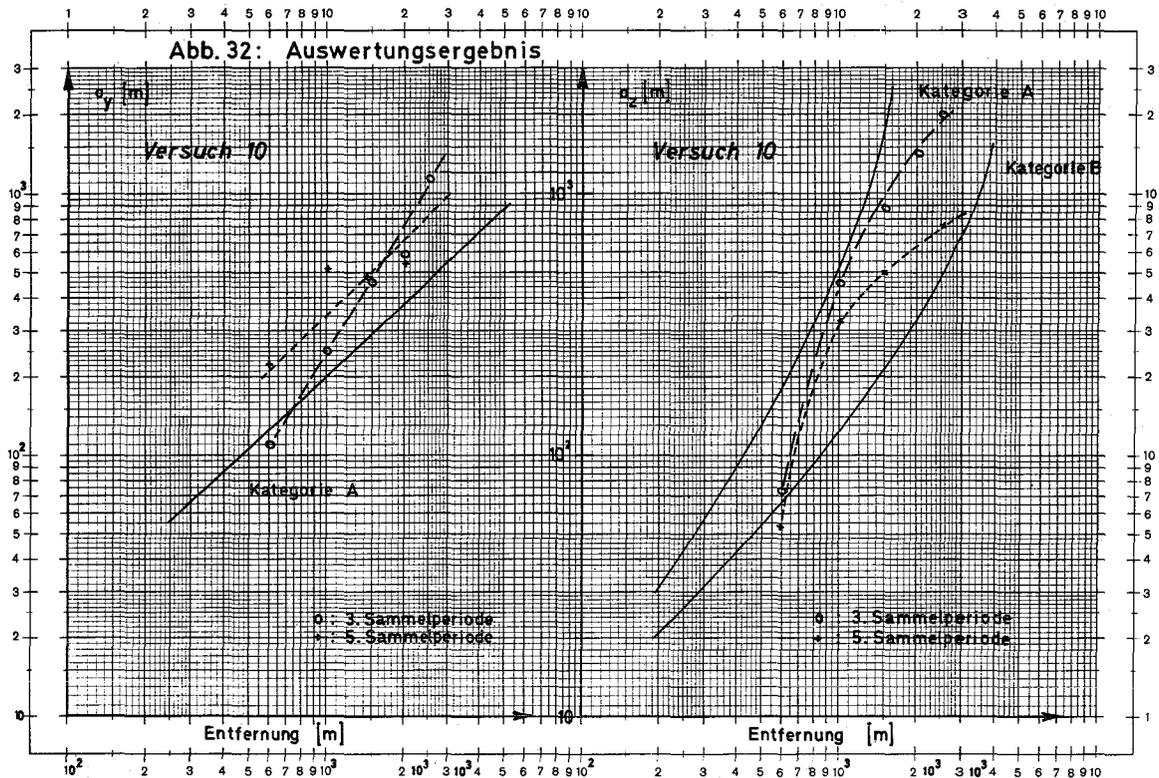


Abbildung 32 enthält die Ergebnisse einer solchen Auswertung für die 3. und 5. Sammelperiode des 10. Versuchs. Anhand der meteorologischen Messungen am Mast (Windprofil, horizontale Windrichtungsfluktuationen) und der Beobachtung wurde für diese Sammelperioden Kategorie C nach Pasquill angenommen. Die Kurven σ_y und σ_z in der Abbildung 32 deuten dagegen auf erheblich labilere Turbulenzverhältnisse hin. Dieser Trend trat, wenn auch nicht immer so ausgeprägt, bei allen bisherigen Versuchen auf und läßt auf den turbulenzfördernden Einfluß der sehr inhomogenen Topographie des Kernforschungszentrums schließen. Die Auswertung zeigt, daß die von Pasquill-Gifford angegebenen Kurven für σ_y und σ_z sich nicht ohne wesentliche Modifikation am Kernforschungszentrum anwenden lassen. Die bisherigen Versuche erlauben jedoch noch nicht, modifizierte Parameterkur-

ven anzugeben, da die Änderungen der Parameter σ_y und σ_z sowohl mit der Zeit (von einer zur anderen Versuchsperiode) als auch mit dem Ort (während ein und derselben Periode) noch zu groß waren.

7.3.3 Anpassung der σ_y - und σ_z -Kurven

L. Knopp

Dieses Verfahren paßt gleichzeitig die σ_y - und die σ_z -Kurven nach der Methode der kleinsten Fehlerquadrate an die Meßwerte einer bzw. mehrerer Sammelperioden an. Es wird folgender Ansatz gemacht:

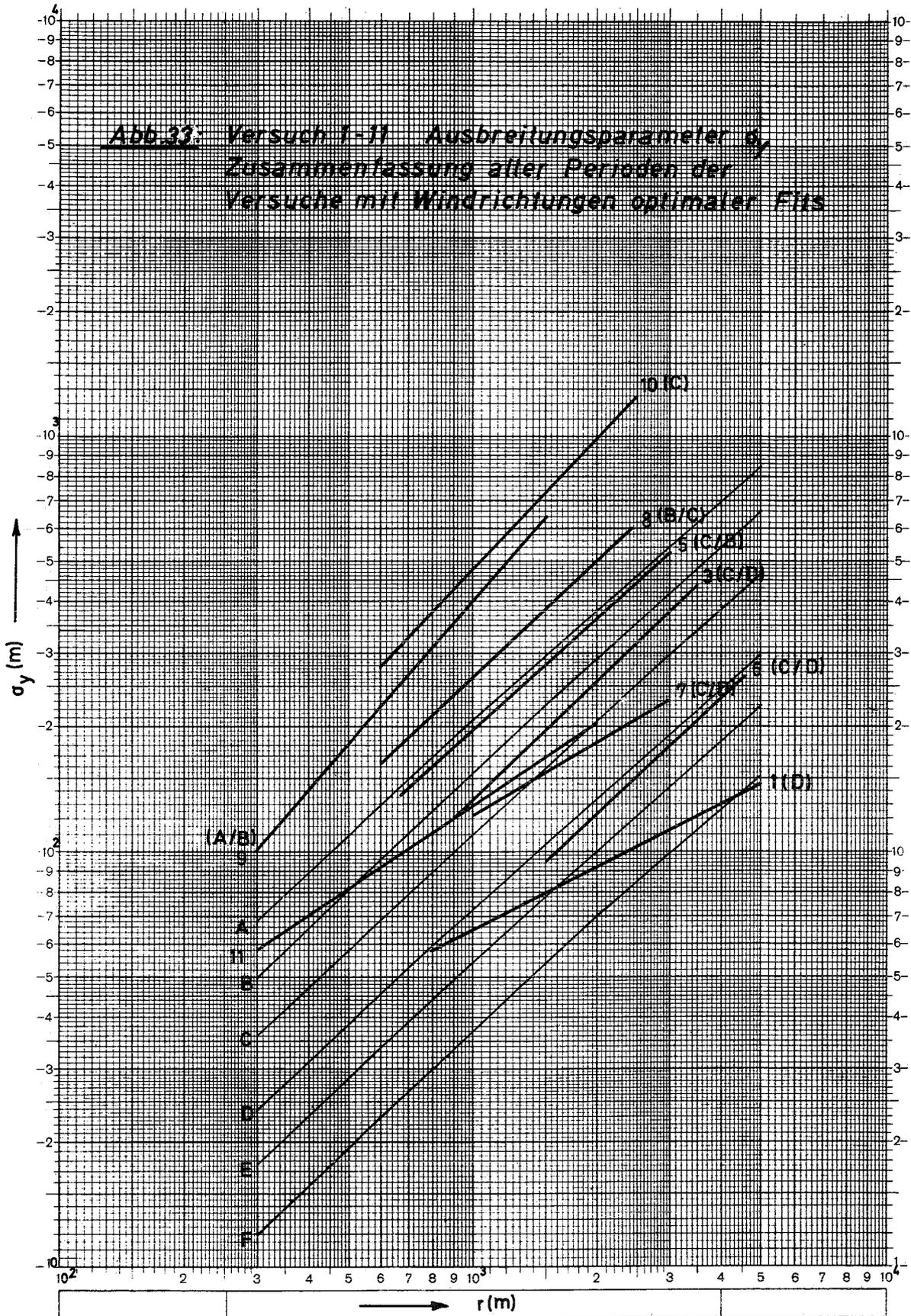
$$(1) \quad \sigma_y = \sigma_{y0} r^p$$

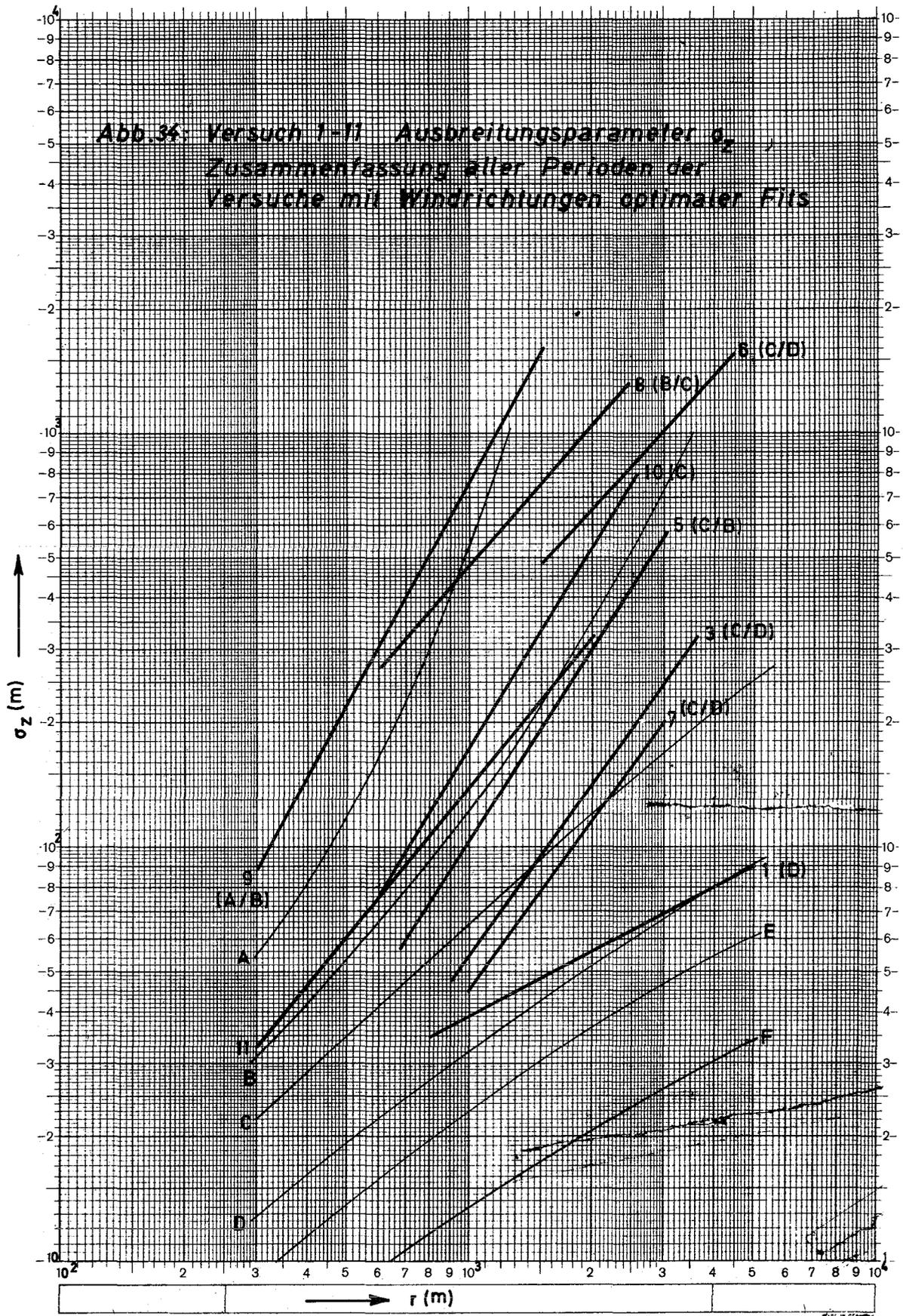
$$(2) \quad \sigma_z = \sigma_{z0} r^q$$

r = Radius des Meßstellensektors

Durch Variation der Koeffizienten σ_{y0} , σ_{z0} , p und q wird die Bodenkonzentrationsverteilung an die Meßwerte angepaßt. Zusätzlich wird die Ausbreitungsrichtung variiert, um eine optimal angepaßte Richtung zu finden, soweit dies sinnvoll ist.

Die Abbildungen 33 und 34 enthalten sowohl die σ -Kurven nach Pasquill-Gifford als auch die nach diesem Verfahren gefundenen. Die Nummer des Versuches und die für die Versuchszeit bestimmte Stabilitätskategorie sind jeweils angegeben. Diese Diagramme lassen, wie auch die vorigen Auswertemethoden, erkennen, daß die Ausbreitung nach einer Kategorie erfolgt, die gegenüber der aus der Winddatenanalyse zur Versuchszeit ermittelten in Richtung "labil" verschoben ist. Die Verschiebung beträgt für die vertikale Ausbreitung (σ_z) etwa eine, für die horizontale (σ_y) wenigstens zwei, oft drei Stufen. Letztere, starke Diskrepanz ist in den Versuchen 8 - 10 auf starke Windrichtungsänderungen während der Versuchszeit zurückzuführen.





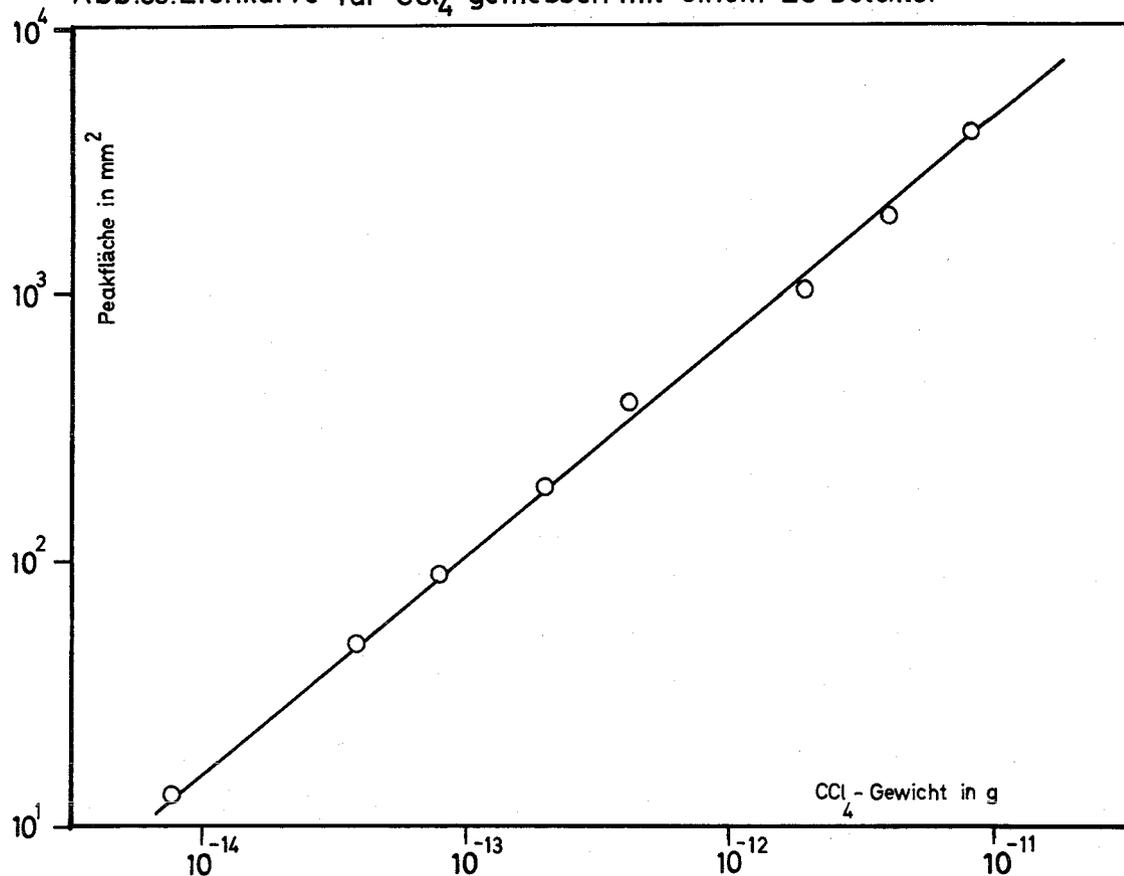
7.4 Halogenierte Verbindungen als meteorologische Tracer

H. Schüttelkopf

Die Ausbreitung von radioaktiven Aerosolen und Gasen und ihre Abhängigkeit von meteorologischen Parametern ist von großer sicherheitstechnischer Bedeutung. Eine im Kernforschungszentrum Karlsruhe bereits durchgeführte Methode der Erforschung von Ausbreitungsvorgängen basiert auf dem Abblasen von tritiiertem Wasser und der Kondensation der Luftfeuchte an geeigneten Probenahmestellen. Um eine einfachere und exaktere Probenahme zu erreichen und mehr als einen Tracer für verschiedene Quellhöhen einsetzen zu können, wird eine gaschromatographische Methode zum Nachweis geringster Spuren chemischer Tracer entwickelt.

Auf die hohe Empfindlichkeit des Electron-Capture-Detektors gegenüber halogenierten Verbindungen und dessen Verwendung zur Kontrolle von Ausbreitungsvorgängen haben bereits B.E. Saltzman, A.I. Coleman und C.A. Clemons in *Analytical Chemistry* 38 (1966), No. 6, S. 753 hingewiesen. Von diesen Verfassern wurden SF_6 und verschiedene Freone untersucht. Unsere eigenen Untersuchungen befaßten sich mit der Anwendung des Electron-Capture-Detektors auf andere geeignete Halogenverbindungen. Durch Optimierung der Arbeitsbedingungen des Detektors und der verwendeten Trennsäule wurde z. B. für CCl_4 eine Nachweisgrenze von ca. $5 \cdot 10^{-15}$ g erreicht. Die unter diesen Arbeitsbedingungen aufgenommene Eichkurve ist in Abbildung 35 dargestellt. Diese Nachweisgrenze und die Methode der Probenahme erlauben, eine untere Konzentration von ca. $1 \cdot 10^{-15}$ g CCl_4/ml Luft zu messen. In Abbildung 36 wird der Bereich dargestellt, der mit dieser Methode erfaßt werden kann. Die als Beispiel gewählten Bedingungen sind: Quellstärke 1 kg CCl_4/h , 100 m Quellhöhe, 5 m/s Windgeschwindigkeit, Pasquillsche Wetterkategorie C.

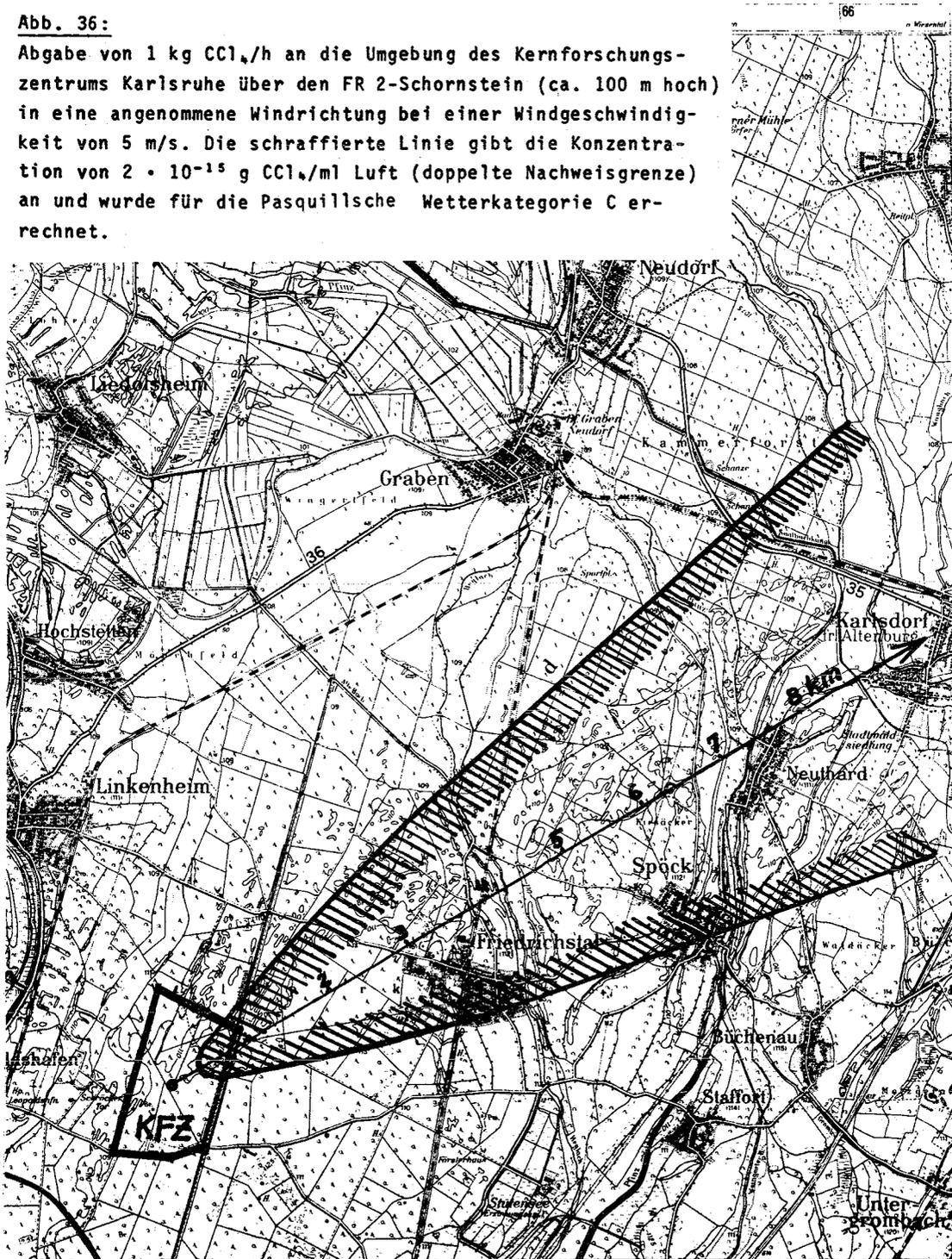
Abb.35:Eichkurve für CCl_4 gemessen mit einem EC-Detektor



Das in der Entwicklung befindliche Verfahren zeichnet sich durch eine Reihe von Vorteilen aus. Der Arbeitsaufwand zur Probenahme ist auf das Öffnen und Schließen eines Hahnes am Anfang und Ende der Sammelperiode reduziert worden. Eine Kontamination der gesammelten Probe in der Zeit zwischen Probenahme und abgeschlossener Analyse kann mit Sicherheit verhindert werden. Der Zeitaufwand zur Vorbereitung der Probenmessung beträgt 3 - 4 Minuten; die Analyse nimmt beim größten Teil der Proben nur ca. 4 Minuten in Anspruch. Im ungünstigsten Fall liegt die Analysenzeit für eine geringe Probenzahl bei 15 Minuten, wenn der in Abbildung 36 dargestellte Raum ausgemessen werden soll und 5 kg CCl_4/h abgeblasen werden (sonstige Bedingungen wie in Abbildung 36).

Abb. 36:

Abgabe von 1 kg CCl_4 /h an die Umgebung des Kernforschungszentrums Karlsruhe über den FR 2-Schornstein (ca. 100 m hoch) in eine angenommene Windrichtung bei einer Windgeschwindigkeit von 5 m/s. Die schraffierte Linie gibt die Konzentration von $2 \cdot 10^{-15}$ g CCl_4 /ml Luft (doppelte Nachweisgrenze) an und wurde für die Pasquillsche Wetterkategorie C errechnet.



