

KERNFORSCHUNGSANLAGE JÜLICH
GESELLSCHAFT MIT BESCHRÄNKTER HAFTUNG

Zentralabteilung Strahlenschutz

ARBEITSBERICHT 1973

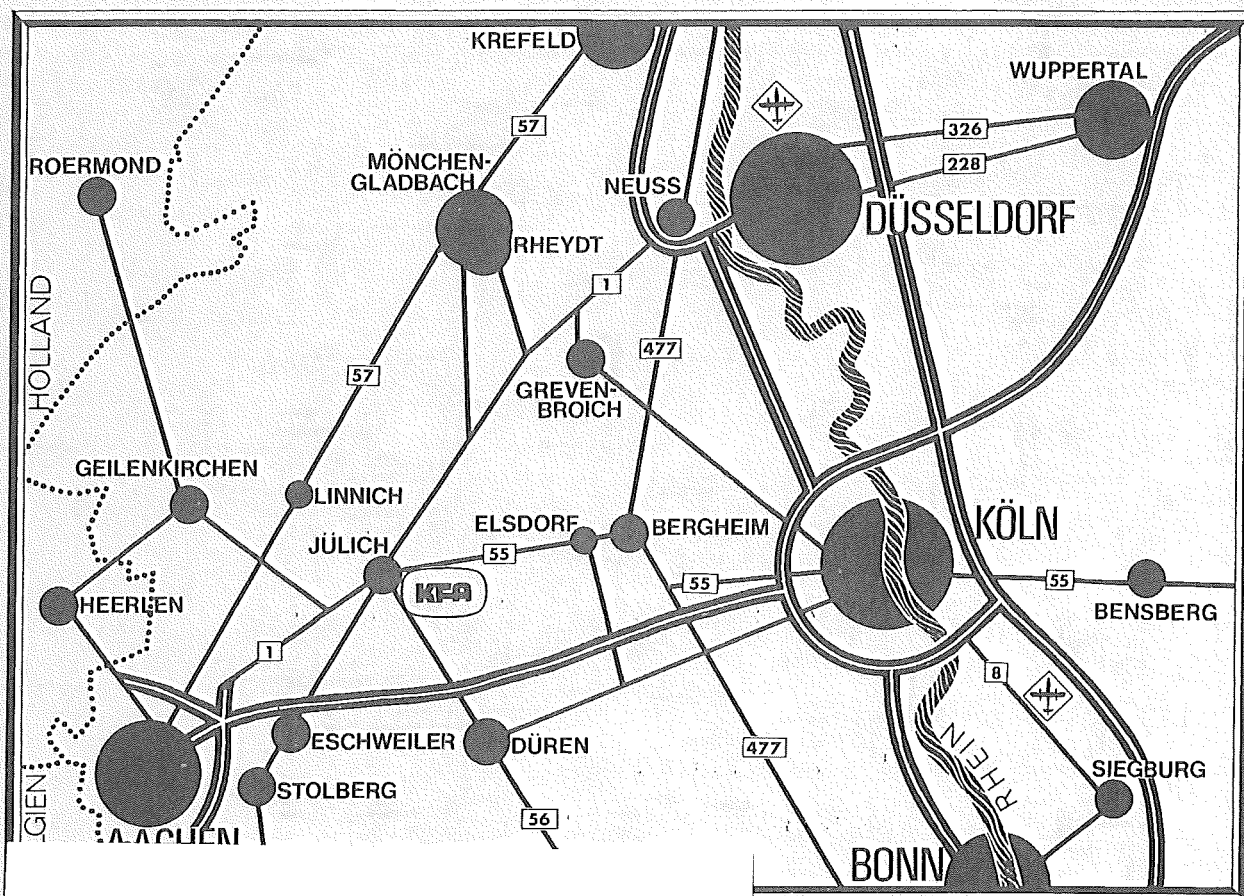
der Zentralabteilung Strahlenschutz

Herausgeber: M. Keller

Redaktion: R. Tzschaschel

Jül - 1101 - ST
August 1974

Als Manuskript gedruckt



Berichte der Kernforschungsanlage Jülich – Nr. 1101

Zentralabteilung Strahlenschutz Jülich – 1101 – ST

Dok.: KFA - Radiation Protection
 Radiation Protection - Annual Report
 Dosimetry - Measuring Method
 Personnel Dosimetry
 Radiation Detectors
 Radioactivity - Measurement
 Screening
 Environmental Monitoring

Im Tausch zu beziehen durch: ZENTRALBIBLIOTHEK der Kernforschungsanlage Jülich GmbH,
 Jülich, Bundesrepublik Deutschland

ARBEITSBERICHT 1973

der Zentralabteilung Strahlenschutz

Herausgeber: M. Keller

Redaktion: R. Tzschaschel

Autoren und Koautoren

D. Beyer, D. Buhr, R. Biehl, J. Carlebach, F. Crommen, K. Frenkler,
R. Geiser, H. Geiß, J. Gottschalk, W. Haschke, K. Heinemann,
M. Heinzelmann, M. Horbert, H. Jacobs, H. Krug, Z. Mazurkiewicz,
J. Meringdal, D. Merten, H. Meyer, P. H. Meyer, H. Nordsieck, G. Polster,
H. J. Probst (IKP), F. Rohloff, W. Rolnik, E. Rose, O. Schaffer (SB), W. Schäfer,
F. Schirmer, K. Schneider, H. Schüren, R. Tzschaschel, K. J. Vogt, E. Völkel

und als Gastmitarbeiter:

R. Schaller, F. Sommer, P. Tuovinen, A. Vehanen, H. Walter

unter Beteiligung aller Mitarbeiter der ZST (Namenszitate am Ende
einzelner Teilbeiträge)

A R B E I T S B E R I C H T 1 9 7 3

d e r Z e n t r a l a b t e i l u n g S t r a h l e n s c h u t z

Herausgeber: M. Keller

Redaktion: R. Tzschaschel

Autoren und Koautoren

D.Beyer, D.Buhr, R.Biehl, J.Carlebach, F.Crommen, K.Frenkler,
R.Geiser, H.Geiß, J.Gottschalk, W.Haschke, K.Heinemann,
M.Heinzelmann, M.Horbert, H.Jacobs, H.Krug, Z.Mazurkiewicz,
J.Meringdal, D.Merten, H.Meyer, P.H.Meyer, H.Nordsieck,
G.Polster, H.J.Probst (IKP), F.Rohloff, W.Rolnik, E.Rose,
O.Schaffer (SB), W.Schäfer, F.Schirmer, K.Schneider,
H.Schüren, R.Tzschaschel, K.J.Vogt, E.Völkel
und als Gastmitarbeiter: R.Schaller, F.Sommer, P.Tuovinen,
A.Vehanen, H.Walter

unter Beteiligung aller Mitarbeiter der ZST (Namenszitate am
Ende einzelner Teilbeiträge)

I N H A L T

	Seite
VORWORT	
1. <u>BETRIEBSÜBERWACHUNG</u>	
1.1 <u>Arbeitsgruppe Administration</u>	1
1.1.1 Genehmigungen, Nachträge	2
1.1.2 Bestellung von Strahlenschutzverantwortlichen	7
1.1.3 Meldung beruflich strahlenexponierter Personen	8
1.1.4 Einführung der neuen Röntgenverordnung in der KFA	8
1.1.5 Anzeigen und Buchführung	11
1.2 <u>Überwachung der praktischen Durchführung des Strahlenschutzes in der KFA</u>	
1.2.1 Allgemeines	20
1.2.2 Durchführung der Institutsüberwachung	21
1.2.3 Ergebnisse der praktischen Durchführung	22
1.2.4 Statistische Auswertungen	24
1.2.5 Folgerungen aus der Überwachungstätigkeit	27
1.2.6 Zwischenfälle und Betriebsunregelmäßigkeiten	30
1.2.7 Nacherhebung für die regelmäßige Inkorporationsüberwachung	33
1.2.8 Labortätigkeit	34
1.2.9 Dichtigkeitsprüfungen	35
1.3 <u>Technischer Strahlenschutz</u>	
1.3.1 Allgemeines	36
1.3.2 Gutachten und Prüfberichte	37
2. <u>PERSONENDOSISÜBERWACHUNG</u>	
2.1 <u>Messung der äußeren Strahlenbelastung</u>	
2.1.1 Umfang und Art der Messung	42
2.1.2 Auswertung und Registrierung der Filmdosimeter und der Ergebnisse	43
2.1.3 Ermittlung der Neutronendosis	43
2.1.4 Tabellarische Zusammenstellung der Ergebnisse	44

	Seite
2.2	<u>Spezielle Untersuchungen zur Messung der äußeren Strahlenbelastung</u>
2.2.1	Kritischer Vergleich der Film- und Stabdosisimeterüberwachung an Hand statistischer Untersuchungen 50
2.2.2	Erfahrungen mit Thermolumineszenzdosimetern aus LiF in Teflon 60
2.2.3	Maschinelle Buchführung der TL-Dosimeterergebnisse 64
2.3	<u>Messung der inneren Strahlenbelastung</u>
2.3.1	Aufgabe und Umfang der Messung 67
2.3.2	Messung mit dem Ganzkörperzähler 68
2.3.3	Untere Meßgrenze des Ganzkörperzählers bei Personenmessungen; Reproduzierbarkeit der Messungen 72
2.3.4	Ausscheidungsanalysen 76
3.	<u>UMWELTSCHUTZ</u>
3.1	<u>Umgebungsüberwachung</u>
3.1.1	Umweltradioaktivität der Kernforschungsanlage Jülich im Jahre 1973 80
3.1.2	Konzeption für die Instrumentierung eines neuen Meßwagens 98
3.2	<u>Radioaktive Emissionen</u>
3.2.1	Radioaktive Emissionen und potentielle Strahlenbelastung im Bereich der Kernforschungsanlage Jülich im Jahre 1973 101
3.2.2	Eine Anlage zur Fernübertragung von Emissionswerten 106
3.2.3	Ausnahmegenehmigungen nach § 34 Abs.3 der Ersten Strahlenschutzverordnung 108
3.2.4	J 131- bzw. Kr 88-Äquivalente als Maß für die Gefährlichkeit von Spaltprodukten 110
3.2.5	Abschätzung der Emissionsstärke bei hypothetischen Reaktorunfällen 120
3.3	<u>Meteorologie</u>
3.3.1	Meteorologische Messungen im Jahre 1973 125
3.3.2	Datenerfassung und -verarbeitung von Windprofilmessungen 127
3.3.3	Einführung neuer meteorologischer Meßverfahren 128
3.3.4	Ein Gerät zur Zwischenspeicherung schnell anfallender Turbulenzmeßwerte 129

	Seite
4. <u>FACHDIENSTE</u>	
4.1 <u>Sicherheitswesen</u>	
4.1.1 Strahlenschutzdienstleistungen der ZST	132
4.1.2 Der Einsatz der chemischen Laboratorien der ZST bei nuklearen Störfällen	134
4.2 <u>Ausbildung</u>	
4.2.1 Strahlenschutzverantwortliche	139
4.2.2 Erstbelehrungen	140
4.2.3 Feuerwehr	140
4.2.4 Mitarbeit bei der Ausbildung des zivilen Bevölkerungsschutzes	140
4.3 <u>Chemische Laboratorien</u>	
4.3.1 Ausscheidungslabor	141
4.3.2 Umwelt-Analysenlabor	145
4.3.3 Aktivlabor	148
4.4 <u>Gerätedienst</u>	
4.4.1 Zusammenfassende Übersicht	149
4.4.2 Eine neue Anlage zur Kalibrierung von Strahlenschutzmeßgeräten	151
4.4.3 Die Verwendbarkeit von Strahlenschutzmeßgeräten in Hinblick auf die neue Röntgenverordnung	153
4.5 <u>Datenverarbeitung</u>	
4.5.1 Integration der Datenverarbeitung in dem Arbeitsablauf der ZST	155
4.5.2 Vorbereitende Arbeiten an der PDP 11	157
4.5.3 Programm zur Vorabauswertung von Film- und Stabdosen	158
4.5.4 Programmsystem zur Bearbeitung der TL-Dosimetrie	158
4.5.5 Datenerfassung und Verarbeitung der Windprofilmessung	159
4.5.6 Ein Programm zur Ummummerierung von Statements und Neugestaltung von unübersichtlichen FORTRAN-Programmen	160
4.6 <u>Werkstätten und Verwaltung</u>	
4.6.1 Elektroniklabor	169
4.6.2 Werkstatt	169
4.6.3 Verwaltung	171

5.	<u>FORSCHUNG UND ENTWICKLUNG</u>	
	<u>Ausbreitung von Schadstoffen in der Atmosphäre und Strahlenbelastung (FE-Vorhaben 51.100)</u>	
5.1	<u>Abgrenzung und Perspektiven</u>	172
5.2	<u>Stand der Untersuchungen und weitere Planungen</u>	
5.2.1	Ergebnisse der Ausbreitungsuntersuchungen	175
5.2.2	Planung von Vertikalverteilungsmessungen	176
5.2.3	Experimentelle und theoretische Untersuchungen von Windprofilen	180
5.2.4	Über ein statistisches Modell der Ausbreitung von Aerosolen unter der Berücksichtigung einer höhenabhängigen Windgeschwindigkeit	190
5.2.5	Ein neues Verfahren zur Filterauswertung bei den Ausbreitungsversuchen	197
5.2.6	Ergebnisse der Ablagerungsuntersuchungen von Jod auf Vegetation	199
5.2.7	Konzeption zur Messung der Ablagerung von Aerosolen	200
6.	<u>FORSCHUNG UND ENTWICKLUNG</u>	
	<u>Weiterentwicklung von Strahlenschutzmethoden (FE-Vorhaben 51.200)</u>	
6.1	Untersuchungen an Kugelmoderatorsdosimetern	204
6.2	Bestimmung der Äquivalentdosis hochenergetischer Neutronen mit Spaltfragmentdosimetern hinter einer Zyklotronabschirmung	213
6.3	Automatischer Nachweis von Spuren durch schnelle Neutronen bei der nichtfotografischen Kernspurregistrierung	221
6.4	Radiochemische Verfahren zur Bestimmung von α -Strahlern im Urin	225
6.5	Dekorporation von In 113m nach einer medizinischen Applikation	236
6.6	Untersuchungen zum Fading der Dosismessfilme	244
6.7	Untersuchungen über Fehler bei der Eichkurvenmittelung der Dosismessfilme	250
7.	<u>BIBLIOGRAPHIE 1973</u>	256

Vorwort

Die Zentralabteilung Strahlenschutz (ZST) der Kernforschungsanlage Jülich hat für die ordnungsgemäße Durchführung des Strahlenschutzes an Anlagen, Personen und Umwelt Sorge zu tragen und die hierfür erforderlichen organisatorischen Maßnahmen zu ergreifen, sowie die Meßmethoden den neusten Erkenntnissen von Wissenschaft und Technik anzupassen.

In den Kapiteln 1 bis 6 des vorliegenden Berichts wird sowohl über die im Jahre 1973 pflichtgemäß vollzogenen Dienstleistungen, als auch über die Ergebnisse von Forschungsarbeiten und Entwicklungen referiert, die zu Verbesserung der Meßmethoden erforderlich waren. Kapitel 7 beinhaltet die Bibliographie allen veröffentlichten und internen Fachschrifftums der ZST aus dem Jahre 1973.

Preface

The "Zentralabteilung Strahlenschutz - ZST" (Health Physics Division) of the Nuclear Research Establishment Jülich is responsible for an adequate and a proper performance of the radiation protection of installations, personnel and environment. This does include the introduction of the necessary organizing conditions as well as the permanent development of the measuring methods and procedures according to the most recent knowledge of science and research.

The chapters 1 to 6 of the present annual report refer to the service activities done in 1973 as well as to the results of research and developments in connection with the improvement of methods and procedures. Chapter 7 gives a complete bibliography of all the published and internal literature of the ZST in 1973.

Préface

Le "Zentralabteilung Strahlenschutz - ZST" (Division Centrale de Radioprotection) de l'Etablissement de Recherche nucléaire de Jülich est responsable de l'exécution conforme à la défense de radioactivité envers les installations, le personnel et l'environnement. Ceci implique des mesures d'organisations ainsi que des méthodes s'adaptant aux nouvelles connaissances scientifiques et techniques.

Du premier au sixième chapitre du présent compte-rendu il s'agit non seulement du service conforme exécuté en 1973 mais aussi des résultats des recherches et des développements nécessaires à l'amélioration des méthodes. Le septième chapitre contient la bibliographie de toute la littérature professionnelle du ZST de 1973 (publiée et interne).

1. B E T R I E B S Ü B E R W A C H U N G

K. Schneider

Das Sachgebiet Betriebsüberwachung nimmt zentrale Aufgaben wahr, die sich im Zusammenhang mit der Durchführung des administrativen und praktischen Strahlenschutzes in der KFA ergeben. Dazu gehören auch strahlenschutzmäßige Abnahmeprüfungen, die im Rahmen bauaufsichtlicher Genehmigungsverfahren anfallen sowie die Erstellung strahlenschutztechnischer Gutachten.

Dieses breite Spektrum von Aufgaben hat zwangsläufig dazu geführt, das Sachgebiet in die drei Arbeitsgruppen Administration, Institutsüberwachung und Technischer Strahlenschutz zu unterteilen, um durch klar und eindeutig abgegrenzte Zuständigkeiten eine effektive Bearbeitung zu gewährleisten.

1.1 Arbeitsgruppe Administration

H. Meyer, K. Schneider, E. Völkel

Diese Arbeitsgruppe führt alle zentralen administrativen Aufgaben durch, die sich aus den Vorschriften und Forderungen des Atomgesetzes, der Ersten Strahlenschutzverordnung, der Röntgenverordnung, der EURATOM-Verordnung Nr. 8 und den Ausführungsbestimmungen, die in Ministerialblättern enthalten sind, ergeben:

- Bearbeitung von atomrechtlichen Genehmigungen
- Bestellung bzw. Abberufung von Strahlenschutzverantwortlichen
- Meldung "sonst tätiger Personen"
- Bearbeitung von Genehmigungen, Anmeldungen und Anzeigen gemäß der Röntgenverordnung
- Buchführung und Anzeigen von Kernbrennstoffen und sonstigen radioaktiven Stoffen und Meldungen Überwachungspflichtiger Stoffe gemäß Verordnung Nr. 8 von EURATOM

Die Arbeitsberichte der vergangenen Jahre enthielten ausführliche Darstellungen über dieses Arbeitsgebiet mit Hinweisen auch auf die Schwierigkeiten, die sich bei der Durchführung der Aufgaben gezeigt haben. Deshalb soll dieser Bericht nur einen kurzen allgemeinen Überblick geben und schwerpunktmäßig die folgenden Einzelthemen behandeln:

- Auflagenerfüllung im Rahmen neu erteilter atomrechtlicher Genehmigungen
- Anmerkungen zur Abwicklung atomrechtlicher Genehmigungsverfahren
- Anzeige der tatsächlich vorhandenen und Abschätzung der zu erwartenden Deckungsvorsorgesummen

Im Übrigen wird auf einige Verbesserungen bei der Buchführung und Anzeige Überwachungspflichtiger Stoffe eingegangen.

Zusammenfassend geben Zahlen und Tabellen einen Überblick über den Umfang der erledigten Arbeiten.

Erweiterung des Aufgabenbereiches

Durch das Inkrafttreten der neuen Röntgenverordnung am 1.9.1973 (Verordnung über den Schutz vor Schäden durch Röntgenstrahlen vom 1.3.1973) wurde das Aufgabengebiet erheblich erweitert. Sämtliche bis zu diesem Zeitpunkt betriebenen Röntgeneinrichtungen und Störstrahler mußten den zuständigen Behörden gemeldet und eine eindeutige Regelung der Strahlenschutzverantwortlichkeit im Rahmen dieser Verordnung mit einer klaren Aufgabenabgrenzung getroffen werden. Unter Ziff. 1.1.4 wird ausführlich darüber berichtet.

1.1.1 Genehmigungen, Nachträge

Sowohl der Umgang mit Kernbrennstoffen und sonstigen radioaktiven Stoffen wie auch die Aufbewahrung und Beförderung bedürfen einer atomrechtlichen Genehmigung, wenn es sich dabei um Stoffe handelt, deren Radioaktivität gemäß § 7 der 1.StrlSchV oberhalb der dort genannten Freigrenzenwerte liegt.

Im Berichtsjahr wurden 3 Umgangsgenehmigungen, 19 Beförderungsgenehmigungen und 1 Aufbewahrungsgenehmigung für das Abfallager erteilt. Erheblich größer war die Zahl mit 10 erteilten Nachtragsgenehmigungen (Erweiterung der bestehenden Genehmigungen). Diese Entwicklung ist in erster Linie darauf zurückzuführen, daß im Laufe der letzten Jahre für alle Institute und gemeinsamen Einrichtungen Umgangsgenehmigungen erteilt worden sind und aufgrund von Änderungen und Ausdehnungen der Forschungsarbeiten in zunehmendem Maße nur noch Erweiterungen bestehender Genehmigungen zu erwarten waren und sind.

Die beiden nachfolgenden Tabellen enthalten weitere Einzelheiten. Tabelle 1.1/1 enthält die Anzahl der gültigen Umgangsgenehmigungen für die letzten Jahre. In Tabelle 1.1/2 wird eine Übersicht über die beantragten und erteilten Genehmigungen gegeben, aufgeschlüsselt nach den entsprechenden Paragraphen der 1.StrlSchV und dem Atomgesetz.

Tabelle 1.1/1

Anzahl der Umgangsgenehmigungen

Jahr	Genehmigungen
1961	37
1962	43
1963	13
1964	11
1965	13
1966	22
1967	22
1968	29
1969	32
1970	45
1971	50
1972	53
1973	49

Tabelle 1.1/2
Bearbeitung von Genehmigungsanträgen

		1971		1972		1973	
		beantragt	erteilt	beantragt	erteilt	beantragt	erteilt
					zurück- gegeben bzw. er- löschen		zurück- gegeben bzw. er- löschen
UA insgesamt	Genehmi- gungen	11	7	4	4 -2	5	3 -5
	Nachträge	13	5	28	21 -	23	10 -
	Änderungs- anzeigen	8		6		9	
§ 9 AtG, HAOS	Genehmi- gungen	nicht auf- geschlüsselt		1	1 -1	1	1 -1
	Nachträge			14	11 -	12	5 -
	Änderungs- anzeigen			6		9	
§ 3, 1. StrlSchV RP Köln	Genehmi- gungen			3	3 -1	3	2 -4
	Nachträge			14	10 -	11	5 -
§ 6 AtG, FTB	Aufbew.- Genehmi- gungen	-	-	1	1 -	1	- -2
§ 4 AtG, FTB	Beförde- rungsgeneh- migungen	19	19	17	17 -	18	18 -
§ 4, 1. StrlSchV RP Köln	Genehmi- gungen	-	-	-	-	1	1 -
	Nachträge	2	2	-	-	2	2 -

Auflagenerfüllung

Atomrechtliche Genehmigungen werden in der Regel mit Auflagen erteilt. Die Erfüllung der Auflagen ist Voraussetzung für die Inanspruchnahme der Genehmigung durch den Betreiber. Daß diese Auflagen erfüllt bzw. eingehalten werden, liegt in der ausschließlichen Verantwortlichkeit der bestellten Strahlenschutzverantwortlichen, wenn auch die praktische Durchführung der Auflagenerfüllung in die Zuständigkeit anderer Bereiche der KFA fällt. Aufgrund dieser Aufgabenverteilung hat sich die Notwendigkeit ergeben, eine Stelle zu schaffen, die die Auflagenerfüllung und -einhaltung zentral koordiniert und überwacht. Diese Funktion hat die Betriebsüberwachung übernommen.