Die Nachweisgrenzen für das Tritiumverfahren bei den bisher angewandten Abgaberaten und das gaschromatographische Verfahren sind gleich, wenn ca. 2 kg CCl_4/h abgegeben werden und die üblichen Bedingungen für Sammlung und Messung des ^3H -haltigen Kondensates eingehalten werden. Neben geringen Kosten erlauben die nicht radioaktiven und gut handzuhabenden Tracer eine gefahrlose Abgabe an die Umgebung.

Schwerpunkte der bisherigen Arbeiten waren die Auswahl geeigneter Trennsäulen und optimaler Arbeitsbedingungen, die Auswahl und Reinigung eines Lösungsmittels, die Adsorption bei Konzentrationen $< 10^{-10}$ g Tracer/ml Luft und die mit diesen Problemen eng verknüpfte Methodik der Probenahme ohne Anreicherung des Tracers aus der Umgebungsluft.

Zur Zeit werden von ca. 25 halogenierten Verbindungen Retentionszeiten bei verschiedenen Bedingungen und Nachweisgrenzen gemessen. Untersuchungen auf eventuell bereits bestehende Verunreinigungen der Atmosphäre in der Umgebung des Kernforschungszentrums durch diese Verbindungen werden durchgeführt. Diese abschließenden Untersuchungen werden klären, welche Tracer und welche Quellstärken in der jeweils interessierenden Quellhöhe zur Anwendung kommen können.

7.5 ^{85}Kr -Messungen zur Überwachung der Krypton-Immission aus der WAK

L.A. König, K. Nester

Im Zeitraum vom 9.9.1971 bis zum 18.12.1971 wurden an sieben verschiedenen Tagen Messungen zur Überwachung der ^{85}Kr -Immission in der weiteren Umgebung der Wiederaufarbeitungsanlage Karlsruhe (WAK) durchgeführt. Im Beaufschlagungs-

gebiet wurden Luftproben in Plastiksäcke abgefüllt und anschließend durch ASS/GM ausgemessen. Bei den überwachten Auflösevorgängen wurden insgesamt ca. 2 600 Ci ^{85}Kr freigesetzt.

In Tabelle 39 sind Einzelheiten über den Krypton-Ausstoß, die Windgeschwindigkeit, die Windrichtung und die Wetterkategorie während der Emissionszeiten zusammengestellt. Ferner sind in der Tabelle hieraus abgeleitete Daten angegeben: Ort der maximalen Bodenkonzentration und zugehöriger Maximalwert des Ausbreitungsfaktors, zeitliches Konzentrationsmaximum sowie maximale β -Ortsdosis. Die Rechenergebnisse zeigen, daß die β -Ortsdosis bei jedem Auflösevorgang an den verschiedenen Orten der Beaufschlagungsmaxima unter 0,4 mrem blieb. Aus der Tatsache, daß Krypton nur stoßweise, d. h. nicht mit zeitlich konstanter Abgaberate aus der Wiederaufarbeitungsanlage abgeleitet wird, ergibt sich offenbar keine wesentliche Erhöhung der β -Ortsdosis gegenüber dem unter der Voraussetzung einer zeitlich konstanten Emission vorausgerechneten Wert. Es wäre deshalb sicher eine zu grobe Abschätzung nach der sicheren Seite, wenn man die hier angegebene Dosis mit dem Verhältnis des im Abluftplan vorgesehenen Aktivitätsausstoßes zum über die überwachten Auflösevorgänge aufsummierten Aktivitätsausstoß multiplizieren würde, um die Strahlenbelastung bei vollem Betrieb der WAK abzuschätzen, da nach statistischen Überlegungen nicht zu erwarten ist, daß nur die bisher beaufschlagten Gebiete bei weiteren Auflösevorgängen belastet werden. Jedoch selbst wenn man die unzulässige Multiplikation mit dem Faktor 150 durchführen würde, käme man nur zu einer oberen Schranke von 60 mR/a für die β -Ortsdosis.

Datum	Uhrzeit	Kategorie nach Pasquill	Windricht. in Grad in 40 m Höhe	Windgeschw. in m/s in 40 m Höhe	Gesamt-abgabe in Ci	Ort der max. Bodenkonz.		χ max ₃ in s/m ³	ber. max. Konzentration in Ci/m ³	ber. max. Ortsdosis in rem
						ϕ	r (km)			
9.9.	10.45	C	90	5,0	62	270	0,60	$8,6 \cdot 10^{-6}$	$6,3 \cdot 10^{-9}$	$3,0 \cdot 10^{-4}$
14.9.	00.45	E	20	2,9	560	200	2,0	$8,3 \cdot 10^{-6}$	$15,7 \cdot 10^{-7}$	$2,6 \cdot 10^{-4}$
15.9.	18.10	D	55	2,5	610	235	1,25	$11,5 \cdot 10^{-6}$	$6,7 \cdot 10^{-7}$	$4,0 \cdot 10^{-4}$
25.10.	10.35	D (+ C)	230 - 240	5,3	740	60	1,25	$5,4 \cdot 10^{-6}$	$5,9 \cdot 10^{-6}$	$2,3 \cdot 10^{-4}$
	10.40			5,3		60	1,25	$5,4 \cdot 10^{-6}$	$5,9 \cdot 10^{-6}$	$2,3 \cdot 10^{-4}$
10.11.	11.37	D	10 - 20	6,8	430	197	1,25	$4,3 \cdot 10^{-6}$	$6,5 \cdot 10^{-8}$	$1,1 \cdot 10^{-4}$
	11.42			6,6		197	1,25	$4,4 \cdot 10^{-6}$	$6,6 \cdot 10^{-8}$	$1,1 \cdot 10^{-4}$
	11.45			6,5		199	1,25	$6,5 \cdot 10^{-6}$	$1,0 \cdot 10^{-7}$	$1,6 \cdot 10^{-4}$
15.11.	20.20	E	220	6,6	200	46	2,2	$3,5 \cdot 10^{-6}$	$6,3 \cdot 10^{-8}$	$4,0 \cdot 10^{-5}$
	20.35			6,5		49	2,2	$3,5 \cdot 10^{-6}$	$6,3 \cdot 10^{-8}$	$4,0 \cdot 10^{-5}$
18.11.	21.50	D	225	9,8	60	48	1,25	$2,9 \cdot 10^{-6}$	$1,3 \cdot 10^{-7}$	$1,0 \cdot 10^{-5}$

Tab. 39: ⁸⁵Kr-Überwachung bei Freisetzung aus WAK; Ortsdosis

In Tabelle 40 wird die für den Ort der Probenahme berechnete Konzentration mit der gemessenen Konzentration verglichen. Die Meßergebnisse zeigen - was im übrigen auch aus den Ortskoordinaten in den Tabellen 39 und 40 zu ersehen ist -, daß bei der Probenahme praktisch nur am 15.9. sowie am 25.10. die Proben annähernd in der Richtung der maximalen Bodenkonzentration (azimutale Abweichung 2°) genommen wurden. An den übrigen Tagen wurden ungünstiger gelegene Probenahmestellen aufgesucht. In diesen Fällen traten kurzfristig leichte Winddrehungen auf, die sich kaum vorhersagen lassen.

Datum	Uhrzeit	Ort der Probenahme		χ Ort der Probenahme in s/m ³	Gesamt-abgabe in Ci	Abluftab-gaberate in m ³ /h	max.Schorn-steinkonz. in Ci/m ³	Abgabe-rate in Ci/s	gemessene Konzentration in Ci/m ³	berechnete Konzentration in Ci/m ³
		ϕ	r(km)							
9.9.	10.45	230	0,68	$5,8 \cdot 10^{-7}$	62	420	0,16	$0,73 \cdot 10^{-3}$	$4,2 \cdot 10^{-10}$	$2,67 \cdot 10^{-22}$
		250	0,92							
14.9.	00.45	183	3,60	$9,5 \cdot 10^{-10}$	560	520	1,33	0,19	$1,8 \cdot 10^{-10}$	$5,9 \cdot 10^{-16}$
15.9.	18.10	237	3,60	$4,3 \cdot 10^{-7}$	610	520	1,40	$0,58 \cdot 10^{-1}$	$2,5 \cdot 10^{-8}$	$2,63 \cdot 10^{-7}$
25.10.	10.35	60	0,71	$2,7 \cdot 10^{-7}$	740	520	0,73	0,11	$3,0 \cdot 10^{-8}$	$3,3 \cdot 10^{-7}$
	10.40	60	0,71	$2,5 \cdot 10^{-7}$					$2,8 \cdot 10^{-8}$	$3,3 \cdot 10^{-7}$
10.11.	11.37	209	1,00	$5,7 \cdot 10^{-7}$	430	520	0,10	$0,15 \cdot 10^{-1}$	$8,6 \cdot 10^{-9}$	$5,8 \cdot 10^{-10}$
	11.42	193	1,10	$1,0 \cdot 10^{-6}$					$1,6 \cdot 10^{-8}$	$3,8 \cdot 10^{-8}$
	11.45	182	1,10	$1,2 \cdot 10^{-7}$					$1,8 \cdot 10^{-9}$	$4,3 \cdot 10^{-12}$
15.11.	20.20	16	2,12	$2,2 \cdot 10^{-8}$	200	520	0,22	$0,18 \cdot 10^{-1}$	$4,0 \cdot 10^{-10}$	0,0
	20.35	28	2,16	$3,9 \cdot 10^{-9}$					$7,0 \cdot 10^{-11}$	0,0
18.11.	21.50	44	1,00	$3,2 \cdot 10^{-7}$	60	520	0,07	$0,46 \cdot 10^{-2}$	$1,5 \cdot 10^{-9}$	$7,5 \cdot 10^{-9}$

Tab. 40: ⁸⁵Kr-Überwachung bei Freisetzung aus WAK; Vergleich der gemessenen Konzentration mit der berechneten

Die azimutale Streuung ist größer als nach der Theorie zu erwarten wäre. Die gleiche Beobachtung wurde auch bei den Tritiumausbreitungsexperimenten gemacht. In jenen Fällen, wo die Probenahmestellen zu weit abseits von der Achse der Abluftfahne gelegen waren, wurden höhere Konzentrationen gefunden als nach der Theorie zu erwarten wäre. (Berechnete Konzentrationen in der Größenordnung unterhalb 10^{-15} Ci/m³ sind als 0 anzusehen.) In jenen Fällen, in denen die Sammelstellen günstig zur Abluftfahne gelegen waren, wurden durchweg niedrigere Konzentrationen gemessen als berechnet, und zwar liegen in einigen Fällen die Konzentrationen um eine Größenordnung niedriger als die berechneten. Die Unterschiede zwischen Theorie und Messung sind möglicherweise sowohl durch die Topographie der Umgebung der WAK als auch durch die recht kurze Sammelzeit entstanden. Soweit man sich auf Orte, die in unmittelbarer Nähe oder auf der Achse der Abluftfahne liegen, beschränkt, erhält man aus der Theorie brauchbare Voraussagen.

Es ist noch zu erwähnen, daß bei den überwachten Kryptonableitungen aus der WAK das Gelände des Kernforschungszentrums nicht beaufschlagt wurde. Daher sind bisher auch noch keine Störungen an irgendwelchen Überwachungsanlagen beobachtet worden.

7.6 Plutoniumanalytik

S. Igarashi, H. Schüttelkopf

7.6.1 Plutoniumüberwachung

Zur raschen Feststellung einer unkontrollierten Pu-Abgabe an die Umgebung werden in 7 Probenahmebereichen Pflanzenproben (meist Kiefernadeln), vierteljährlich, und an drei

Stellen Niederschlag, monatlich, gesammelt. Zur Überwachung der an den Rhein abgegebenen Abwässer auf Pu werden Schlamm- und Planktonproben eingeholt.

Da ^{239}Pu ein α -Strahler ist und nur in sehr geringen Mengen in den beschriebenen Probematerialien vorkommt, ist eine direkte Messung nicht möglich; eine Abtrennung von der Masse des Probematerialies ist notwendig. Ein verbesserter Trennungsgang zur Entfernung anderer α -Strahler und des inaktiven Probematerialies wurde ausgearbeitet. Dieses Verfahren ist auf alle Probematerialien der Umgebungsüberwachung anwendbar. Die Dekontaminationsfaktoren (DF) für die die Spektrometrie störenden α -Strahler sind $\geq 2\ 000$. Eine Ausnahme bildet Thorium (^{230}Th) mit einem DF von 37. Störungen der α -Spektrometrie der Pu-Präparate durch in den Proben enthaltenes ^{230}Th wurden bisher nicht beobachtet. Die chemische Ausbeute liegt zwischen 70 und 80 %. Aufgrund der geringen Arbeitsintensität der einzelnen analytischen Schritte sind 8 - 10 Analysen nebeneinander an einem Arbeitstag durchführbar (HF-Aufschluß der Asche bis zum fertigen Meßpräparat). Das Gewicht des mit dem Pu auf einem Stahlplättchen ($1,3\ \text{cm}^2$) elektrolytisch abgeschiedenen Materialies ist $\leq 5 \cdot 10^{-5}\ \text{g}$; daher sind die erhaltenen Präparate für die α -Spektrometrie sehr gut geeignet. Die 4σ -Nachweisgrenze in der verwendeten Frischgitterkammer beträgt $0,03\ \text{pCi/Probe}$.

Eine Reihe von Gründen sprach für die routinemäßige Verwendung von ^{236}Pu zur Bestimmung der chemischen Ausbeute der Pu-Analysen. Die Verwendung von ^{236}Pu als Tracer ist durch die Anwendung der α -Spektrometrie möglich, da die häufigste α -Energie des ^{236}Pu $5,76\ \text{MeV}$ und die des ^{239}Pu $5,15\ \text{MeV}$ beträgt.

Der wesentlichste Grund für den Einsatz von ^{236}Pu war die dadurch erreichte Erleichterung und Reduzierung der Laborüberwachung. Veränderungen der Probenzusammensetzung,

fehlerhafte Durchführung der Analysen oder Störungen anderer Art können zu falschen Ergebnissen führen.

Häufig sind solche Einflüsse nach abgeschlossener Analyse nicht mehr zu rekonstruieren. Dann müssen in fast allen Fällen die betreffenden Analysen wiederholt werden. Bei Zugabe einer kleinen ^{236}Pu -Aktivität können, wenn die Gleichgewichtseinstellung mit ^{239}Pu gesichert ist, auch noch bei sehr niedrigen chemischen Ausbeuten genügend genaue Angaben über den ^{239}Pu -Gehalt der Proben gemacht werden. Fehler werden durch Abweichung von der normalen chemischen Ausbeute angezeigt und sofort erkannt. Eine zuverlässige Mischung von ^{239}Pu und ^{236}Pu ist durch die vollständige Lösung der Probe und mehrere Redox-Prozesse nach der Auflösung sichergestellt. Auf Parallel-Analysen, die der Überwachung der Konstanz der chemischen Ausbeute im Routinebetrieb dienen (Zugabe einer bestimmten ^{239}Pu -Aktivität und Messung der chemischen Ausbeute, Vergleichsanalysen), kann dadurch verzichtet werden. Mit ^{236}Pu wird für jede einzelne Analyse die chemische Ausbeute durch α -Spektrometrie direkt bestimmt.

Abschließend wird noch auf die zum Teil beachtliche Verkleinerung des mittleren Fehlers der Meßergebnisse hingewiesen, besonders wenn bei schwierigem Probematerial stärkere Schwankungen in den chemischen Ausbeuten auftreten.

Tabelle 41 gibt 24 Analysenergebnisse wieder. Einmal wurde mit der mittleren chemischen Ausbeute ausgewertet (ohne Tracer) und einmal mit dem ^{236}Pu -Tracer. Wiedergegeben werden je acht Pu-Analysen von Kiefernadel- und Schlamm- asche und Luftstaubfiltern. Je acht der Analysen wurden von einer Laborantin an einem Arbeitstag durchgeführt. Die zugegebenen Aktivitäten betragen ca. 15 pCi ^{239}Pu und ca. 12 pCi ^{236}Pu pro Probe. Besonders hingewiesen sei auf die

guten Analyseergebnisse von Kiefernadeln Nr. 8, Schlamm Nr. 4 und Luftstaubfilter Nr. 3 bei Auswertung des Meßergebnisses mit dem ^{236}Pu -Tracer. Trotz hoher Verluste an Pu während der Analysen sind die errechneten Ergebnisse zufriedenstellend. Abbildung 37 gibt das α -Spektrum einer Niederschlagsprobe wieder.

Tab. 41: Chemische Ausbeuten von je 8 Analysen von 2 g Kiefernadel- und Schlammasche und Luftstaubfiltern. Den Proben wurden je ca. 15 pCi ^{239}Pu und 12 pCi ^{236}Pu zugegeben. Die Auswertung der Meßergebnisse erfolgte einmal über die mittlere chemische Ausbeute und einmal über die ^{236}Pu -Aktivität

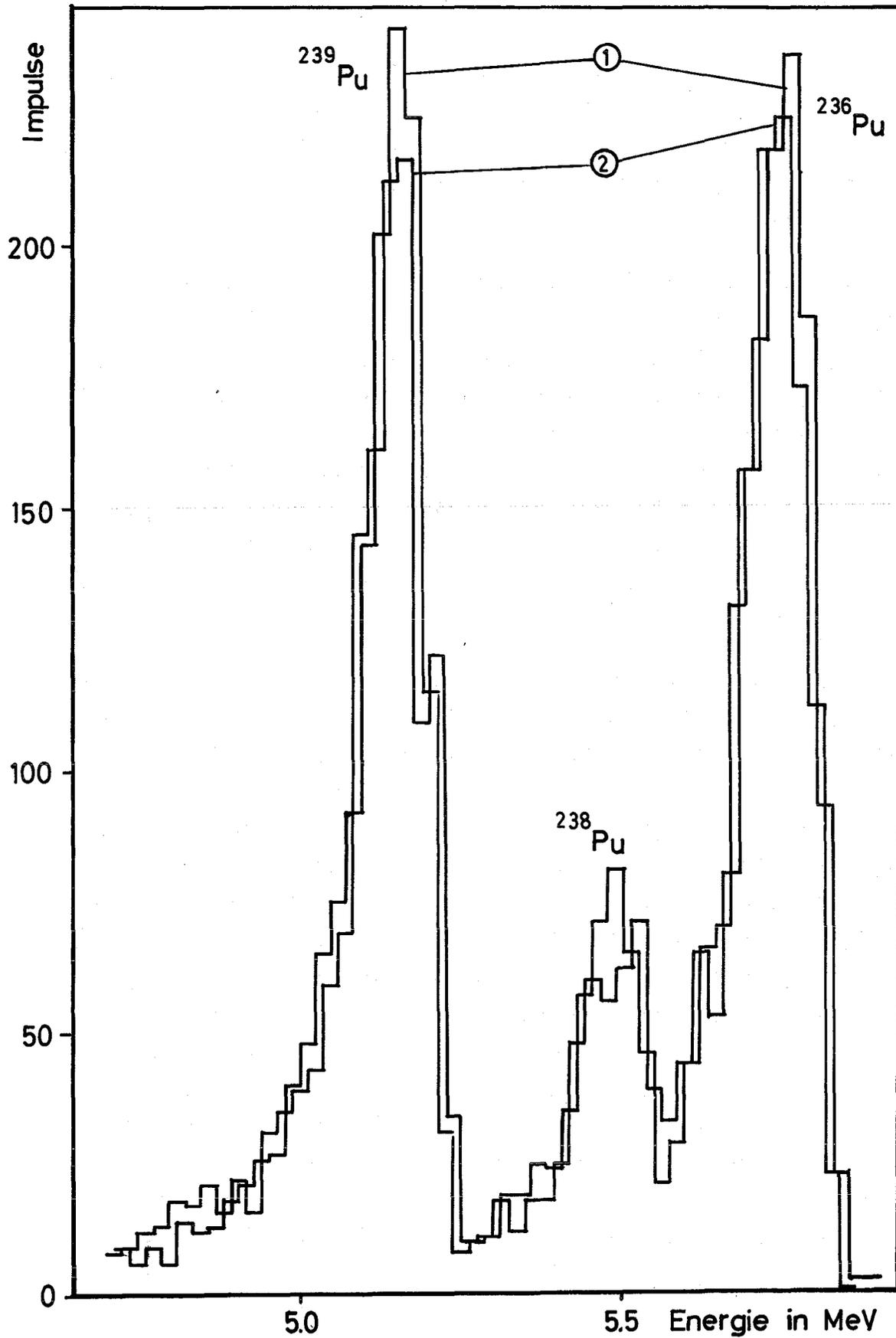
Proben-Nr.	Probenmaterial								
	Kiefernadeln			Schlamm			Luftstaubfilter		
	Ausbeute %	Auswertung		Ausbeute %	Auswertung		Ausbeute %	Auswertung	
		mittl. chem. Ausbeute 77,9 %	über ^{236}Pu		mittl. chem. Ausbeute 72,8 %	über ^{236}Pu		mittl. chem. Ausbeute 58,4 %	über ^{236}Pu
1	77,3	15,4	15,5	73,7	17,7	16,5	64,7	17,5	15,8
2	77,4	15,7	15,7	80,8	15,9	14,7	66,1	16,7	14,8
3	79,8	15,7	15,3	58,7	14,3	17,7	18,0	(4,8) ²⁾	15,6
4	75,4	15,4	16,0	16,4	(7,7) ²⁾	34,7 ¹⁾	51,6	13,5	15,3
5	75,0	14,1	14,6	76,9	16,2	15,4	64,8	17,0	15,4
6	82,4	15,9	15,1	80,2	15,8	14,4	57,8	14,6	14,8
7	77,8	15,7	15,7	64,8	14,0	15,7	32,9	9,2	16,3
8	27,4 ²⁾	(5,4)	15,4	77,2	14,7	14,4	72,8	17,6	14,1

1) Die Probe Schlamm Nr. 4 wurde mit ca. 30 pCi ^{239}Pu versetzt.

2) Diese chemischen Ausbeuten weisen auf Verluste an Pu während der Analyse hin (die Fehler bzw. Störungen sind bekannt). Die unbrauchbaren Ergebnisse entsprechend der Auswertung mit einer mittleren chem. Ausbeute sind in Klammern gesetzt.

Das hier entwickelte und geprüfte Verfahren erlaubt, kleinste Veränderungen der ^{239}Pu -Aktivität in verschiedenen Probenmaterialien rasch und sicher zu erkennen. Die jährlich durchgeführten 144 Pu-Analysen in Proben der Umgebung und eine Reihe zusätzlicher Analysen stellen daher eine wirkungsvolle Überwachung der Umgebung des Kernforschungszentrums auf eine unkontrollierte ^{239}Pu -Abgabe dar.

Abb.37: α -Spektren von 2 Pu-Präparaten (Parallelanalysen, Niederschlag August, Meßhütte NO, Meßzeit 900 min)



7.6.2 Herstellung und Reinigung von ^{236}Pu

Da ^{236}Pu bis vor kurzer Zeit kein Handelsprodukt war und an Betracht der hohen Reinheitsanforderungen in Bezug auf andere Pu-Isotope, wurde die Herstellung von ^{236}Pu mit dem Isochron-Zyklotron des Kernforschungszentrums Karlsruhe durchgeführt.

Targets aus 100 mg $^{235}\text{UO}_2$ (Anreicherung: 93,7 %) wurden 3 Stunden lang mit α -Teilchen von 40 MeV bestrahlt. Die Stromstärke betrug 10 μA . Da Schwierigkeiten bei der Herstellung von Targets konstanter Dicke aus UO_2 -Pulver eine genaue Berechnung des Ausmaßes der Nebenreaktionen, welche zu ^{238}Pu und ^{239}Pu führen, nicht erlaubten, wurden die bestrahlten Targets einmal 3 Stunden und einmal 11 Stunden nach Bestrahlungsende chemisch aufgearbeitet. Die Dosisleistung infolge von Spaltprodukten beträgt direkt nach der Bestrahlung im Abstand von 10 cm 3 bis 10 R/h.

Die chemische Aufarbeitung zielte auf eine Entfernung des Urans, der entstandenen Np-Isotope und der Spaltprodukte ab. Die Targets wurden in HNO_3 conc. aufgelöst und die Wertigkeiten Pu^{4+} , NpO_2^+ und UO_2^{2+} eingestellt. Die entstandenen 100 ml 8M HNO_3 -Lösung wurden über eine Anionenaustauschersäule geleitet und der Austauscher mit 8M HNO_3 gewaschen. Das salzsaure, ^{236}Pu -haltige Eluat enthielt nur noch geringe Aktivitäten von ^{234}U und Spaltprodukten. Die Methode war so ausgelegt, daß die Aufarbeitung des heißen Targets mit einer zu vernachlässigenden Strahlenbelastung des Durchführenden beendet werden konnte. Die ^{236}Pu -Lösung wurde entsprechend der in der Abteilung Strahlenschutz und Sicherheit verwendeten Pu-Analyse (12) weiter gereinigt. Die erhaltene ^{236}Pu -Lösung war α -spektrometrisch rein. Die Kontamination mit ^{238}Pu ist $\leq 0,3\%$, die durch ^{239}Pu $\leq 0,2\%$. Der Arbeitsaufwand betrug 2,5 Tage. Die ^{236}Pu -Ausbeute betrug ca. 70 nCi. Diese Aktivität reicht für

mindestens 30 000 ^{239}Pu -Bestimmungen in Proben der Umgebungsüberwachung.

7.6.3 Schnellbestimmung von Pu in Abwässern geringer und mittlerer Salzkonzentration

Ende 1970 und 1971 wurde ein Schnellverfahren zur Bestimmung von Pu in Abwässern und anderen Lösungen, welche eine direkte α -Spektrometrie der eingedampften Probe nicht erlauben, entwickelt. Das Verfahren basiert auf dem Austausch von Uranamalgam mit der wässrigen Pu-Lösung und einem sauren Rückaustausch des Pu mit einer stark verdünnten $\text{UO}_2(\text{NO}_3)_2$ -Lösung.

Es wird eine chemische Ausbeute von ca. 50 % erreicht. Die Analysenzeit beträgt weniger als 40 Minuten. Mit unwesentlich höherem Zeitaufwand können gleichzeitig 10 Analysen bewältigt werden. Da die MZK für die wichtigsten Pu-Isotope in Wasser 50 pCi/ml beträgt, sind nur wenige ml Probe für eine Analyse notwendig. Eine sehr gute Abtrennung der anorganischen Salze und der Spaltprodukte wird erreicht. Wie weit andere Transurane ebenfalls dem Amalgamaustausch unterliegen, wird zur Zeit untersucht.

7.7 Forschungsprogramm zur Bestimmung der Tritiumkontamination der Umwelt

M. Winter, L.A. König

Die Überwachung der Umweltkontamination auf Tritium in der Umgebung des Kernforschungszentrums Karlsruhe wurde 1971 erheblich intensiviert. Anlaß hierzu gaben die steigenden Tritiumableitungen des Kernforschungszentrums in die Atmosphäre und in den Rhein. Sie betragen 1970 ca. 2 700 Ci, von denen ca. 2 100 Ci in die Atmosphäre und ca. 600 Ci in

den Rhein abgegeben wurden. Zu den Ableitungen der schwerwassermoderierten Reaktoren FR 2 und MZFR werden zukünftig noch Tritiumableitungen in der gleichen Größenordnung aus der Wiederaufarbeitungsanlage hinzukommen.

Angesichts dieser Ableitungen ist eine sorgfältige Tritiumüberwachung der Umwelt von großem Interesse. Ihr Ziel ist es, die tritiumbedingte Strahlenbelastung der Bevölkerung in der Umgebung möglichst genau zu bestimmen.

Ein weiterer Grund für ein intensives Studium der Umweltkontamination mit Tritium ist das Interesse an radioökologischen Fragen. Die Tritiumverbreitung erscheint uns als ein besonders geeignetes Studienobjekt, da zahlreiche Proben mit einer relativ hohen Empfindlichkeit bei vernünftigem Aufwand gemessen werden können (7).

Seit Januar 1971 steht ein neues Flüssigszintillationsspektrometer für das Tritium-Low-level-Meßprogramm zur Verfügung. Umfangreiche Vorstudien dienten der Auswahl des bestgeeigneten Szintillators und der Optimierung aller Einflußgrößen. Bei Verwendung von 10 ml Meßgut und bei einer Meßzeit von 50 Minuten konnte bei einem Nulleffekt von 4,5 bis 5 Impulse/min eine Nachweisgrenze für die Tritiumkonzentration in Wasser von 0,3 pCi/ml erzielt werden.

Ein besonderes Problem bei der Absolutbestimmung der Tritiumkonzentration stellt die Bestimmung des Nulleffekts dar, d. h. die Messung der Impulsrate einer tritiumfreien Wasserprobe. Die Untersuchungen solcher hinreichend tritiumarmen Wasserproben erstreckten sich auf Thermalwasser, Wasser aus tieferreichenden Erdölbohrungen und Kalibergwerken, Gletschereis und auf Wasser, das durch Verbrennung von Propangas gewonnen wurde.

Zur Durchführung des eigentlichen Meßprogramms wurden in der näheren und ferneren Umgebung des Kernforschungszentrums 18 Probenahmestellen festgelegt. Die entfernteste

Stelle hat einen Abstand von 30 km. An diesen Stellen wurden 1971 insgesamt 776 Grundwasser-, Trinkwasser-, Oberflächenwasser- und Niederschlagsproben genommen und ausgemessen.

Zusätzlich standen rund 200 Proben des Routineprogramms zur Umgebungsüberwachung zur Verfügung. Darüber hinaus wurden zahlreiche Wasserproben verschiedenster Art und Herkunft gemessen. Besonders erwähnt seien Flußwasserproben aus den Flüssen Rhein, Neckar, Isar und Inn, Fluß- und Brunnenwasserproben aus dem Schwarzwald sowie Meer- und Flußwasserproben aus Spanien und Taiwan.

Teilergebnisse des Meßprogramms zeigt Abbildung 38. Hier sind die Monatsmittelwerte der Tritiumkonzentration im Niederschlag, Trink- und Oberflächenwasser von den 18 festgelegten Probenahmestellen in der Umgebung des Kernforschungszentrums dargestellt. Ein jahreszeitlicher Gang der Tritiumkonzentration ist unverkennbar.

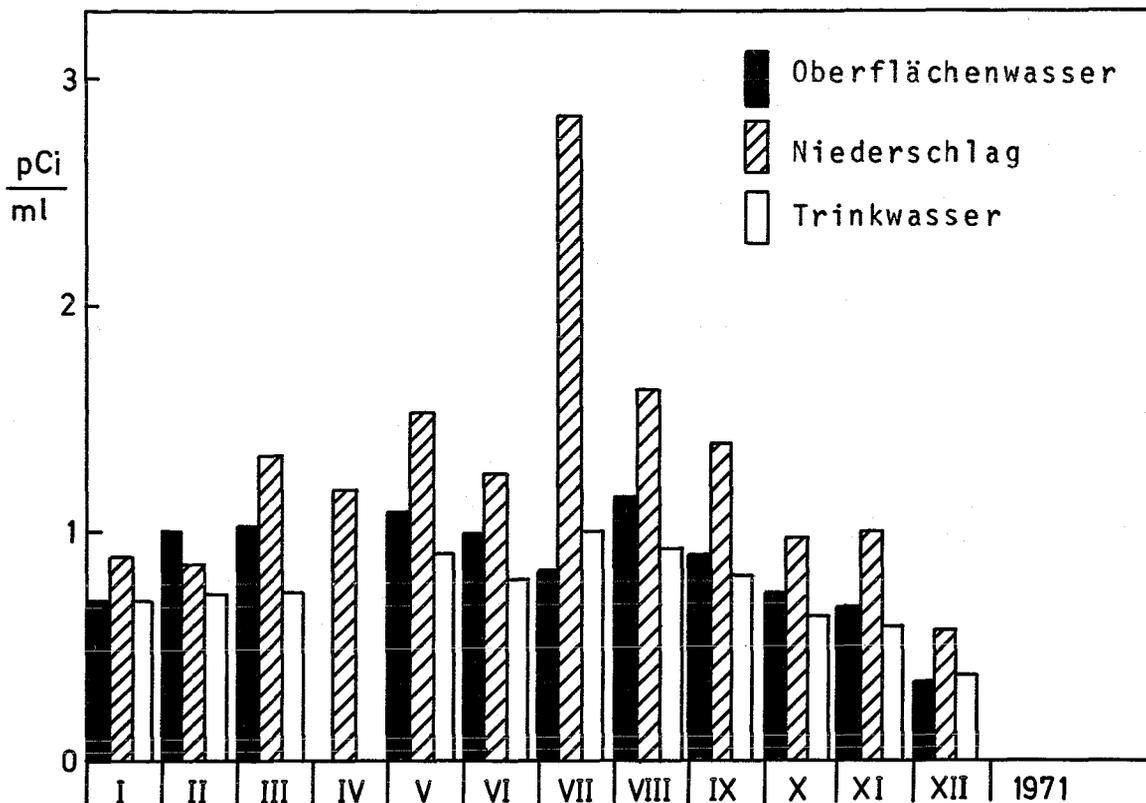


Abb. 38: Monatsmittelwerte der Tritiumkonzentration

In Tabelle 42 sind die zugehörigen, mit der Probenzahl gewichteten, Jahresmittelwerte der Tritiumkonzentration in den drei Wasserarten aufgeführt. Nimmt man an, daß die Tritiumkonzentration im Körper dem Mittelwert der Umweltkontamination des Trinkwassers entspricht, so erhält man hieraus eine Strahlenbelastung von 0,13 mrem/a.

Art der Probe	Ort der Probenahme	Zahl der Proben	mittl. Tritiumkonzentr. pCi/ml	max. Einzelwert pCi/ml
Oberflächenwasser	Rhein, Altrhein bei Leopoldshafen, Baggersee Blankenloch, Hammgraben bei Leopoldshafen, Alb bei Marxzell, Enz bei Neuenbürg, Heilbach bei Wörth	296	0,86	1,76
Niederschlag	Wasserwerk Tiefgestade bei Leopoldshafen, Bruchsal, Grötzingen, KFZK, Eggenstein	189	1,39	27,2
Trinkwasser	Wasserwerk Tiefgestade bei Leopoldshafen, Wasserwerk Süd KFZK, Bruchsal, Wörth, Offenbach (Pfalz)	130	0,77	1,93

Tab. 42: Jahresmittelwerte und maximale Einzelmeßwerte 1971 der Tritiumkonzentration im Oberflächenwasser, Niederschlag und Trinkwasser aus der näheren und fernerer Umgebung des Kernforschungszentrums

8. Meteorologie

8.1 Statistische Auswertungen

K. Nester

8.1.1 Ausbreitungst Statistik

Für die Ermittlung der Strahlenbelastung in der Umgebung des Kernforschungszentrums wird eine Statistik der Ausbreitungsbedingungen benötigt, die die Häufigkeit der Konzentrationen von Windrichtung, Windgeschwindigkeit und Ausbreitungskategorie angibt. Eine solche Statistik wurde auf der Basis der Windgeschwindigkeitsmessungen am meteorologischen Mast des Jahres Dez. 1967 - Nov. 1968 aufgestellt. Als Maßzahl für die Ausbreitungskategorie wurde der Windprofilexponent p verwendet, der durch optimale Anpassung der Funktion

$$u(z) = u(z_0) \left(\frac{z - z_1}{z_0 - z_1} \right)^p \quad z \geq z_1$$

an die bis zu 200 m Höhe gemessenen Windgeschwindigkeiten berechnet wurde.

Dabei gilt:

$u(z)$ = zeitlich gemittelte Windgeschwindigkeit in der Höhe z in m/s

z_0 = Bezugsanemometerhöhe in m

z_1 = Nullpunktverschiebung aufgrund des Waldes in m

Der Exponent p ist bei sehr guter Durchmischung in der Atmosphäre etwa 0 und geht bei sehr geringer Durchmischung gegen 1.

Aus dem Vergleich mit den Registrierungen der horizontalen Windrichtungsfluktuationen wurde folgender Zusammenhang

zwischen den p-Werten und den Pasquillschen Ausbreitungskategorien hergestellt:

A	$p \leq 0,05$
B	$0,05 < p \leq 0,14$
C	$0,14 < p \leq 0,24$
D	$0,24 < p \leq 0,40$
E	$0,40 < p \leq 0,55$
F	$0,55 < p$

Tab. 43

Diese Zuordnung versagt öfters bei geringen Windgeschwindigkeiten. Davon betroffen sind hauptsächlich nächtliche stabile Lagen.

Als Windgeschwindigkeit für den mittleren Transport der Abgase wurde der Wert in 60 m Höhe herangezogen, da dieser bei einer Kaminhöhe von 100 m etwa dem Mittelwert über die zu betrachtende Ausbreitungsschicht entspricht. Die Tabelle 44 gibt die Häufigkeit der Ausbreitungskategorien wieder.

**AUSBREITUNGSSTATISTIK AUFSUMMIERT UEBER ALLE WINDRICHTUNGSSEKTOREN
1.12.1967 - 1.12.1968**

Tab. 44.

IN PROZENT

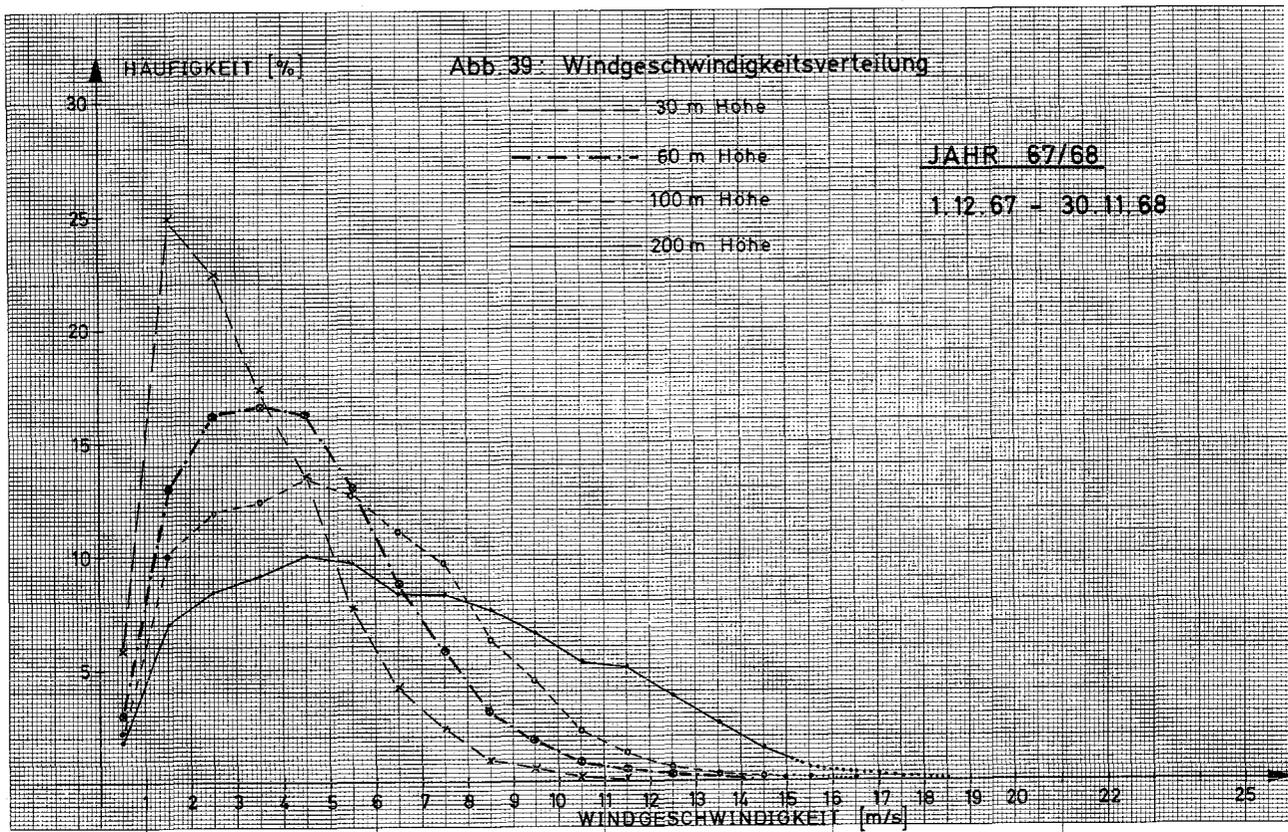
WG. BEREICH 60M M/SEK	AUSBREITUNGSTYP						SUMME
	A	B	C	D	E	F	
0.0- 2.0	3.30	2.27	1.76	2.33	1.58	2.69	13.92
2.0- 4.0	1.28	5.20	4.80	7.45	7.76	7.64	34.13
4.0- 7.0	0.02	2.39	6.63	14.89	11.21	3.97	39.11
7.0-10.0	0.0	0.02	1.50	8.62	0.64	0.05	10.84
10.0-30.0	0.0	0.0	0.26	1.75	0.0	0.0	2.01
SUMME	4.61	9.88	14.95	35.04	21.18	14.34	100.00

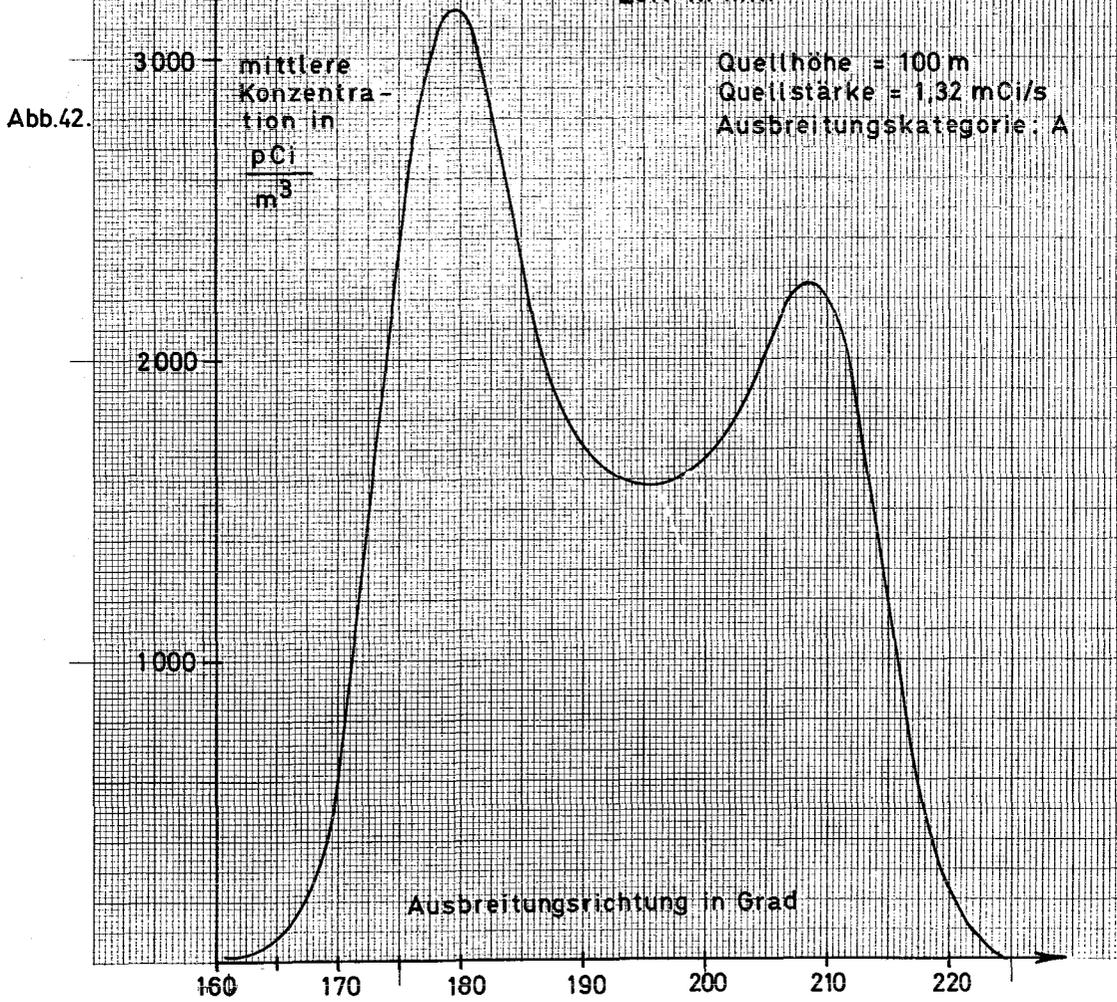
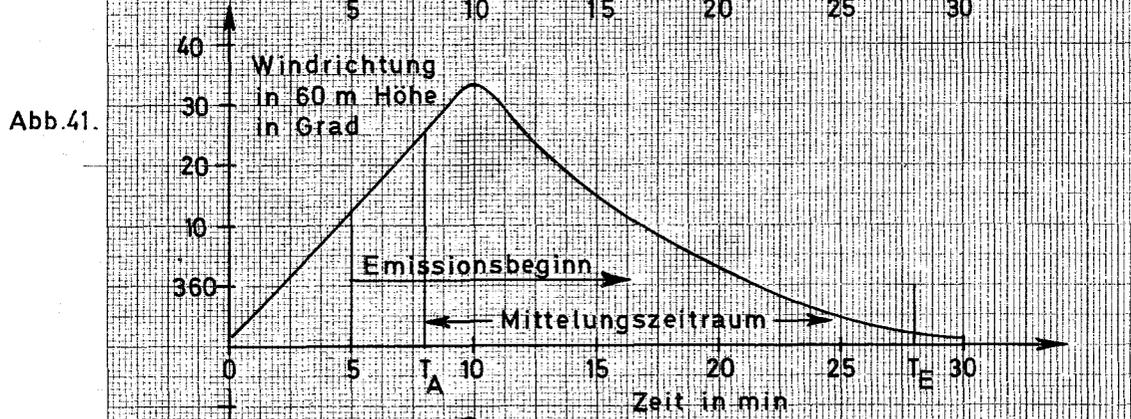
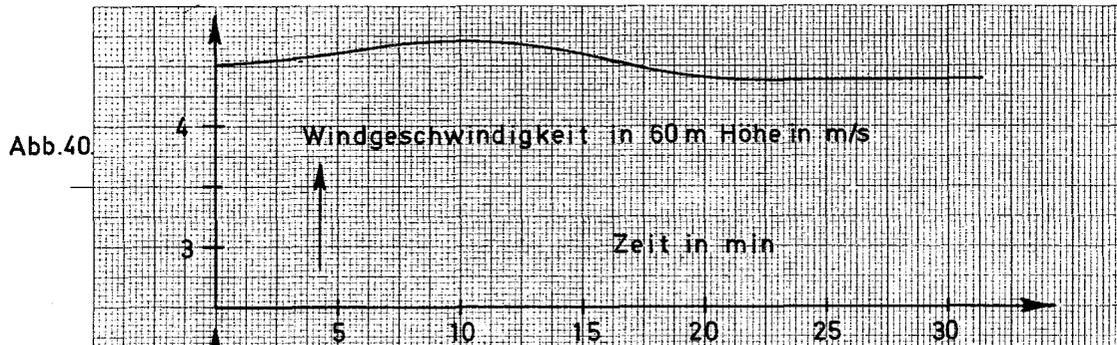
Man erkennt, daß die Kategorie D überwiegt, aber weit weniger häufig auftritt als andernorts angegeben. Die Kategorien A - C und E treten dafür häufiger auf.