Folgende Maßnahmen wurden getroffen, um zu gewährleisten, daß keine unnötigen Zeitverzögerungen bis zur vollständigen Inanspruchnahme der Genehmigungen entstehen:

1. Nach Eingang des Genehmigungsbescheides wird dieser unverzüglich an das betroffene Institut und an alle die Stellen in der KFA verteilt, die für die Sicherheit oder für die praktische Durchführung bestimmter Auflagen zuständig sind. Ein beigelegtes Anschreiben enthält bereits konkrete Hinweise auf diejenigen Auflagennummern, die in die Zuständigkeit des jeweiligen Adressaten fallen.

2. In einer kurzfristig einberufenen Besprechung wird mit den Beteiligten festgelegt, wer die praktische Erfüllung der Auflagen endgültig übernimmt. Für die Durchführung erforderlicher Arbeiten werden Termine gesetzt. Ferner wird beraten, ob alle Auflagen akzeptiert werden oder ob in Einzelfällen Widerspruch eingelegt werden soll.
Über die getroffenen Vereinbarungen wird vom Genehmigungssachbearbeiter ein Vermerk angefertigt, der allen Beteiligten zugestellt wird.
3. Die für die praktische Erfüllung der Auflagen zuständigen Abteilungen unterrichten den Betreiber (Strahlenschutzverantwortlichen) und die Koordinierungsstelle nach Beendigung der Arbeiten und stellen diesen alle Unterlagen zur Verfügung (Bescheinigungen, Gutachten, etc.).
4. Die Koordinierungsstelle teilt den Stand der Auflagenerfüllung nach Abstimmung mit dem Betreiber der Aufsichtsbehörde mit und beantragt erforderlichenfalls die Unbedenklichkeitsbescheinigung.

Diese Verfahrensweise wurde bereits in einigen Fällen praktiziert und hat sich bewährt.

Anmerkungen zur Abwicklung von Genehmigungsverfahren

Eine Analyse der in den letzten Jahren abgewickelten Genehmigungsverfahren macht deutlich, daß häufig von der Beantragung bis zur Erteilung der Genehmigung ein zu großer Zeitraum verstreicht und somit den Belangen und Erfordernissen einer Forschungseinrichtung, die in der Lage sein muß, kurzfristig und termingerecht an sie herangetragene Aufgaben durchzuführen, nicht genügend Rechnung getragen wird.

Darüber hinaus ist es unseres Erachtens nicht vertretbar, daß nachträgliche Änderungen der Betriebsstätte und der Umgangsart, die aufgrund gewonnener Erfahrungen notwendig werden und die die Sicherheit nicht beeinträchtigen, ja in vielen Fällen eine Verbesserung des bestehenden Zustandes darstellen, einer Nachtragsgenehmigung bedürfen, was wiederum Zeitverzögerungen im Ablauf von Forschungsvorhaben bedeuten kann.

Welche Konsequenzen sind aus diesen Erkenntnissen zu ziehen?

- Der Gesetzgeber weist zwar in § 1 des Atomgesetzes ausdrücklich darauf hin, daß es u.a. der Zweck des Gesetzes ist, die Erforschung, die Entwicklung und die Nutzung der Kernenergie zu friedlichen Zwecken zu fördern und sieht in § 10 des Atomgesetzes auch Ausnahmen vom Erfordernis der Genehmigung vor, doch ist die Rechtsverordnung, durch welche diese Ausnahmemöglichkeiten geregelt werden sollen, bis heute nicht erlassen worden. Deshalb sollte in der nächsten Zeit von Seiten der KFA in sinnvoller Auslegung dieses Gesetzes versucht werden, eine allgemein abgefaßte Umgangsgenehmigung zu erlangen, die unter Berücksichtigung aller Sicherheitsaspekte je nach Erfordernis in jedem Institut/Bereich eingesetzt werden kann.

- Es würde eine Genehmigung ausreichen, in welcher der Umgang bis zum 10^3 -fachen der Freigrenze genehmigt ist. Organisatorisch könnte sichergestellt werden, daß Art und Umfang des beabsichtigten Umgangs der Aufsichtsbehörde angezeigt wird.
- Änderungen der Betriebsstätte und des Umgangs, sollten ohne ausdrückliche Zustimmung der Behörde möglich sein, wenn sie im Einvernehmen und unter der Verantwortlichkeit der bestellten Strahlenschutzverantwortlichen, deren Zuverlässigkeit und Fachkunde nachgewiesen und von den Behörden jederzeit überprüfbar ist, durchgeführt werden. Eine Information des Gewerbeaufsichtsamtes müßte ausreichend sein. Einen entsprechenden Vorschlag werden wir ausarbeiten und demnächst mit Vertretern der Genehmigungs- und Aufsichtsbehörde diskutieren.

Deckungsvorsorge

Eine der Voraussetzungen für die Erteilung einer atomrechtlichen Genehmigung ist, daß vom Antragsteller die erforderliche Vorsorge für die Erfüllung gesetzlicher Schadensersatzverpflichtungen (Deckungsvorsorge) getroffen wird. Art, Umfang und Höhe der Deckungsvorsorge werden von der Genehmigungsbehörde bzw. der zuständigen Verwaltungsbehörde gemäß der Deckungsvorsorge-Verordnung festgesetzt. Im Regelfall ist die Deckungsvorsorge durch eine Haftpflichtversicherung zu erbringen. Für die KFA haben jedoch die Gesellschafter Bund und Land die entsprechenden Gewährleistungsverpflichtungen übernommen.

Damit von den Gesellschaftern die erforderlichen Deckungsvorsorgesummen im jeweils laufenden Haushaltsjahr bereitgestellt werden können, wird Anfang eines jeden Jahres eine Abschätzung der zu erwartenden Deckungssummen für das laufende und kommende Jahr von der ZST in Zusammenarbeit mit VA-JUS durchgeführt und den Gesellschaftern übergeben. Darüber hinaus sind vierteljährlich die tatsächlich angefallenen Deckungsvorsorgesummen zu ermitteln und Bund und Land mitzuteilen.

Für die Jahre 1970 bis 1973 wurden in Abb. 1.1/1 die erforderlichen Deckungsvorsorgesummen, aufgeschlüsselt nach Umgangs-, Aufbewahrungs-, Anlage- und Beförderungs-Genehmigungen, graphisch dargestellt. Aus der Graphik kann eine kontinuierliche, geringfügige Zunahme der Vorsorgesummen, die in Zusammenhang mit Umgangsmengen und Umgangsrisiko steht, entnommen werden.

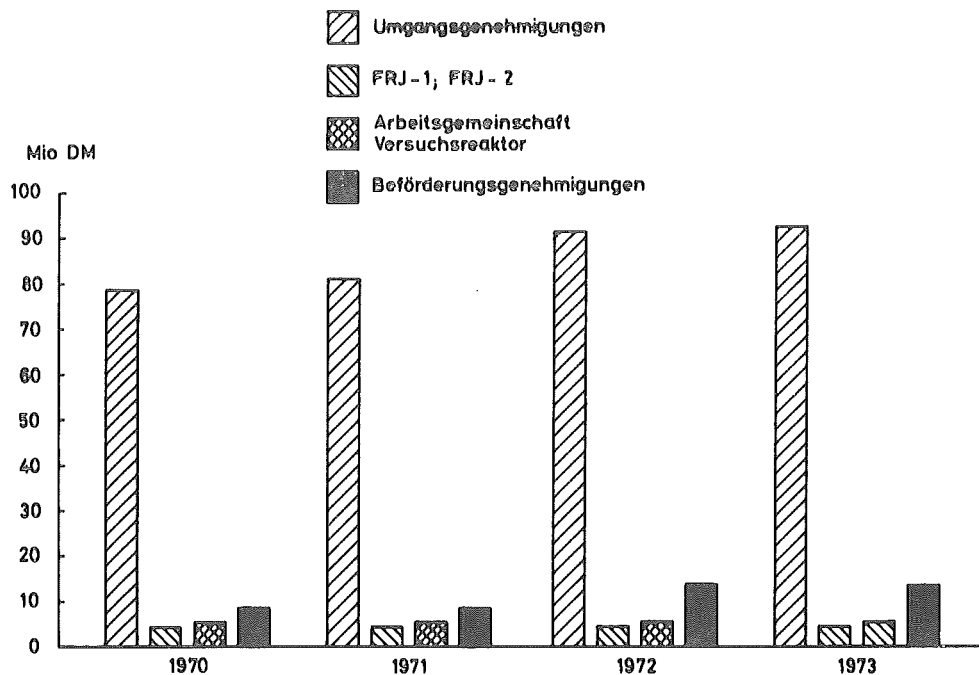


Abb. 1.1/1: Deckungsvorsorgesummen (in Mio DM) für die Jahre 1970 bis 1973

Ausnahmegenehmigungen

Die Erste Strahlenschutzverordnung trat zu einem Zeitpunkt in Kraft, zu dem auch im Ausland keine ausreichenden Erfahrungen in der Anwendung gesetzlicher Vorschriften auf dem Gebiete des Schutzes vor der schädigenden Wirkung ionisierender Strahlung vorlagen. Es mußte daher damit gerechnet werden, daß bei der Durchführung mancher Bestimmungen in der Praxis unvermeidbare, zu unnötigem strahlenschutztechnischem Aufwand führende Härten auftreten könnten. Aus diesem Grund wurde in der Verordnung an 12 Stellen (§ 13, Abs.3; § 18; § 22, Abs.3 und 4; § 27, Abs.2; § 34, Abs.3; § 35, Abs.3; § 36, Abs.4; § 42, Abs.2; § 46, Abs.3; § 48; § 49) vorgesehen, daß die zuständige Genehmigungs- oder Aufsichtsbehörde auf Antrag Ausnahmegenehmigungen erteilen kann, wenn dadurch Einzelne oder die Allgemeinheit nicht gefährdet werden.

Die Bemühungen der ZST, Erleichterungen bei der Anwendung gesetzlicher Vorschriften im Hinblick auf die Senkung des Aufwandes bei der Durchführung des Strahlenschutzes zu erreichen, wurden 1973 fortgesetzt.

Bei den zuständigen Behörden wurde beantragt, daß die Frist für die erneute ärztliche Untersuchung (§ 46, Abs.2 der 1.StrlSchV) die bereits in einer Ausnahmegenehmigung auf 1 Jahr, jedoch mit Einschränkungen verlängert wurde, auch für diejenigen Arbeitnehmer gilt, deren berufliche Strahlenbelastung 2/3 der nach der 1.StrlSchV zulässigen Werte übersteigt.

Die beiden 1972 beantragten Ausnahmegenehmigungen, die

1. die Verlängerung des Auswertezeitraumes für die Film-dosimeter und
2. die Nichtauswertung von Kernspurfilmern unter bestimmten Voraussetzungen

betrafen, wurden im Berichtszeitraum noch nicht erteilt. Uns liegen jedoch Informationen aus dem Ministerium vor, die besagen, daß Anfang des Jahres 1974 über unsere Anträge entschieden werden soll und damit zu rechnen ist, daß die Verlängerung des Auswertezeitraumes für Filmdosimeter abgelehnt und der Nichtauswertung von Kernspurfilmern zugestimmt wird. Eine Tabelle mit den bisher gültigen Ausnahmegenehmigungen wurde im Arbeitsbericht 1970 veröffentlicht (Jül-787-ST; S. 117).

1.1.2 Bestellung von Strahlenschutzverantwortlichen

Nach § 20, Abs.1 Nr.2 der Ersten Strahlenschutzverordnung sind für die Leitung oder Beaufsichtigung des Umgangs mit Kernbrennstoffen und sonstigen radioaktiven Stoffen Strahlenschutzverantwortliche zu bestellen. Voraussetzung sind Zuverlässigkeit, Strahlenschutzfachkunde und Entscheidungsbefugnis. Im Berichtsjahr wurden insgesamt 66 Mitarbeiter mit der Strahlenschutzverantwortlichkeit betraut. In 21 Fällen handelte es sich um Neubestellungen und in 45 Fällen um Wiederbestellungen, die aufgrund organisatorischer und/oder räumlicher Änderungen im Institut/Bereich erforderlich waren.

Die Bestellungen wurden der Aufsichtsbehörde angezeigt. Der Anzeige ist eine Bestellungsurkunde beigelegt, der Umfang und räumliche Abgrenzung der Zuständigkeit und Verantwortlichkeit zu entnehmen ist.

Zur Zeit sind in den Instituten und Abteilungen der KFA bestellt:

- 21 Institutsleiter (A-Strahlenschutzverantwortliche)
- 25 Ständige Vertreter der Institutsleiter/des Abteilungsleiters in Strahlenschutzangelegenheiten (B-Strahlenschutzverantwortlicher)
- 61 Bereichsstrahlenschutzverantwortliche (C-Strahlenschutzverantwortlicher)

Jede dieser Bestellungen erfolgte gemäß der im Jahre 1972 in Kraft getretenen KFA-internen Neuordnung des Strahlenschutzes auf der Basis eines Organisationsschemas des Strahlenschutzes im jeweiligen Bereich/Institut mit Angaben der Aufgaben und Aufgabenabgrenzung der verschiedenen SSV sowie der vorgesehenen Zuordnung und Aufgabenstellung des strahlenschutztechnischen Personals.

1.1.3 Meldung "beruflich strahlenexponierter Personen"

Alle Mitarbeiter, die gemäß § 24 Abs. 1 der Ersten Strahlenschutzverordnung als "beruflich strahlenexponierte Personen" zu betrachten sind, müssen zu jeder Genehmigung, in deren Rahmen sie tätig sind, der Aufsichtsbehörde als "sonst tätige Personen" gemeldet werden; d.h. ein Mitarbeiter, der aufgrund verschiedener Genehmigungen tätig ist, muß zu jeder dieser Genehmigungen benannt werden.

Im Berichtsjahr waren aus diesem Grund 260 Meldungen an die Aufsichtsbehörde erforderlich.

1.1.4 Einführung der neuen Röntgenverordnung (RÖV) in der KFA

- Allgemeines

Mit Wirkung vom 1. September 1973 ist in der Bundesrepublik Deutschland die neue Röntgenverordnung (Verordnung über den Schutz vor Schäden durch Röntgenstrahlen - Röntgenverordnung - RÖV) vom 1. März 1973 in Kraft getreten. Sie hat die Verordnung zum Schutze gegen Schädigungen durch Röntgenstrahlen in nichtmedizinischen Betrieben vom 7. Februar 1941 ersetzt. Die neue Röntgenverordnung bringt für den Betreiber von Röntgeneinrichtungen oder Störstrahlern eine Reihe von Verpflichtungen mit sich, die neben verschärften Überwachungsbestimmungen ein umfangreiches Genehmigungs- und Anzeigeverfahren für den Betrieb von Röntgeneinrichtungen und Störstrahlern vorsehen.

Auf einige wesentliche Grundzüge der Verordnung soll im folgenden kurz eingegangen werden. Die Verordnung sieht grundsätzlich einen Genehmigungsvorbehalt für den Betrieb von Röntgeneinrichtungen und Störstrahlern vor. Daneben ist jedoch ein für die Praxis als Regelfall gedachte Anzeigeverfahren vorgesehen, das unter bestimmten Voraussetzungen an Stelle des Genehmigungsverfahrens treten kann. - Der Weiterbetrieb von Anlagen, die vor Inkrafttreten der Röntgenverordnung (RÖV) betrieben wurden, ist ausführlich geregelt.

- Generell gilt, daß der Betrieb der anzeigepflichtigen Anlagen (Röntgeneinrichtung zur Anwendung auf den lebenden Menschen oder auf Tiere, sonstige Röntgeneinrichtungen, wenn der Röntgenstrahler nach bisher geltendem Recht der Bauart nach zugelassen ist, sowie Störstrahler, welche mit einer Spannung von mehr als 20 KV betrieben werden) innerhalb von sechs Monaten nach Inkrafttreten der Verordnung anzuzeigen sind.

- Sollen genehmigungspflichtige Röntgeneinrichtungen weiterbetrieben werden (Röntgeneinrichtungen die nicht bauartgeprüft sind), so ist innerhalb von sechs Monaten ein entsprechender Antrag zu stellen. - Die Verantwortlichkeiten sind ähnlich wie in der 1.StrlSchV geregelt.

Grundsätzlich ist der Betreiber (hier KFA vertreten durch GF) einer Röntgeneinrichtung oder eines genehmigungsbedürftigen Störstrahlers für den Strahlenschutz verantwortlich. Daneben sind alle mit der Leitung oder Beaufsichtigung des Betriebes bestellten Personen für den Strahlenschutz verantwortlich. Ihre Bestellung hat der Betreiber zusammen mit dem Nachweis der erforderlichen Fachkunde des Bestellten und Angabe ihres innerbetrieblichen Entscheidungsbereichs der zuständigen Behörde anzuzeigen. Ferner müssen die sonst tätigen Personen die notwendigen Strahlenschutzkenntnisse besitzen.

Diese generellen Forderungen werden als Voraussetzung für die Inbetriebnahme bzw. für den Weiterbetrieb der genehmigungs- oder anzeigepflichtigen Anlagen erhoben.

- Die allgemeinen Schutzmaßnahmen (Personenüberwachung, Einrichtung von Kontroll- und Überwachungsbereichen, Ortsdosismessungen, Schutzkleidung, Belehrung, ärztliche Überwachung etc.) sind weitgehend der 1.StrlSchV entnommen. An die Fachkunde der zu bestellenden SSV werden verschärfte Anforderungen gestellt. Vermutlich wird der Fachkundenachweis nur durch den Nachweis der Teilnahme an einem speziellen Strahlenschutzkursus zu erbringen sein.

- Notwendige Maßnahmen bei der Anwendung der RÖV in der KFA

Die Zentralabteilung Strahlenschutz wurde von der Geschäftsführung mit der Einführung und anschließenden Überwachung und Kontrolle der Einhaltung der RÖV beauftragt.

Im Folgenden wird versucht, einen Katalog zusammenzustellen, aus dem der Umfang der Aufgaben hervorgeht, der bei der Erstanwendung der RÖV in der KFA wahrzunehmen war,

1. Beschaffung von Textvorlagen der RÖV
2. Erstellung eines "Erhebungsformulars" zur Erfassung der Röntgeneinrichtungen und Störstrahlern die beim Inkrafttreten der neuen Röntgenverordnung am 1. September 1973 in den Instituten und Gemeinschaftseinrichtungen der KFA betrieben wurden.
3. Entwurf eines GF-Rundschreibens an die Leiter der Institute und Gemeinschaftsanlagen, in dem diese über den wesentlichen Umfang der neuen Röntgenverordnung und über die sich daraus ergebenden Verpflichtungen unterrichtet wurden.
4. Erstellung eines Formulars zur Anmeldung/Genehmigung von Röntgeneinrichtungen und Störstrahlern, die bei Inkrafttreten der Röntgenverordnung betrieben wurden. In dem Anmeldeformular wurden in Anlehnung an Anlage III der Röntgenverordnung ein Fragenkatalog von 20 Punkten aufgenommen, der neben den technischen Details der anzumeldenden Einrichtungen auch Angaben über die Verantwortlichen für die Leitung und Beaufsichtigung des Betriebs zu bestellenden Personen sowie über deren innerbetrieblichen Entscheidungsbereich enthält.

Die Auswertung der Anmeldeformulare erfolgte in enger Zusammenarbeit mit den in Frage kommenden Instituten und Gemeinschaftseinrichtungen der KFA. Die überwiegende Mehrzahl der Röntgeneinrichtungen und Störstrahler wurde von der ZST einer Abschirmüberprüfung unterzogen, um entsprechende Angaben über den Strahlenschutz bei der Anmeldung machen zu können.

5. Um den Instituten und Gemeinschaftseinrichtungen der KFA bei der Aufstellung eines "Organisationsschemas des Strahlenschutzes nach der Röntgenverordnung" die Arbeit zu erleichtern, wurde ein Formular entworfen, in dem neben den Verantwortlichen und deren Vertretern der innerbetriebliche Entscheidungsbereich sowie die räumlichen Zuständigkeiten übersichtlich eingetragen werden konnten. Um für sämtliche KFA-Einrichtungen eine einheitliche Abgrenzung der allgemeinen Zuständigkeiten und Verantwortlichkeiten den Strahlenschutzverantwortlichen untereinander zu erreichen, wurde in Absprache mit der GF für die einzelnen Strahlenschutzverantwortlichen (A, B und C-SSV) eine Regelung ausgearbeitet, in der die Kompetenzen der SSV untereinander klar definiert wurden.

- Abgrenzung der allgemeinen Zuständigkeiten und Verantwortlichkeiten der Strahlenschutzverantwortlichen untereinander

A-SSV

Der Bestellte hat dafür zu sorgen, daß die gesetzlichen und innerbetrieblichen Vorschriften in seinem/er Inst./Abt./Bereich eingehalten werden.

In seine Zuständigkeit und Verantwortlichkeit fällt insbesondere:

- für eine zweckmäßige Organisation des Strahlenschutzes und eine ausreichende Qualifikation des Personals zu sorgen
- die für den Strahlenschutz erforderlichen Mittel für Betriebs- und Schutzzeineinrichtungen bereitzustellen
- eine laufende Überwachung aller sonst tätigen Personen sowie aller Arbeiten in strahlenschutzmäßiger Hinsicht sicherzustellen.

Der Bestellte hat im Rahmen seiner Zuständigkeit und Verantwortlichkeit Weisungsrecht.

B-SSV

Der Bestellte hat dafür zu sorgen, daß die gesetzlichen und innerbetrieblichen Vorschriften in seinem/er Inst./Abt./Bereich eingehalten werden.