Die Statistik stellt eine erste Abschätzung der am Kernforschungszentrum zu erwartenden Ausbreitungsbedingungen dar. Das Bestimmungsverfahren wird weiter verbessert und die Rechnung auf weitere Jahre ausgedehnt.

8.1.2 Höhenabhängige Häufigkeitsverteilung der Windgeschwindigkeiten

Für das Jahr Dez. 1967 - Nov. 1968 wurde die Häufigkeitsverteilung der Windgeschwindigkeiten am 200 m Mast des Kernforschungszentrums Karlsruhe in 10 Höhen - 20 m, 30 m, 40 m, 50 m, 60 m, 80 m, 100 m, 130 m, 160 m, 200 m - sowohl als Jahresstatistik als auch getrennt nach Jahreszeiten berechnet. Dieser Auswertung lagen 10-Minuten-Mittel der Windgeschwindigkeit zugrunde.





8.3 Datenregistrierung

L. Kropp

Während bis Ende 1970 die am Meßturm gemessenen Windgeschwindigkeiten als 10-Minuten-Mittel ausgedruckt und die Richtungen aus 3 Höhen auf Blattschreibern registriert wurden, werden seit Anfang 1971 die Meßdaten so gespeichert, daß sie vom Computer direkt gelesen werden können, d. h. entweder auf Lochstreifen oder auf Magnetband.

Vollständige Datensätze sind etwa ab Mitte Februar, jedoch noch nicht durchgehend, vorhanden. Fehlende Datensätze wurden durch Einfügen von Fehlwerten ergänzt. In dieser Form sind drei Magnetbänder mit jeweils einem meteorologischen Quartal vorhanden.

Die ursprünglichen Daten, die zum überwiegenden Teil auch als Lochstreifen vorliegen, sind auf zwei Bändern zusammengefaßt.

Neben der routinemäßigen kontinuierlichen Aufnahme der gemessenen meteorologischen Daten besteht nach der Inbetriebnahme der Übertragungstrecke zum Rechenzentrum die Möglichkeit, die Meßdaten auf einen Bildschirm zu projizieren. Als darstellbare Bilder stehen zur Verfügung:

- die Zusammenstellung aller gemessenen Daten eines 10-Minuten-Zyklus der vergangenen 24 Stunden (s. Abb. 43, Meßdaten vom 19.4.1971, 1.50 Uhr),
- das Windprofil,
- Temperaturprofil,
- eine vorwählbare zeitliche Folge meteorologischer Werte aus den vergangenen 24 Stunden.

LISTE DER METEOROLOGISCHEN DATEN DES 200 M MESSHASTES

DATUM 19. 4.71 1.50

WINDGESCHWINDIGKEITEN IN M/SEC

	MITTEL	MIN	MAX	WINDSTILLEN
WIESE	0.2	0.0	0.5	103
20 M	1.1	0.7	1.5	0
30 M	1.5	1.0	2.0	0
40 M	2.1	1.6	2.4	0
50 M	2.1	1.7	2.4	0
60 M	1.5	1.3	1.7	0
80 M	1.9	1.7	2.6	0
100 M	2.2	1.4	3.2	0
130 M	0.1	0.0	0.5	134
160 M	0.0	0.0	0.5	144
200 M	0.9	0.2	1.7	44

WINDRICHTUNGEN IN GRAD

	MITTELWERT
40 M	138.
60 M	154.
80 M	152.
100 M	153.
160 M	255.
200 M	229.

TAUPUNKTTemperaturen IN GRAD CELSIUS

WIESE	40 M	100 M	200 M
	-9.6	-5.1	-7.9
			-4.6

ABSOLUTEtemperaturen IN GRAD CELSIUS

WIESE	100 M	200 M	STRAHLUNGSGEBER
	0.7	10.4	12.7
			-1.4

DIFFERENZtemperaturen IN GRAD CELSIUS

WIESE - 30 M	30 - 100 M	60 - 100 M	100 - 130 M	100 - 160 M	130 - 200 M
6.97	0.66	0.40	0.32	0.62	1.66

LUFTDRUCK IN MM HG
759.8

NIEDERSCHLAG IN MM
0.0

STRAHLUNGSGEBER TEMPERATUR IN GRAD CELSIUS
-1.4

STRAHLUNG IN CAL/CM MIN
GLOBAL K+L -0.071 GLOBAL K -0.003 REFLEX K+L -0.014 REFLEX K 0.001

DATUM 19. 4.71 1.50

WINDRICHTUNGEN

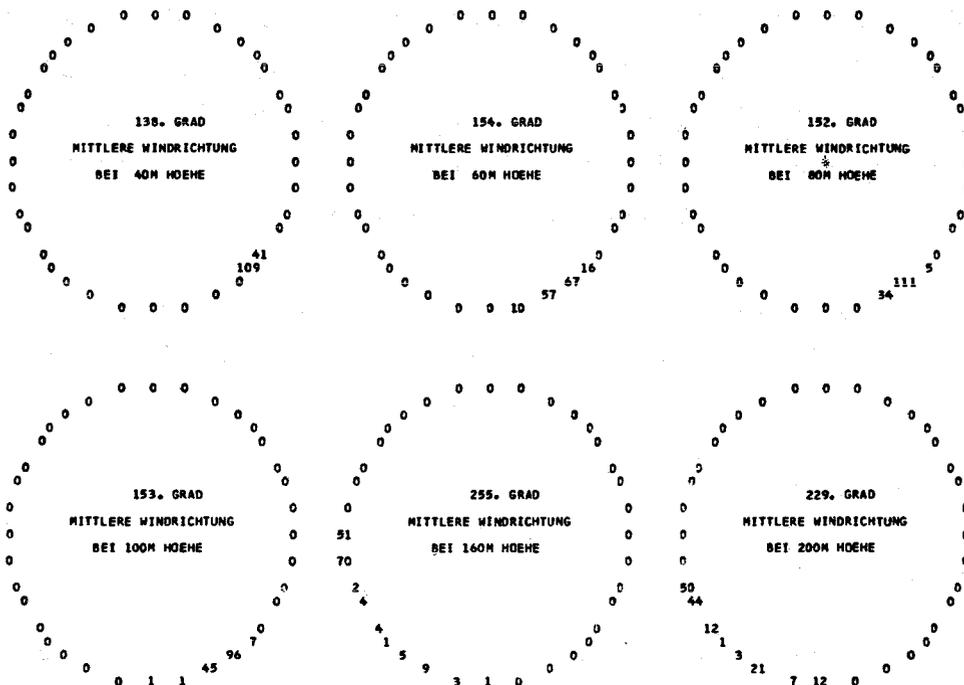


Abb. 43: Liste der meteorologischen Daten des 200-m-Meßmastes für den 19.4.1971, 1.50 Uhr

8.4 Betrieb der Datenerfassungsanlage

L. Kropp

Die digitale Erfassung der meteorologischen Meßdaten ist im Berichtszeitraum in den Routinebetrieb gegangen. Am 25. Januar wurde die Anlage, bestehend aus Meßwertgeber, Analog-Digital-Wandler, Prozeßrechner PDP-8/I und Datenausgabe auf Protokollschreiber oder Lochstreifen nach erfolgreichem Probelauf übernommen. Für die Übertragung der Daten an den Telefunken-Rechner TR 86A der Datenverarbeitungszentrale (DVZ) ist je eine Übertragungseinheit auf der Seite des PDP-8/I und des TR 86A erforderlich. Das PDP-8/I-seitige Interface wurde bis Ende des 1. Halbjahres durch das Labor für Elektronik und Meßtechnik erstellt, geprüft und angeschlossen. Im 3. Quartal wurde das TR 86A-seitige Interface durch die DVZ angeschlossen. Ab Oktober 1971 liefen die ersten Datensätze vorwiegend nachts und an den Wochenenden vom PDP-8/I zum TR 86A. Seit Anfang November werden die Daten zeitweise ganztägig zur DVZ übertragen.

Mitte Oktober wurde von der DVZ ein Datenkanal nach Düsseldorf zur Übertragung von Meßdaten an einen GfK-eigenen Messstand auf der Interkama eingerichtet und an den TR 86A angeschlossen. Über diesen Kanal wurden u. a. auch die meteorologischen Meßdaten zu Demonstrationszwecken übertragen und auf Bildschirm dargestellt.

Im Sommer des Berichtszeitraumes wurde eine Außenstation (Siemens-Transdata-Terminal) der IBM 360/65-Anlage in der meteorologischen Meßwarte installiert. Das Terminal dient dazu, Rechenprogramme, die sich in der DVZ im Rahmen der ASS-Bibliothek auf Platte befinden, rechnen zu lassen. Die Ergebnisse können auf einem Display des Terminals dargestellt werden. So hat man u. a. die Möglichkeit, meteorologische Daten, die nicht mehr über die Telefunken-Rechner-Außenstation verfügbar sind, aber bereits auf Magnetbänder

übertragen sind, an das Terminal in der Meßwarte übertragen und dort auf einem Sichtgerät darstellen zu lassen.

8.5 Instrumentierung

W. Hübschmann, J. Klaar

Die umfangreiche Instrumentierung der meteorologischen Station konnte im Berichtszeitraum verbessert und zumindest teilweise in den Routinebetrieb überführt werden.

Die Windfahnen zeigten keine größeren Probleme. Die dünnen Blätter des Schwertes verbiegen gelegentlich bei Hagel-schlag.

Die Anemometer haben häufig Lagerschaden. Entweder wird die Lagerschale rau, oder es bildet sich ein hemmender brauner Staub, der zum großen Teil aus dem Lagermaterial (Fe, Mn, Cr) besteht. Dies wurde mit Hilfe von Emissionsspektroskopie nachgewiesen. Solcher Staub kann z. B. durch elektrische Entladungen über das Lager entstehen. Eine Ursache für eine Aufladung des Rotors konnte allerdings nicht gefunden werden. Prophylaktisch werden die Anemometer mit einer Entladungsspitze versehen. Die Lagerschalen werden isoliert eingesetzt. Der Umbau ist etwa bei der Hälfte der Anemometer durchgeführt.

Zur genaueren Erfassung von Windfluktuationen und zur Bestimmung der vertikalen Komponente des Windes wird die jetzige Ausrüstung des Meßturms um zwei Vektorfahnen erweitert. Es wurden Vektor-Windfahnen der Fa. Meteorology Research, Inc., Typ 1053 Mk. III, bestellt.

Ober die Temperaturmessung wird in Kap. 8.6 berichtet. Die Feuchtefühler (LiCl-Geber) haben sich nicht bewährt; die angezeigten Werte sind zu ungenau. Auch häufige Wartung und Kalibrierung führte zu keiner durchgreifenden Besserung. Die Instrumente werden durch einen anderen Typ ersetzt.

Um einen genaueren Einblick in die lokalen Besonderheiten des bodennahen Windfeldes zu erhalten, wurde eine Neben-Meßstelle für Windrichtung und -geschwindigkeit auf dem Flugplatz Linkenheim eingerichtet, die in Zusammenarbeit mit der Luftsportgruppe des Kernforschungszentrums betrieben wird.

8.6 Eichung der Temperaturfühler

J. Klaar, L. Kropp, K. Nester

Von der Messung des Temperaturverlaufs über die Höhe des Meßturms muß eine hohe Genauigkeit gefordert werden, wenn der Temperaturgradient eine Aussage über die Stabilität der Atmosphäre erlauben soll. Es war verlangt, daß die Abweichungen unter folgenden Grenzwerten bleiben sollen:
 $\pm 0,1^{\circ} \text{ C}$ für Temperaturen, $\pm 0,05^{\circ} \text{ C}$ für Temperaturdifferenzen.

Diese Genauigkeit wurde zunächst nicht erreicht. Zur Erhöhung der Genauigkeit mußten die Konstantstromquellen so umgebaut werden, daß sie unabhängig von der Eigenerwärmung sind. Außerdem war eine Eichvorrichtung zu erstellen, welche es gestattet, die geforderte und die tatsächlich erreichte Genauigkeit zu prüfen. Die Eichvorrichtung und das Verfahren werden kurz beschrieben.

Als Bad-Gefäß dient ein Dewar-Gefäß von ca. 4 l Inhalt, das zusammen mit einem elektrisch betriebenen Rührwerk und einem Einsatz zur Aufnahme von Temperaturfühler und Eichthermometer in einem Stativ montiert ist. Zur Eichung wird das Gefäß mit Wasser oder mit einem Eis-Wasser-Gemisch gefüllt. Der zu eichende Temperaturfühler (Widerstandsthermometer Pt 100) wird dem Eichthermometer (Quecksilber-Hauptnormalthermometer mit einem Meßbereich von 0° bis $+ 30^{\circ} \text{ C}$ und einer Teilung von $0,05^{\circ} \text{ C}$) unmittelbar benachbart ins Eichbad gebracht.

Die Absoluttemperaturen werden mit einem Bad von 0°C und einem Bad von etwa 20°C geeicht. Aus beiden Eichpunkten und den gleichzeitig abgelesenen Meßspannungen lassen sich die Parameter der Temperatur-Spannungskurve ermitteln.

Für die Eichung der Temperaturdifferenzen wird generell das untere Eichbad auf 0°C gehalten, während das obere Eichbad auf 0°C und 20°C geregelt wird. Zusammen mit den entsprechenden Meßspannungen ergeben sich die Parameter der Temperaturdifferenz-Spannungskurve.

Nach der eigentlichen Eichung wurden zwischen 0°C und 30°C Kontrollmessungen durchgeführt. Dabei stimmten die Absoluttemperaturen des Pt 100 mit denjenigen des Eichthermometers auf $\pm 0,02^{\circ}\text{C}$ überein. Eine Überprüfung der Absoluttemperaturwerte einige Wochen später lieferte eine maximale Abweichung von $0,05^{\circ}\text{C}$. Da auch weitere Kontrollen kein ungünstigeres Ergebnis brachten, kann man von einer Genauigkeit der Absoluttemperaturen von $\pm 0,05^{\circ}\text{C}$ ausgehen.

Da bei den Temperaturdifferenzen eine solche Genauigkeit nicht erzielt werden konnte, ist vorgesehen, statt der Differenzen nur noch Absoluttemperaturen in den in Frage kommenden Höhen zu messen.

8.7 Rechenprogramme

8.7.1 *Strahlenbelastung der Umgebung durch α - und β -Aktivität*

D. Nagel

Das Programm berechnet die jährliche Strahlenbelastung durch Emission von α - und β -Aktivität in der Umgebung des Kernforschungszentrums. Es wird das gesamte Emissionskataster des weiteren Bereichs des Kernforschungszentrums (einschl.

WAK) eingegeben, insbesondere die geodätische Lage der emittierenden Kamine sowie die Zusammensetzung des emittierten Nuklidgemisches in Einzelnucliden bzw. Nuklidgruppen. Weiter wird die klimatologische Statistik (geordnet nach Windrichtung, -geschwindigkeit und Ausbreitungsklasse) des Kernforschungszentrums eingegeben.

Das Programm berechnet die Strahlenbelastung an beliebigen Aufpunkten als Summe der Einzelbeiträge der jeweiligen Emittenten. Als Hilfe zur Zeichnung von Isodosen gibt das Programm in einem engmaschigen rechtwinkligen Netz von Aufpunkten an, welche Aufpunkte eine Dosis empfangen, die gleich oder höher ist als die der zu zeichnenden Isodose. Das Programm wird bis zum selbständigen Zeichnen von Isodosenlinien weiterentwickelt.

8.7.2 Häufigkeitsstatistik von Windrichtung und Windgeschwindigkeit

L. Kropp

Nach der Inbetriebnahme der neuen Meßanlage liegen die Meßwerte auf Magnetband vor. Diese Werte sind erheblich umfangreicher und deshalb ganz anders organisiert als die bisherigen. U. a. wird die Windrichtung in 6 statt wie bisher in 3 Höhen gemessen. Diese Umstellung machte es erforderlich, ein neues Auswerteprogramm für die Häufigkeitsstatistik der Kombinationen von Windrichtung und Windgeschwindigkeit zu schreiben. Dieses Programm verarbeitet sowohl die früheren als auch die jetzigen Meßwerte.

Die auszuwertenden Höhen können beliebig gewählt werden. Wahlweise kann man einen Plot der Häufigkeitsverteilung der Windrichtung (unabhängig von der Geschwindigkeit) und der Windgeschwindigkeit (unabhängig von der Richtung) anfertigen lassen.

8.7.3 Verarbeitung der gespeicherten Meßdaten

L. Kropp, D. Nagel, E. Balda

Die am meteorologischen Meßmast anfallenden Daten werden auf Magnetband oder auf einem 8-Kanal-Lochstreifen ausgegeben.

In Zeiträumen, in denen nur Lochstreifen erzeugt wurden, übernimmt der Programmkomplex BINTAP die Übertragung und Sichtung der vorhandenen Informationen. Die einzelnen Programme erledigen die folgenden Aufgaben:

- Hauptprogramm : Entschlüsseln der Lochstreifeninformation und Anwählen der entsprechenden Unterprogramme;
- SUBROUTINE KORR : Orten von Fehlern auf dem Lochstreifen;
- SUBROUTINE ZUORD : Korrektur der fehlerbehafteten Daten, soweit möglich;
- SUBROUTINE CVERT : Umwandeln der registrierten Datenwerte in meteorologisch und physikalisch verständliche Gleitkommagrößen;
- SUBROUTINE PRUEF : Prüfen des meteorologischen Datenblocks auf grobe Fehler (Fehlermeldungen);
- SUBROUTINE WRIDAT : Ausdrucken des gesamten Datensatzes in direkt verständlicher Form;
- SUBROUTINE KREIS : Spezielle Anordnung der Windrichtungshäufigkeit in Windrosenform;
- SUBROUTINE BDSCHR : Übertragen der Meßdaten auf Magnetband.

Erfolgte zeitweise eine Übertragung der Daten auf Magnetband, dann bearbeitet DATAP beide Ausgabemedien.

Hauptprogramm : Abfragen des Datums und Aufruf des entsprechenden Unterprogramms;

SUBROUTINE READTR : Verarbeitung des Telefunkenbandes;

SUBROUTINE LOCHST : Lesen des Lochstreifens im dualen Code und Entschlüsseln der erhaltenen Information;

SUBROUTINE EINKOR : Einsetzen von fehlenden Datenblöcken mit Datum und Fehlwerten;

SUBROUTINE DATUM : Berechnet aus dem Datum den Tag des Jahres und die Datensatznummer;

SUBROUTINE BDSCHR : Übertragen der Meßdaten auf Magnetband.

8.7.4 Darstellung meteorologischer Daten

L. Kropp

Zur Darstellung der auf Magnetband gespeicherten Daten wurde eine Reihe von Unterprogrammen entwickelt.

- Tagesgang der Windfluktuation (SUBROUTINE WIFLUK)

Ausgehend von der Häufigkeit des Auftretens der Windrichtung in 10-Grad-Sektoren und dem zugehörigen Mittelwert berechnet das Programm für eine gegebene Tageszeit die absoluten und relativen Häufigkeiten der Abweichung vom Mittelwert über einen beliebigen Zeitraum in 6 verschiedenen Höhen. Es wird der Mittelwert der Fluktuation berechnet; dabei werden eventuell auftretende Abweichungen oberhalb 50° nicht berücksichtigt. Neben den Tabellen der absoluten und relativen Häufigkeit und der Mittelwerte der Fluktuation wird ein Diagramm der Mittelwerte ausgegeben.

- Tagesgang des Temperaturgradienten (SUBROUTINE HAUFDT)

Das Programm berechnet für eine bestimmte Tageszeit die absolute und relative Häufigkeit des Auftretens von Temperaturdifferenzen sowie deren Mittelwert bei 100 m Höhenunterschied über einen beliebigen Zeitraum. Temperaturdifferenzen, deren Absolutbetrag größer als zwei Grad ist, werden verworfen. Der Differenzenmittelwert erscheint in einem Diagramm, bei dem auf der X-Achse die 144 Zeitintervalle eines Tages und auf der Y-Achse die Temperaturdifferenzen aufgetragen sind.

- Windmeßwerte (SUBROUTINE WIDAT)

Dieses Programm stellt für einen gegebenen Zeitraum die Winddaten zusammen. Es liefert eine Tabelle mit den Windgeschwindigkeiten in 2, 20, 40, 60, 80, 100 und 130 m Höhe sowie den mittleren Windrichtungen in 40, 60, 80 und 100 m Höhe.

Es liefert ferner 6 Histogramme:

Nr. 1 - 4: Windrichtungshäufigkeit in 40, 60, 80, 100 m Höhe,

Nr. 5 : Windgeschwindigkeiten bei 60 und 100 m Höhe, abhängig von der Zeit,

Nr. 6 : mittlere Windrichtung in 60 und 100 m Höhe.

Tritt in der Tabelle ein Fehlwert auf, so wird dieser für die Histogramme interpoliert.

9. Jodfilterprogramm

9.1 Entwicklung von Spaltjodadsorbern auf anorganischer Basis

H. Schüttelkopf, J. Wilhelm

Für die Abscheidung von Spaltjod aus den Abgasen kerntechnischer Anlagen sind Adsorbermaterialien zu entwickeln, die ausreichend beständig sind gegen höhere Temperaturen, hohe Strahlungsdosen, mittlere bis hohe Luftfeuchten und Adsorbergifte wie z. B. Stickoxide. Abscheidegrade für Spaltjod, die bei den heutigen Anforderungen der Kerntechnik zwischen 90 und 99,9 % liegen, dürfen während angemessener Betriebszeiten nicht unterschritten werden. Für Spaltjodfilter an Wiederaufarbeitungsanlagen müssen daher Adsorbermaterialien mit relativ hoher Jodkapazität bereitgestellt werden. In Hinsicht auf die Endlagerung des verbrauchten Materialies ist eine möglichst feste Bindung des Spaltjodes an den Adsorber anzustreben, falls mit großen Mengen an ^{129}J in der Abluft zu rechnen ist.

Die Entwicklung von anorganischen Adsorbermaterialien auf der Basis von Katalysatorträgern führte im Jahre 1971 zum Abschluß eines Lizenzvertrages mit den Farbenfabriken Bayer/Leverkusen und gemeinsamer Patentanmeldung. Die experimentellen Arbeiten mit diesen Adsorbermaterialien betreffen vorwiegend die Untersuchung des Einflusses betriebstechnisch wichtiger Parameter auf die Jodabscheidung. Eine kurze Beschreibung der Materialien und eine Reihe von Versuchsergebnissen wurden bereits veröffentlicht (5).

Im Jahre 1971 wurden Untersuchungen zur Strahlungsbeständigkeit, Alterungsbeständigkeit und zur Abhängigkeit des Abscheidegrades von der Korngrößenfraktion und Beladung der anorganischen Adsorbermaterialien durchgeführt. In fast allen Versuchen wurde AgNO_3 -imprägnierter Katalysatorträger

des Typs B (KTB) eingesetzt, da dieses Material bei praktisch gleichem Abscheidungsverhalten wie der früher untersuchte KTC eine größere mechanische Festigkeit zeigt.

Der Reaktionsmechanismus zwischen der AgNO_3 -Imprägnierung und Methyljodid wurde untersucht; eine Versuchsstrecke, die mit der Originalabluft einer Wiederaufarbeitungsanlage beaufschlagt wird, und eine Apparatur für Adsorberuntersuchungen in Luft-Dampfgemischen sowie im Heiß- und Sattdampfereich unter Druck wurden aufgebaut.