In seine Zuständigkeit und Verantwortlichkeit fällt insbesondere:

- Auswahl und Beschaffung der notwendigen Strahlenschutzzeineinrichtungen
- der Einsatz und die Beaufsichtigung des Strahlenschutzpersonals
- die Überwachung aller Arbeiten in strahlenschutzmäßiger Hinsicht
- die Wahrnehmung aller administrativen zentralen Strahlenschutzaufgaben

Der Bestellte hat im Rahmen seiner Zuständigkeit und Verantwortlichkeit Weisungsrecht.

Der Bestellte ist den Geschäftsführern der KFA als den gesetzlichen Strahlenschutzverantwortlichen sowie dem Instituts- bzw. Abteilungsleiter verantwortlich.

C-SSV

Der Bestellte hat dafür zu sorgen, daß die gesetzlichen und innerbetrieblichen Vorschriften in seinem/er Inst./Abt./Bereich eingehalten werden.

In seine Zuständigkeit und Verantwortlichkeit fällt insbesondere:

- die Einweisung und Beaufsichtigung sonst tätiger Personen
- einen sicheren Betrieb der Anlage/n in strahlenschutzmäßiger Hinsicht zu gewährleisten.

Der Bestellte hat im Rahmen seiner Zuständigkeit und Verantwortlichkeit Weisungsrecht.

Der Bestellte ist den Geschäftsführern der KFA als den gesetzlichen Strahlenschutzverantwortlichen sowie dem Instituts- bzw. Abteilungsleiter verantwortlich.

Nach der in Tabelle 1.1/3 gezeigten Aufstellung wurden in der KFA am 1. September 1973 38 Röntgeneinrichtungen und 37 Störstrahler betrieben, die der zuständigen Behörde bis zum 28. Februar 1974 anzuzeigen sind.

1.1.5 Anzeigen und Buchführung

Die Pflicht zur Erfassung und Meldung aller Kernbrennstoffe, Ausgangsstoffe und sonstiger Stoffe ergibt sich aus § 13 der 1.StrlSchV und der EURATOM-Verordnung Nr. 8. Daraus resultieren die nachfolgend genannten Aufgaben:

Erfassung

- Alle Ausgangsstoffe und besondere spaltbare Stoffe in der Kernforschungsanlage
- sonstige radioaktive Stoffe (nach offenen, umschlossenen und erzeugten Stoffen)

Überwachung der Genehmigungsvoraussetzungen

- Umgang
- Aufbewahrung
- Beförderung

Kontrolle

- der Überwachungspflichtigen Stoffe durch Behörden in den einzelnen Instituten und Abteilungen
- der Buchführung, Buchführungsbelege und Meldungen der einzelnen Institute und Abteilungen

Tabelle 1.1/3

Zusammenstellung der anmeldepflichtigen Röntgeneinrichtungen
und Störstrahler in den Instituten und Gemeinschaftseinrichtungen
die nach dem Inkrafttreten der Röntgenverordnung am 1. Sept. 1973
in der KFA betrieben wurden

Institut:	Raum-Nr.:	Bezeichnung der Röntgeneinrichtung (R) des Störstrahlers (S):
IPC	2.216	Feinstrukturanlage Isodebyeflex (R)
IPC	2 E 05	Elektronenmikroskop IFM 100 B (S)
INC (IPC)	3017	Massenseparator (S)
INC (IPC)	3108	Isodebyeflex 2000 (R)
IPC	ges.Inst.	Oscilloscope Tektronix 7704 (S)
IPC	1 E 04	Gepulster Elektronenbeschleuniger, 2fach (S)
INC	305	Kristalloflex 4 (R)
INC	306	AEG-Topfanode (R)
INC	426	Diffractis 601 (R)
INC	426	Kristalloflex 4, 2fach (R)
ICT (VE)	32	Sequenz Röntgenspektrometer (R)
IRE	139/140	Externer Röntgenstrahler zum (R)
IRE	139/140	Pexitron 846 (S)
IRE	Kalte Halle	Röntgenanlage Seifert/Siemens (R)
IRE	Kalte Halle	Experiment "Dichter Plasma Fokus (S)
IRE	Kalte Halle	Jülich I" (S)
IRE	Kalte Halle	Experiment "Dichter Plasma Fokus (S)
IRE	Kalte Halle	Jülich II" (S)
IEB (IBO)	40	MG 150 (R)
IEB (IBO)	11	MG 150 (R)
IEB (IBO)	9	Elektronenmikroskop "Elmiskop I" (S)
ZEL	ges.Inst.	Oscilloscope Tektronix 7904 (S)
ZEL	ges.Inst.	Oscilloscope Tektronix 7704, 9fach (S)
ZEL	ges.Inst.	Oscillar M 214; 2fach (S)
INB	14	Elektronenmikroskop EM 9 (S)
IKP	Südhalle des Zyklotrongeb.	400 kV-Beschleuniger (S)
IKP	"	30 kV-Ionenbeschleuniger (S)
IKP	029	Labor-Prüfstand (Eigenbau mit Hochspannungsgeräten) (S)
IKP	208	Ionen-Implantationsgerät (S)
ZAT	304	Röntgeneinrichtung Äquivolt (R)
ZAT	304	Materialuntersuchungsgerät MG 300 (R)
ZAT	Halle ZAT	Elektronenschweißanlage ESW-700 (S)
ZAT	Halle ZAT	Elektronenschweißanlage Heraeus (S)
TD (MW)	Hauptwerkstatt	Seifert-Isovolt-Industrie-Röntgenanlage 300 (R)
ZAC	023	Philips PW 1310 (R)
ZAC	023	Philips PW 1540/10 (R)
ZAC	024	Philips PW 1410 (R)
ZAC	021	SM 1-B/F Funken Ionenquelle für Massenspektrometer (S)
ZST	Bestrahlungsstand	Isovolt 300 (R)
ITP	44	Philips Mikro 1011 (R)
ITP	29	EMX-SM 67 (S)
IPP	03	Kristalloflex 4 (R)
IPP	15	Elektronenstrahlkanone (S)
IPP	15	Elektronenstrahlkanone (S)
IPF	30	Philips Mikro; 4fach (R)
IPF	25a	Philips Mikro (R)
IPF	29	Siemens/Telefunken (R)
IPF	92	Elektronenmikroskop (S)
IPF	73	Drehanodenröhre, RU-3L (R)
IPF	73	AEG/Telefunken-Ortel (R)
IPF	Exp.Halle	3 MeV-Van-de-Graaff-Elektronenbeschleuniger (S)
IME	156	Elektronenmikroskop (S)
IME	244	Med.Röntgeneinrichtung (Müller) (R)
HZ	280	Elektronenrastermikroskop (S)
HZ	BZL-129	Philips Mikro 111 (R)
IRW	31	Elektronenmikroskop (S)
IRW	39c	Canesa MS-46 (S)
IRW	155	Philips Mikro PW 1130 (R)
IRW	36	Philips Mikro PW 1130 (R)
IRW	37a	Philips Mikro PW 1130 (R)
IRW	52a	Philips Mikro PW 111; 2fach (R)
IRW	155	Philips Mikro PW 111 (R)
IRW	37a	Philips Mikro PW 111 (R)

Meldungen

Aus den Unterlagen der Buchführung wurden im Berichtsjahr folgende Meldungen und Anzeigen an die zuständigen Behörden erstellt:

a) Generaldirektion Energie und Überwachung der Sicherheit EURATOM,
Luxemburg

Sofortberichte	Über Ein- und Ausfuhr von Überwachungspflichtigen Stoffen der Gemeinschaft im Verkehr mit Drittländern (nach Verordnung Nr. 8 der EURATOM-Kommission)
monatlich	Über besondere spaltbare Stoffe und Ausgangsstoffe (nach Verordnung Nr. 8 der EURATOM-Kommission)
jährlich	Über Schwerwasser (Anordnung der EURATOM-Kommission)

b) Bundesamt für Gewerbliche Wirtschaft, Frankfurt

Sofortberichte	Über die Ein- und Ausfuhr von Überwachungspflichtigen Stoffen der Gemeinschaft im Verkehr mit Drittländern
monatlich	Über besondere spaltbare Stoffe und Ausgangsstoffe (nach Verordnung Nr. 8 der EURATOM-Kommission)

c) Minister für Arbeit, Gesundheit und Soziales des Landes NW

Sofortberichte	Über die Ein- und Ausfuhr von Überwachungspflichtigen Stoffen der Gemeinschaft im Verkehr mit Drittländern
monatlich	Über besondere spaltbare Stoffe und Ausgangsstoffe (nach Verordnung Nr. 8 der EURATOM-Kommission)
monatlich	Über den Erwerb und die Abgabe radioaktiver Stoffe der Institute und Abteilungen für die der Minister Aufsichtsbehörde ist
monatlich	Über die Erzeugung radioaktiver Stoffe
jährlich	Über den Bestand an radioaktiven Stoffen mit Halbwertszeiten von mehr als 100 Tagen für die Institute, für die der MAGS Aufsichtsbehörde ist

d) Gewerbeaufsichtsamt Aachen

monatlich	Über den Erwerb und die Abgabe radioaktiver Stoffe der Institute, für die das GAA Aufsichtsbehörde ist
jährlich	Über den Bestand an radioaktiven Stoffen mit Halbwertszeiten von mehr als 100 Tagen.

Inspektionen

Aufgrund der Artikel 81 und 82 des Vertrages zur Gründung der Europäischen Atomgemeinschaft wurden folgende Anlagen/Stoffe einer Kontrolle durch die Generaldirektion Energie- und Überwachung der Sicherheit, EURATOM Luxemburg unterzogen:

Incore-Thermionik Reaktor und
Kritisches Experiment mit 20 000
BE-Kugeln.

Für die Erstellung einheitlicher Berichte und Meldungen hat die Betriebsüberwachung nachfolgende Formblätter entwickelt, deren Benutzung für alle Institute und Gemeinschaftseinrichtungen obligatorisch ist.

- | | |
|---|--|
| a) Wareneingangs- Waren-
ausgangsmeldung | Buchführungsbeleg für alle externen Bewegungen
radioaktiver Stoffe |
| b) Transportbegleitschein | Buchführungsbeleg für alle internen Bewegungen
radioaktiver Stoffe |
| c) Bestands- und
Bewegungsverzeichnisse | für die Meldung der Überwachungspflichtigen
Stoffe gemäß Verordnung Nr. 8 an EURATOM. |

- Anzeige über Gewinnung, Erzeugung, Erwerb und Abgabe radioaktiver Stoffe innerhalb eines Monats unter Angabe von Art und Menge an die Aufsichtsbehörde und Buchführung über diese Stoffe

Um der Anzeige- und Buchführungspflicht nachkommen zu können, ist die korrekte Erfassung aller Zu- und Abgänge sowie aller Bewegungen radioaktiver Stoffe innerhalb der KFA unerlässlich. Außerdem sind jeweils exakte Kenntnisse über Nuklid, Menge oder Aktivität, Empfänger, Absender, Umgangsgenehmigungen usw. erforderlich.

Ein im Jahre 1971 neu eingeführter Transportbegleitschein für interne und externe Bewegungen radioaktiver Stoffe, dessen Benutzung im Jahre 1972 für alle Institute und gemeinsamen Einrichtungen vorgeschrieben wurde, und entsprechende zusätzliche organisatorische Maßnahmen ermöglichen es nun, alle für die Buchführung notwendigen Angaben gleich nach Beendigung des Beförderungsvorgangs zentral zu erfassen und auszuwerten. Schwierigkeiten beim Ausfüllen bzw. beim Auswerten dieser Begleitscheine treten allerdings dann häufig auf, wenn es sich bei den beförderten Stoffen um Nuklidgemische

unbekannter Zusammensetzung handelt. Aus diesem Grunde wurden in die Buchführung zusätzlich die nachfolgend genannten Stoffe aufgenommen:

Stoffart	$T_{1/2}(d)$	FG
Mock-Jod	3.9081E+03	1.0000E-04
Biol.Probe	1.0000E-02	1.0000E-03
Bestr.Proben	1.0000E+50	1.0000E-04
Bestr.Stahl	1.9230E+03	1.0000E-03
Bestr.Grafit	1.0950E+04	1.0000E-03
Spurenelem.	1.0000E+50	1.0000E-04
Spaltpr.	1.0000E+02	2.0000E-03
Eichpr.	3.6524E+04	1.0000E-04
BE Proben	1.0000E+50	1.0000E-04
Versch.	1.0000E+51	1.0000E-04
Sonstige	1.0000E+50	1.0000E-04

Dabei zeigte sich dann wiederum, wie schwierig es ist, diesen Gemischen eine tatsächliche Halbwertszeit zuzuordnen. Werden zu lange Halbwertszeiten (z.B. für bestrahlten Stahl die von Co 60) angenommen, so werden dadurch zu große Bestände vorgetäuscht, was u.U. zu einer nominellen Überschreitung der genehmigten Umgangsmenge führen kann.

Darum ist es u.E. erforderlich, mit den zuständigen Landes- und Bundesbehörden zu einer einheitlichen Regelung hinsichtlich der Festlegung von Halbwertszeiten für die häufigsten Nuklidgemische, insbesondere für Spaltproduktgemische, zu kommen.

Die mit Hilfe des Transportbegleitscheines gewonnenen Informationen werden auf Lochkarten gestanzt, die auf der Großrechenanlage verarbeitet werden. Kopien der so erzeugten Meldung werden monatlich der Aufsichtsbehörde und dem zuständigen Strahlenschutzverantwortlichen des jeweiligen Instituts zugestellt. Die Zentralabteilung Strahlenschutz und der Strahlenschutzverantwortliche sind verpflichtet, eine Überprüfung der Angaben vorzunehmen, damit erforderlichenfalls rechtzeitig eine Korrektur erfolgen kann.

Zur Erfüllung der Anzeigepflicht wurden verschickt:

449 Anzeigen mit 5855 Buchungen des Zu- und Abgangs von radioaktiven Stoffen an das Staatliche Gewerbeaufsichtsamt Aachen (GAA)

23 Meldungen mit 426 Anzeigen über 2850 Bestrahlungen zur Erzeugung radioaktiver Stoffe an den Minister für Arbeit, Gesundheit und Soziales (MAGS).

- Meldungen des Bestandes an radioaktiven Stoffen mit Halbwertszeiten von mehr als 100 Tagen am Ende jeden Kalenderjahres innerhalb eines Monats an die Aufsichtsbehörde

Die nach § 13, Abs.1, Nr. 3 geforderte Meldung des Gesamtbestandes an radioaktiven Stoffen zum Jahresende wird auf der Basis der Vorjahresmeldung unter Berücksichtigung der monatlichen Zu- und Abgangsanzeigen erstellt.

Neben dieser Jahresmeldung werden seit Mitte des Berichtsjahres auch regelmäßig sog. monatliche Bestandsmeldungen erstellt. Anhand dieser Meldungen, die jetzt auch den Instituten und dem Gewerbeaufsichtsamt zur Verfügung stehen, kann von uns u.a. schon bei Eingang der Kopie einer Bestellanforderung geprüft werden, ob die auf eine bestimmte Genehmigung gemeldeten Mengen bzw. Aktivitäten auch tatsächlich durch die angegebene Genehmigung noch gedeckt sind. Ferner können Fehler bei der Buchführung schneller aufgedeckt und korrigiert werden, wenn die Institute die Aufforderung ernst nehmen, die Bestandsmeldungen sofort zu überprüfen um ggf. festgestellte Unstimmigkeiten der ZST mitzuteilen.

Einen Überblick über die Entwicklung des Bestandes an Kernbrennstoffen und sonstigen radioaktiven Stoffen in den letzten Jahren gibt Tabelle 1.1/4.

Tabelle 1.1/4
Bestand an Kernbrennstoffen, Ausgangsstoffen
und sonstigen radioaktiven Stoffen

	bes.spaltb. Stoffe (kg)	Ausgangs- stoffe (kg)	sonst.radioakt.Stoffe offen (Ci)	umschl. (Ci)
1961	-	-	2,6	19,3
1962	-	-	10	2222
1963	-	6,4	40	2022
1964	-	17,1	222	1985
1965	-	33,4	668	1939
1966	20	55,2	6944	1981
1967	34	70	2177	2874
1968	16,2	323	2212	2232
1969	16,2	340,8	20536	8643
1970	22,6	449,8	8673	7808
1971	42,8	921	14090	7040
1972	73	1246	17966	8319
1973*	72,9	938,3	1496420*	9332

* Der sprunghafte Anstieg ist bedingt durch den Beginn der Einlagerung von AVR-Brennelement-Kugeln im Wasserbecken der Heißen Zellen (Spaltprodukte)

In diesem Zusammenhang soll noch auf folgende Neuerung in den Bestandsverzeichnissen hingewiesen werden:

Neben der schon lange üblichen getrennten Zusammenfassung der sonstigen radioaktiven Stoffe nach solchen mit Halbwertszeiten größer und kleiner 100 Tagen werden jetzt auch darüber hinaus die Nuklidgemische gesondert zusammengefaßt (Tabelle 1.1/5).

Dadurch wurde deutlich, daß der Anteil der nicht spezifischen Nuklide ca. 99 % des Gesamtbestandes ausmacht und dieser Anteil fast ausschließlich auf die Spaltprodukte zurückzuführen ist.

Tabelle 1.1/5
Gesonderte Zusammenfassung der Nuklidgemische

Stoffart	umschlossene Stoffe		offene Stoffe	
	Aktivität (mCi)	Vielfache d.Freigr.	Aktivität (mCi)	Vielfache d.Freigr.
Summe Nuklide	9.33242E+06	1.17216E+09	2.39002E+06	7.74574E+09
> Summe Nuklide	9.33242E+06	1.17215E+09	1.18303E+06	7.62432E+09
Spaltpr.	-	-	1.49324E+09	7.46622E+11
Summe Stoffe	9.13698E-04	9.13698E+00	1.49403E+09	7.54144E+11
> Summe Stoffe	9.13698E-04	9.13698E+00	7.89717E+05	7.52215E+09
Summe Nuklide/Stoffe	9.33242E+06	1.17216E+09	1.49642E+09	7.61890E+11
> Summe Nuklide/Stoffe	9.33242E+06	1.17215E+09	1.97275E+06	1.51465E+10

> bedeutet $T_{1/2}$ größer als 100 d

In Erfüllung der Meldepflicht wurden verschickt:

- 1 Meldung über den Bestand an radioaktiven Stoffen mit Halbwertszeiten von mehr als 100 Tagen an das Gewerbeaufsichtsamt Aachen
- 1 Meldung über den Bestand an radioaktiven Stoffen in den Heißen Zellen von mehr als 100 Tagen an den Minister für Arbeit, Gesundheit und Soziales
- 4 Meldungen über den Zugang von radioaktiven Abfällen ins Abfallager der DE an das Gewerbeaufsichtsamt Aachen.

- Meldung über Bestand, Ein- und Ausfuhr sowie Verluste der besonderen spaltbaren Stoffe und Ausgangsstoffe und Meldung der Ausfuhr dieser Stoffe aus der Gemeinschaft, bzw. deren Einfuhr in die Gemeinschaft (EURATOM)

Diese Meldungen sollen die Europäische Atomgemeinschaft in die Lage versetzen, sich

über Menge und Art der Überwachungspflichtigen Stoffe, die in der Gemeinschaft tatsächlich vorhanden sind

über den Ort, an dem sie sich befinden sowie

über ihre Übertragung

zu unterrichten.

Die Verpflichtungen, die sich für die KFA aus der EURATOM-Verordnung Nr. 8 ergeben, werden zentral von der ZST wahrgenommen.

Dazu sind der ZST von den Verwendern von Überwachungspflichtigen Stoffen bis zum 5. jeden Monats

- a) der Bestand der besonderen spaltbaren Stoffe und Ausgangsstoffe am letzten Tag des Vormonats und
- b) alle Zugänge und Abgänge sowie Verluste dieser Stoffe während des Berichtsmonats

zu melden.

Die Angaben müssen getrennt nach Anlagen-Nummern, Abkommen und Stoffart und bei angereichertem Uran zusätzlich sortiert nach Anreicherungsgraden erfolgen.

Nach Einführung der Transportbegleitscheine (1971) und Anlage eines Journals, in das alle Bewegungen radioaktiver Stoffe in chronologischer Reihenfolge eingetragen werden (1972), waren die Voraussetzungen gegeben, ein Karteisystem einzurichten, welches die ZST in die Lage versetzt,

- 1. unabhängig von den Meldungen der Institute und gemeinsamen Einrichtungen die EURATOM-Meldung zu erstellen und
- 2. jederzeit ablesbar Auskunft über den Bestand an besonderen spaltbaren Stoffen und Ausgangsstoffen in der KFA, getrennt nach Anlagen-Nummer, Abkommen und Stoffart zu geben (Abb. 1.1/2).

Ebenso kann für jedes einzelne Institut der Bestand an Überwachungspflichtigen Stoffen angegeben werden, wobei für angereichertes Uran der Bestand wiederum nach den verschiedenen Anreicherungsgraden aufgeschlüsselt ist. (Abb. 1.1/3)

Nach einer Übergangszeit, die wir dazu benutzen, die mit der Einführung eines neuen Systems verbundenen Anfangsschwierigkeiten zu überwinden und nach Bewährung des Karteisystems, sollen im Laufe des Jahres 1974 die von den Instituten weiterhin zu erstellenden Bestands- und Bewegungsverzeichnisse nur noch dazu verwendet werden, um unsere Angaben des Karteisystems auf Übereinstimmung zu prüfen. Erforderlichenfalls werden Korrekturen und Rücksprache mit dem für die Meldung zuständigen SSV vorgenommen und dann die Gesamtmeldung der KFA für EURATOM erstellt.

Zur Erfüllung der Verpflichtungen gemäß EURATOM-Verordnung Nr. 8 wurden
versandt:

12 Meldungen über den Bestand, die Ein- und Ausfuhr sowie die Verluste der besonderen spaltbaren Stoffe und Ausgangsstoffe an die Europäische Atomgemeinschaft, Direktion für Sicherheit und Eigentum in Luxemburg mit Kopien an das Bundesamt für Gewerbliche Wirtschaft in Frankfurt/Main und den Minister für Arbeit, Gesundheit und Soziales

32 Meldungen über die Ausfuhr von besonderen spaltbaren Stoffen und Ausgangsstoffen aus der Gemeinschaft bzw. Einfuhr dieser Stoffe in die Gemeinschaft an EURATOM-Luxemburg.