9.1.1 Einfluß von γ -Strahlungsdosen auf die Abscheideleistung von KTB

In Plastikfolien eingeschweißte imprägnierte KTB-Proben wurden mit einer ^{60}Co -Quelle bestrahlt. Die maximale Dosis betrug bisher $8,6 \cdot 10^8$ rad. Es wird angenommen, daß eine Zersetzung des AgNO_3 zu Ag und Stickoxiden zu einer wesentlich verringerten Abscheideleistung des KTB führt. Die in der Tabelle 45 und 46 wiedergegebenen Abscheidegrade aus Versuchen mit vorbestrahltem KTB lassen keinen eindeutigen Einfluß der Strahlungsdosis auf den Abscheidegrad erkennen. Der in Tabelle 45 bei einer Bett-Tiefe von 2,5 und 5,0 cm vorhandene Trend zu etwas niedrigeren Abscheidegraden bei steigenden Strahlungsdosen wird durch die übrigen Daten nicht bestätigt. Durch das NO_2 - und H_2O -haltige Trägergas, dem der KTB bei den in Tabelle 46 angegebenen Versuchen ausgesetzt wurde, könnte eventuell eine Rückbildung des durch Bestrahlung erzeugten Ag bzw. Ag_2O zu AgNO_3 während der Vorströmzeit erfolgen und damit eine erhöhte Strahlungsbeständigkeit vorgetäuscht werden. In einer KTB-Probe, die einer Dosis von $8,6 \cdot 10^8$ rad ausgesetzt war, wurde deshalb der Anteil an auslaugbaren, H_2O -löslichen Ag-Salzen bestimmt. Es ergab sich der gleiche Wert wie für nicht bestrahlten KTB. Eine Probe auf Nitrit in der Waschlösung war negativ.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, daß eine wesentliche Beeinträchtigung der Abscheideleistung des KTB infolge von γ -Strahlungsdosen bis zum höchsten bisher erreichten Wert von $8,6 \cdot 10^8$ rad nicht auftrat.

Tab. 45: Abscheidegrade von KTB für ^{131}J (beaufschlagt als $\text{CH}_3^{131}\text{J}$)
in Abhängigkeit von der ^{60}Co -Strahlungsdosis. Trägergas: Feuchtluft

Adsorbiermaterial: KTB, Charge 42 (KTB₄₂)

Imprägnierung: AgNO_3 , 67 mg Ag/g nicht impräg. KT

Trägergas: Feuchtluft 30°C, 70 % r.F.

Vorströmzeit (nur Trägergas): ≥ 24 h

Beaufschlagung (Prüfmedium + Trägergas): 1 h

Nachströmzeit (nur Trägergas): ≥ 20 h

Prüfmedium: $1,5 \pm 0,5$ mg $\text{CH}_3^{127}\text{J/g}$ KTB₄₂, vermischt mit
 $\geq 9 \mu\text{Ci}$ $\text{CH}_3^{131}\text{J/g}$ KTB₄₂ (berechnet für 10 cm
 Bett-Tiefe)

Vorbestrahlung in rad	Abscheidegrade in %			
	Bett-Tiefe in cm			
	2,5	5,0	7,5	10,0
	Verweilzeit in s			
	0,1	0,2	0,3	0,4
0	88,1	99,15	99,94	99,9963
$1,05 \cdot 10^7$	87,5	99,23	99,84	99,950
$1,05 \cdot 10^7$ wdh.	87,8	99,08	99,67	-
$1,0 \cdot 10^8$	86,5	98,0	99,89	99,9926
$1,0 \cdot 10^8$ wdh.	84,1	99,0	99,93	99,978
$3,0 \cdot 10^8$	82,0	98,1	99,63	-

Tab. 46: Abscheidegrade von KTB für ^{131}J (beaufschlagt als $\text{CH}_3^{131}\text{J}$)
in Abhängigkeit von der ^{60}Co -Strahlungsdosis. Trägergas: Feucht-
luft + NO_2

Adsorbermaterial: KTB_{42} , siehe Tab. 45

Trägergas: Feuchtluft 150°C (Taupunkt 30°C) + 2,5 % NO_2

Versuchsdauer: siehe Tab. 45

Prüfmedium: $\geq 2 \mu\text{Ci CH}_3^{131}\text{J/g KTB}_{42}$, vermischt mit $\text{CH}_3^{127}\text{J}$

Vorbestrahlung in rad	$\text{CH}_3^{127}\text{J}$ Be- ladung in mg/g $\text{KTB}^{+)$	Abscheidegrade in %			
		Bett-Tiefe in cm			
		2,5	5,0	7,5	10,0
		Verweilzeit in s			
		0,1	0,2	0,3	0,4
$1,05 \cdot 10^7$	$1,5 \pm 0,5$	98,6	99,9963	99,99910	99,99948
$1,05 \cdot 10^7$ wdh.	"	98,5	99,9960	99,99979	99,99990
$1,0 \cdot 10^8$	"	99,75	99,9988	99,99942	99,99965
$1,0 \cdot 10^8$ wdh.	"	98,0	99,957	99,9983	99,99920
$3,0 \cdot 10^8$	"	95,4	99,945	99,9980	99,9989
$8,6 \cdot 10^8$	"	99,67	99,9931	99,9971	99,9981
$1,05 \cdot 10^7$	47 ± 5	32,7	61,2	82,6	96,1
$3,0 \cdot 10^8$	"	34,0	63,5	84,8	96,6
$8,6 \cdot 10^8$	"	30,7	58,3	81,5	94,8

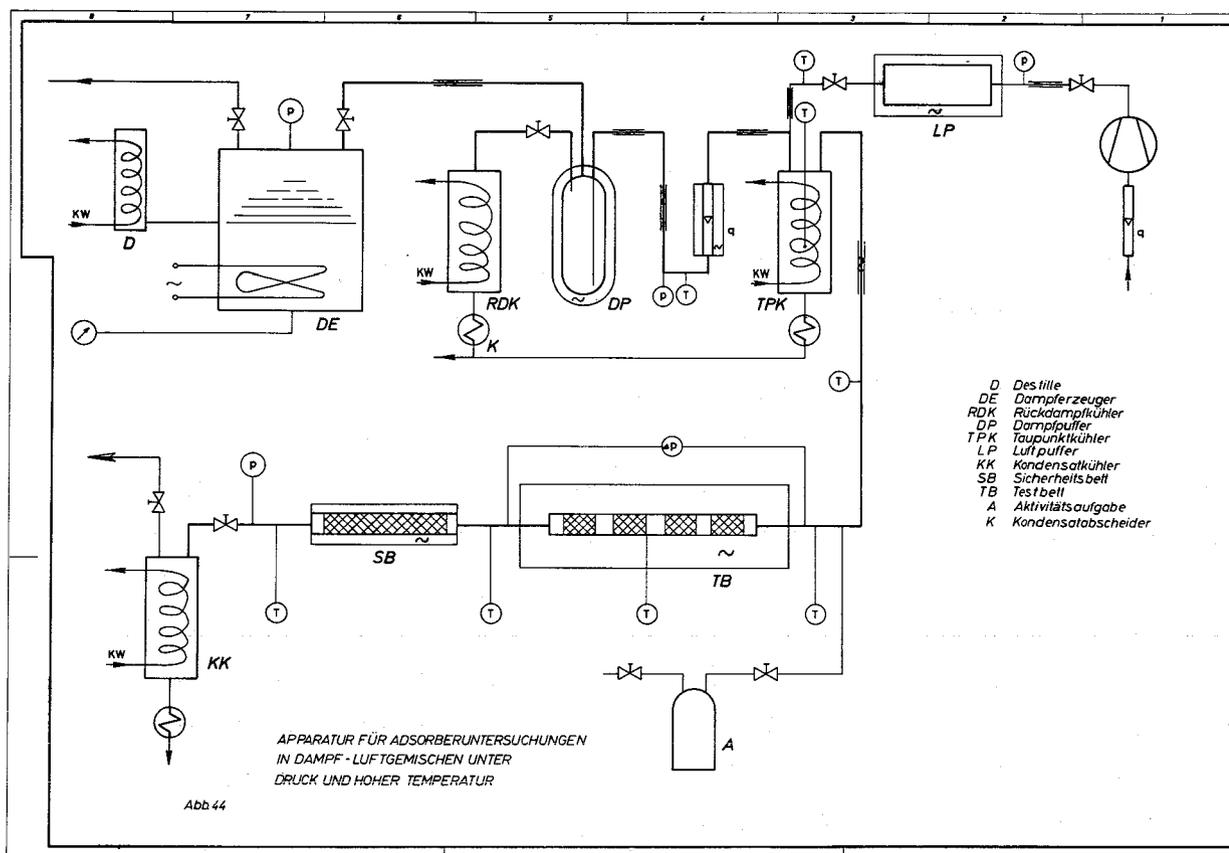
+) berechnet für 10 cm Bett-Tiefe

9.1.2 Alterungsuntersuchungen an KTB

Materialien wie KTB kommen vorwiegend für Störfall-Umluftfilter von Reaktoren und Abluftfilter von Wiederaufarbeitungsanlagen in Frage. Eine weitere Anwendung wäre in Reaktor-Abluftfiltern gegeben, die bei Störfällen mit hohen Aktivitäten beaufschlagt werden könnten.

Die Alterung von Materialien in Reaktor-Abluftfiltern kann relativ einfach durch Beaufschlagung mit Raumluft bzw. Umgebungsluft untersucht werden. Zur Kenntnis der Alterung in einem Störfall-Umluftfilter wird zumindestens eine Apparatur benötigt, in der Adsorbermaterialien unter simulierten Störfallbedingungen über längere Zeit mit Luft-Dampfgemischen beaufschlagt werden können. Da die ersten Abscheidungsuntersuchungen aus Heißdampf unter Normaldruck sehr gute Ergebnisse brachten (5), wurde eine aufwendigere Apparatur konstruiert, in der neben den üblichen Prüfungen Alterungsversuche mit Adsorbermaterialien in dem für Unfallbedingungen interessierenden Temperaturbereich mit Dampf und Luft-Dampfgemischen bei Drücken bis zu 5 ata durchgeführt werden können (Abb. 44). Die Apparatur ist zu 90 % aufgebaut und wird Anfang 1972 in Betrieb genommen.

Untersuchungen zur Alterung von Adsorbermaterialien in den Abgasfiltern einer Wiederaufarbeitungsanlage können zweckmäßig nur in den Originalabgasen solcher Anlagen vorgenommen werden, da weder die Zusammensetzung der Abgase in Hinsicht auf NO_x und andere Adsorbergifte genügend bekannt ist, noch eine ausreichend genaue Voraussage für die benötigte Aufnahmekapazität der Abluftfilter in Hinsicht auf Spaltjod, dessen Hauptmenge als ^{129}J und ^{127}J anfällt, möglich ist. Es wurde eine durch ein Luftbad heizbare Prüfstrecke aufgebaut, in der die Dissolver- und Behälterabgase einer Wiederaufarbeitungsanlage über das Adsorbermaterial geleitet



werden können. Zur Verfügung stehen z. Z. 2 • 4 Teststrecken. Der Durchfluß kann in weiten Grenzen variiert werden, ebenso die Temperatur. Der zusätzliche Einbau von registrierenden Meßgeräten für NO und NO₂ ist vorgesehen. Die Untersuchungen sind angelaufen.

Werte für die Alterung von AgNO₃-imprägnierten KT-Materialien liegen bisher nur für Proben vor, die mit Anlagenraumluft beaufschlagt wurden. Die Ergebnisse zeigen keinen einheitlichen Trend. Insgesamt scheint der Alterungsvorgang trotz einer deutlich sichtbaren Verfärbung des Materiales

relativ geringfügig zu sein. Bei einer Beaufschlagung bis zu $1,45 \cdot 10^7$ Luftwechseln (entsprechend 67 Betriebstagen bei einer linearen Luftgeschwindigkeit von 25 cm/s und einer Bett-Tiefe von 10 cm) war bisher keine wesentliche Alterung festzustellen. Die Versuche werden fortgesetzt und zu gegebener Zeit in zusammengefaßter Form dargestellt werden.

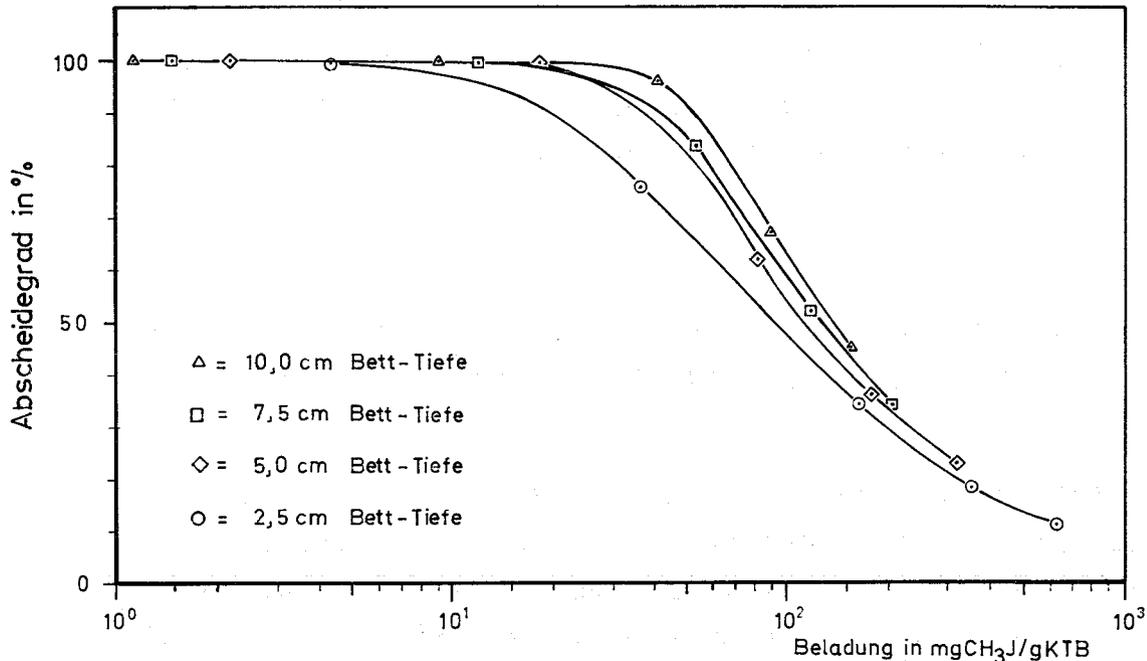
9.1.3 Abscheidegrade von KTB bei hoher Jod- und CH_3J -Beladung für eine Filterbett-Temperatur von 150°C

Frühere Untersuchungen zeigten, daß mit steigender Filterbett-Temperatur zunehmend bessere Abscheidegrade erreicht werden. Außerdem wurde selbst bei einer Filterbett-Temperatur von 300°C keine Desorption von bereits abgedehntem Jod festgestellt. Die Temperatur des Trägergases und des Filterbettes sollte jedoch aus technischen Gründen (Materialprobleme bei Dichtungen, Aufwand für Heizung Vor- und Rückkühlung nach dem Filter) nicht zu hoch eingestellt werden. Unter Berücksichtigung dieser Gesichtspunkte und aufgrund der vorhergehenden Versuche wurden als Arbeitstemperatur 150°C für ein zukünftiges Abluftfilter an einer Wiederaufarbeitungsanlage ausgewählt. Die folgenden Beladungsversuche mit KTB wurden daher bei 150°C Filterbett-Temperatur durchgeführt. Der Taupunkt der anströmenden Feuchtluft betrug 30°C entsprechend dem Taupunkt in der Abluft eines Wäschers, der z. B. dem Dissolver nachgeschaltet sein kann. Der Feuchtluft wurden 2,5 % NO_2 zugemischt. Die Ergebnisse dieser Versuche, die mit steigender Beaufschlagung bis praktisch zur Erschöpfung der Jodkapazität der Testbetten durchgeführt wurden, sind in den Abbildungen 45 und 46 und in der Tabelle 47 wiedergegeben. Angegeben sind die über die gesamte Beladungszeit gemittelten Abscheidegrade. Bei diesen Versuchen wurden jeweils frische KTB-Betten beladen.

Adsorber: KTB, imprägniert mit 77,0 mgAg/gKTB,

je 2,5 cm Bett-Tiefe entsprechen 8,4 g imprägnierter KTB.

Trägergas: Feuchtluft (Taupunkt 30°C) 150°C; 2,5% NO₂, v_{Luft(lin.)} = 25 cm/s



Adsorber: KTB, imprägniert mit 63 mgAg/gKTB,
je 2,5 cm Bett-Tiefe entsprechen 8,15g im-
prägnierter KTB.

Trägergas: Feuchtluft (Taupunkt 30°C) 150°C;
2,5% NO₂; $v_{\text{Luft(lin.)}} = 25 \text{ cm/s}$

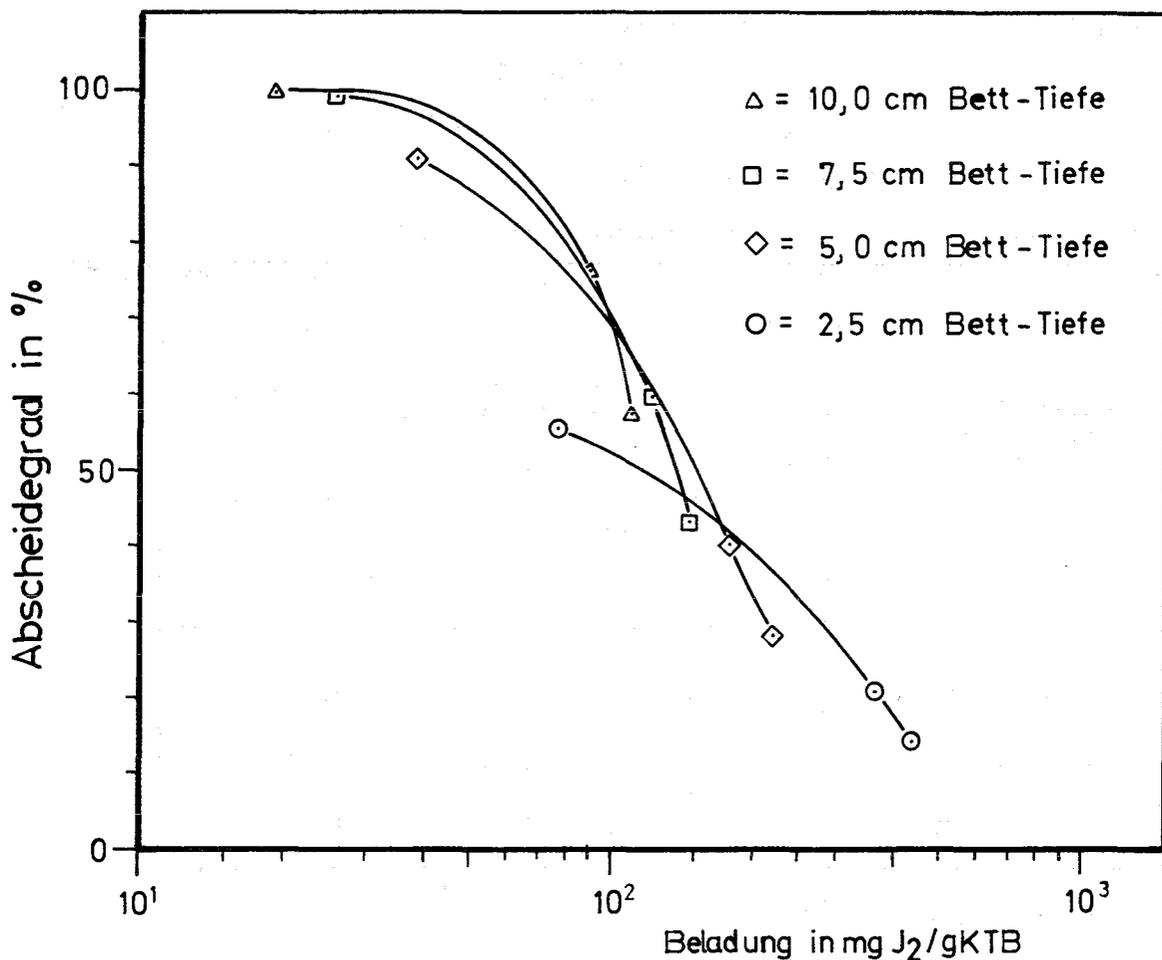


Abb. 46: Abscheidegrad von KTB für ¹³¹J (beaufschlagt als J₂) als Funktion der spezifischen Beladung.

Tab. 47: Abscheidegrade von KTB für ^{131}J in NO_2 -haltiger Feuchtluft in Abhängigkeit von der spezifischen Beladung; Filterbett-Temperatur: 150°C

Adsorbermaterial: KTB₄₃ ; KTB₃₆ ; Imprägnierung: Ag NO_3 ;

J_2 -Versuche: 63 mg Ag/g nicht impräg. KT;

CH_3J -Versuche: 76 mg Ag/g nicht impräg. KT

Trägergas: Feuchtluft 150°C (Taupunkt 30°C) + 2,5 % NO_2

Vorströmzeit (nur Trägergas): ≥ 24 h

Beaufschlagung (Prüfmedium + Trägergas):

J_2 -Versuche: Die Hauptmenge J_2 wurde in ca. 2 h eingeleitet;

CH_3J -Versuche: Einleitungszeit 1 - 2 h

Nachströmzeit: ca. 20 h

Prüfmedium: J_2 -Versuche: Mischung von $\geq 6 \mu\text{Ci } ^{131}\text{J}$ und $^{127}\text{J}_2$;

CH_3J -Versuche: Mischung von $\geq 20 \mu\text{Ci } \text{CH}_3^{131}\text{J}$ und $\text{CH}_3^{127}\text{J}$

Spezifische Trägerbeladung (berechnet auf 10 cm Bett-Tiefe)	Abscheidegrade in %			
	Bett-Tiefe in cm			
	2,5	5,0	7,5	10,0
	Verweilzeit in s			
	0,1	0,2	0,3	0,4
20 mg J_2 /g KTB	55,9	91,0	99,83	99,956
91 mg J_2 /g KTB	20,9	40,5	59,1	76,0
111 mg J_2 /g KTB	14,3	28,8	43,4	57,5
1,1 mg CH_3J /g KTB	99,72	99,9957	99,9976	99,9985
9,2 mg CH_3J /g KTB	75,7	99,46	99,9923	99,9968
41 mg CH_3J /g KTB	34,2	63,0	84,0	96,0
89 mg CH_3J /g KTB	18,4	35,9	52,5	67,6
156 mg CH_3J /g KTB	11,6	23,0	34,4	45,9

Tab. 48: Abscheidegrade von vorbeladenem KTB gegenüber ^{131}J
(beaufschlagt in Form von $\text{CH}_3^{127}\text{J}$)

Adsorbiermaterial: KTB_{47} ; Imprägnierung: 69 mg Ag/g nicht imprägn. KT

Trägergas, Vor- und Nachströmzeit: wie in Tab. 47

Beaufschlagung (Prüfmedium + Trägergas): 1 h

Prüfmedium: $\geq 2,4 \mu\text{Ci CH}_3^{131}\text{J/g KTB}_{47}$, vermischt mit ca. 1,5 mg
 $\text{CH}_3^{127}\text{J/g KTB}_{47}$ entsprechend einer Gesamtbeaufschlagung
mit ca. 50 mg CH_3J

Umsatz an AgNO_3 während Vorbe- ladung in %	Restsilber ^{+))} in mg/g KTB	Abscheidegrade in %			
		Bett-Tiefe in cm			
		2,5	5,0	7,5	10,0
		Verweilzeit in s			
		0,1	0,2	0,3	0,4
0	62	98,3	99,9949	99,9977	99,9983
58,0	26	82,8	97,8	99,73	99,966
73,9	16	75,1	95,1	99,05	99,88
94,2	3,6	69,5	93,0	98,6	99,71
94,2	3,6 ⁺⁺⁾	25,9	46,3	60,6	72,4

^{+))} als AgNO_3 vorliegend;

⁺⁺⁾ beaufschlagt mit 48 mg $\text{CH}_3\text{J/g KTB}_{47}$ entsprechend einer Gesamt-
beaufschlagung mit 1700 mg CH_3J .

Prüfbedingungen:

Feuchtluft (Taupunkt 30°C), 150°C, 2,5% NO₂

Bett - Tiefe: 2,5 cm (8,2 gKTB₄₇)

Verweilzeit: 0,1 s

CH₃J - Beaufschlagung: ○ ca 50 mg

△ ca 1700 mg

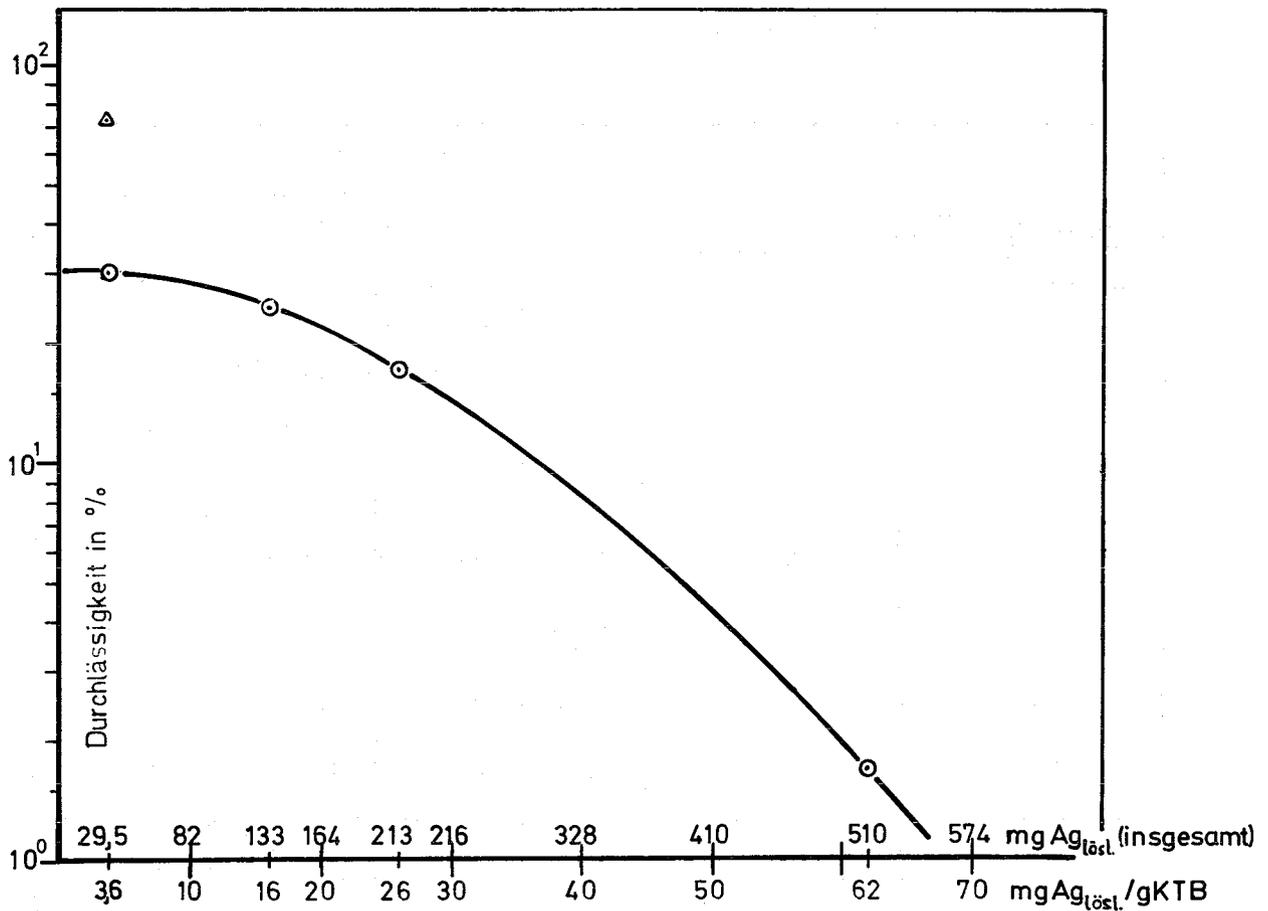


Abb. 47: Durchlässigkeit für ¹³¹I (beaufschlagt als CH₃J) von vorbeladenen KTB gegen Restgehalt von löslichem Ag.

In Abbildung 47 ist die ^{131}J -Durchlässigkeit der in Anströmrichtung ersten KTB-Testbetten aus den in Tabelle 48 wiedergegebenen Versuchen gegen die Menge an Restsilber aufgetragen, die nach der Vorbeladung noch als AgNO_3 vorlag ($\text{Ag}_{\text{lös}}$). Eine Kurvenextrapolation zeigt, daß auch nach der vollständigen Umsetzung von AgNO_3 zu Ag^{127}J die Durchlässigkeit des KTB-Bettes nur 31 % (bei nachfolgender Beaufschlagung mit ca. 50 mg radioaktiv markiertem Methyljodid) erreicht. Das entspricht einer Abscheidung von 69 % der beaufschlagten ^{131}J -Aktivität. Außerdem sei darauf hingewiesen, daß der in Abbildung 47 angegebene Restsilbergehalt von 3,6 mg $\text{Ag}_{\text{lös}}$ /g KTB während der Vorbeladung trotz Überschuß an $\text{CH}_3^{127}\text{J}$ und längerer Einwirkungszeit nicht mehr zu Ag^{127}J umgesetzt werden konnte. Ein weiterer Versuch, der mit einer sehr hohen Beaufschlagung (1 700 mg) an ^{131}J -markiertem Methyljodid und der gleichen, erschöpfend vorbeladenen KTB-Charge durchgeführt wurde, ergab einen Abscheidegrad von 25,9 % für das erste Testbett. Für eine chemische Reaktion dieser Menge CH_3J mit der AgNO_3 -Imprägnierung zu AgJ würde bei stöchiometrischem Umsatz die 11fache Menge des tatsächlich im KTB noch vorhandenen $\text{Ag}_{\text{lös}}$ benötigt werden.

Weitere Untersuchungen zum Isotopenaustausch an Ag^{127}J -beladenem KTB ergaben, daß die Reaktion bei niedrigeren Temperaturen zu langsam verläuft, um zu einem brauchbaren Abscheidegrad zu führen. So wurden z. B. durch KTB, der zu 94,2 % vorbeladen war, bei 30°C nur 7 % und bei 60°C 15 % des beaufschlagten ^{131}J abgeschieden gegenüber einem Abscheidegrad des frischen KTB-Testbettes von 88 % bei 30°C und sonst gleichen Bedingungen.

Da über den Isotopenaustausch bei höheren Temperaturen und anschließenden radioaktiven Zerfall des abgeschiedenen ^{131}J im Adsorberbett ein Mechanismus zur ^{131}J -Rückhaltung gegeben sein könnte, bei dem das zur Imprägnierung eingesetzte Silber praktisch nicht verbraucht wird, ist eine Fortsetzung der Versuche geplant.

9.1.4 Einfluß der KTB-Korngröße auf den Abscheidegrad

Aufgrund früherer Versuche wurde die Korngröße des Katalysatorträgers für den Einsatz in Filter-Testbetten auf 1 - 2 mm Durchmesser festgelegt, da für diese Größe noch geeignete Lochbleche zur Halterung des Schüttgutes hergestellt werden können. Bei den Laborversuchen zeigten sich in den Abscheidegraden von einzelnen, aufeinanderfolgenden Betten Schwankungen, die nur über eine Inhomogenität des Adsorbiermaterials erklärt werden konnten. Die Katalysatorträger-Körner sind annähernd kugelförmig. Bei der Herstellung der Testbetten ist es nur in beschränktem Maße möglich, Entmischungen der verschiedenen Korngrößen zu vermeiden. Um den Einfluß der Korngrößenfraktionen im Bereich zwischen 1 und 2 mm festzustellen, wurde eine in einem Ansatz imprägnierte Charge des KTB in Siebfraktionen aufgeteilt und der Ag-Gehalt und Abscheidegrad der Siebfraktionen bestimmt. Die Versuchsergebnisse sind in der Tabelle 49 und der Abbildung 48 wiedergegeben.

Der Anstieg des Abscheidegrades bzw. die Verringerung der Durchlässigkeit mit kleineren Korngrößen ist in beiden Versuchsreihen deutlich zu erkennen. Bei den Versuchen in Luft-NO₂-Gemisch treten bei sehr hohem Abscheidegrad (> 99,99 %) Abweichungen von der sonst beobachteten Tendenz auf, die wahrscheinlich auf eine geringfügige Verunreinigung mit einer schwer abscheidbaren Komponente im Prüfmedium zurückzuführen ist.

Tab. 49: Abscheidegrade von verschiedenen KTB-Korngrößenfraktionen gegenüber ^{131}J (beaufschlagt als $\text{CH}_3^{131}\text{J}$)

Adsorbiermaterial: KTB_{39}

Trägergas a): Feuchtluft, 30°C , 70 % r.F.

b): Feuchtluft, 150°C (Taupunkt 30°C) + 2,5 % NO_2

Vorströmzeit (nur Trägergas): 24 h

Beaufschlagung (Prüfmedium + Trägergas): 1 h

Nachströmzeit: 19 - 21 h

Prüfmedium a): ca. 0,5 mg $\text{CH}_3^{127}\text{J/g KTB}_{39}$, vermischt mit $\geq 4 \mu\text{Ci CH}_3^{131}\text{J/g KTB}_{39}$

b): ca. 1,5 mg $\text{CH}_3^{127}\text{J/g KTB}_{39}$, vermischt mit $\geq 8 \mu\text{Ci CH}_3^{131}\text{J/g KTB}_{39}$

(Beladungen berechnet auf 10 cm Bett-Tiefe)

Korngrößenfraktion in mm	Imprägnierung in mg Ag/g KT +)	Abscheidegrade in %			
		Bett-Tiefe in cm			
		2,5	5,0	7,5	10,0
		Verweilzeit in s			
		0,1	0,2	0,3	0,4
a)					
>1,0 - 1,25	64	93,7	99,67	99,983	99,9972
>1,25 - 1,6	63	85,4	96,5	99,68	99,93
>1,6 - 2,0	60	76,9	95,1	99,0	99,72
b)					
>1,0 - 1,25	64	97,8	99,986	99,9970	99,9985
>1,25 - 1,6	63	94,9	99,952	99,9978	99,99919
>1,6 - 2,0	60	95,3	99,43	99,985	99,9971

+) bezogen auf das Gewicht des KT vor der Imprägnierung

Adsorber: KTB/39

Beladung: ca. $1,5 \text{ mgCH}_3\text{J/gKTB}$
(berechnet für 10 cm Bett-Tiefe)

Trägergas: Feuchtluft (Taup. 30°C)
 150°C ; 2,5% NO_2

○ = 2,5 cm Bett - Tiefe

◇ = 5,0 cm Bett - Tiefe

□ = 7,5 cm Bett - Tiefe

△ = 10,0 cm Bett - Tiefe

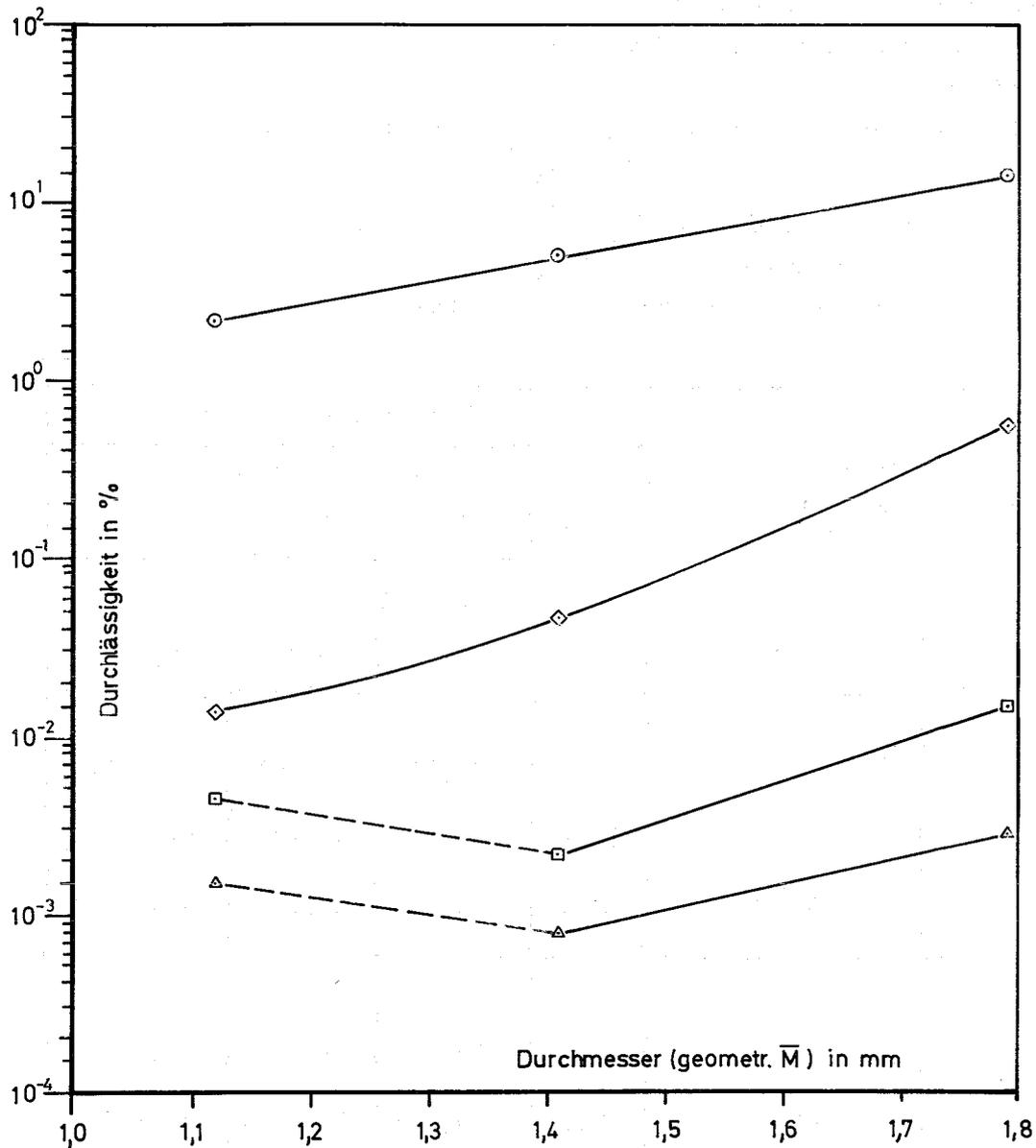
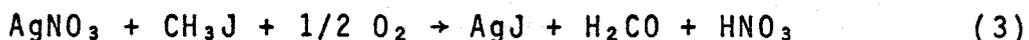
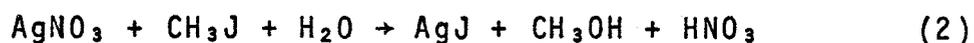


Abb. 48: Durchlässigkeit von verschiedenen KTB Korngrößenfraktionen gegen ^{131}J (beaufschlagt als CH_3J).

9.1.5 Reaktion von CH_3J an AgNO_3 -imprägniertem
Katalysatorträger

Als mögliche Reaktionsmechanismen wurden betrachtet:

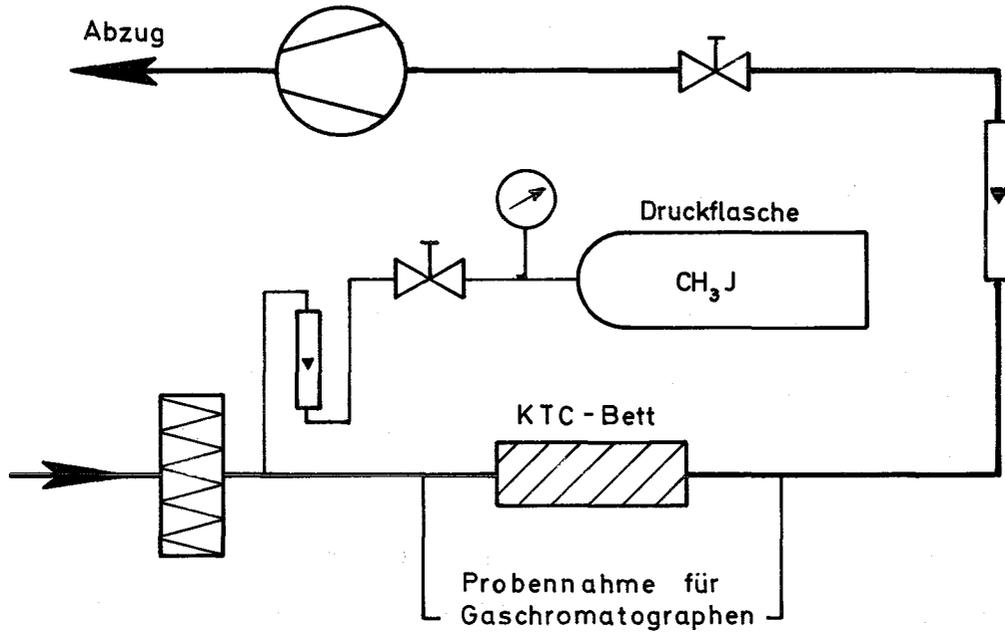


Dabei blieben eventuell auftretende Folgereaktionen unberücksichtigt, da die Versuchsbedingungen einen schnellen Transport der flüchtigen Reaktionsprodukte zur Probenahme sicherten. Die Identifizierung des organischen Reaktionsproduktes erfolgte mit einem Gaschromatographen und mit einem Flammenionisationsdetektor. Die gaschromatographischen Messungen wurden mit der in Abbildung 49 dargestellten Apparatur durchgeführt. Zur optimalen Trennung von CH_3J und zwei Reaktionsprodukten wurden benutzt:

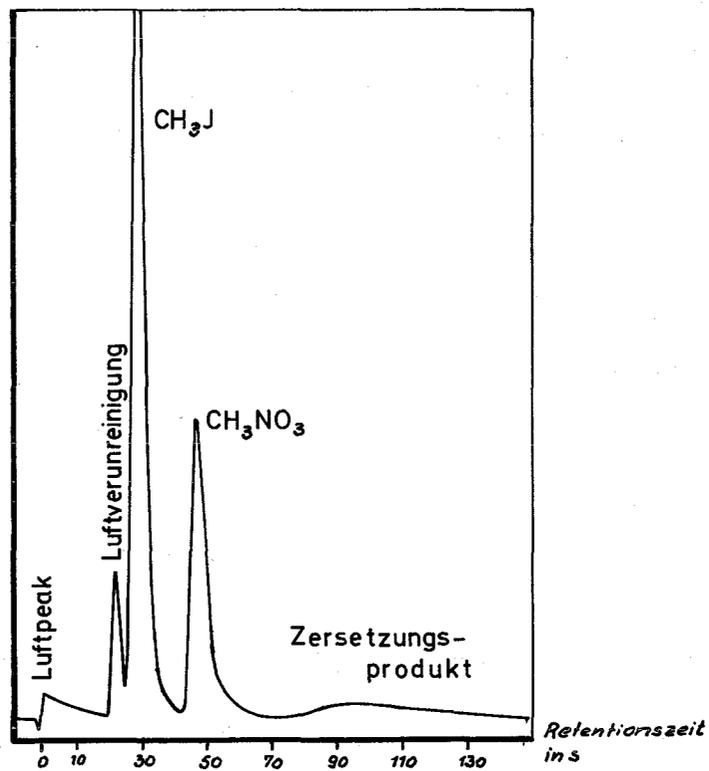
Trennsäule : 5'; 1/8" Edelstahl
Trennflüssigkeit : 3 % Carbowax 1540
Trägermaterial : AW/DMCS Chromosorb
Trägergas : 15 ml N_2 reinst/min
Säulentemperatur : 50° C
FID : 30 ml H_2 /min und 300 ml synth. Luft/min.

Das erhaltene Chromatogramm ist in Abbildung 49 dargestellt.

Zur Identifikation des Hauptreaktionsproduktes wurden Untersuchungen unter den in Tabelle 50 angegebenen Bedingungen durchgeführt.



Apparatur zur Messung der Reaktionsprodukte von
CH₃J mit KTC



Chromatogramm der Reaktionsprodukte

Abb. 49:

Substanz	Retentionszeiten in s			
	3 % Carbowax 1540			3 % Diiso-Decyl-Phthalat 50° C
	30° C	50° C	70° C	
Produkt I	76	49	34	157
Produkt II	-	153	83; 108; ..	-
CH ₃ J	34	29	23	95
CH ₃ OH	-	103	-	230
CH ₃ ONO	32	30	23	40
CH ₃ ONO ₂	76	49	34	151
CH ₂ O	-	29	25	-

Tab. 50: Retentionszeiten verschiedener Verbindungen mit je einem C-Atom bei unterschiedlichen Bedingungen

Die Übereinstimmung der Retentionszeiten bei 4 verschiedenen Bedingungen zwischen dem Reaktionsprodukt I und CH₃NO₃ und die sichere Ausscheidung anderer möglicher Verbindungen werden als ausreichende Identifikation betrachtet.

Extrem breite Peakform, wechselnde Werte der Retentionszeit und Abhängigkeit der Peakfläche von der Injektortemperatur wurden bei Reaktionsprodukt II beobachtet. Da CH₃NO₃ eine explosive Substanz ist und sich bei 65° C zersetzt, ist anzunehmen, daß das Reaktionsprodukt II ein Zersetzungsprodukt von CH₃NO₃ ist.

Die Messung sich eventuell bildender HNO₃ (gemäß Gl. (2) und (3)) erfolgte nach quantitativer Reaktion von KTC mit CH₃J in einem geschlossenen Kolben. Durch ein Septum wurde eine gemessene Menge H₂O in den Kolben gebracht und der pH-Wert der Lösung gemessen. Die Lösung hatte den pH-Wert 2 und enthielt damit um den Faktor 15 zu wenig H⁺-Ionen für

eine quantitative Reaktion nach Gl. (2) oder (3). Es ist daher anzunehmen, daß entweder CH_3NO_3 nur in geringem Ausmaß mit dem H_2O reagiert oder sich einige Prozente des CH_3J nach Gl. (2) oder (3) umsetzen. Die Hauptreaktion wird dargestellt durch die Gleichung:



9.2 Untersuchungen an imprägnierten Aktivkohlen und Filtern zur Spaltjodabscheidung

H.-G. Dillmann, K. Gerlach, J. Wilhelm

9.2.1 Versuche mit imprägnierten Aktivkohlen

Verschiedene Aktivkohle-Versuchschargen wurden auf Wunsch der Filterhersteller auf ihren Abscheidegrad gegenüber $\text{CH}_3^{131}\text{J}$ untersucht. Die Versuchschargen zeigten durchweg geringere Abscheideleistungen als solche, die bereits in Jodfiltern zum Einsatz kommen. Auf eine Wiedergabe einzelner Ergebnisse wird deshalb an dieser Stelle verzichtet.

Jodfilteranlagen an Reaktoren werden in steigendem Maße mit Feuchtigkeitsabscheidern und Vorerhitzern zur Begrenzung der maximalen relativen Luftfeuchte auf einen Wert unterhalb von 100 % r.F. ausgerüstet. Für die optimale Auslegung derartiger Anlagen ist die Kenntnis der im Bereich mittlerer Luftfeuchten erreichbaren Abscheidegrade in Abhängigkeit von der relativen Luftfeuchte von entscheidender Bedeutung. Für zwei der z. Z. am häufigsten in Jodfilteranlagen eingesetzten Aktivkohletypen wurde die Abhängigkeit des Abscheidegrades für $\text{CH}_3^{131}\text{J}$ von der relativen Luftfeuchte im Bereich von 40 - 95 % r.F. bestimmt. Die Ergebnisse sind in den Abbildungen 50 und 51 wiedergegeben.