(H. Gellissen, H. Löhrer, J. Schillings)

Abb. 1.1/2: Institutskarte; Bestand und Bewegungen Überwachungs-
pflichtiger Stoffe

Anmerkung zu Abb. 1.1/2: Für U 233 wurden zwei Spalten vorgesehen, um buchführungsmäßig folgende Unterscheidungen vornehmen zu können: U 233 in Verbindung mit anderen Uran-Isotopen; U 233 abgetrennt von anderen Uran-Isotopen

Abb. 1.1/3: Bestands- und Bewegungsverzeichnis für besondere spaltbare Stoffe und Ausgangsstoffe

1.2 Überwachung der praktischen Durchführung des Strahlenschutzes

D. Buhr, H. Krug, W. Schäfer, F. Schirmer, K. Schneider

1.2.1 Allgemeines

Durch die neue Organisationsform des KFA-internen Strahlenschutzes, die Anfang 1972 in Kraft getreten ist, wurde eine klare Trennung zwischen Strahlenschutzverantwortlichkeit und -überwachung erreicht.

Nach dieser Organisationsform sind die bestellten SSV in den Instituten für die Durchführung des Strahlenschutzes verantwortlich. Die Überwachung der sachgemäßen Durchführung hingegen obliegt gemäß GF-Rundschreiben Nr. 49/71 der Abteilung Sicherheitsbeauftragter und der ZST. Innerhalb der ZST wird diese Aufgabe in erster Linie von den Strahlenschutzbeauftragten wahrgenommen.

Ihre Tätigkeit ist in den von der ZST aufgestellten Durchführungsrichtlinien zur Institutsüberwachung niedergelegt. (Zu den Tätigkeiten gehören u.a. die Überprüfung der Umgangsorte und des administrativen Strahlenschutzes; Beratung der SSV in Fragen des praktischen Strahlenschutzes und bei der Anwendung von Gesetzen, Verordnungen und der KFA-internen Strahlenschutzordnung; Kontrolle der Erfüllung und Einhaltung von Genehmigungsaufgaben; Meßhilfe bei speziellen Meßaufgaben.) Durch Beratung und Hilfen bei den Strahlenschutzverwaltungs- und strahlenschutztechnischen Fragen der SSV ist erreicht worden, daß der Überwachung der Charakter des "Schnüffellollens" genommen wurde.

1.2.2 Durchführung der Institutsüberwachung

1. Häufigkeit der Inspektionen

Umfang und Häufigkeit der Inspektionen sind u.a. abhängig von der Umgangsmenge, der Anzahl der Personen, die Umgang haben, sowie von dem abgeschätzten Umgangsrisiko. Einen Überblick gibt Tabelle 1.2/1.

Tabelle 1.2/1
Umfang und Häufigkeit der Instituts-Überwachungen
(Inspektionen)

Turnus	Institut												
	Federführender Strahlenschutzbeauftragter *)												
monatlich	IRW	IPC	INC	ZAC	ICT/ VE	ICT/ INC	CZ	IME	ZIR	BZ	HZ	IFF	TD- DE
	1	2	2	2	2	2	2	3	1	3	3	2	1
zweimonatlich	IRE	IRB	IKP										
	1	4	4										
vierteljährlich	IBO	INB	ARA	ZFR	ZEL	ZST							
	1	3	3	4	1	4							

*) Die vier in der ZST tätigen Strahlenschutzbeauftragten werden in der Tabelle mit den laufenden Ziffern 1 bis 4 bezeichnet.

Darüber hinaus werden ITP, IPP, EM-MAT und VA-BAS im Bedarfsfall beratend von den Strahlenschutzbeauftragten unterstützt.

2. Praktische Durchführung

In Ergänzung der im Arbeitsbericht 1972 (Jül-952-ST, 1973) ausführlich beschriebenen praktischen Durchführung wurde im Berichtsjahr als Grundlage für die personalbezogene Überprüfung eine "Personenmappe" für jede strahlenexponierte Person der KFA zusammengestellt. Diese Mappen enthalten lückenlos alle strahlenschutzrelevanten Daten, die Dosisnachweiskarte, den Kenntnissnachweis, die strahlenschutzärztlichen Untersuchungen sowie den jeweiligen, die Person betreffenden Schriftwechsel, der im Zusammenhang mit Strahlenschutzbelangen geführt wurde.

Vor jeder Begehung erfolgt bereits in der ZST eine Überprüfung der jeweiligen Mappen. Feststellungen fehlender Eintragungen oder fehlender Unterlagen geben dem Beauftragten die Möglichkeit, bei der Begehung den SSV auf die Versäumnisse hinzuweisen und mit ihm zusammen den Ursachen nachzugehen.

Bei der sachbezogenen Überprüfung wurde verstärkt auf die Auflagenerfüllung und -einhaltung geachtet.

Es hat sich als notwendig erwiesen, daß gelegentlich die von jeder Inspektion gefertigten Überwachungsberichte in den Fällen, in denen besonders gravierende Mängel festgestellt wurden, nicht nur - wie zunächst

vorgesehen - dem B-SSV zugestellt werden, sondern auch dem A-SSV bzw. dem gesetzlichen Strahlenschutzverantwortlichen (= Geschäftsführer).

1.2.3 Ergebnisse der Institutsüberwachung

Im Berichtsjahr wurden 158 Inspektionen durchgeführt (siehe Tabelle 1.2/2). Bei 89 Begehungen wurden außer geringfügigen Beanstandungen, die schon während der Begehung behoben werden konnten, auch solche Mängel festgestellt, die eine Nachkontrolle erforderlich machten. 21 verschiedene Beanstandungen wurden insgesamt 194 mal festgestellt; nur 69 Überprüfungen ergaben keinen Anlaß zu Beanstandungen. Das entspricht etwa 44 % aller Überwachungen. (Siehe Tabelle 1.2/3)

Tabelle 1.2/2
Im Berichtsjahr durchgeführte Inspektionen

Institut	Jan.			Feb.			März			Apr.			Mai			Juni			Juli			Aug.			Sept.			Okt.			Nov.			Dez.		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
IRW	X			X			X			X			X			X			X			X			X			X			X			X		
IPC		X		X			X			X			X			X			X			X			X			X			X			X		
ZIR		X		X			X			X			X			X			X			X			X			X			X			X		
BZ		X		X			X			X			X			X			X			X			X			X			X			X		
HZ		X		X			X			X			X			X			X			X			X			X			X			X		
INC		X		X			X			X			X			X			X			X			X			X			X			X		
ZAC		X		X			X			X			X			X			X			X			X			X			X			X		
ICT-VE		X		X			X			X			X			X			X			X			X			X			X			X		
ICT-INC		X		X			X			X			X			X			X			X			X			X			X			X		
CZ		X		X			X			X			X			X			X			X			X			X			X			X		
IME		X		X			X			X			X			X			X			X			X			X			X			X		
TD-DE		X		X			X			X			X			X			X			X			X			X			X			X		
IFF		X		X			X			X			X			X			X			X			X			X			X			X		
INC-IPC																																				
IRE		X					X			X			X			X			X			X			X			X			X			X		
IRB		X					X			X			X			X			X			X			X			X			X			X		
IKP				X			X			X			X			X			X			X			X			X			X			X		
INB				X			X			X			X			X			X			X			X			X			X			X		
IBO				X			X			X			X			X			X			X			X			X			X			X		
ARA		X					X			X			X			X			X			X			X			X			X			X		
ZEL				X			X			X			X			X			X			X			X			X			X			X		
ZFR				X			X			X			X			X			X			X			X			X			X			X		
ZST																																				

Herausragende Mängelpunkte waren:

1. Falsches Verhalten im Kontrollbereich und beim Verlassen dieses Bereiches. So wurden in 33 Fällen (17 % aller Mängelpunkte) Personen im Kontrollbereich ohne Schutzkleidung oder Dosimeter angetroffen, Eß- oder Rauchwaren vorgefunden oder Personen beobachtet, die ohne Kontaminationskontrolle, teilweise mit Aktivkittel, den Kontrollbereich verließen.

2. In 24 Fällen (12 % aller Mängelpunkte) wurden Kontaminationen an Laboreinrichtungen oder auf dem Fußboden festgestellt. Diese Feststellung ist insofern von Bedeutung, da Kontaminationen, besonders des Fußbodens, bis zu deren Feststellung unkontrolliert im gesamten Kontrollbereich verschleppt werden können.

Diese beiden als besondere Beispiele angeführten Mängelpunkte lassen erkennen, daß in einigen Fällen der Umgang mit offenen radioaktiven Stoffen nicht mit der nötigen Sorgfalt erfolgte bzw. daß Gedankenlosigkeit oder falsche Einschätzung des tatsächlichen Umgangsrisikos zu Übertretungen der Vorschriften der 1.StrlSchV führten.

Tabelle 1.2/3
Beanstandungen bei Inspektionen

1. Falsches Verhalten im Kontrollbereich und beim Verlassen dieses Bereiches	33 Fälle (17,0 %)
2. Kontaminationen an Laboreinrichtungen oder auf Fußböden	24 Fälle (12,0 %)
3. Fehlende Durchführung der Belehrung nach § 41 der 1.StrlSchV	17 Fälle (9,0 %)
4. Fehlende Aufzeichnungen der täglich durchzuführenden Kontaminationsmessungen	16 Fälle (8,0 %)
5. Fehlende Meldung "sonst tätiger Personen" an die Aufsichtsbehörde	15 Fälle (8,0 %)
6. Nicht ordnungsgemäße Lagerung radioaktiver Stoffe	13 Fälle (6,5 %)
7. Unverschlossene oder nicht selbstschließende Zugänge zu Kontrollbereichen	12 Fälle (6,0 %)
8. Fehlende Kennzeichnung radioaktiver Stoffe	11 Fälle (6,0 %)
9. Fehlende oder nicht einsatzbereite Strahlenschutzmeßgeräte	11 Fälle (6,0 %)
10. Fehlende ärztl. Untersuchung "sonst tätiger Personen"	9 Fälle (4,5 %)
11. Fehlende Aufzeichnungen der Tagesdosen (Stabdosisimeterwerte)	7 Fälle (4,0 %)
12. Fehlende Beschilderung von Bereichen mit einer Dosisleistung größer 2,5 mr/h	5 Fälle (2,5 %)
13. Mängel baulicher Art (Lüftung, Kühlwasseranschlüsse, Warnlampen usw.)	5 Fälle (2,5 %)
14. Nicht ordnungsgemäße Lagerung radioaktiver Abfälle	3 Fälle (1,5 %)
15. Ungenügende Abschirmung radioaktiver Stoffe	2 Fälle (1,0 %)
16. Fehlende Auflagenerfüllung	2 Fälle (1,0 %)
17. Verwendung bzw. Lagerung radioaktiver Stoffe oberhalb der Freigrenze ohne Genehmigung	2 Fälle (1,0 %)
18. Überziehung der genehmigten Menge an radioaktiven Stoffen	2 Fälle (1,0 %)
19. Nicht ordnungsgemäße Führung des Strahlenschutztagebuches	2 Fälle (1,0 %)
20. Unverschlossene Fenster in Kontrollbereichen	2 Fälle (1,0 %)
21. Fehlende Kennzeichnung von Kontrollbereichen	1 Fall (0,5 %)
	194 Fälle (100 %)

Die von den Strahlenschutzbeauftragten durchgeführten Inspektionen können nicht als kontinuierlich angesehen werden. Die Begehungen haben nur den Charakter einer stichprobenartigen Überprüfung. Es hat sich jedoch gezeigt, daß die Strahlenschutzbeauftragten aufgrund ihrer langjährigen Erfahrung durchaus in der Lage sind, bei den stichprobenartigen Überprüfungen solche Umgangsorte zu erkennen, die aufgrund des speziellen Umgangs besonders zu überprüfen sind.

1.2.4 Statistische Auswertungen

a) Statistik der überwachten Personen

Die Tabelle 1.2/4 gibt einen Überblick über alle überwachten Personen, die ärztlich, dosimetrisch sowie im Hinblick auf eine mögliche Inkorporation überwacht werden. Darüber hinaus gibt die Tabelle Aufschluß über die Zahl der Personen, die ständig oder nach Bedarf Thermolumineszenzdosimeter zur Feststellung von Teilkörperbelastung tragen.

b) Statistik der Dosisbelastung der dosimetrisch überwachten Personen in den Instituten und Gemeinschaftseinrichtungen der KFA

Die folgenden Abbildungen, die eine Ergänzung zu den im Abschnitt 2.1.4 gemachten Angaben darstellen, geben Aufschluß über die Dosisbelastungen der beruflich strahlenexponierten Personen in der KFA zum 31.12.1973. Nach § 25 (2) der 1.StrlSchV darf die bis zu einem bestimmten Lebensalter tatsächlich aufgenommene Dosis höchstens 5 rem vervielfacht mit der um 18 verminderten Zahl der Lebensjahre betragen (Höchstzulässige Lebensalterdosis, HZLAD).

In der Abb. 1.2/1 ist das Verhältnis der bisher erhaltenen zur höchstzulässigen Lebensalterdosis (LAD/HZLAD) dargestellt. Die über die einzelnen Balken gesetzte Zahl bedeutet die Anzahl der Personen.

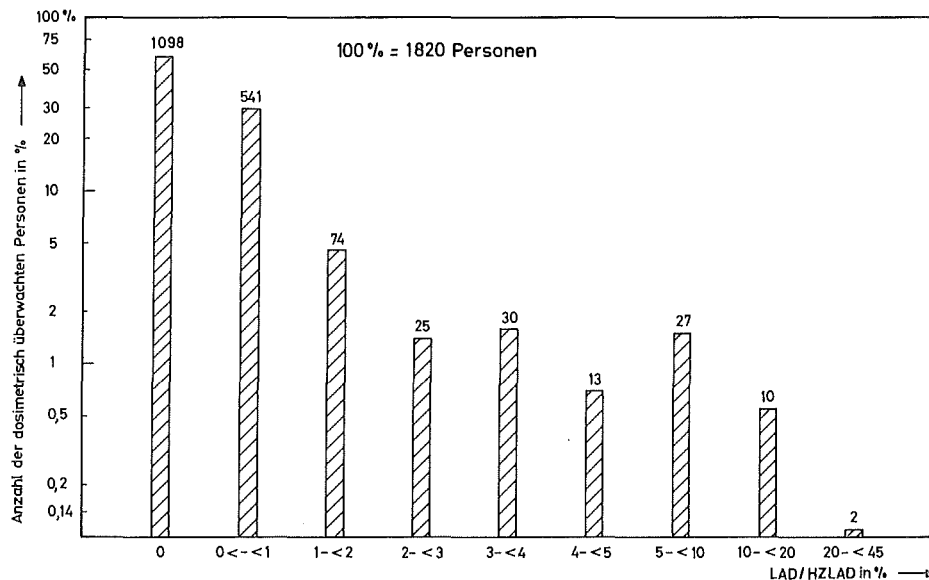


Abb. 1.2/1: Häufigkeitsverteilung des Verhältnisses von Lebensalterdosis (LAD) zur höchstzulässigen Lebensalterdosis (HZLAD) der dosimetrisch überwachten Personen in den Instituten und Gemeinschaftseinrichtungen der KFA. (31.12.1973)

Tabelle 1.2/4
Statistik der überwachten Personen in den Instituten
und Gemeinschaftseinrichtungen der KFA
(November 1973)

Institut gem. Einricht.	Überwachte Personen														
	SSV			Gesamt	ohne Umgang	Dosimetrische u. ärztliche Überwachung					Teilkörperüber- wachung		Inkorporationsüber- wachung		
	A	B	C			dosimetr.	ärztl.	dosimetr. u. ärztl.	nur dosimetr.	nur ärztl.	TLD ständig	TLD n. Bedarf	Body- Counter	Aus- scheidung	Body-Counter u Ausscheidung
	2	3	4												
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
IRW	1	1	5	135	28	135	132	132	3	-	8	23	20	26	21
HZ	1 ¹	1 ¹	2	83	4	80	81	78	2	3	17	25	42	-	-
BZL	1 ¹	1 ¹	2	34	2	34	33	33	1	-	14	5	34	-	-
IRE	1	1	3	55	-	54	54	53	1	1	2	20	3	-	-
IRB	1	1	1	29	6	28	27	26	2	1	1	2	10	-	-
ITP	1	-	-	10	10	6	10	6	-	4	3	2	-	-	-
IKP	1	1	2	87	10	84	86	83	1	3	20	4	16	-	-
IPF	1	1	5	52	24	49	36	37	12	3	-	2	-	-	-
IPF(v.d.G.)	1	1	1	6	-	6	6	6	-	-	-	-	-	-	-
IPC	1	1 ²	1	27	5	20	26	19	1	7	-	3	-	1	-
INC-IPC	1 ³	1 ²	1	38	7	37	36	35	2	1	-	3	-	1	-
INC	1 ³	1 ²	4	63	12	63	63	63	-	-	-	13	8	12	4
ICT-INC	1 ⁴	1 ²	1	22	4	22	22	22	-	-	-	-	-	-	-
ICT-VE	1 ⁴	1 ²	1	41	7	41	39	39	2	-	1	5	-	2	2
ICT-CZ	1 ⁴	1	1	31	5	23	31	23	-	8	0	1	2	-	-
IME	1	1	7	104	48	104	100	100	4	-	2	3	8	-	-
IBO	1	1	2	29	5	22	29	22	-	7	1	-	-	-	-
ARA	1	1	1 ⁶	18	1	18	18	18	-	-	-	6	-	-	-
INB	1	1	-	6	-	6	6	6	-	-	-	3	-	-	-
ZFR	1	4	11	253	-	251	248	246	5	2	8	22	-	5	-
ZAC	1	1 ²	2	25	7	24	20	19	5	1	2	3	3	-	-
ZEL	1	1	-	37	24	7	37	7	-	30	-	-	-	-	-
ZST	1	1	4	38	3	31	38	31	-	7	4	3	-	-	-
ZIR	1	1	3	98	8	98	97	97	1	-	5	3	7	-	-
TD-DE	1 ⁵	2	4	91	3	91	91	91	-	-	17	6	26	-	13
TD-HB	1 ⁵	1 ⁵	-	274	274	248	262	236	12	26	-	6	-	-	6
IPP	1	1	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

¹ gleichzeitig verantwortlich für: HZ, BZL

² gleichzeitig verantwortlich für: IPC, INC-IPC, INC, ICT-INC, ICT-VE, ZAC

³ gleichzeitig verantwortlich für: INC-IPC, INC

⁴ gleichzeitig verantwortlich für: ICT-INC, ICT-VE, CZ

⁵ gleichzeitig verantwortlich für: TD-DE, TD-HB

⁶ gleichzeitig verantwortlich für: ARA, IBO

Aus der Abb. 1.2/1 sowie aus der Abb. 1.2/2 läßt sich ablesen, daß von den 1820 überwachten Personen der KFA ca. 60 % (1098 Personen) bisher noch keine Dosisbelastung erhalten haben.

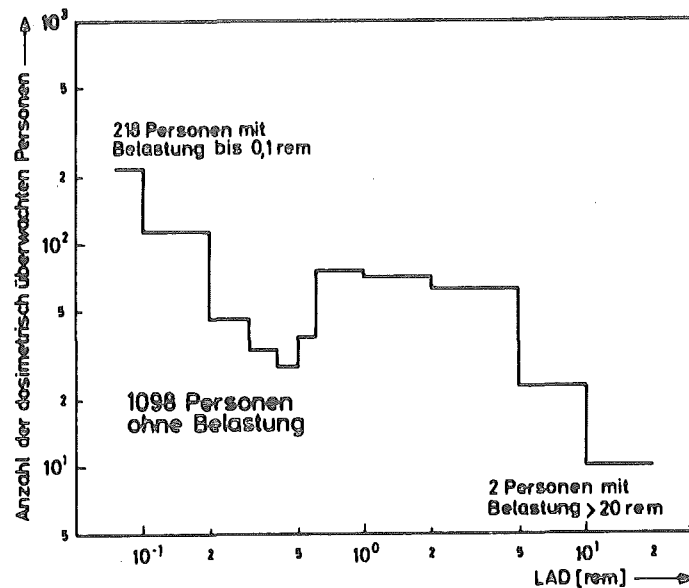


Abb. 1.2/2: Verteilung der Lebensalterdosis (LAD) der dosimetrisch überwachten Personen der KFA (31.12.1973)

In Abb. 1.2/3 ist die Verteilung der LAD institutsspezifisch dargestellt. Hier bestätigt sich, daß eine nennenswerte Dosisbelastung von Personen nur in den Instituten bzw. Gemeinschaftseinrichtungen auftritt, in denen mit radioaktiven Stoffen und Quellen hoher Aktivität umgegangen wird.

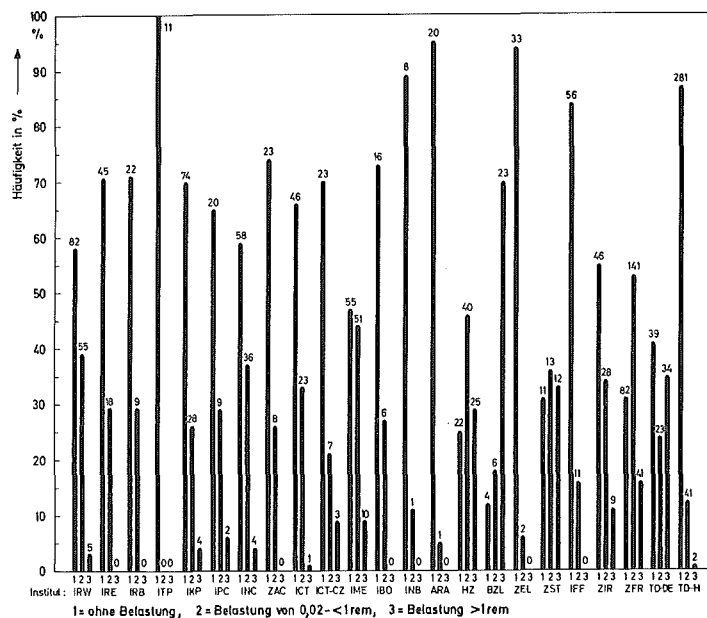


Abb. 1.2/3: Verteilung der Lebensalterdosis in den Instituten und Gemeinschaftseinrichtungen der KFA (31.12.1973)

1.2.5 Folgerungen aus der Überwachungstätigkeit

a) Folgerungen aus den Erfahrungen durch die Inspektionen

Zu Beginn der Überwachungstätigkeit war es nötig, auf alle in der Checkliste der Beauftragten aufgeführten Überwachungspunkte gleich viel Gewicht zu legen, da nur wenig Erfahrungen vorlagen, welche Punkte mehr und welche weniger Beachtung erfordern und in welchem Umfang eine Überwachung durchgeführt werden sollte.

Nach den nun vorliegenden Kenntnissen über den Umfang von Beanstandungen und die Häufigkeit einzelner Beanstandungen (siehe auch Tabelle 1.2/3), war es möglich, bestimmte Überwachungspunkte gezielter und intensiver zu kontrollieren. Auch konnten in vielen Fällen den Strahlenschutzverantwortlichen aufgrund des Einblicks in nahezu alle Aktivbereiche der KFA vor der Aufnahme neuer Arbeiten und Experimente Gefahrenpunkte aufgezeigt und Arbeitsgeräte und Schutzmaßnahmen empfohlen werden.

Außerdem zeigte sich nach nahezu zwei Jahren regelmäßiger Überwachungstätigkeit, daß z.B. bei verschiedenen Instituten, die z.Zt. in monatlichen Abständen überwacht werden, eine Verlängerung der Zeitabstände zwischen den Überwachungen möglich ist. Im umgekehrten Fall ergab sich die Notwendigkeit der Verkürzung vierteljährlicher bzw. zweimonatlicher Zyklen. Ausschlaggebend für eine Veränderung ist die Umgangsmenge, die Umgangsart, das daraus resultierende Umgangsrisiko und die Anzahl und Schwere der bei der Überwachung festgestellten Beanstandungen. Für die Zukunft wird insgesamt eine größere Flexibilität angestrebt.

b) Folgerungen aus den Ergebnissen der administrativen Überwachung

Die im vorhergehenden aufgezeigten Erfahrungen aus der praktischen Durchführung werden durch die bei der administrativen Überwachung gewonnenen Daten und Erkenntnisse ergänzt.

Im folgenden seien zwei Beispiele von vielen aufgezeigt,

- Wie die aus der Personenkartei erarbeitete Tabelle 1.2/4 (Statistik der Überwachten Personen) zeigt, besteht zwischen der Anzahl der dosimetrisch Überwachten Personen (Spalte 7) und der Anzahl der ärztlich Überwachten (Spalte 8) in vielen Instituten eine Diskrepanz. Es werden oft mehr Personen einer ärztlichen Untersuchung unterzogen, als dosimetrisch überwacht werden. Dies steht nicht im Einklang mit den Vorschriften der 1.StrlSchV und kann nur dadurch erklärt werden, daß Mitarbeiter vorsorglich einer ärztlichen Untersuchung unterzogen werden, um sie im Bedarfsfall sofort in Kontrollbereichen arbeiten zu lassen.
- Außerdem ist festzustellen, daß Personen, die keinen Umgang mit radioaktiven Stoffen haben und sich weniger als 40 Stunden im Monat in Kontrollbereichen aufhalten, ärztlich überwacht werden, obgleich die Genehmigungsbehörde im Dezember 1965 eine Ausnahmegenehmigung erteilte, nach der von der ärztlichen Untersuchung Abstand genommen werden kann, wenn die Aufenthaltsdauer im Kontrollbereich kürzer als 40 Stunden im

Monat, die Ganzkörperdosis kleiner als 1,5 rem pro Jahr ist und kein Umgang mit radioaktiven Stoffen stattfindet. Aus diesem Grunde wurde den SSV vorgeschlagen, die Personen, auf die diese Bedingungen zutrafen, aus der ärztlichen Überwachung herauszunehmen. Dadurch wurde eine erhebliche Entlastung der beteiligten Stellen erreicht.

Die Erfassung der Dosiswerte (Ganzkörper- und Teilkörperdosen, einzeln und summiert) und der Inkorporationsmeßergebnisse in der Dosisnachweiskarte gibt bei erhöhten Ganzkörper- oder Teilkörperdosisbelastungen dem Strahlenschutzbeauftragten die Möglichkeit, zusammen mit den SSV Maßnahmen zu besprechen, die zur Verbesserung der Arbeitstechniken und zur Verringerung der Strahlenbelastung führen.

c) Vorschläge zur Anwendung der §§ 35, 36 der 1.StrlSchV

Zu § 35 der 1.StrlSchV

Wie schon aus den Ergebnissen der praktischen Durchführung des Strahlenschutzes hervorgeht (Tabelle 1.2/3), war die nicht ordnungsgemäße Feststellung radioaktiver Verunreinigung (§ 35 1.StrlSchV) ein herausragender Mängelpunkt bei den Inspektionen. Die Überlegung, zu einer einheitlich praktizierten Verfahrensweise bei der Erfüllung der im § 35 geforderten Maßnahmen in der KFA zu kommen, wurden Vorschläge erarbeitet, die den SSV zur Stellungnahme zugeleitet worden sind. Aus den Vorschlägen der ZST und den Stellungnahmen der SSV wurde ein Konzept erarbeitet, das dem Staatlichen Gewerbeaufsichtsamt Aachen zur Stellungnahme zugeleitet wird. Die Vorschläge sollen im folgenden skizziert werden:

Feststellung und Aufzeichnung bei speziellem Umgang

Nach § 35 Abs.2 und 4 der 1.StrlSchV ist festzustellen, ob eine gefahrbringende Verunreinigung durch radioaktive Stoffe vorhanden ist. Das Ergebnis dieser Feststellung muß aufgezeichnet werden. Wir legen den Begriff Feststellung so aus, daß eine Feststellung nicht notwendigerweise eine Messung zu sein braucht. Es ist vielmehr auch durch Überlegung festzustellen, ob in einem bestimmten Raum oder Bereich eine gefahrbringende Verunreinigung auftreten kann. Die Feststellung erfolgt einmal unter bestimmten Angaben, aus denen hervorgeht, daß aufgrund des speziellen Umgangs (Umgangsnuklid, -menge und -art, physikalische Beschaffenheit des Stoffes u.ä.) die Möglichkeit einer gefahrbringenden Kontamination nicht gegeben ist. Solange sich dieser Umgang nicht ändert, was durch den SSV festgehalten wird, werden keine weiteren Eintragungen vorgenommen. Für Räume und Bereiche, für die obige Feststellungen nicht möglich sind, werden die folgenden Verfahren praktiziert.

Feststellung und Aufzeichnung zentral durch den Instituts-Strahlenschutz

Die arbeitstäglischen Messungen werden zentral vom Strahlenschutzverantwortlichen oder dessen Beauftragten durchgeführt. Dieser macht daraufhin eine Eintragung ins Strahlenschutztagebuch, daß entweder im gesamten kontrollierten Bereich keine Kontamination festgestellt wurde oder bei positivem Befund die Eintragung, in welchem Raum eine Kontamination festgestellt wurde.

Feststellung und Aufzeichnung durch "sonst tätige" Personen

Zur Entlastung des Instituts-Strahlenschutzes wird in einigen Bereichen die zentrale Feststellungs- und Aufzeichnungspflicht dadurch ersetzt, daß die hier tätigen Mitarbeiter die Kontaminationsmessungen durchführen und die Ergebnisse in ein Formular nach vorgegebenem Muster aufzeichnen. Dieses Formular hat im wesentlichen zum Inhalt, daß sog. Meldewerte festgelegt wurden, bei deren Überschreitung der Strahlenschutzverantwortliche zu benachrichtigen ist. Die Festlegung der Meldewerte geht davon aus, daß die Freigrenze eines Nuklids auf eine Fläche von 2500 cm^2 verteilt angenommen wird. Bei kontaminierten Flächen, die größer als 2500 cm^2 sind, ist ebenfalls der Strahlenschutzverantwortliche unverzüglich zu informieren. Durch diese beiden Bedingungen ist sichergestellt, daß der Strahlenschutzverantwortliche von allen Kontaminationen Kenntnis erhält, bei denen eine gefahrbringende Verunreinigung auftreten kann.

Feststellung radioaktiver Verunreinigung bei niedrigeren Freigrenzen als 10 Mikrocurie

Die Formulierung der 1.StrlSchV schreibt nicht explizit vor, daß eine Nuklidangabe notwendig ist. Wir meinen, daß es vom Standpunkt des Strahlenschutzes bzw. der Sicherheit vertretbar sein müßte, die Freigrenzenkategorie anzugeben. Wir verfahren so, daß bei der Beurteilung der Feststellung unbekannter radioaktiver Verunreinigungen die niedrigste Freigrenze ($0,1 \mu\text{Ci}$) zugrundegelegt wird. Dadurch entfällt eine meßtechnisch aufwendige Nuklididentifizierung und die Bestimmung der prozentualen Aktivität durch nuklidspezifische Messungen.

Zu § 36 der 1.StrlSchV

Eine weitere Erkenntnis aus der Überwachung, die auch für einige Institute Konsequenzen haben sollte, ist die Tatsache, daß Personen, die in bestimmten Bereichen tätig sind, bei der täglichen Aufzeichnung der Tagesdosen lediglich den Selbstablauf der Dosimeter aufzeichnen. Aus diesem Grund wurde im Berichtsjahr eine Erhebung gemacht, in der festgestellt werden sollte, für welche Institute oder Bereiche bei der Aufsichtsbehörde ein Ausnahmegenehmigungsantrag auf teilweise Befreiung der nach § 36 der 1.StrlSchV vorgeschriebenen täglichen Aufzeichnungspflicht gestellt werden sollte. Geplant ist eine wöchentliche Aufzeichnung. Aufgrund der Erhebung könnte der Antrag derzeit für 4 Bereiche gestellt werden. In den Bereichen wird z.T. nur mit unbestrahltem natürlichem Uran und Thorium umgegangen. In Bereichen, in denen mit sonstigen radioaktiven Stoffen umgegangen wird, sind deren Menge bzw. Aktivitäten so gering, daß keine relevante Personendosis nachgewiesen werden konnte.

Aus den Auswertebögen der Dosisfilmmeßstelle lassen sich für die Jahre 1972 und 1973 folgende Werte zusammenstellen:

Tabelle 1.2/5
 Statistische Angaben zu Instituten, für die eine wöchentliche
 Aufzeichnung der Stabdosiswerte angestrebt wird

Institut	höchste Jahresdosis einer Person		Dosismittelwerte der überwachten Personen	
	1972	1973	1972	1973
ICT(INC)	0,26 rem	0,15 rem	0,020 rem	0,009 rem
ICT(VE)	0,10 rem	0,36 rem	0,003 rem	0,017 rem
ARA	0,00 rem	0,04 rem	0,000 rem	0,002 rem
INB	kein Umg.	0,06 rem	kein Umg.	0,006 rem

Die vorstehenden Personendosen sind so unbedeutend, daß damit gerechnet werden kann, daß ein entsprechender Antrag Erfolg haben wird.

1.2.6 Zwischenfälle und Betriebsunregelmäßigkeiten beim Umgang mit radioaktiven Stoffen

Im Jahre 1973 wurden der ZST-B von den Instituten und Gemeinschaftseinrichtungen 14 Zwischenfälle und zwei Betriebsunregelmäßigkeiten beim Umgang mit radioaktiven Stoffen gemeldet.

Die 14 Zwischenfälle führten insgesamt zu:

- 10 Inkorporationen ($3 \geq 1/10$ MZKB)
- 6 Teilkörperdosisüberschreitungen
- 2 Ganzkörperdosisüberschreitungen
- 1 Freisetzung eines radioaktiven Stoffes
an die Außenluft ($> 1/10$ MZK nach Anlage II
der 1.StrlSchV)
- 8 Körperkontaminationen
- 7 Kleidungskontaminationen
- 3 Raumkontaminationen.

Dabei machten 3 Inkorporationszwischenfälle einschließlich einer Freisetzung eines radioaktiven Stoffes (H 3) eine allgemeine Unfallanzeige nach § 53 der 1.StrlSchV erforderlich, während die 6 Teilkörperdosisüberschreitungen gemäß § 30 der vorgenannten Verordnung angezeigt wurden. Außerdem wurden die 2 Ganzkörperdosisüberschreitungen als erhöhte Einzelbestrahlung mitgeteilt. Alle Meldungen erfolgten schriftlich und gingen an die zuständige Aufsichtsbehörde.

Zu den zwei Betriebsunregelmäßigkeiten kam es dadurch, daß kontaminierte Wäschestücke nicht ordnungsgemäß an die Aktivwäscherei der TD-DE abgegeben wurden, sondern an die konventionelle Wäscherei der Technischen Dienste. Der Absender wurde schriftlich aufgefordert, mit Hilfe organisatorischer Maßnahmen sicherzustellen, daß sich ähnliche Verstöße gegen die 1.StrlSchV und gegen betriebsinterne Vorschriften nicht wiederholen.

In der Tabelle 1.2/6 sind die 14 Zwischenfälle, gruppiert nach Teilkörperdosis-, Ganzkörperdosisüberschreitungen und Inkorporationen/Kontaminationen, aufgeführt. Die Einteilung der Laboratorien in Typ A-, B- und C-Labors (letzte Spalte) entspricht der IAEA-Klassifizierung.

Diskussion der Zwischenfälle

1. Teilkörperdosisüberschreitungen

Die Hauptursache für die Teilkörperdosisüberschreitungen liegt erfahrungsgemäß in der Tatsache, daß die Kontaktdosisleistungen von radioaktiven Proben mit einem sehr hohen β -Anteil (z.B. Spaltprodukte, biologische Proben) mit ungeeigneten Meßgeräten (Dosisleistungsmeßgeräte mit sog. β -Fenster) bestimmt wurden. Hieraus resultiert, daß die tatsächlichen Dosen oft um den Faktor $10^2 - 10^3$ größer sind als die so gemessenen Dosen und somit die Manipulationszeiten bis zum Erreichen einer bestimmten Teilkörperdosis falsch eingeschätzt werden.

An dieser Stelle sei darauf hingewiesen, daß z.Zt. noch kein richtig messendes β -Dosimeter existiert. β -Strahlung bzw. die Kontaktdosis sollte nur mit Ionisationskammer und TLD gemessen werden. Von dem Gebrauch der β -Fenster in Dosisleistungsmeßgeräten ist abzusehen.

Weitere Ursachen für die Überschreitungen sind:

- a) die Mißachtung von betriebsinternen Vorschriften (z.B. die Nichtverwendung von Greifwerkzeugen, Vorrichtungen usw.)
- b) ungenügende Experimentplanung (Arbeitsablauf)
- c) Fehleinschätzung der Kontaktdosis beim Öffnen von vielen Einzelproben.

2. Ganzkörperdosisüberschreitungen

Die vorliegenden erhöhten Einzelbestrahlungen stehen nicht im Zusammenhang mit einem Zwischenfall beim Umgang mit radioaktiven Stoffen, sondern sind darauf zurückzuführen, daß

- a) ein Mitarbeiter bei Wartungsarbeiten unvorschriftsmäßig einen Gefahrenbereich betreten hat und
- b) ein anderer Mitarbeiter in diesem Bereich anschließend Messungen durchführte, um genauere Aussagen über die von dem ersten Mitarbeiter tatsächlich erhaltene Ganzkörperdosis machen zu können.

3. Inkorporationen und Kontaminationen

Eine Analyse der Zwischenfälle mit Inkorporationen und Kontaminationen lassen 3 typische Ursachen erkennen:

- 1. Mißachtung von Vorschriften
- 2. Mangelnde technische Vorbereitung (optimale Anwendung von Schutzmaßnahmen)
- 3. Unvorhersehbares Ereignis.

Tabelle 1.2/6
Zwischenfälle beim Umgang mit radioaktiven Stoffen

1. Teilkörperdosisüberschreitungen

Nr.	Zeitraum	Umgangsart	Dosen (rad)		Ort (Labortyp)
			linke Hand	rechte Hand	
1	1.11.72-31.1.73	Dekontaminierung einer Handschuhbox (Spaltprodukte)	2,56	38,39	A
2	18. 1.73- 8.3.73	Öffnen von Glasampullen (bestrahlte biologische Proben)	295	810	B
3	Jan.73-März 73	Transport einer rad. Probe (aktivierte Harwelkapsel)	-	17,95	A
4	Jan.73-März 73	Reinigungsarbeiten an einer Handschuhbox (Spaltprodukte)	23,1	2,6	A
5	6. 9.-9.10.73	Öffnen bestrahlter K-42-Proben	16,4	20,1	B
6	Sept.73-Nov.73	Reparaturarbeiten innerhalb u. außerhalb einer Handschuhbox (Spaltprodukte)	8,6	22,0	A

2. Ganzkörperdosisüberschreitungen

Nr.	Zeitraum	Umgangsart	Dosis (Rem)	Ort (Labortyp)
1	22.11.73	Wartungsarbeiten	Einzelbestrahlung: 50	A

3. Inkorporationen/Kontaminationen

Nr.	Zeitraum	Umgangsart	Art u. Umfang des Zwischenfalls	Ort (Labortyp)
1	7. 2.73	Umpacken von 1 Ci Spaltprodukten aus Transportbehältern (Spaltpr. in UO_2 -Kernen)	freigesetzte Aktivität: ca. 10 mCi Kontamination von Teilen des Hallenbodens, Kontamination von Überschuhen (2 Personen)	B
2	28. 2.73	Öffnen einer Bestrahlungskapsel	geplatzte Probenumhüllung, Luftaktivität: $1,6 \times 10^{-7} \mu Ci/cm^3$ max. Raumkontamination: $6 \times 10^{-2} \mu Ci/cm^2$ 2 Handkontaminationen: $5 \times 10^4 \mu Ci/cm^2$ Nuklide: Rh 186/188	A
3	7. 3.73	Arbeiten am D_2O -Kreislaufsystem	Austritt von Schwerwasser, H 3 Inkorporationen: 7 Personen 1 meldepflichtige Inkorporation Inkorporationswert: 0,45 mCi	A
4	7. 3.73	Auspacken einer PE-umhüllten, kontaminierten Dosierschnecke für einen Wirbelschichtofen	Freisetzen von Aerosole, Aktivität: 10-100 μCi , Spaltprodukte, vorwiegend Cs 137 Luftkontamination (10 min): $10^{-3} \mu Ci/m^3$ <u>2 Personenkontaminationen:</u> Schutzbekleidung: max. 2 μCi Haare: max. 0,3 μCi Nasenschleim: max. 0,12 μCi 2 Inkorporationen: 0,5 μCi Cs 137 0,05 μCi Cs 137	A
5	10. 4.73	Arbeiten an der Rektifizierungsanlage	H 3 Inkorporation: 0,39 mCi	A
6	15.10.-17.10.73	Filterwechsel für die mechanische Reinigung des Primärwassers des FRJ 1	<u>Am 15.10.1973:</u> 3 Personenkontaminationen (Hände, Kopf, Schuhe, Kleidung), Kontaminationsgrund: $3,6 \times 10^{-5} \mu Ci/cm^2$ <u>Am 16.10.1973:</u> 1 Personenkontamination rechte Hand u. Gesamtkörper Nuklide: Ru 103 250 nCi Zr/Nb 95 600 nCi Cs 137 320 nCi Kontamination des Reaktorkellerbodens: $2,4 \times 10^{-4} \mu Ci/cm^2$	A
7	28.11.73	Öffnen einer mit flüssiger Luft ausgefrorenen Quarzampulle, H 3-Aktivität: 50 Ci in 0,2 ml HTO	Freisetzung von 2 Ci H 3 über das Abluftsystem des Aktivabzuges 1 Inkorporation: 0,15 mCi	B

Das Zusammenwirken dieser Ursachen führte je nach Art des Umgangs und des Umgangsortes in verschieden starkem Maße zur Entstehung der genannten Zwischenfälle.

Abschließend kann gesagt werden, daß sich Vorkommnisse der vorgenannten Art, die aus menschlichen Unzulänglichkeiten resultieren, nie ganz vermeiden lassen.

Eine stetige Verbesserung der Strahlenschutzeinrichtungen, verbunden mit einer systematischen Belehrung aller Mitarbeiter sowie deren Mithilfe beim strahlenschutzgerechten Verhalten am Arbeitsplatz und die optimale strahlenschutzmäßige Auslegung der Experimente können dazu beitragen, daß die Anzahl der Zwischenfälle gesenkt wird.

1.2.7 Nacherhebung für die regelmäßige Inkorporationsüberwachung

Die Strahlenbelastung von Personen, die mit offenen radioaktiven Stoffen umgehen, kann nicht nur aufgrund der Dosis beurteilt werden, welche die strahlenexponierten Personen durch äußere Bestrahlung empfangen haben. Es ist auch die Dosis zu berücksichtigen, die durch die Inkorporation von radioaktiven Stoffen verursacht wird.

Inkorporierte radioaktive Stoffe können entweder auf direktem Wege über die Messung der aus dem Körper austretenden Strahlung im Ganzkörperzähler bestimmt oder aus ihrer Konzentration in den Körperausscheidungen (z.B. Urin) ermittelt werden. Für die Feststellung von α - und β -Strahlern kommt in der Regel nur die Ausscheidungsmessung in Betracht.

Um zu einer für eine Kernforschungsanlage zweckmäßigen Erfassung des Überwachungsbedürftigen Personenkreises zu kommen, werden halbjährliche Erhebungen durchgeführt, um zu gewährleisten, daß

- a) Änderungen im Personenkreis (Neuzugänge)
- b) Änderungen der zugrundegelegten Kriterien (Nuklid, Umgangsmenge, Umgangskaktivität, Risikofaktoren)

ausreichend berücksichtigt werden.

Die Modalitäten zur Erfassung des Überwachungsbedürftigen Personenkreises sind bereits ausführlich im Arbeitsbericht 1972 (Jül-952-ST) beschrieben worden.

Anfang Juni und Ende November 1973 wurden bei 20 Instituten bzw. Gemeinschaftseinrichtungen der KFA und einer Firmenarbeitsgruppe Nacherhebungen über den zu überwachenden Personenkreis durchgeführt. Nach Durchführung und Auswertung der letzten Erhebung gibt Tabelle 1.2/7 das Ergebnis der Nacherhebung (Stichtag 31. Dez. 1973) zur Inkorporationsüberwachung wieder.

Tabelle 1.2/7
 Nacherhebung zur Inkorporationsüberwachung
 (31. Dez. 1973)

343 Personen insgesamt			
↓			
K_E -Berechnung (alle Angaben)			
↓			
möglich bei 257 Personen		nicht möglich bei 86 Personen	
Ausscheidungs- analyse	Ausscheidungsanalyse u. Ganzkörpermessung	Ganzkörper- messung	Summe
25	24	119	168
30 ¹⁾	22 ¹⁾	60 ¹⁾	112
			280 Personen

1) Willenserklärung der Strahlenschutzverantwortlichen

Insgesamt wurden bei der Vorerhebung 343 Personen erfaßt, für 257 Personen konnten alle erforderlichen Angaben zur Berechnung des effektiven Inkorporationsrisikos (K_E) gemacht werden.