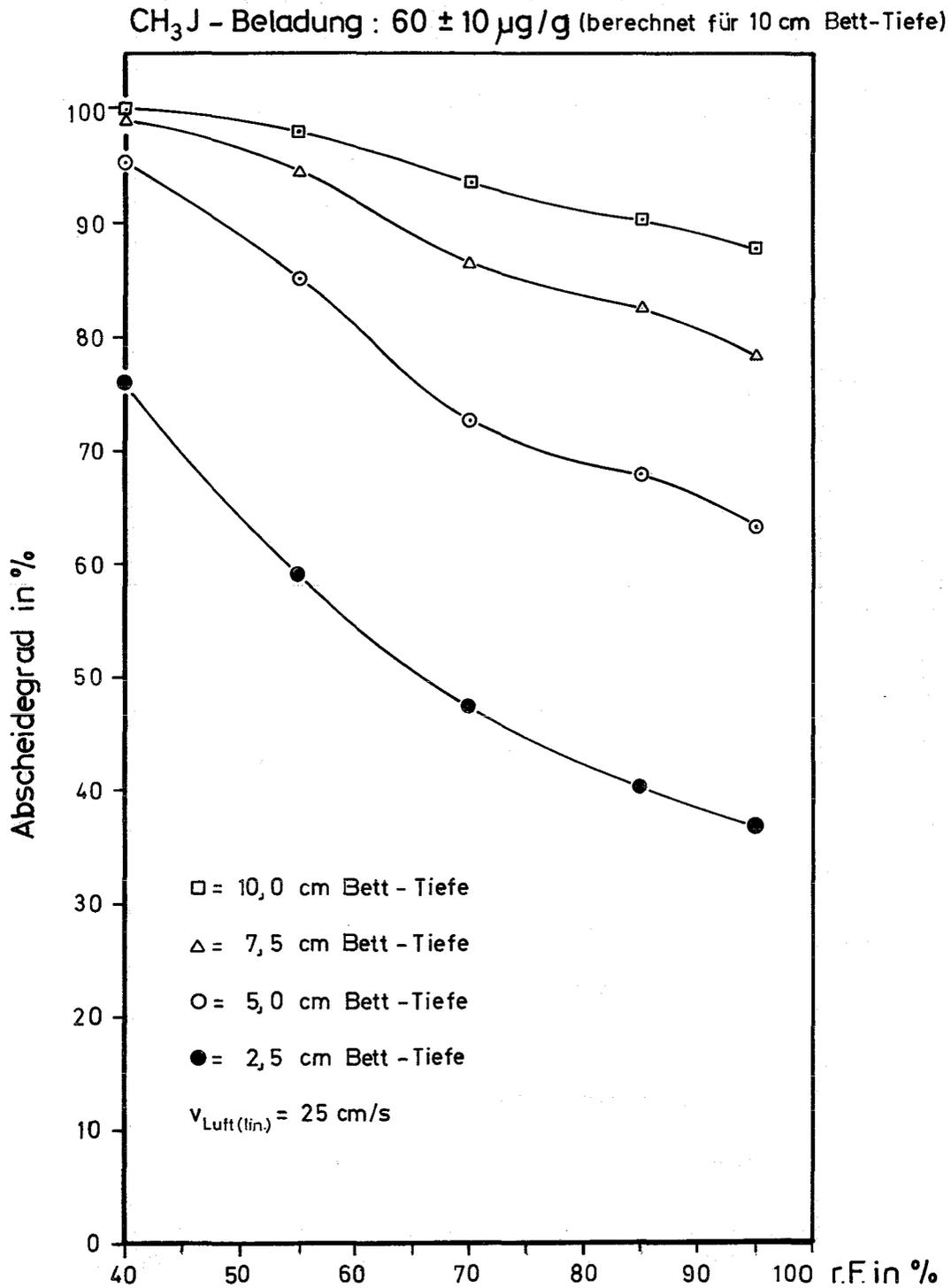


Abb. 50 : Abscheidegrad von CG II / 15 für ¹³¹J (als CH₃J) gegen relative Luftfeuchte.

CH₃J - Beladung : $70 \pm 20 \mu\text{g/g}$ (berechnet für 10 cm Bett-Tiefe)

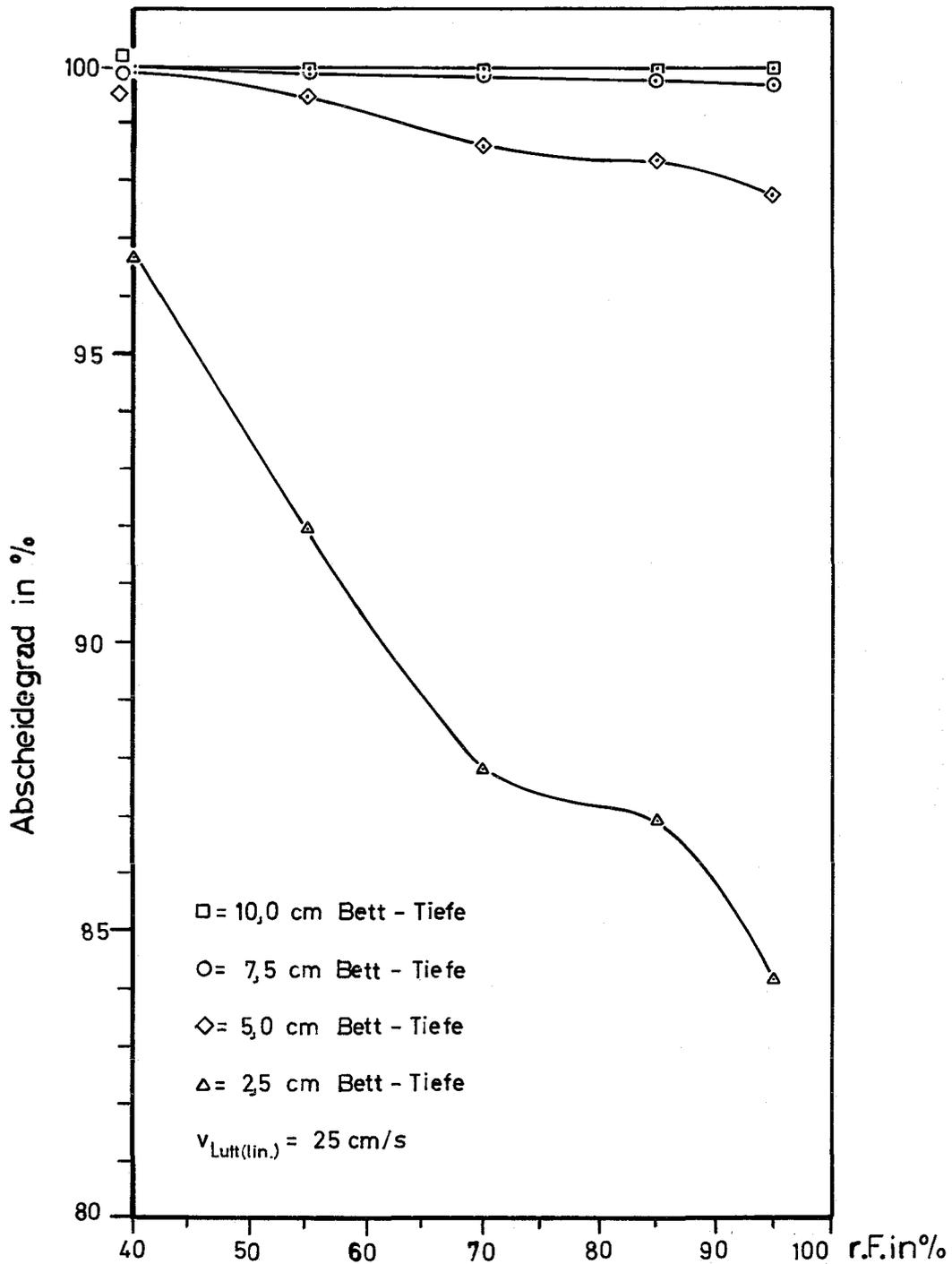


Abb. 51: Abscheidegrad von HSA1565/10 für ¹³¹J (als CH₃J) gegen relative Luftfeuchte.

Die Aktivkohle Norit CG II besteht aus Stäbchen mit einem Durchmesser von 2 mm. Der Druckabfall über ein 10 cm tiefes Bett betrug bei einer linearen Luftgeschwindigkeit von 25 cm/s, Raumtemperatur und Atmosphärendruck 21 ± 2 mm WS. Die Korngröße der als Bruchkohle vorliegenden HSA 1565 ist mit 8 - 14 mesh (nach Tyler) angegeben. Der Druckabfall betrug unter den oben angegebenen Bedingungen 31 ± 3 mm WS und lag damit höher als bei einer früher untersuchten Charge der gleichen Kohle (J. Wilhelm, Adsorbermaterialien zur Abscheidung von Spaltjod aus den Abgasen kerntechnischer Installationen, Reaktortagung Berlin 1970, Tagungsbericht S. 339-342).

Die Vor- und Nachströmzeit war bei allen Versuchen ≥ 20 h, die Einleitzeit betrug 1 h. Testbett- und Trägergastemperatur waren entsprechend den Standardbedingungen auf 30° C eingestellt. Entsprechende Untersuchungen für weitere, vielfach benutzte imprägnierte Aktivkohlen sind im Gange.

Weiter wurden Laboruntersuchungen an Aktivkohlechargen für Jodfilteranlagen bestimmter Reaktorstationen durchgeführt. Über die Ergebnisse wird im nächsten Kapitel berichtet.

9.2.2 Vor-Ort-Jodfilterprüfungen

Nach Auflage der Aufsichtsbehörden sind vor Inbetriebnahme neuerstellter Kernkraftwerke die Abscheidegrade der Jodfiltersysteme nachzuweisen. Zusätzlich werden auf Anforderung der schon produzierenden Kernkraftwerke die in ihren Betriebsgenehmigungen geforderten Wiederholungsprüfungen durchgeführt. Die Vor-Ort-Prüfung einer Jodfilteranlage soll eine Aussage über die Leckdichtigkeit der Jodfilter und den Zustand des Adsorbermaterials gestatten.

Das Prüfmedium (radioaktiv markiertes Methyljodid, in besonderen Fällen radioaktiv markiertes elementares Jod) sollte bei mechanisch leckdichten Filtern und einwandfreier

Aktivkohle praktisch vollständig im Adsorberteil der zu prüfenden Jodfilteranlage abgeschieden werden. Durchbrechendes Prüfmedium zeigt ein mechanisches Leck oder ungeeignete bzw. verbrauchte Aktivkohle an.

Durch einen Vorversuch vor Ort mit einer geringen Prüfaktivität (ca. 1 mCi) wird jeweils vor Aufgabe der Aktivität für die Hauptprüfung (ca. 100 mCi) mit Sicherheit nachgewiesen, daß kein größeres Leck in der Filteranlage vorhanden ist, welches zur Abgabe unzulässiger Jod-Aktivitäten während der Hauptprüfung führen könnte.

In der Tabelle 51 sind die Ergebnisse der Vor-Ort-Prüfungen und der begleitenden Laboruntersuchungen unter simulierten Störfallbedingungen wiedergegeben. Im Jahre 1971 wurden insgesamt 10 Jodfilteranlagen in den Reaktorstationen Mühleberg (Schweiz), Geesthacht, NS "Otto Hahn", Stade, Würgassen und Niederaichbach geprüft und im Labor die dazu notwendigen Adsorberuntersuchungen vorgenommen. Alle angegebenen Prüfungen wurden bis auf eine Ausnahme (Nr. 4) an neu erstellten Jodfilteranlagen durchgeführt.

Tab. 51: Ergebnisse der vor Ort-Prüfungen und begleitenden Laboruntersuchungen der Aktivkohle unter simulierten Störfallbedingungen

Nr.	Filtertyp	Vor Ort-Prüfungen							Laboruntersuchungen			
		Kohlevolumen [l]	Volumenstrom [m ³ /h]	Verweilzeit [s]	Art des Prüfmediums	r. F. [%]	Temp. [°C]	Abscheidegrad [%]	Prüfmedium	r. F. [%]	Temp. [°C]	Abscheidegrad [%]
1	Kessel-filter	400	1000	1	CH ₃ J	<35	30-35	99,99997	CH ₃ J	100	65	99,97
2	"	400	1000	1	"	<35	30-35	99,99995	"	100	65	99,97
3	Kessel-ringfilter	150	600	0,9	"	78	26	99,99997	"	100	65	99,97
4	22 Filterzellen a)	1160	10500	0,4	"	60	24	98,6 c)	"	100	31,2	99,86
5	Kessel-filter	1025	3000	1	"	50	26	99,9996	"	100	31,2	99,86
6	"	400	500	2	"	60	26	99,982	"	100	31,2	99,86
7	"	400	500	2	"	60	26	99,9992	"	100	31,2	99,86
8	22 Filterzellen a)	1160	10500	0,4	"	35	25	99,9988	"	100	31,2	99,86
9	Kessel-ringfilter	1100	10000	0,4	"	48	22	98,4	"	70	36	97,2
10	"	1100	10000	0,4	J ₂	28	24	99,93	{ 10% CH ₃ J 90% J ₂	70	36	99,73
11	6 Filterzellen b)	330	2000	0,6	CH ₃ J	30	14	98,5 d)	"	70	36	99,73
12	"	330	2000	0,6	"	40	15	99,967	"	70	36	99,73
13	"	330	2000	0,6	"	40	15	99,960	"	70	36	99,73

a) Angeordnet in 2 aufeinanderfolgenden Filterbänken.

b) Angeordnet in 1 Filterbank.

c) Wiederholungsprüfung nach 9,5 monatigem Dauerbetrieb vor Filterwechsel (Kohle verbraucht; Abscheidegrad bei neuen Filtern: 99,994 %)

d) Größeres mechan. Leck.

Ein Vergleich der Abscheidegrade, die bei den Vor-Ort-Prüfungen der Jodfilter (unter normalen, relativ einfach zu beherrschenden Betriebsbedingungen) und den Laborprüfungen der Aktivkohle (unter simulierten, erhöhte Anforderungen stellenden Störfallbedingungen) gemessen wurden, zeigt, daß die Vor-Ort-Prüfungen meistens nur als Leckprüfung gewertet werden können und keine Beurteilung der Leistung der Aktivkohle unter Störfallbedingungen erlauben. Nur ein sehr starkes Nachlassen der Abscheidungsleistung des Adsorbiermaterials kann bei der Vor-Ort-Prüfung unmittelbar erkannt werden (siehe Nr. 4 und Anmerkung c). Aus diesem Grunde müssen Vor-Ort-Prüfungen jeweils durch die Untersuchung der Aktivkohle (aus der Originalcharge) im Labor ergänzt werden. Bei Vor-Ort-Wiederholungsprüfungen muß zusätzlich Aktivkohle für die Laboruntersuchung aus den Originalfiltern (meistens nicht möglich) oder den Bypass-Strecken (Kontrollfilter) entnommen werden, da die Kohleproben der gleichen Alterung und Vergiftung ausgesetzt sein müssen wie der Adsorbieranteil des Jodfilters.

9.3 Jodfilterprüfstand

H.-G. Dillmann, J. Wilhelm

Man unterscheidet Filter für die Abluft, die über den Schornstein abgegeben wird und Umluftfilter, die im Normalbetrieb zur Reinigung der Luft in Räumen oder Raumgruppen des Sicherheitsbehälters eingesetzt werden. Einen besonderen Aufbau erfordern Umluftfilter, welche auch nach schweren Störfällen zur schnellen Abscheidung von Jod und radioaktiven Aerosolen im Sicherheitsbehälter benutzt werden können, da dann mit hoher thermischer und mechanischer Belastung sowie sehr hohem Strahlungspegel gerechnet werden muß. Spezielle Anforderungen in Hinsicht auf die Beaufschlagung mit

großen Dampf- und Kondensatmengen werden an die Filtersysteme von Stopfbuchsabsauganlagen und Umluftfiltern im Sicherheitsbehälter wassergekühlter Reaktoren gestellt. Auch Ringraum-Abluftfilter können mit sehr hohen Luftfeuchten und, bei größeren Leckagen aus dem Sicherheitsbehälter in den Ringraum, mit Dampf bzw. Kondensat beaufschlagt werden.

Der im Rahmen des Jodfilterprogramms errichtete Filterprüfstand ermöglicht die Simulation aller z. Z. denkbaren Betriebsbedingungen, die von Jodfilteranlagen beherrscht werden müssen, jedoch bei den üblichen Vor-Ort-Prüfungen nicht eingestellt werden können. Es soll der integrale Abscheidegrad von Jodfilteranordnungen aus Feuchteabscheider, Schwebstofffilter und Adsorberteil, das in Form von Filterzellen und Kesselfiltern unterschiedlichster Bauart vorliegen kann, gemessen und bei Dauerbetrieb untersucht werden. Dazu gehört auch das Verhalten von Dichtungen und Anpreßvorrichtungen, die Randgängigkeit von Filterkonstruktionen, das Auftreten von Kanalbildung und Leckerscheinungen durch Transport und Abrieb des Adsorbiermaterials sowie der Einfluß von Schwingungen und anderen mechanischen Beanspruchungen.

Neben der Filterprüfung sollen mit Hilfe des Prüfstandes neue Filterkombinationen und Konstruktionen entwickelt werden, die im Sicherheitsbehälter unter den Bedingungen großer Störfälle eingesetzt werden können.

Der Prüfstand kann sowohl im Kreislaufbetrieb als auch im Frischluftbetrieb gefahren werden. Bei Frischluftbetrieb können Luft-Wasserdampfgemische von 25 - 50° C und 30 - 100 % relativer Feuchte unter Normaldruck eingestellt werden. Außerdem können Aerosole erzeugt werden.

Bei Umluftbetrieb kann mit Luft-Wasserdampfgemischen von 25 - 150° C und 30 - 100 % relativer Feuchte bzw. Sattdampf bis 151° C (entsprechend 5 at) oder Heißdampf bis 200° C

und bis zu 5 at gefahren werden. Außerdem sind Taupunktunterschreitungen bis zu 100°C simulierbar. Damit werden auch die Bedingungen im Sicherheitsbehälter eines wassergekühlten Reaktors nach einem Verlust von Kühlmittel abgedeckt.

Es ist ein stufenlos regelbarer Durchsatz von $400\text{ m}^3/\text{h}$ bis zu $2\ 000\text{ m}^3/\text{h}$ bei einem Druckabfall bis zu 760 mm WS an den Testfiltern vorgesehen.

Den Aufbau des Prüfstandes (betrachtet für Frischluftbetrieb) zeigt die Abbildung 52.

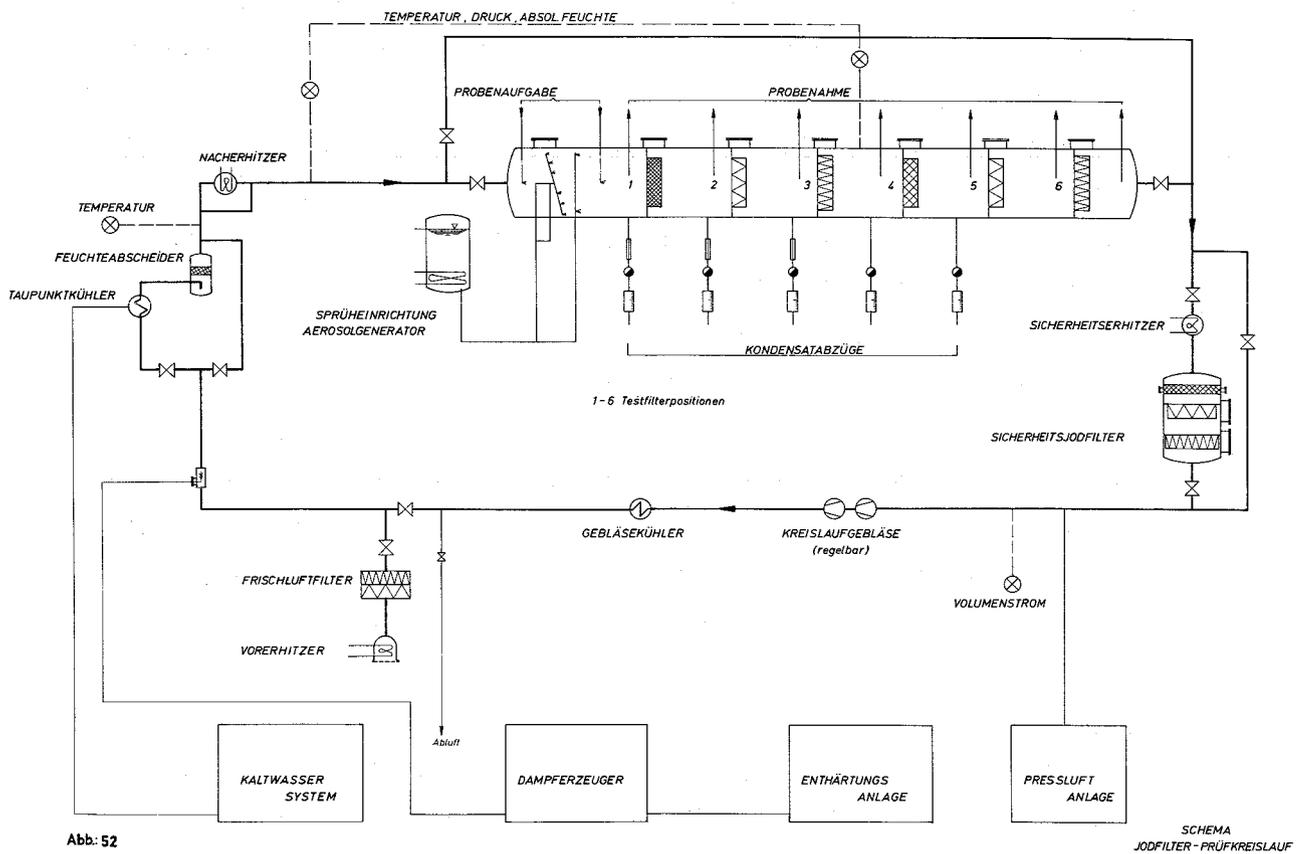


Abb: 52

Nach dem Vorerhitzer und einem Frischluftfilter tritt die Zuluft über eine Armatur in den Kreislauf ein. Zur zusätzlichen Befeuchtung wird Dampf aus dem Dampferzeuger zuge-mischt. Dieses Dampf-Luftgemisch geht ganz oder teilweise (je nach Betriebszustand) über den Taupunktkühler und

Feuchteabscheider. Im Nacherhitzer wird über den Taupunkt-
stand die gewünschte relative Feuchte und Temperatur einge-
stellt. Über Armaturen strömt das Fördermedium entweder über
die Bypassleitung oder über die Teststrecke mit 6 Testfil-
terpositionen (bzw. mit extern angeschlossenen Kesselfil-
tern). Die Bypassleitung wird beim An- und Abfahren eines
Versuches benutzt, um die Versuchsbedingungen vor der Be-
aufschlagung der Testfilter einstellen zu können. In der
Teststrecke befindet sich vor der ersten Position eine An-
ordnung von Düsenstöcken, mit denen über zwei verschieden
dimensionierte Wasserpumpen entweder kurzzeitig eine große
Aerosolmenge oder im Dauerbetrieb eine kleine Aerosolmenge
erzeugt werden kann. Die nachfolgenden 6 Testfilterpositio-
nen sind konstruktionsmäßig gleichwertig und in weiten Gren-
zen variabel ausgeführt. Es können alle vorkommenden Filter-
zellen bis zu 610 mm · 610 mm Außenmaß geprüft werden, wo-
bei jede Filterart (Vorfilter, Feinfilter, Schwebstofffil-
ter der Sonderklasse S und Aktivkohlefilter) in jede der
Positionen eingesetzt werden kann. Feuchtigkeitsabscheider
werden in der 1. Testfilterposition untersucht. Vor der
Teststrecke und der 4. Testfilterposition befindet sich je
eine Feuchte-meßstelle nach dem Prinzip der Ultrarotabsorp-
tion, die auch noch bei 100 % r.F. mit ausreichender Genau-
igkeit arbeiten kann. Prüfmedium kann vor und nach der Dü-
senstockanordnung aufgegeben werden. Hinter jeder Testfil-
terposition sind Probenahmestellen angebracht. Die Druck-
differenz über jede Testfilterposition kann gemessen werden.
Die ersten 3 Testfilterpositionen sind zusätzlich mit Kon-
densatabzügen ausgerüstet, die über Meßeinrichtungen ent-
leert werden. Nach der Teststrecke strömt das Fördermedium
über einen Sicherheitserhitzer (zur Erzielung eines Abstan-
des zur Taupunkttemperatur von 6⁰ C bei hohen Luftfeuchten)
und über das Sicherheitsjodfilter, in dem durchgebrochene
Aktivität abgeschieden wird. In bestimmten Betriebsfällen
kann das Sicherheitsjodfilter im Bypass umfahren werden. An-
schließend wird das Fördermedium durch ein 2stufiges regel-

bares Kreislaufgebläse gesaugt und die zugeführte polytrophe Verdichtungsarbeit im Gebläsekühler wieder rückgekühlt. Danach wird das Fördermedium über die bauseitige Abluftanlage geführt und über Dach abgegeben.