Bei 86 Personen konnte das K_E nicht bestimmt werden, weil z.T. Angaben fehlten. Der Grund hierfür liegt darin, daß bei den Technischen Diensten, dem Zyklotron und dem Strahlenschutzpersonal in den Instituten erhebliche Schwierigkeiten bestehen, die zur Erfassung des Überwachungsbedürftigen Personenkreises notwendigen Angaben, wie Nuklid, Umgangsmenge oder Umgangsart, zu machen. Dieser Personenkreis wird durch einen entsprechenden Hinweis (Willenserklärung) des zuständigen Strahlenschutzverantwortlichen für die regelmäßige Inkorporationsüberwachung berücksichtigt. Neben dieser regelmäßigen Überwachung muß der zuständige Strahlenschutzverantwortliche bei einem Inkorporationsverdacht eine unverzügliche Inkorporationsmessung veranlassen.

1.2.8 Labortätigkeit

Die Aufgaben und die Ausrüstung des Meßlabors sind im Arbeitsbericht 1972 (Jül-952-ST) beschrieben.

Um die Meßeinrichtung stets einsatzbereit zu halten, werden alle Meßgeräte einer periodischen Prüfung im Hinblick auf eine störungsfreie Arbeitsweise unterzogen. Dieser Aufgabe kommt eine große Bedeutung zu, um im Rahmen der Bereitschaft für den Einsatzdienst bei Zwischenfällen schnell und sicher

eine exakte Aussage über mögliche Kontaminationen geben zu können. Das Labor leistet Meßhilfe für KFA-Einrichtungen. Als Beispiele hierfür aus dem Berichtsjahr seien genannt:

Ein Institut mußte nachweisen, daß beim Betrieb ihres Neutronengenerators die zulässige Tritiumkonzentration (1/10 MZK) in der Abluft nicht überschritten wird. Da das Institut nicht über die notwendige meßtechnische Ausrüstung verfügte, wurde die Durchführung der Messung vom Betriebslabormeißdienst durchgeführt. Weiterhin wurden im Berichtsjahr im Zusammenhang mit dem von der KFA entwickelten und gebauten Typ-B-Behälter (BRECO-2000) die Prüfung der Behälter durchgeführt. Zunächst wurden zwei dieser Behälter mittels Röntgenfilmen und einer Co 60-Quelle auf Lunkerfreiheit überprüft. Hierbei stellte sich heraus, daß die bleivergossenen Einsätze des Behälters nicht lunkerfrei waren, außerdem stellte sich heraus, daß die Verzahnung der Bleieinsätze nicht optimal gefertigt war. Aufgrund dieser Erkenntnisse wurden die Bleieinsätze im Verzahnungsbereich nachgearbeitet, bzw. neue Einsätze gegossen. Weiterhin wurde mittels Dosisleistungsmessungen die max. zulässige Aktivitätsbeladung für Co 60 bestimmt. Die durchgeführten Prüfungen und die daraus resultierenden Erkenntnisse führten schließlich zu einer befriedigenden Fertigung eines Typ-B-Behälters, der den Prüfanforderungen des Bundesamtes für Materialprüfung in Bezug auf die Aktivitätsbeladung (5000 Ci Co 60) entsprach.

1.2.9 Dichtigkeitsprüfungen

An den umschlossenen radioaktiven Stoffen, mit denen in den Instituten der KFA umgegangen wird, wurden bis März 1968 die erforderlichen Dichtigkeitsprüfungen und Wiederholungsprüfungen vom Technischen Überwachungsverein Rheinland durchgeführt.

Seit März 1968 werden die Prüfungen aufgrund einer Genehmigung des Ministers für Arbeit, Gesundheit und Soziales des Landes NW von unabhängigen Sachverständigen der ZST durchgeführt. Diese Prüfungen umfassen alle umschlossenen radioaktiven Präparate, deren Aktivität die Freigrenze übersteigt, und alle zu Kalibrierzwecken in Meßgeräte eingebauten Präparate. Die Prüfung der letztgenannten Präparate erfolgt vor jeder Wartung oder Reparatur eines Meßgerätes, um die diese Arbeiten Ausführenden bei evtl. undichten Kalibrierpräparaten vor Kontaminationen oder Inkorporationen zu schützen. Eine Undichtigkeit wurde aber bisher noch nicht festgestellt.

Einen Vergleich der Anzahl der Dichtigkeitsprüfungen der Vorjahre mit den Zahlen des Jahres 1973 zeigt die Tabelle 1.2/8.

Bei den im Jahre 1973 durchgeführten Dichtigkeitsprüfungen wurde keine Undichtigkeit festgestellt.

(G. Kruk)

Tabelle 1.2/8
Dichtigkeitsprüfungen

Art des Strahlers	1968	1969	1970	1971	1972	1973
Prüfpflichtige Strahler	44	45	59	49	51	54
Kontrollstrahler in Meßgeräten	25	31	7	35	15	6
Strahler, deren Aktivität $< 10^2$ -fache der Freigrenze ist	5	22	6	12	15	10
Gesamtzahl der Prüfungen	74	98	72	96	81	70

1.3 Technischer Strahlenschutz

E. Völkel

1.3.1 Allgemeines

Zu den wesentlichen Aufgaben des Technischen Strahlenschutzes gehört die Planung, Vorbereitung und Durchführung strahlenschutzmäßiger Abnahmeprüfungen im Rahmen bauaufsichtlicher Genehmigungsverfahren. Dabei umfaßt die Planung und Vorbereitung folgende Punkte:

1. Erstellung von Meßprogrammen und evtl. Absprache mit den betroffenen Instituten der KFA.
2. Auswahl und Bereitstellung geeigneter Strahlenquellen und Meßgeräte, was nur nach vorheriger Durchführung von Abschirmberechnungen möglich ist.
3. Aufsicht bei Ein- und Ausschleusvorgängen von radioaktiven Quellen in die zu prüfenden Anlagen.
4. Koordinierung des zeitlichen Ablaufes der Abnahmeprüfungen mit den KFA-Institutionen.

Die Durchführung selbst macht umfangreiche Messungen und Nachmessungen erforderlich, die in Form von Protokollen zusammengefaßt werden und die die Grundlage für spätere Empfehlungen und Auflagen bilden. Umfang und Ausführung eines solchen Protokolls soll am Beispiel der unter Ziff. 1.3.2a näher beschriebenen Abnahmeprüfung des Padirac-Systems in den Chemiezellen des Instituts für Chemische Technologie gezeigt werden. Weiterhin obliegt dieser Gruppe die Erstellung von Strahlenschutz-Gutachten für KFA-Einrichtungen und Fremdfirmen. Durch das Inkrafttreten der neuen Röntgenverordnung am 1. Sept. 1973 wurden an zahlreichen Röntgeneinrichtungen und Störstrahlern Strahlenschutzmessungen vorgenommen, um der zuständigen Behörde bei der An-

meldung dieser Einrichtungen die nötigen Informationen hinsichtlich des Strahlenschutzes liefern zu können. Da nach § 4 Abs.1 der Röntgenverordnung bauamtgeprüfte Röntgeneinrichtungen genehmigungsfrei betrieben werden dürfen, wenn sie von einem von der zuständigen Behörde bestimmten Sachverständigen abgenommen worden sind und dieser eine Bescheinigung ausgestellt hat, in der u.a. festgestellt ist, daß die Einrichtungen vorhanden und Maßnahmen getroffen sind, die bei dem beabsichtigten Betrieb der Röntgeneinrichtungen für einen ausreichenden Schutz vor Strahlenschäden an Leben, Gesundheit und Sachgütern erforderlich sind, verfolgten die von uns durchgeführten Strahlenschutzmessungen den Zweck, evtl. vorhandene Mängel hinsichtlich des Strahlenschutzes an den Röntgeneinrichtungen abzustellen, um eine mängelfreie Abnahme durch den Sachverständigen sicherzustellen. Die Koordinierung der Abnahme durch den Sachverständigen in der KFA erfolgt durch die ZST-B. Im kommenden Jahresbericht wird ausführlich darüber berichtet.

1.3.2 Gutachten und Prüfberichte

a) Überprüfung der Abschirmung am Padirac-System in den Chemiezellen des Instituts für Chemische Technologie

Im Febr. 1973 wurden in den Chemiezellen des Instituts für Chemische Technologie Strahlenschutzmessungen in der Umgebung des Padirac-Systems beim Ein- und Ausschleusevorgang in die Heiße und Warme Übergabestation sowie des Padirac-Behälters in Transportposition durchgeführt. Das Padirac-System ist ein Schleus- und Transportsystem. Es zeichnet sich dadurch aus, daß es, angewandt beim Umgang mit stark radioaktiven und kontaminierten Stoffen, eine Kontaminationsverschleppung auf das Transport- und Schleussystem vermeidet. Die Abschirmbehälter (15 cm Pb-Abschirmung) können sowohl zu Schleusezwecken - Belade und Entladevorgängen - an einer Zellenreihe als auch zum Transport vom Waste und allen anderen radioaktiven Stoffen benutzt werden. Für die entsprechenden Schleusenmethoden und für den Transport sind verschiedene Zubehörteile und ergänzende Ausrüstungen notwendig.

Bei der Berechnung der max. zulässigen Aktivitätsbelegung der Padirac-Behälter wurde die Forderung der Transportregelung der KFA zugrundegelegt, die besagt, daß die Dosisleistung an der Oberfläche der Behälter höchstens 200 mR/h und in 1 m Abstand von der Oberfläche höchstens 10 mR/h betragen darf. Bei der Aktivitätsbelegung der Padirac-Behälter wurde von der gemessenen Dosisleistung in der Umgebung der Transportbehälter in Transportposition ausgegangen. Eine Zusammenstellung der max. Aktivitätsbelegung ist der Tabelle 1.3/1 zu entnehmen.

Tabelle 1.3/1
Maximale Aktivitätsbelegung eines Padirac-Behälters
(15 cm Pb-Abschirmung)

Energie (MeV)	Aktivität (Ci) th. Wert	Aktivität (Ci) berechnet aufgrund d. Messungen		
0,5	$7,15 \times 10^7$	$1,14 \times 10^8$		
1,0	$3,36 \times 10^2$	$5,38 \times 10^2$		
1,25	$1,05 \times 10^2$	$1,68 \times 10^2$		
1,5	$2,1 \times 10^1$	$3,36 \times 10^1$		
2,0	8,4	13,4		
Abbrand: %	30	50	70	90
Bestr.-Zeit (d)	225	445	760	1330
Kühlzeit	Aktivität (Ci) (berechnet aufgrund der Messungen)			
1 Tag	392	427	447	447
1 Woche	346	380	396	403
1 Monat	618	712	769	796
3 Monate	2611	2937	3031	2964
6 Monate	3256	3672	3817	3851
1 Jahr	4906	5006	5127	5248
2 Jahre	5427	5557	6031	6727

b) Dosisleistungsmessungen am Positronenvernichtungsexperiment im Institut für Festkörperforschung

Im Institut für Festkörperforschung wurden entsprechend der Auflage des 1. Nachtrags zur Genehmigung Nr. 9/50 Dosisleistungsmessungen in der Umgebung des Positronenvernichtungsexperiments (Radioaktiver Stoff Cu 64) durchgeführt. Die Aktivität der Cu 64-Quelle betrug zum Zeitpunkt der Messungen 636 mCi. Da aufgrund des 1. Nachtrags zur Genehmigung Nr. 9/50 Cu 64 bis zum 2×10^5 -fachen der Freigrenze entsprechend einer Aktivität von 2×10^3 mCi verwendet werden darf, wurden die gemessenen Dosisleistungen auf die max. zulässige Aktivität von 2×10^3 mCi umgerechnet. Die Ergebnisse der Messungen führten zu der Auflage, daß die Abschirmung des Schleusenschiebers verbessert werden mußte, außerdem mußte in 1 m Abstand um das Experiment eine Absperrkette gezogen und unter Angabe der max. gemessenen Dosisleistung gekennzeichnet werden.

c) Dosisleistungsmessungen in der Umgebung der Kanalstrahlapparatur im ITP

Im Febr. 1973 wurden im Institut für Technische Physik Dosisleistungsmessungen in der Umgebung der Kanalstrahlapparatur durchgeführt. Die Messungen waren notwendig geworden, nachdem bei den Messungen Ende 1972, bedingt durch eine unzureichende Abschirmung, in der Umgebung der Kanalstrahlapparatur unzulässig hohe Dosisleistungen festgestellt wurden. Die Kanalstrahlapparatur wurde inzwischen allseitig mit Bleifolie sowie zwei Bleiglasfenstern abgeschirmt.

d) Dosisleistungs- und Kontaminationsmessungen an der AVR-Transportglocke und dem Fahrzeug beim Transport von bestrahlten Brennelementen vom AVR zu den HZ

Im April 1973 wurden an der AVR-Transportglocke und dem Fahrzeug Dosisleistungs- und Kontaminationsmessungen durchgeführt. Durch die Messungen sollte festgestellt werden, ob der Passus des § 5, Abs.4 des Vertrages zwischen der KFA und AVR eingehalten werden kann. Dieser besagt, daß in den am Transportweg liegenden Gebäuden die Dosisleistung in 50 m Entfernung von dem Behälter höchstens 10 $\mu\text{R/h}$ betragen darf. Weiterhin soll die berührbare Oberfläche an der Transportglocke und dem Fahrzeug frei von abreibbarer Kontamination sein. Die Dosisleistungsmessungen an der mit 50 Brennelementen beladenen Transportglocke haben gezeigt, daß § 5, Abs.4 des Vertrages zwischen der KFA und AVR eingehalten wird. Die Forderung der Transportregelung bezüglich der maximal zulässigen Dosisleistung an der Oberfläche und in 1 m Abstand von der Oberfläche des Transportbehälters wird ebenfalls eingehalten. Es wurde empfohlen, bei künftigen Transporten eine sorgfältigere Dekontaminierung des Behälters und strengere Kontaminationskontrollen durchzuführen, da die von uns durchgeführten Kontaminationskontrollen eine Kontamination sowohl des Behälters wie auch des Transportwagens aufwiesen.

e) Strahlenschutzmessungen in der Umgebung des Schwenktores in der Zelle 11 im Abfallager der DE

Im März 1973 wurden im Abfallager der DE in der Umgebung des Schwenktores in der Zelle 11 Strahlenschutzmessungen durchgeführt. Die Strahlenschutzüberprüfung erfolgte aufgrund der Auflage 2.6 der Baugenehmigung Nr. 16 K/72 vom 15. Mai 1972. Bei den hochaktiven Abfällen, die in der Zelle gehandhabt werden sollen, handelt es sich hauptsächlich um Ausbauteile von Reaktorexperimenten bzw. Abfälle aus den Heißen Zellen. Die Abschirmung des Schwenktores besteht aus 15 cm Stahl. Lt. Auflage 2.6 der Baugenehmigung Nr. 16 K/72 ist der Rand des Strahlenschutzfensters in dem Schwenktor so auszuführen, daß durch ihn kein Direktstrahl austreten kann und bei schräger Durchstrahlung vor dem Fenster keine höheren Dosisleistungen erzeugt werden als vor dem übrigen Schwenktor. Durch stufenförmige Ausbildung des Fensterrahmens wurde dieser Forderung weitgehend Rechnung getragen, wie die Meßergebnisse gezeigt haben. Die in der Umgebung des Strahlenschutzfensters gemessenen Dosisleistungen liegen

um den Faktor 2,5 niedriger als vor der Abschirmwand des übrigen Schwenktors. Eine Ausnahme bilden hier die Spalte des Tores, in deren Umgebung Dosisleistungen gemessen wurden, die um den Faktor 3,3 höher liegen als vor der Abschirmwand des Schwenktors. Durch organisatorische Maßnahmen soll sichergestellt werden, daß bei Manipulationen in der Zelle 11 am eigentlichen Arbeitsplatz eine höhere Wochendosis als 100 mRem erzeugt wird.

f) Strahlenschutzmessungen in der Umgebung der Tresorzelle in der Verteilerstation des Zentralinstituts für Reaktorexperimente

Im April 1973 wurden im Zentralinstitut für Reaktorexperimente Strahlenschutzmessungen in der Umgebung der Tresorzelle in der Verteilerstation durchgeführt. Die Strahlenschutzabnahme erfolgte aufgrund der Auflage 2.9d der Baugenehmigung 25 K/70 vom 16. Okt. 1970. Die Verteilerstation ist außen allseits (außer Fußboden) mit 10 cm Pb abgeschirmt. Das Innere der Verteilerstation ist in 3 Teile aufgegliedert. Den ersten Teil bildet die Be- und Entladezelle, im zweiten Teil befinden sich zwei Manipulierzellen und im dritten Teil zwei Tresore (1 Kastentresor, 1 Trommeltresor, zusätzliche Abschirmung 10 cm Pb) für die Zwischenlagerung. Der Trommeltresor ist als Rotationskörper mit 5 Kreisen zu je 24 Pos. ausgebildet und allseits von 10 cm Blei umgeben. Die Messungen wurden mit einer Co 60-Quelle durchgeführt. Die Aktivität der Quelle betrug zum Zeitpunkt der Messungen 45,2 Ci. Die gemessenen Dosisleistungswerte zeigen, daß die zulässige Dosisleistung von 2,5 mR/h an der Bedienungsseite der Tresorzelle nicht überschritten wird, wenn die max. Belegung des Trommeltresors in der ungünstigsten Position 45 Ci Co 60 nicht überschreitet. Die Belegung des Kastentresors kann entsprechend den Messungen mit max. 125 Ci Co 60 erfolgen. Die größere Beladung des Kastentresors gegenüber dem Trommeltresor resultiert aus dem größeren Abstand bei der ungünstigsten Positionierung der Quelle zu der Vorderwand der Verteilerstation.

g) Prüfung einer Baustoffprobe auf ihre Abschirmwirkung gegen γ - und Neutronenstrahlung

Im Rahmen eines Auftrages einer Fremdfirma wurde eine Baustoffprobe von chemisch behandeltem Basalt auf ihre Abschirmwirkung gegen γ - und Neutronenstrahlung untersucht. Die Untersuchungen wurden mit einer Co 60-Quelle (mittlere γ -Energie 1,25 MeV) und einer Am-Be-Quelle (mittlere n-Energie 4,5 MeV) durchgeführt. In Tabelle 1.3/2 und 1.3/3 wurden (auf Wunsch des Auftraggebers) zum Vergleich mit der Baustoffprobe die Halbwerts- und Zehntelwertsschichtdicken einiger der in der Kerntechnik häufig verwendeten Abschirmmaterialien herangezogen.

Tabelle 1.3/2
Halbwerts- und Zehntelwertsschichtdicken
für γ -Strahlung ($E = 1,25 \text{ MeV}$)

Baustoffbezeichnung	Halbwertsschicht- dicke (cm)	Zehntelwertsschicht- dicke (cm)
Baustoffprobe		
Sorte I = $2,35 \text{ g cm}^{-3}$	7,2	23,6
Sorte II = $2,40 \text{ g cm}^{-3}$	7,2	23,6
Normalbeton $\rho = 2,35 \text{ g cm}^{-3}$	13,2	29,4
Limonitbeton $\rho = 2,24 \text{ g cm}^{-3}$	13,0	31,5
Barytbeton $\rho = 3,50 \text{ g cm}^{-3}$	8,2	19,8
Magnetitbeton $\rho = 3,62 \text{ g cm}^{-3}$	8,2	20,0
Eisen $\rho = 7,86 \text{ g cm}^{-3}$	3,6	9,2
Blei $\rho = 11,35 \text{ g cm}^{-3}$	1,6	4,6

Tabelle 1.3/3
Halbwerts- und Zehntelwertsschichtdicken
für n-Strahlung ($E = 4,5 \text{ MeV}$)

Baustoffbezeichnung	Halbwertsschicht- dicke (cm)	Zehntelwertsschicht- dicke (cm)
Baustoffprobe		
Sorte I = $2,35 \text{ g cm}^{-3}$	12,4	41,2
Sorte II = $2,40 \text{ g cm}^{-3}$	12,4	41,2
Normalbeton $\rho = 2,33 \text{ g cm}^{-3}$	11,71	38,9
Limonitbeton $\rho = 2,44 \text{ g cm}^{-3}$	8,97	29,8
Magnetitbeton $\rho = 3,45 \text{ g cm}^{-3}$	8,89	29,52
Graphit $\rho = 2,2 \text{ g cm}^{-3}$	11,0	37,0
Polyäthylen $\rho = 0,98 \text{ g cm}^{-3}$	5,8	22,2

2. PERSONENDOSIS ÜBERWACHUNG

E. Rose

2.1 Messung der äußeren Strahlenbelastung

E. Rose

2.1.1 Umfang und Art der Messung

Aufgrund einer Sondergenehmigung durch die zuständigen Aufsichtsbehörden ist die unabhängige Dosisfilmmeßstelle der ZST für die Feststellung der Personendosis gemäß § 36 (2) 1.StrlSchV zuständig.

Die routinemäßige Messung der Ganzkörperdosis erfolgt mit Stab- und Film-dosimetern, die Extremitätenüberwachung mit TL-Dosimetern. Eine wesentliche Änderung dieser Überwachungsverfahren ist bis auf weiteres nicht vorgesehen.

Die Anzahl der überwachten Personen und die Verteilung der jährlichen Dosisbelastungen seit Beginn der Überwachung ist in Abb. 2.1/1 dargestellt.

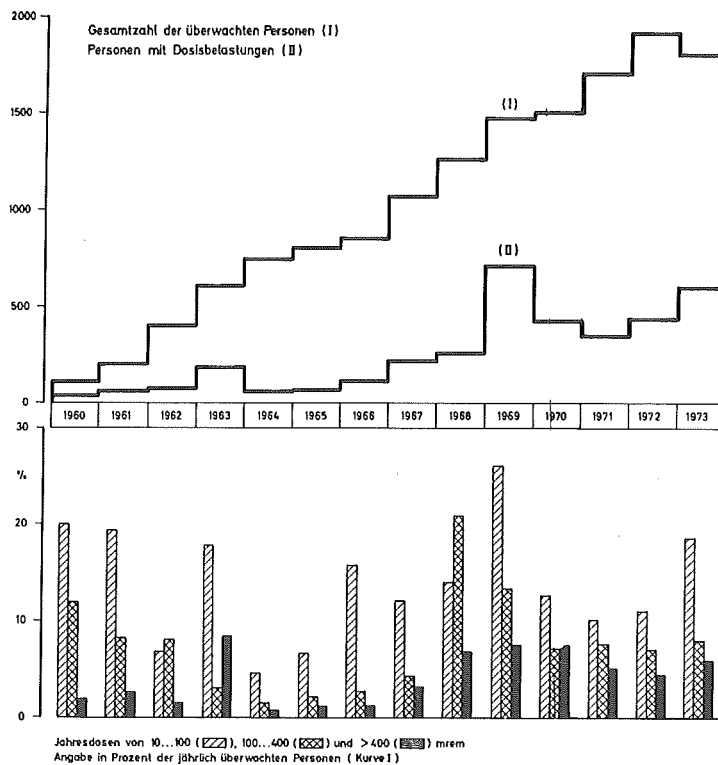


Abb. 2.1/1: Ganzkörperdosen der strahlenexponierten Personen
in der KFA von 1960 bis 1973

Die Stabdosisimeter werden täglich - oder vor und nach einer Tätigkeit in Kontrollbereichen - an den Arbeitsstellen unmittelbar abgelesen und registriert. Die Ergebnisse werden der ZST am Monatsende zugestellt und dort karteimäßig erfaßt. Ist aufgrund der Ablesung eines Stabdosisimeters eine übernormale Dosis zu befürchten, so werden durch die zuständigen Strahlenschutzverantwortlichen sofort die Auswertung des entsprechenden Filmes, und soweit erforderlich, weitere Maßnahmen veranlaßt. Die Verwendung von Kugel-Glasdosisimetern kommt z.Z. nicht in Betracht, denn für die Belange der KFA erscheint der Einsatz von TL-Dosisimetern zweckmäßiger als der von Glasdosisimetern, da erstere wegen ihrer geringeren Größe leichter an den Extremitäten befestigt oder im Bedarfsfalle ohne besonderen technischen Aufwand zusätzlich in den Filmplaketten untergebracht werden können, im übrigen ebenso schnell und sicher auswertbar sind und alle Bedingungen hinsichtlich Genauigkeit und Hochdosimetrie im gleichen Maße erfüllen, soweit sie für die Praxis von Bedeutung sind.

2.1.2 Auswertung und Registrierung der Filmdosisimeter und der Ergebnisse

Buchführung, Registrierung und technische Auswertung der Filme werden mit der zentralen Rechenanlage der Kernforschungsanlage durchgeführt. Einzelheiten des Originalverfahrens wurden in den Arbeitsberichten 1966 (Inter-ner Bericht Nr. 98, S. 26 ff.) und 1967 (Jül-543-ST, S. 71 ff.) ausführlich beschrieben. Das dort beschriebene Verfahren wurde später durch Berücksichtigung verbesserter Rechenmethoden und häufig vorkommender Sonderfälle erweitert und im Arbeitsbericht 1969 (Jül-670-ST, S. 76 ff.) an Hand von Beispielen erläutert.

Einiger Zeitaufwand ist Jahr für Jahr erforderlich, um die zahlreichen in Betrieb befindlichen Routineprogramme den sich permanent entwickelnden maschinellen und praktischen Anforderungen anzupassen.

2.1.3 Ermittlung der Neutronendosis

Zur Ermittlung der Neutronendosis tragen die in Betracht kommenden Personen die üblichen Universalplaketten, die mit einer Filterkombination zur Messung der Dosis langsamer Neutronen und einem Kernspurfilm zur Messung der Dosis schneller Neutronen ausgerüstet sind.

Seit 1969 werden im Normalfall nur noch solche Kernspurfilm ausgewertet, deren Träger gleichzeitig eine γ -Dosis von mehr als 500 mR erhalten haben; Stichproben werden nicht mehr durchgeführt. Zu begründen ist diese Erleichterung durch die Erfahrungen einer langjährigen Praxis (in etwa 10-jähriger Überwachungszeit wurde noch keine Neutronendosis festgestellt) sowie durch den experimentellen und theoretischen Nachweis, daß (außer in reinen oder nahezu reinen Neutronenfeldern) relevante Dosen schneller Neutronen nur in Begleitung von relevanten γ -Dosen vorkommen können. Weitere Überlegungen führten auf die oben genannte untere Grenze von 500 mR γ -Dosis.

Ausgenommen von dieser Regelung sind allerdings diejenigen Filme, deren Träger in reinen (bzw. nahezu reinen) Neutronenfeldern tätig sind. Diese Filme werden weiterhin alle ausgewertet.

2.1.4 Tabellarische Zusammenstellung der Ergebnisse

Tabelle 2.1/1 gibt eine Zusammenstellung der Anzahl der monatlich getragenen Personendosimeter.

Tabelle 2.1/1

Anzahl der im Jahre 1973 monatlich getragenen Personendosimeter

Monat	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.
Gammafilme	1791	1808	1778	1777	1776	1785	1823	1798	1768	1794	1776	1782
Kernspurfilm	891	898	914	901	925	911	896	905	886	916	900	912
TL-Dosimeter	238	159	284	284	295	207	223	235	224	276	216	247

Die Tabellen 2.1/2 bis 2.1/7 enthalten die Zusammenstellungen der Anzahl der Ganzkörper- und Handdosen, aufgegliedert nach Dosishöhe und Instituten. In den Tabellen bedeuten B: Dosisbelastung und K: Kontamination.

(E. Platzbecker)

Tabelle 2.1/2

Übersicht über die Anzahl der 1973 festgestellten Ganzkörperdosen
(Verteilung nach Instituten)

INSTITUT (ARB.GRUPPE)	JAN. B K	FEB. B K	MARZ. B K	APR. B K	MAI B K	JUNI B K	JULI B K	AUG. B K	SEP. B K	OKT. B K	NOV. B K	DEZ. B K	SA. B K
REAKTORWERKSTOFFE I	2 0	0 0	0 0	5 0	0 0	5 0	0 0	3 0	0 0	5 0	0 0	0 0	20 0
REAKTORWERKSTOFFE II	2 0	5 0	6 0	5 0	5 0	3 0	2 0	0 0	3 0	6 0	3 0	0 0	40 0
REAKTORWERKSTOFFE III	0 0	0 0	0 0	16 0	1 0	0 0	0 0	2 0	3 0	1 0	1 0	1 0	25 0
REAKTORWERKSTOFFE IV	0 0	3 0	2 0	2 0	3 0	0 0	2 0	4 0	2 0	3 0	2 0	1 0	24 0
REAKTORENTWICKLUNG	0 0	0 0	0 0	0 0	5 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0
REAKTORBAUELEMENTE	0 0	0 0	1 0	0 0	0 0	2 0	0 0	2 0	0 0	2 0	1 0	0 0	13 0
REAKTORBAUELEMENTE I	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	1 0	0 0	2 0
REAKTORBAUELEMENTE II	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	1 0	0 0	0 0	0 0	0 0
TECHNISCHE PHYSIK	3 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	4 0
GRENZFL.U.VAK.PHYS.	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0
KERNPHYSIK I	0 0	5 0	0 0	0 0	11 0	13 0	10 0	16 0	4 0	9 0	14 0	2 0	93 0
KERNPHYSIK II	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0
KERNPHYSIK	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0
NEUTRONENPHYSIK I	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0
NEUTRONENPHYSIK II	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0
PLASMAPHYSIK I	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0
PLASMAPHYSIK II	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0
PHYS.CHEMIE I	1 0	1 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	2 0	4 0	4 0	2 0	14 0
PHYS.CHEMIE II	0 0	1 0	0 0	0 0	1 0	0 0	1 0	1 0	1 0	0 0	1 0	0 0	6 0
PHYS.CHEMIE III	0 0	1 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	1 0
PHYS.CHEMIE IV	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	2 0	1 0	1 0	2 0	2 0	0 0	8 0
PHYS.CHEMIE V	0 0	0 0	0 0	1 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	1 0
NUKLEARCHEMIE I	1 0	1 0	1 0	0 0	0 0	0 0	0 0	1 0	0 0	1 0	3 0	2 0	8 0
RADIOCHEMIE KOELN	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	1 0	0 0	0 0	0 0	1 0
NUKLEARCHEMIE III	2 0	0 0	0 0	0 0	1 0	1 0	2 0	5 0	1 0	3 0	5 0	5 0	23 0
NUKLEARCHEMIE IV	2 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0
NUKLEARCHEMIE V	1 0	1 0	1 0	1 0	1 0	0 0	2 0	0 0	2 0	1 0	2 0	2 0	14 0
ANALYTISCHE CHEMIE I	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0
ANALYTISCHE CHEMIE	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0
ANALYTISCHE CHEMIE II	0 0	2 0	1 0	0 0	0 0	1 0	0 0	0 0	0 0	1 0	1 0	0 0	7 0
NUKLEARCHEMIE II	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0
CHEM.TECHNOLOGIE I	0 0	0 0	1 0	0 0	0 0	0 0	0 0	1 0	0 0	0 0	2 0	0 0	6 0
CHEM.TECHNOLOGIE II	0 0	0 0	0 0	0 0	1 0	0 0	0 0	0 0	2 0	0 0	0 0	2 0	3 0
ICT / BAYER LEVERKUSEN	1 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	1 0	0 0	2 0
ICT / CHEMIEZELLEN	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	3 0	0 0	0 0	0 0	3 0
MEDIZIN AACHEN	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	1 0	0 0	0 0	1 0	0 0	2 0
MEDIZIN II	3 0	5 0	4 0	1 0	5 0	3 0	3 0	1 0	6 0	1 0	3 0	0 0	35 0
MEDIZIN III	3 0	2 0	0 0	0 0	4 0	2 0	1 0	3 0	3 0	2 0	2 0	2 0	24 0
MEDIZIN IV	1 0	1 0	0 0	1 0	2 0	1 0	0 0	1 0	2 0	2 0	1 0	0 0	12 0
MEDIZIN V	0 0	0 0	0 0	1 0	0 0	3 0	0 0	1 0	1 0	2 0	2 0	0 0	10 0
MEDIZIN VI	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	1 0	1 0	0 0	0 0	0 0	0 0	2 0
BOTANIK U. MIKROBIOLOGIE	0 0	0 0	0 0	1 0	0 0	0 0	0 0	2 0	2 0	2 0	1 0	0 0	8 0
BOTANIK U. MIKROBIOLOGIE	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0
NEUROBIOLOGIE	2 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	2 0	1 0	0 0	1 0	0 0	4 0
RADIOAGRONOMIE	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0
AGRICHEMIE BONN	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	1 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	1 0
REAKTOREXPERIMENTE	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0
REAKTOREXPERIMENTE	2 0	5 0	4 0	8 0	7 0	4 0	3 0	9 0	4 0	6 0	14 0	4 0	70 0
R.EXP. - STR.M.TECHNIK	1 0	1 0	1 0	1 0	3 0	1 0	3 0	0 0	4 0	4 0	4 0	1 0	24 0
ZFR TECHN.HALLE	2 0	1 0	2 0	6 0	19 0	2 0	5 0	4 0	9 0	23 0	29 0	11 0	113 0
ZFR TECHN.HALLE	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0
BRENN.U.BESTR.TECHN.	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0
ZFR MERLIN	12 0	3 0	2 0	7 0	7 0	2 0	9 0	16 0	22 0	24 0	32 0	33 0	169 0
ZFR MERLIN	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0

Tabelle 2.1/2 (Fortsetzung)

Übersicht über die Anzahl der 1973 festgestellten Ganzkörperdosen
(Verteilung nach Instituten)

INSTITUT (ARB.GRUPPE)	JAN.	FEB.	MÄRZ.	APR.	MAI	JUNI	JULI	AUG.	SEP.	OKT.	NOV.	DEZ.	SA.
	B K	B K	B K	B K	B K	B K	B K	B K	B K	B K	B K	B K	B K
ZFR D100	2 0	2 0	1 0	16 0	15 0	4 0	27 0	24 0	15 0	14 0	39 0	4 0	163 0
ZFR D100	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0
IRW/BRENNSTOFFZELLEN	9 0	9 0	13 0	11 0	12 0	7 0	7 0	8 0	10 0	11 0	7 0	3 0	106 0
IRW/HEISSE ZELLEN	17 0	19 0	14 0	23 0	26 0	26 0	25 0	18 0	21 0	21 0	15 0	7 0	232 0
ZL ELEKTRONIK	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	1 0	0 0	1 0
STRAHLENSCHUTZ I	2 0	3 0	1 0	1 0	1 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	4 0	2 0	21 0
STRAHLENSCHUTZ II	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	3 0	2 0	0 0	0 0	0 0	0 0
STRAHLENSCHUTZ III	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0
STRAHLENSCHUTZ IV	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	1 0	2 0	3 0
EINSATZTRUPP ZST	0 0	1 0	1 0	2 0	2 0	1 0	1 0	3 0	1 0	2 0	0 0	0 0	14 0
FESTKÖRPERFORSCHUNG I	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0
FESTKÖRPERFORSCHUNG II	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0
FESTKÖRPERFORSCHUNG III	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0
FESTKÖRPERFORSCHUNG IV	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0
FESTKÖRPERFORSCHUNG V	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0
FESTKÖRPERFORSCHUNG VI	1 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	1 0
V.O.GRAAFF LABOR	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	1 0	0 0	1 0
BAUWESEN U. TECH.PLANUNG	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0
TD-HB BAUHOFF	0 0	0 0	0 0	2 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	1 0	3 0
TD-HB BAUHOFF	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0
TD-HB MALERWERKSTATT	2 0	2 0	0 0	1 0	0 0	3 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	8 0
TD-HB MALERWERKSTATT	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0
TD-DEKONTAMINATION	27 0	27 0	36 0	34 0	36 0	28 0	27 0	33 0	33 0	30 0	35 0	23 0	369 0
TD-DEKONTAMINATION	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0
TD-DE FERNFIRMEN	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0
TD-EV ELEKTROTECHNIK	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	1 0	0 0	0 0	0 0	2 0	0 0	3 0
TD-EV AEG-BARACKE	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	1 0	0 0	1 0
TD-EV VERSORGUNG	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0
TD-EV VERSORGUNG	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0
TD-EV FERNMELDEANLAGE	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0
TD-EV BILOSTELLE	0 0	0 0	0 0	0 0	2 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0
TD-HB ORDNUNGSDIENST	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0
FEUERWEHR I	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	4 0	0 0	0 0	0 0	0 0	4 0
FEUERWEHR II	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	3 0	0 0	0 0	0 0	0 0	3 0
HILFSFEUERWEHR	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	1 0	0 0	0 0	0 0	0 0	1 0
TD-HB FAHRBER. PKW	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0
TD-HB GEBÄUDEDIENST	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0
HAUPTWERKSTATT	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	1 0	0 0	0 0	1 0	2 0
TD-MW BEIZEREI	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0
TD-MW WARTUNG I	0 0	0 0	0 0	1 0	1 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	5 0
TD-MW WARTUNG II	3 0	0 0	4 0	3 0	2 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	12 0
TD-MW GLASBLÄSEREI	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0
SICHERHEITSBEAUFTRAGTER	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0
TD-EM SPEDITION	0 0	0 0	0 0	0 0	4 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	1 0	0 0	5 0
BBC KERNF.LABOR	2 0	1 0	4 0	4 0	2 0	0 0	2 0	1 0	1 0	4 0	7 0	2 0	30 0
BBC-AVR V.KR.WERK	10 0	10 0	15 0	4 0	2 0	2 0	8 0	11 0	1 0	5 0	7 0	8 0	93 0
URANIT	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0
INGENIEURSCHULE JUELICH	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0
SONST. AUSW. BETRIEBE	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0
SUMME	115 0	112 0	115 0	164 0	179 0	115 0	145 0	186 0	163 0	202 0	255 0	118 0	1869 0

B = DOSISBELASTUNGEN
K = KONTAMINATIONEN

Tabelle 2.1/3

Übersicht über die Anzahl der 1973 festgestellten TL-Dosen der rechten Hand
(Verteilung nach Instituten)

Institut (Arb.Gruppe)	Jan.	Feb.	Mrz.	Apr.	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sep.	Okt.	Nov.	Dez.	Summe
Reaktorwerkstoffe II	2	3	0	1	2	0	3	1	4	1	3	2	22
Reaktorwerkstoffe III	0	0	0	0	1	0	1	0	2	0	0	2	6
Reaktorwerkstoffe IV	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
Reaktorbauelemente I	1	1	1	0	1	0	0	1	1	1	0	1	8
Reaktorbauelemente II	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
Reaktorentwicklung	3	0	6	8	3	3	2	4	8	0	3	0	40
Technische Physik	0	1	1	0	3	0	4	0	0	0	0	0	9
Kernphysik I	2	0	2	11	5	10	6	7	3	1	2	1	50
Phys. Chemie I	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	4	2	7
Phys. Chemie II	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	2
Phys. Chemie III	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Phys. Chemie IV	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	2
Nuklearchemie I	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	2	0	4
Nuklearchemie III	1	1	1	0	0	1	0	4	1	1	1	3	14
Nuklearchemie V	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	4
Analytische Chemie II	2	2	1	1	3	2	0	2	0	0	0	0	13
Chem. Technologie I	0	2	1	2	0	1	1	0	0	4	0	3	14
Chem. Technologie II	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	2
Medizin II	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
Medizin III	0	0	1	0	0	0	0	1	1	2	1	1	7
Medizin IV	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
Botanik u. Mikrobiologie	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
Radioagronomie	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Reaktorexperimente	1	0	0	2	0	0	1	0	0	3	1	0	8
R.Exp. - Str.M.Technik	1	1	1	2	0	1	1	1	1	1	1	0	11
ZFR Techn.Halle	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	2
ZFR Merlin	0	2	1	2	1	3	1	2	1	3	1	2	19
ZFR Dido	1	2	0	1	1	2	0	0	0	0	1	0	8
IRW/Brennstoffzellen	14	14	14	9	6	4	8	10	8	14	8	4	113
IRW/Heiße Zellen	16	18	12	21	21	17	24	15	14	19	15	7	199
Strahlenschutz I	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	2
Strahlenschutz II	0	0	0	2	0	0	0	0	0	1	0	0	3
Strahlenschutz III	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Strahlenschutz IV	0	0	0	0	1	1	1	0	1	0	0	0	4
Festkörperforschung V	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	3
TD-Dekontamination	11	13	11	17	12	19	13	10	14	5	10	11	146
TD-MW Beizerei	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
TD-MW Wartung I	0	0	1	0	2	0	0	3	0	3	0	0	9
TD-MW Wartung II	2	0	3	0	2	0	0	0	0	0	0	0	7
BBC Kernf.Labor	0	0	1	0	3	1	0	1	1	0	2	0	9
Summe	58	65	63	83	71	66	66	65	62	63	55	39	756

Tabelle 2.1/4

Übersicht über die Anzahl der 1973 festgestellten TL-Dosen der linken Hand
(Verteilung nach Instituten)

Institut (Arb.Gruppe)	Jan.	Feb.	Mrz.	Apr.	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sep.	Okt.	Nov.	Dez.	Summe
Reaktorwerkstoffe II	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Reaktorwerkstoffe III	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Reaktorwerkstoffe IV	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Reaktorbauelemente I	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1	4
Reaktorbauelemente II	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	2
Reaktorentwicklung	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Technische Physik	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Kernphysik I	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
Phys. Chemie I	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	3	3	8
Phys. Chemie II	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	2
Phys. Chemie III	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	2
Phys. Chemie IV	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	2
Nuklearchemie I	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
Nuklearchemie III	0	1	1	0	0	1	1	4	1	1	2	2	14
Nuklearchemie V	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Analytische Chemie II	3	2	1	4	2	2	1	1	0	0	0	0	16
Chem. Technologie I	0	1	1	0	0	0	0	0	0	3	1	0	6
Chem. Technologie II	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Medizin II	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
Medizin III	0	0	1	0	1	0	0	0	1	2	1	1	7
Medizin IV	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
Botanik u. Mikrobiologie	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Radioagronomie	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	2
Reaktorexperimente	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	3
R.Exp.-Str.M.Technik	0	1	1	0	1	0	0	1	1	0	0	0	5
ZFR Techn. Halle	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ZFR Merlin	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ZFR Dido	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
IRW/Brennstoffzellen	14	12	14	14	8	4	8	10	7	15	9	5	120
IRW/Heiße Zellen	1	0	0	4	5	3	0	1	1	6	0	3	24
Strahlenschutz I	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	2
Strahlenschutz II	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	3
Strahlenschutz III	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Strahlenschutz IV	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	3
Festkörperforschung V	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	3
TD-Dekontamination	11	13	13	16	12	17	13	12	13	6	8	10	144
TD-MW Beizerei	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TD-MW Wartung I	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TD-MW Wartung II	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
BBC Kernf.Labor	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	3
Summe	31	32	37	44	35	28	26	32	27	39	24	25	380

Tabelle 2.1/5

Übersicht über die Anzahl der 1973 festgestellten Ganzkörperdosen
(Verteilung nach Dosishöhe)

VERTEILUNG NACH HÖHE DER MONATSDOSEN																		
Monat	0-25	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800	900	1000	u.mehr	Summe
1	25	24	33	14	1	6	2	2	3	2	1	1	0	0	0	1	115	
2	28	28	26	13	8	5	2	0	1	0	0	0	0	0	0	1	112	
3	20	21	32	11	18	4	3	2	2	0	1	0	0	0	0	1	115	
4	56	50	26	11	14	4	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	164	
5	75	47	27	5	12	5	5	1	0	1	0	0	1	0	0	0	179	
6	23	33	30	5	5	5	5	5	0	0	1	0	0	1	1	1	115	
7	46	39	38	8	7	4	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	145	
8	59	62	30	6	15	5	1	5	2	0	1	0	0	0	0	0	186	
9	56	41	25	9	13	9	3	1	4	1	1	0	0	0	0	0	163	
10	58	67	43	11	12	4	1	4	2	0	0	0	0	0	0	0	202	
11	113	65	42	12	12	2	5	0	0	0	0	1	0	0	0	3	225	
12	26	38	29	7	7	3	2	1	1	3	1	0	0	0	0	0	118	
Summe	585	515	381	112	124	56	32	24	15	7	6	2	1	1	1	7	1869	

VERTEILUNG NACH HÖHE DER JAHRESDOSEN																	
0-25	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500 -	600 -	700 -	800 -	900 -	1000 u.mehr	Summe	
136	102	93	30	30	20	24	18	18	10	18	11	6	11	5	48	580	

Tabelle 2.1/6

Übersicht über die Anzahl der 1973 festgestellten TL-Dosen der rechten Hand
(Verteilung nach Dosishöhe)

VERTEILUNG NACH HÖHE DER MONATSDOSEN																		
MONAT	0-250	750	1250	1750	2250	2750	3250	3750	4250	4750	6000	7000	8000	9000	10000	15000	U. MEHR	SUMME
1	27	16	12	0	0	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	58
2	34	16	4	3	1	0	5	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	65
3	20	26	5	2	3	2	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1	1	63
4	56	17	5	3	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	83
5	33	26	7	2	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	71
6	36	14	5	4	2	0	0	0	1	0	1	1	0	1	0	1	0	66
7	30	16	8	6	3	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	66
8	42	14	5	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	65
9	29	20	5	2	1	0	1	1	0	1	2	0	0	0	0	0	0	62
10	31	17	10	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	63
11	33	12	3	3	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	55
12	16	3	8	3	0	5	1	0	0	0	2	0	1	0	0	0	0	39
SUMME	387	197	77	36	11	11	10	6	2	1	7	2	2	2	0	2	3	756

VERTEILUNG NACH HÖHE DER JAHRESDOSEN																		
	0-250	750	1250	1750	2250	2750	3250	3750	4250	4750	6000	7000	8000	9000	10000	15000	U. MEHR	SUMME
	62	52	19	18	9	9	8	5	9	3	10	4	9	3	3	3	4	230

Tabelle 2.1/7

Übersicht über die Anzahl der 1973 festgestellten TL-Dosen der linken Hand
(Verteilung nach Dosishöhe)

VERTEILUNG NACH HÖHE DER MONATSDOSEN																		
MONAT	0-250	750	1250	1750	2250	2750	3250	3750	4250	4750	6000	7000	8000	9000	10000	15000	U. MEHR	SUMME
1	12	8	7	3	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	31
2	16	10	3	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	32
3	16	8	3	2	1	2	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	2	37
4	27	10	5	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	44
5	18	12	2	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	35
6	17	4	0	2	2	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	28
7	15	6	4	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	26
8	21	9	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	32
9	12	8	2	3	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	27
10	16	7	9	1	3	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	39
11	17	1	1	2	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	24
12	8	6	7	1	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	25
SUMME	195	89	44	19	9	6	3	0	4	0	3	2	1	0	1	2	2	380

VERTEILUNG NACH HÖHE DER JAHRESDOSEN																		
	0-250	750	1250	1750	2250	2750	3250	3750	4250	4750	6000	7000	8000	9000	10000	15000	U. MEHR	SUMME
	25	18	20	7	8	2	3	2	4	2	3	2	3	0	2	4	4	109

2.2 Spezielle Untersuchungen zur Messung der äußeren Strahlenbelastung

2.2.1 Kritischer Vergleich der Film- und Stabdosismeterüberwachung an Hand statistischer Untersuchungen

E. Rose

Wie im Berichtsjahr 1971 (vgl. Bericht JÜL-881-ST, S. 131 ff) wurde im Jahre 1973 der Vergleich zwischen Film- und Stabdosismeterergebnissen wieder aufgegriffen. Ziel der Untersuchungen ist es, einen Überblick hinsichtlich der Übereinstimmung der in der KFA Jülich seit mehr als 10 Jahren betriebenen Film- und Stabdosismeterüberwachung zu erhalten und damit die Zweckmäßigkeit beider Methoden zu beurteilen.