Der Kreislauf ist mit den erforderlichen meß- und regeltechnischen Einrichtungen und Hilfsanlagen wie Kaltwassersystem, Dampferzeuger, Enthärtungsanlage und Preßluftanlage ausgestattet. Alle Leitungen und Bauteile, die mit dem Prüfmedium in Berührung kommen, sind in Werkstoff 4541 oder ähnlichen Stählen ausgeführt. Alle Behälter und Leitungen sind, soweit erforderlich, isoliert und mit Begleitheizungen versehen. Da mit radioaktiven Gasen oder Aerosolen auch bei Drücken bis zu 5 at gearbeitet werden soll, werden hohe Anforderungen an die Dichtheit des Kreislaufes gestellt. Es wird je lösbarer Verbindung bzw. Armatur eine Leckrate $\leq 10^{-6}$ Torr \cdot l/s verlangt. Wegen der häufig erfolgenden Öffnungsvorgänge sind entscheidende Stellen mit Doppeldichtungen und Zwischenabsaugung ausgestattet. Wellendurchbrüche sind mit doppelt wirkenden Gleitringdichtungen mit Sperrwasseraufgabe versehen.

Der Prüfstand ist zu 80 % aufgebaut. Anfang 1972 sollen die elektrischen und meß- und regeltechnischen Montagen durchgeführt werden. Falls keine großen Zeitverzögerungen auftreten, ist im Mai 1972 mit der Inbetriebnahme zu rechnen.

9.4 Atemfilter zur Abscheidung von Spaltjod

K. Gerlach, J. Wilhelm

Über die einschlägigen Versuche wurde bereits in (5) berichtet. An dieser Stelle wird daher nur eine zusammenfassende Aufstellung der gesamten Versuchsergebnisse gegeben, die durch die im Jahre 1971 fertiggestellten Untersuchungen ergänzt wurde.

Atemfilter mit Aktivkohlen, die den Kohlechargen AII - AIV und DI entsprechen und speziell für die Abscheidung von Spaltjod einschließlich des Methyljodides aus Atemluft hergestellt werden, sind inzwischen im Handel erhältlich. Die Tabelle 52 zeigt, daß mit derartigen Atemfiltern in trockener und feuchter Luft sehr hohe Abscheidegrade für ^{131}J in Form von $\text{CH}_3^{131}\text{J}$ erreicht werden. Aus den nach längerer Vorbefeuchtung (20 - 24 h) erhaltenen Werten geht hervor, daß die Einsatzdauer der Atemfilter nicht auf wenige Stunden begrenzt zu werden braucht, falls 100 % r.F. nicht überschritten werden und sonst keine Einschränkung, z. B. durch Direktbestrahlung oder zu hohe Aktivitätskonzentration, vorliegt. Die in diesen Atemfiltern angewandten Aktivkohlen zeigen gegenüber ^{131}J in elementarer Form unter gleichen Versuchsbedingungen höhere Abscheidegrade als für $\text{CH}_3^{131}\text{J}$.

9.5 Entwicklung eines Jodmonitors

J. Wilhelm

Ein gemeinsam mit der Fa. Herfurth entwickelter Jodmonitor zur kontinuierlichen Messung kleinster Konzentrationen von gasförmigem Jod in Luft wurde bereits in (5) beschrieben. 1971 wurde mit der Fa. Herfurth ein Lizenzvertrag abgeschlossen, die Null-Serie des Gerätes ist z. Z. in Bau. Die kontinuierliche Messung von ^{131}J in der Abluft von Reaktor- und Wiederaufarbeitungsanlagen wird durch das gleichzeitige Auftreten von radioaktiven Edelgasisotopen des Xenon und Krypton erschwert. Im besonderen stört ^{135}Xe (häufigste γ -Energie 0,25 MeV), dessen Aktivitätskonzentration in der Abluft um mehrere Größenordnungen über der von ^{131}J (häufigste γ -Energie 0,36 MeV) liegen kann. Wird das Jod im Detektor des Jodmonitors kontinuierlich auf einem Adsorbiermaterial gesammelt, stellt sich bei einer konstanten Edelgaskonzentration

Tab. 52: Abscheidung von $\text{CH}_3^{131}\text{J}$ in Atemfiltern

Trägergas: Laborluft, ungefiltert, Temperatur entsprechend Raumtemperatur (21 - 25°C), Druck ≤ 40 mmWS Unterdruck gegenüber Atmosphärendruck

Beaufschlagung der Atemfilter: Durch Einsatz einer Membran- oder Kolbenlunge. Hubvolumen 1,5 l, 20 Hübe/min, Luftdurchsatz: 30 l/min (entsprechend der mittleren Atemleistung eines erwachsenen Menschen)

Prüfmedium: $\text{CH}_3^{131}\text{J}$ + $\text{CH}_3^{127}\text{J}$, Angabe der Beladung der Aktivkohle in $\mu\text{g CH}_3^{127}\text{J}$ bzw. $\mu\text{Ci CH}_3^{131}\text{J}$ pro g Kohle

Beaufschlagung mit Prüfmedium im Trägergas: 2 h

Nachströmzeit (nur Trägergas): 2 h

Filtertyp	Vorbefeuchtung h	r. F. %	Beladung		Abscheidegrad %
			$\mu\text{g/g}$	$\mu\text{Ci/g}$	
AO	20 - 24	35 - 40	100	1	99,98
AO	"	95 -100	110	2	12,5
AO	0	"	120	1	94,4
AI	20 - 24	"	120	2	98,1
AI	"	"	130	3	98,6
AII	2	≈ 45	40	7	99,99948
AII	38	44 - 52	150	6	99,99977
AII	20 - 24	95 -100	80	1	99,955
AIII	20 - 24	95 -100	130	2	99,63
AIII	"	"	140	6	99,67
AIII	"	"	140	2	99,52
AIV	20 - 24	95 -100	20	3	99,46
AIV	0	"	30	3	99,9959
AIV	0	"	70	1	99,978
AIV	0	"	70	1	99,946
DI	20 - 24	23 - 33	70	3	99,9982
DI	"	24 - 31	70	2	99,99985
DI	"	29 - 38	90	4	$\geq 99,9999$
DI	20 - 24	95 - 100	140	3	99,82
DI	"	"	140	3	99,86
DI	"	"	160	5	99,85
DI	0	"	90	1	99,9973
DI	0	"	80	3	99,9987
DI	0	"	70	3	99,9984

AO: Nicht KJ-impregnierete Aktivkohlecharge

AI, AII, AIII, AIV, DI: KJ-impregnierete Aktivkohlechargen

in der Abluft nach kurzer Zeit ein Adsorptions-Desorptionsgleichgewicht zwischen dem Edelgas in der Gasphase und auf der Adsorberoberfläche ein. Um das relative Adsorptionsverhalten von KJ-imprägnierter Aktivkohle, Molekularsieben in der Silberform und AgNO_3 -imprägniertem Katalysatorträger gegenüber Xenon zu bestimmen, wurde ein Luftstrom mit einer konstanten ^{133}Xe -Konzentration durch ein Adsorberbett der angegebenen Materialien geleitet und die im Gleichgewicht adsorbierte ^{133}Xe -Aktivität über die 0,08 MeV γ -Linie des ^{133}Xe gemessen (Adsorberbett: Länge 10 cm, Durchmesser 2,5 cm, Volumen ca. 49 cm^3 , NaJ(Tl)-Kristall $3'' \cdot 3''$, Vielkanalanalysator). Es wurde ein ^{133}Xe -Präparat ohne Zugabe von Xe-Träger benutzt. In der Tabelle 53 sind die Ergebnisse dieser ersten Untersuchungen, die mit einem der oben erwähnten Jodmonitor der Null-Serie fortgesetzt werden sollen, wiedergegeben.

Die Tabelle 53 zeigt, daß durch das Einbringen von Molekularsieb bzw. KTB der Meßwert, der dem ^{133}Xe -Luftgemisch im Leerrohr entspricht, noch herabgesetzt wird. Dies läßt sich durch das geringere freie Luftvolumen in dem Rohr, das mit Adsorbermaterial gefüllt wurde, und eine gewisse Abschirmwirkung des Adsorbermaterials selbst erklären. Die dadurch bewirkte Verkleinerung des Meßeffectes überwiegt eine sonst eintretende Erhöhung durch Anreicherung von ^{133}Xe an der Oberfläche des Adsorbermaterials. Gegenüber der Verwendung von Kohle läßt sich durch den Einsatz von KTB unter den angegebenen Bedingungen eine Senkung des durch radioaktives Xenon gegebenen Untergrundes um mindestens zwei Größenordnungen erreichen.

Tab. 53: ^{133}Xe -Gleichgewichtsaktivität an verschiedenen Jodadsorbermaterialien

Trägergas: Laborluft, 1 at , Raumtemperatur, lineare Luftgeschwindigkeit: 17 cm/s

^{133}Xe -Aktivität: ca. 50 μCi $^{133}\text{Xe}/\text{l}$ Luft

Zeitdauer bis zur Einstellung des Adsorptions-Desorptionsgleichgewichtes im Adsorberbett: 3 - 6 min (durch mehrere Langzeitversuche bis zu 6 h kontrolliert)

Adsorberbett: Tiefe 10 cm, Durchmesser: 2,5 cm, Volumen 49 cm³

Adsorbermaterial	spez. Oberfläche nach BET +) m ² /g	^{133}Xe -Gleichgewichtsaktivität im Adsorberbett in μCi ++)
Leerrohr, mit ^{133}Xe -Luftgemisch beaufschlagt	-	0,0175 (im Rohrvolumen)
Aktivkohle (Norit CG I)	1000	1,67
Molekularsieb (LMS 13 X in Ag-Form überführt)	490	0,0129
AgNO ₃ -imprägnierter Katalysatorträger (KTB)	125	0,00909

+) Adsorbermaterial vor Imprägnierung bzw. Ionenaustausch.

++) Fehlerbreite der Einzelwerte bezogen auf Kalibrierung \pm 5 %.

Die Aktivität der ^{133}Xe -Quelle war auf \pm 30 % bekannt.

10. Beratertätigkeit, Bibliographie

10.1 Beratertätigkeit

Auch im Jahre 1971 waren Mitarbeiter der Abteilung Strahlenschutz und Sicherheit in vielen nationalen und internationalen Gremien als Mitglieder oder fachliche Berater tätig:

- Reaktorsicherheitskommission (RSK)
- RSK-Unterausschuß "WAK"
- RSK-Unterausschuß "Standortfragen"
- RSK-Unterausschuß "Alkem/Nukem"
- RSK-Unterausschuß "SNR"
- RSK-Unterausschuß "Leitlinien SWR"
- Fachausschuß Strahlenschutz und Sicherheit des Bundesministers für Bildung und Wissenschaft
- Atomkommission, Arbeitskreis III/6 "Meß- und Regeltechnik, Datenverarbeitung"
- Atomkommission, Arbeitskreis III/7 Strahlenschutztechnik, ad-hoc-Ausschuß "Ausbreitungsrechnung für radioaktive Abluft"
- Internationale Elektrotechnische Kommission (IEC), Unterkomitee 45 B "Instrumentierung für Strahlenschutz"
- Fachnormenausschuß Kerntechnik, Arbeitsausschuß 3.12 "Lüftungs- und Regelungsanlagen in kerntechnischen Anlagen"
- Fachnormenausschuß Kerntechnik, Arbeitsausschuß 2.4 "Umschlossene Strahler"
- Fachnormenausschuß Radiologie, Arbeitsausschuß "Strahlenschutzdosimeter"

- Fachnormenausschuß Elektrotechnik, Arbeitsausschuß 4.14
"Strahlungsmeßgeräte"
- Fachnormenausschuß Maschinenbau, Arbeitsausschuß
"Sicherungsmaßnahmen an Maschinen"
- Berufsgenossenschaftlicher Fachausschuß
"Bauliche Einrichtungen"
- Berufsgenossenschaftlicher Fachausschuß Elektrotechnik,
Arbeitskreis "Kerntechnik"
- Fachverband für Strahlenschutz, Arbeitskreis
"Arbeitsplatzüberwachung"
- Fachverband für Strahlenschutz, Arbeitskreis
"Dosimetrie"
- Arbeitsgruppe "Schnellmethoden" des Länderausschusses
für Radioaktivitätsüberwachung
- VDI-Kommission Reinhaltung der Luft, Ausschuß
"Messung meteorologischer Daten"
- Gewerbetechnischer Beirat des Bundesverkehrsministeriums,
Ausschuß für Sicherheitsfragen
- IAEA-Panel "Safe handling of Plutonium"
- IAEA-Research Project on Nuclear Accident Dosimetry,
Research Agreement 892/CF
- Expertentätigkeit bei der Comision Nacional de Energia
Nuclear (CNEN), Mexico City, IAEA-Project MEX/9/07
- Euratom-Sachverständigensitzung über künftige Forschungs-
vorhaben auf dem Gebiet der Personendosimetrie

10.2 ASS-Berichte 1971, unveröffentlicht

H. Baumgart

Vergleich und Erprobung von drei Tritium-Kontaminations-Sonden

B. Beier, T. Guermann, L.A. König

Dosisleistungsmessungen am Kaskadengenerator des IEKP

K. Bender

Mn-Gehalte von Kiefernadelaschen und deren Einfluß auf die chemische Ausbeute bei der Pu-239-Analyse

M. Böcker

Messung der Leistungsfähigkeit von Atemschutzfiltern zur Abscheidung von radioaktivem Jod

G. Buggisch

Anreicherung von Thorium aus wässrigen Lösungen und Messung im Spektralphotometer

W. Comper

Bodenkontamination in der Umgebung des Kernforschungszentrums Karlsruhe

W. Comper

Kritikalitätsbetrachtungen zur Einlagerung von kugelförmigen THTR-Brennelementen in Salzbergwerkskavernen

W. Comper

Berechnung des Flußverlaufes und der Wärmebelastung in der Abschirmung des FRF2

H. Edelhäuser

Kontinuierliche Messung von ^{85}Kr in Anwesenheit von ^{41}Ar

H. Edelhäuser

Bericht über das "International Symposium on Rapid Methods for Measurement of Radioactivity in the Environment" - Neuherberg 5.-9.7.1971

H. Edelhäuser, H. Michel

Prüfung eines α -Aerosolmonitors der Fa. Berthold-Frieseke-Vertriebs-GmbH

H. Elbel, D. Nagel

Programmbeschreibung Nr. 1: Berechnung der Gamma-Dosisleistung für zylindrische Geometrie an der Oberfläche einer einschichtigen Abschirmung

H. Elbel, D. Nagel

Programmbeschreibung Nr. 2: Berechnung der Gamma-Dosisleistung für zylindrische Geometrie an der Oberfläche einer einschichtigen Abschirmung

H. Elbel, D. Nagel

Programmbeschreibung Nr. 3: Berechnung der Gamma-Dosisleistung für zylindrische Geometrie an der Oberfläche einer mehrschichtigen Abschirmung

H. Fessler, J. Pawelzik

Modellversuche zu einem neuen Pu-Lungen-Zähler

W. Helm

Vergleich zweier Methoden zur Berechnung der zulässigen Emissionsstärke gamma-radioaktiver Stoffe in Luft

W. Hübschmann

Einfluß der Kaminaustrittsgeschwindigkeit auf die Diffusion der Abluft von kerntechnischen Anlagen

W. Hübschmann

Bericht über den Second International Clean Air Congress
6.-11.12.1970, Washington D.C.

W. Hübschmann

Auswertung des Tritium-Ausbreitungsversuchs Nr. 8
am 23.3.1971

W. Hübschmann

Probleme der Gewässeraufheizung durch Kernkraftwerke
AGU-Kolloquiums-Vortrag am 5.4.1971

W. Hübschmann, D. Nagel

Programmbeschreibung: Auswertung der Ausbreitungsversuche

J. Klaar, L. Kropp, K. Nester

Eichung der Temperaturmeßfühler am meteorologischen
Meßturm im Oktober 1971

W. Koelzer

Bericht über die Übung zum Räumungsplan am 18.5.1971

L.A. König

Vergleichsmessungen im Rahmen der Personendosisüberwachung I

L. Kropp

Eine Methode zur Auswertung der Versuche zur
Ausbreitung von tritiiertem Wasserdampf

L. Kropp, D. Nagel, E. Balda

Programmbeschreibung BINTAP: Ein Programm zum Verarbeiten
von dual-codierten Lochstreifen mit den meteorologischen
Daten

B. Kuhn

Tritium-Kontamination der Luft im Kernforschungszentrum
Karlsruhe innerhalb und außerhalb von Gebäuden

B. Laube, L. Kropp

Drei Programme zur Verarbeitung meteorologischer Werte
SUBROUTINE WIFLUK, Tagesgang der Windfluktuation;
SUBROUTINE HAUFDT, Tagesgang des Temperaturgradienten;
SUBROUTINE WIDAT, Programm zur Darstellung der Daten
während eines Ausbreitungsversuches

H. Michel

Prüfanweisung für das Dosisleistungsmeßgerät Graetz X 10

H. Michel

Prüfanweisung für das Dosisleistungsmeßgerät Graetz X 1000

H. Michel

Prüfungsanweisung für den HFK-Monitor FHT 65 B

H. Michel

Prüfanweisung für die Dosisleistungsmeßgeräte
FH 40 T/FH 40 Tv/FH 40 TLS

D. Nagel

Programmbeschreibung der Subroutinen SIGMAY und SIGMAZ

K. Nester

Ausbreitungsstatistik für das Kernforschungszentrum
Karlsruhe - Dez. 67 - Nov. 68

K. Nester

Häufigkeitsverteilung der Windgeschwindigkeit

K. Nester

Die Ausbreitung von Fremdstoffen in der bodennahen Atmosphäre - AGU-Kolloquiums-Vortrag am 25.1.1971

K. Nolte

Untersuchung des Zählrohres VALVO 18529 für den Routineeinsatz in Hochdosis-Meßstellen

K. Peper

Das Verhalten von LiF-Dosimetern in gemischten Strahlungsfeldern

D. Schwenke

Bestimmung einiger Einflußgrößen bei der Tritium-Aktivitätsmessung mit Hilfe der Flüssigszintillationsmeßtechnik

D. Schwenke

Bestimmung der atmosphärischen Ausbreitung von tritiiertem Wasserdampf in der Umgebung nach Abgabe über den Abluftkamin des FR 2

D. Schwenke, M. Winter

Bestimmung der atmosphärischen Ausbreitung von tritiiertem Wasserdampf in der Umgebung nach Abgabe über den Abluftkamin des FR 2, Versuch Nr. 10 am 20.7.1971

G. Stäblein

TSB/Dosiskartei - Systemanalyse

C. Stöhr

Untersuchung verschiedener Regenerierungsverfahren für Thermolumineszenzdosimeter

E. Windbühl

Unfallstatistik 1970

M. Winter

Bestimmung der atmosphärischen Ausbreitung von tritiiertem Wasserdampf in der Umgebung nach Abgabe über den Abluftkamin des FR 2, Versuch Nr. 8 am 23.3.1971

M. Winter

Bestimmung der atmosphärischen Ausbreitung von tritiiertem Wasserdampf in der Umgebung nach Abgabe über den Abluftkamin des FR 2, Versuch Nr. 9 am 18.5.1971

10.3 Veröffentlichungen 1971

(1) Burkhardt, B.; Piesch, E.

Energieabhängigkeit einiger Dosisleistungs- und Dosismesser für den Strahlenschutz.

KFK-1484 (September 71)

(2) Burkhardt, B.; Piesch, E.

Die Verwendung von $\text{CaF}_2(\text{nat})$ -Thermolumineszenzdosimetern zur Messung der Umgebungsstrahlung.

Kerntechnik, 14 (1972) S. 128

(3) Comper, W.; Hübschmann, W.

Die Strahlenbelastung der Umgebung des Kernforschungszentrums Karlsruhe - Abschätzung für das Jahr 1971.

KFK-1481 (September 71)

(4) Kiefer, H.; König, L.A.; Piesch, E.;

Rose, E.; Vogt, K.J.

Personal Dose Burden Caused by Nuclear Research Centers.

4th United Nations International Conference on the Peaceful Uses of Atomic Energy, Geneva, 6-16 Sept. 1971, A/Conf 49/P 395

- (5) Kiefer, H.; Koelzer, W. (Hrsg.)
Jahresbericht 1970 der Abteilung Strahlenschutz
und Sicherheit.
KFK-1365 (Februar 71)
- (6) Koelzer, W.
Strahlenschutz - Forschungs- und Entwicklungs-
arbeiten im Kernforschungszentrum Karlsruhe.
Neue Technik, 13 (1971) S. 400-404
- (7) König, L.A.; Winter, M.
Ober die Tritiumkontamination der Umwelt.
Euratom, Int. Symp., Die Radioökologie, angewendet
auf den Schutz des Menschen und seine Umwelt,
Rom, 7.-10. Sept. 1971
- (8) Nester, K.
Programm zur Untersuchung des Ausbreitungsprozesses
bei besonderen meteorologischen Bedingungen.
Kolloquium über meteorologische Fragen bei Reaktor-
störfällen, Neuherberg, 18.-19. Juni 1970
- (9) Piesch, E.
Eigene Ergebnisse beim Ersten IAEA-Vergleich von
Neutronenunfalldosimetersystemen in Valduc.
KFK-1462 (September 71)
- (10) Piesch, E.
Dosimetrie mit Phosphatgläsern.
G-I-T Fachzeitschrift für das Laboratorium,
15 (1971) S. 1239-1246

- (11) Piesch, E.
Developments in RPL-Dosimetry.
Attix, F.H. (Hrsg.): Progress in Radiation Dosimetry,
Vol. I, New York, Academic Press (im Druck)
- (12) Schüttelkopf, H.
Bestimmung von Plutonium in Probematerialien
der Umgebungsüberwachung.
Int. Symp. on Rapid Methods for Measurement of
Radioactivity in the Environment,
Neuherberg, 5-9 July 1971
- (13) Winter, M.
Möglichkeiten zur Messung der akkumulierten Strah-
lungsdosis in der Umgebung kerntechnischer Anlagen.
Int. Symp. on Rapid Methods for Measurement of
Radioactivity in the Environment,
Neuherberg, 5-9 July 1971
- (14) Hoffmann, W.
Einrichtung zur telefonischen Abfrage einer
Zählrohr-Meßstelle.
Diplomarbeit, Karlsruhe 1971