Nachdem aufgrund eines Vergleiches der Meßergebnisse des Jahres 1971 eine Korrektur der Härtefaktoren vorgenommen worden war, konnten in den Folgejahren 1972 und 1973 weit bessere Ergebnisse erzielt werden.

Auswahl und Zusammenstellung des statistischen Materials

Wie im Jahre 1971 mußte bei dem Vergleich zwischen Film- und Stabdosis aus technischen, zeitlichen und statistischen Gründen wieder eine Auswahl nach folgenden Gesichtspunkten vorgenommen werden:

1. Die zum Vergleich herangezogenen Institutionen bzw. Arbeitsgruppen sollten hinreichend viel statistisches Material abgeben; Institute und Arbeitsgruppen mit nur gelegentlich vorkommenden Dosisbelastungen wurden daher ausgenommen, da der damit verbundene Aufwand die Untersuchungen unnötig erschwert hätte und die geringe Menge der "Ergebnisse" keine hinreichend signifikanten Ergebnisse erwarten läßt.
2. Die Strahlenqualität, mit der die Filme während der Tragedauer bestrahlt wurden, sollte ein möglichst breites Spektrum über alle in der Praxis vorkommenden Strahlengemische liefern.

Unter diesen Aspekten fiel die Auswahl diesmal auf folgende Institutionen:

- a) Technische Dienste - Dekontamination
- b) Institut für Reaktorwerkstoffe - Heiße Zellen
- c) Reaktorbetriebe
- d) Zentralabteilung Strahlenschutz

Es liegt auf der Hand, daß durch diese Auswahl die statistische Aussagekraft des Ergebnisses in keiner Weise eingeschränkt ist, da innerhalb der Institute keine willkürliche Auswahl getroffen wurde. Es muß daraus gefolgert werden, daß zumindest in allen Institutionen ähnlicher Art der gleiche Befund zu erwarten ist. Wie weit er auch für andersgeartete Institutionen zutrifft - besonders solche, in denen die Strahlenqualität eine wesentlich andere ist - kann wegen des geringen Materials erst nach Zusammenstellung über mehrere Jahre entschieden werden. Es ist jedoch zu erwarten, daß auch in diesen Fällen keine wesentlich anderen Resultate gefunden werden.

Die ausgewählten Institutionen boten insbesondere die Gewähr, daß dort ein sehr vielseitiger Gebrauch aller möglichen in Frage kommenden Radionuklide gegeben ist. Sämtliche in die Untersuchungen einbezogenen Filme zeigten ein Mischstrahlenfeld, bestehend aus einer hohen, harten und mittelharten und einer geringeren, weichen Dosiskomponente, in den unterschiedlichsten Zusammensetzungen. In den meisten Fällen lag das Verhältnis der Dosis des ^{60}Co -Feldes zu der des ^{137}Cs -Feldes unterhalb 1 oder wenig darüber. Es muß daher wieder vorsorglich erwähnt werden, daß immer noch keine ausreichenden Erfahrungen im Bereich weicher Strahlenqualitäten vorliegen; denn die bisher vorgekommenen Fälle dieser Art sind immer noch so selten und wegen der nicht hinreichenden Zuverlässigkeit der Stabdosisanzeige im niederenergetischen Bereich so zweifelhaft, daß noch keine Untersuchungen größeren Umfangs möglich waren.

Diskussion der Ergebnisse

Die Tabellen 2.2/1 und 2.2/2 enthalten beispielhaft eine Gegenüberstellung der Film- und Stabdosiswerte zweier Monate aus den Jahren 1972 und 1973 nebst einer Mittelwert- und Fehlerrechnung, wobei stellvertretend für alle 24 Monate der Monat mit den geringsten Abweichungen zwischen Film- und Stabdosis und der Monat mit der größten Abweichung ausgewählt wurden.

Die einzelnen Spalten der Tabellen enthalten folgende Angaben:

(1) LFD.NR	laufende Nummer
(2) FILMD.	berechnete Filmdosis
(3) STABD.	abgelesene Stabdosis
(4) QUAL.	qualitative Bewertung des Ergebnisses:
Klasse 0:	++ sehr gut 0-15 % Abweichung bei 250 mR und darüber
" 1:	+ gut 15-30 % " " 250 " " "
" 2:	ausreichend 30-45 % " " 250 " " "
" 3:	- mangelhaft 45-60 % " " 250 " " "
" 4:	-- ungenügend > 60 % " " 250 " " "

Die angegebene Prozentklassifikation gilt für einen Dosisbereich von >250 mR. Im Niederdosisbereich ist zu berücksichtigen, daß wegen der unvermeidlichen, großen Schwankungen, verursacht durch die Unsicherheit des Selbstlaufes der Stabdosismeter und die untere Meßgrenze der Filma von ca. 10 - 40 mR (je nach Energie), die Abweichungen nicht so streng zu beurteilen sind wie in höheren Dosisbereichen. Es wurde deshalb in Analogie zu statistischen Überlegungen die prozentuale Abweichung mit einem Gewichtungsfaktor

$$g = \frac{\sqrt{(\text{FILMD.} + \text{STABD.})/2-40}}{15}$$

multipliziert, wobei negative Radikanden gleich 0 gesetzt wurden. Durch diese Manipulation wird erreicht, daß

- a) bei Film- und Stabdosiswerten (beide gleichzeitig) unterhalb von 40 mR grundsätzlich die Klasse 0 (++) erzielt wird,
- b) im Bereich von 250 mR die o.a. Grundklassifikation von 15 % pro Klasse entsteht,
- c) bei niedrigeren Dosen entsprechend geringere Anforderungen an die Güte gestellt werden.

Dabei wurde davon ausgegangen, daß eine derartige Bewertung für die Belange des Strahlenschutzes angemessen ist.

- (5) PROZ.DIFF. prozentuale Differenzen laut folgender Gleichung:

$$\text{PROZ.DIFF.} = \frac{\text{FILMD.} - \text{STABD.}}{(\text{FILMD.} + \text{STABD.})/2} \cdot 100 \%$$

Bei dieser Berechnung wurde davon ausgegangen, daß Film- und Stabdosismeter hinsichtlich ihres Aussagewertes gleiches Gewicht haben sollten, so daß die Abweichungen auf den Mittelwert beider bezogen wurden. Aus der mittleren Streuung der Einzelwerte beider Dosimeterarten kann zwar gefolgert werden, daß dem Stabdosismeter in dem hier in Frage kommenden Energiebereich größeres Gewicht beizumessen ist, doch würde eine Änderung des Bezugswertes im Endeffekt keinen wesentlichen Einfluß auf das Ergebnis haben.

- (6) ABW.V.MITTEL Abweichung der Einzelwerte vom Mittelwert der Spalte (5)

- (7) QUADRAT D.ABW. Quadrat der Werte von Spalte (6)

Bei den Stabdosismeterwerten wurde ein Selbstablauf berücksichtigt, der nach eingehenden Prüfungen im Mittel ca. 12 mR beträgt.

Die bei der Subtraktion dieses Wertes gelegentlich auftretenden negativen Werte wurden auf Null erhöht.

Bei der Beurteilung der Ergebnisse ist zunächst zu bedenken, daß - selbst bei sorgfältiger Handhabung und Buchführung - infolge defekter Dosimeter oder nicht kontrollierbarer Arbeitsumstände Fehlmessungen nicht ausgeschlossen werden können. Dabei sind Fehler bei der Filmauswertung durch einen Vergleich der Filterverhältnisse mit den entsprechenden Werten von Arbeitskollegen noch relativ leicht zu erkennen, hingegen sind falsche Stabdosismeteranzeigen oder Besonderheiten der Arbeitsbedingungen nachträglich nicht mehr zu erkennen oder zu rekonstruieren. Auch reine Fehler bei der Ablesung und Eintragung sind nicht auszuschließen. Es ist daher einzukalkulieren, daß zumindest einige der Fälle, in denen Film- und Stabdosismeter stärkere

Tabelle 2.2/1

Vergleich der Meßergebnisse von Film- und Stabdosisimeter
Monat Juli 1972

LFD.NR.	FILMD.	STABD.	QUAL.	PROZ.DIFF.	ABW.V.	MITTEL QUADRAT D.ABW.	INST	FILM-NR
1	107.	120.	++	-11.45	-3.09	9.53	5060	73385
2	92.	69.	++	28.57	36.94	1364.42	5340	73501
3	81.	118.	+	-37.19	-28.82	830.55	5360	73564
4	56.	71.	++	-23.62	-15.26	232.73	5360	73588
5	32.	65.	++	23.13	31.50	991.99	5380	73762
6	66.	66.	++	0.0	8.37	70.00	5471	73789
7	135.	148.	++	-8.45	-0.08	0.01	5471	73792
8	20.	18.	++	22.22	30.59	935.68	5471	73794
9	27.	29.	++	-7.14	1.22	1.50	5471	73813
10	20.	25.	++	-22.22	-13.86	191.98	5471	73814
11	134.	63.	++	72.08	80.45	6471.86	5471	73818
12	20.	15.	++	28.57	36.94	1364.42	5471	73819
13	33.	33.	++	0.0	8.37	70.00	5471	73826
14	62.	61.	++	1.63	9.99	99.85	5472	73836
15	74.	47.	++	44.63	52.99	2403.44	5472	73877
16	31.	43.	++	-32.43	-24.07	579.16	5472	73916
17	65.	53.	++	20.34	28.71	824.01	5472	73917
18	33.	66.	++	-66.67	-58.30	3398.89	5960	73956
19	20.	15.	++	28.57	36.94	1364.42	8160	74007
20	44.	49.	++	-10.75	-2.39	5.69	8310	74095
21	56.	47.	++	17.43	25.84	667.83	8310	74101
22	90.	102.	++	-12.50	-4.13	17.08	8310	74102
23	178.	157.	++	12.54	20.90	436.98	8310	74106
24	274.	207.	+	27.86	36.23	1312.27	8310	74108
25	74.	111.	+	-40.00	-31.63	1000.67	8310	74114
26	73.	97.	++	-23.24	-19.87	394.76	8310	74115
27	67.	59.	++	12.70	21.07	443.74	8310	74116
28	53.	62.	++	-15.65	-7.29	53.08	8310	74123
29	51.	81.	+	-45.45	-37.09	1375.51	8310	74124
30	20.	27.	++	-29.79	-21.42	458.84	8310	74125
31	56.	54.	++	3.64	12.00	144.07	8310	74129
32	20.	49.	++	-84.06	-75.69	5729.17	8310	74135
33	369.	242.	-	41.57	49.94	2493.79	8310	74141
34	43.	74.	+	-59.02	-50.65	2565.39	8310	74145
35	43.	74.	++	-42.62	-34.26	1173.49	8310	74147
36	31.	62.	++	-66.67	-58.30	3398.89	8310	74151
37	32.	54.	++	-51.16	-42.80	1831.50	8310	74157
SUMME	37	2733.	2736.	-309.57	-0.00	45112.14		
MITTELWERT		74.	74.	-3.37	-0.00	1253.11		
MITTL. QUADR. ABW.					35.40	%		
MITTL. PROZ. ABW.			0.07	%				

Diskrepanzen aufweisen, auf solche Effekte zurückzuführen sind. Derartige Möglichkeiten liegen in der Natur eines statistischen Vergleichs und gelegentlich auftretende starke Abweichungen müssen daher entsprechend bewertet werden.

Eine Zusammenfassung der Bewertung der Tabellen 2.2/1 und 2.2/2 ergibt:

sehr gut und gut:	105 Werte = 87 %
ausreichend:	10 Werte = 8 %
mangelhaft:	6 Werte = 5 %
ungenügend:	0 Werte = 0 %

Es sei dahingestellt, welche Bedeutung man dieser Bewertung sowie den gelegentlich starken Abweichungen (unter gebührender Berücksichtigung der oben erwähnten Möglichkeiten von Fehlmessungen oder Fehlaufzeichnungen) im Rahmen des Strahlenschutzes beimißt. Von weit größerer Bedeutung ist jedenfalls die Frage, wie sich die gelegentlich starken Abweichungen auf die Aufsummierung der Dosen im Laufe mehrerer Monate bzw. Jahre auswirken - ob sie sich dabei im erträglichen Maße herausmitteln oder nicht. Diese Frage wurde auf 2 verschiedene Weisen untersucht:

1. Integration innerhalb eines Monats

Bei der Prüfung, ob sich die Abweichungen im Laufe der Zeit herausmitteln, sollte es statistisch keine Rolle spielen, ob man die Dosen einzelner Personen für sich oder die Dosen beliebiger Personen insgesamt addiert. Es ist daher zunächst in Tabelle 2.2/3 die monatliche Gesamtsumme der Film- und Stabdosen angegeben.

Die Tabelle enthält außer den in den Tabellen 2.2/1 und 2.2/2 enthaltenen Angaben noch die Rubriken:

(8) ANZ.PERS. Anzahl der Personen des betr. Monats, die eine Dosisbelastung hatten.

Aus der Tabelle ist zu entnehmen, daß trotz der bestehenden statistischen Streuungen, die sich gleichermaßen nach der positiven und negativen Seite auswirken, im Endeffekt die Summe innerhalb eines Monats so weit übereinstimmt, daß alle Werte in die Kategorien "sehr gut" und "gut" fallen. Darüber hinaus ist von entscheidender Bedeutung letztlich der Umstand, daß die Summen der Film- und Stabdosen unter dem Strich in sehr guter Übereinstimmung liegen und nur um 3,6 % voneinander abweichen. Dieses Ergebnis ist um so bedeutungsvoller, als die Summierung auch alle Abnormitäten (Ausreißer) einschließt. Es ist daher der Schluß gerechtfertigt, daß im Ablauf eines längeren Zeitraumes die Summe aller - gleich wie gearteten - Messungen in brauchbarer Näherung übereinstimmt.

Die größten innerhalb des betrachteten Zeitraumes liegenden Einzelabweichungen betragen -24,2 % und +26,4 % (wobei die Werte des Monats Dezember 1972 wegen der höheren Fehlerbreite außer Betracht gelassen wurden - vgl. Anm. auf der Tabelle). Die entsprechenden Werte sind mit MIN und MAX gekennzeichnet.

Tabelle 2.2/3

VERGLEICH DER MESSERGEBNISSE VON FILM- UND STABDOSIMETERN
MONATE JANUAR 1972 BIS DEZEMBER 1973
INTEGRATION DER DOSEN INNERHALB EINES MONATS

LFD. NR.	DOSIS		QUAL.	PROZ. DIFF.	ZAHL D. PEPS.	MONAT
	FILM	STAB				
1	11637.	9152.	+	23.91	57	172
2	10330.	11704.	++	-13.15	66	272
3	9963.	10006.	++	-0.43	58	372
4	6430.	6732.	++	-4.59	57	472
5	6104.	5789.	++	5.30	67	572
6	5779.	4716.	+	20.26	51	672
7	2738.	2736.	++	0.07	37	772
8	5091.	4667.	++	8.69	57	872
9	4040.	4240.	++	-4.83	52	972
10	8022.	7235.	++	10.32	64	1072
11	8844.	8994.	++	-1.68	117	1172
12	2319.	1723.	+	29.49 ⁺)	30 ⁺)	1272
13	10750.	10048.	++	6.75	80	173
14	7645.	8275.	++	-7.91	72	273
15	12082.	10393.	+	15.03	78	373
16	10831.	11402.	++	-5.14	120	473
17	11617.	14815.	+	-24.20 MIN	129	573
18	7869.	8050.	++	-2.27	73	673
19	8524.	10653.	+	-22.20	109	773
20	9525.	7942.	+	18.13	117	873
21	13280.	11038.	+	18.44	118	973
22	12242.	12217.	++	0.20	141	1073
23	14875.	12754.	+	15.35	176	1173
24	9682.	7422.	+	26.43 MAX	84	1273
SUMME 24 210219.202783.						
MITTELWERT 8759. 8449. 3.60						
MITTL.QUADR.ABW.						
MITTL.PROZ.ABW. 3.60 %						

⁺) Die Werte des Dezember 1972 sind hinsichtlich der Genauigkeit mit den anderen Monaten nicht zu vergleichen, da in diesem Monat wegen eines techn. Mangels bei der Entwicklung eine größere Zahl von Filmen nicht exakt auszuwerten war. Sie wurden daher auch bei der Frage der größten Abweichung außer Betracht gelassen.

2. Integration von Einzelpersonen

Von besonderem Interesse ist naturgemäß die Frage, wie weit auch bei Einzelpersonen die Integration der Film- und Stabdosis nach Ablauf eines längeren Zeitraumes übereinstimmt. Tabelle 2.2/4 enthält eine Gegenüberstellung der integrierten Film- und Stabdosen einzelner Personen. In die Untersuchungen einbezogen wurden alle diejenigen Personen, bei denen in mehr als 8 Monaten eine relevante - d.h. eindeutig über dem Selbstablauf der Stabdosis und über der Meßgrenze der Filme liegende - Stab- und Filmdosis festgestellt worden war. (Die Anzahl der Monate, in denen eine solche Dosis vorlag, ist in der Spalte "MONATE" enthalten.) Diese Auswahl war durch die Forderung bedingt, daß Betrachtungen über integrierte Dosen nur dann einen Sinn haben, wenn auch über eine größere Anzahl von Einzelwerten addiert werden kann. Der Befund bestätigt erneut die Feststellung, daß die über längere Zeiträume integrierten Film- und Stabdosen sich mit guter Näherung angleichen.

Die Extremwerte betragen: +49,5 % und -46,9 %. Die entsprechenden Werte sind in der Tabelle mit MAX. und MIN. gekennzeichnet. Die Gesamtsumme aller Personen stimmt innerhalb von 1,5 % überein.

Eine Zusammenfassung ergibt in allen Fällen den gleichen, zufriedenstellenden Befund, ja die Übereinstimmung ist im Endeffekt - in der Gesamtsumme wie auch bei Einzelpersonen und -monaten - derart, daß bei wesentlichen Abweichungen einzelner Personen geradezu auf systematische Fehler geschlossen werden kann: Es können dann folgende Möglichkeiten in Betracht kommen.

- a) Durch einen besonderen Vorfall, der im einzelnen zu prüfen wäre (z.B. Nichttragen eines Dosimeters, Tragen an verschiedenen Körperstellen, vorübergehendes Versagen eines Dosimeters u.a.), entstand ein- oder mehrmalig eine derart hohe Differenz zwischen Film- und Stabdosis, daß diese im betrachteten Zeitraum bei der Integration noch nicht wieder ausgeglichen werden konnte.
- b) Die betroffene Person trug ein defektes Stabdosisimeter
- c) Auch die Frage eines "defekten" Filmes oder einer defekten Filmserie wäre zu prüfen. Doch könnte sich wegen des monatlichen Wechsels der Filme ein einzelner "defekter" Film höchstens einmal auf die Ergebnisse auswirken, während eine ganze "defekte" Filmserie aufgrund der Entwicklungs- und Eichmethoden entweder eliminiert wird oder bei einer aus dem Rahmen fallenden Unregelmäßigkeit aller Filme unbedingt auffallen muß. Die Filme scheiden daher zumindest in dieser Beziehung als relevante Fehlerquellen aus.

Tabelle 2.2/4

VERGLEICH DER MESSERGEBNISSE VON FILM- UND STABDOSIMETERN
 MONATE JANUAR 1972 BIS DEZEMBER 1973
 INTEGRIERTE PERSONENDOSEN

LFD. NR.	DOSIS		QUAL.	PROZ. DIFF.	ZAHL D. MONATE	LFD. NR.	DOSIS		QUAL.	PROZ. DIFF.	ZAHL D. MONATE
	FILM	STAB					FILM	STAB			
1	1551.	1562.	++	-0.71	20	46	929.	1053.	++	-12.51	10
2	420.	463.	++	-9.74	8	47	1269.	1835.		-36.47	10
3	3383.	3956.	+	-15.62	23	48	648.	906.		-33.20	10
4	3576.	2824.	+	23.50	20	49	4496.	4916.	++	-8.92	23
5	544.	493.	++	9.64	8	50	1272.	1060.	+	18.18	13
6	1812.	1308.		32.31	19	51	1736.	2241.	+	-25.40	9
7	1560.	1019.		41.95	17	52	3983.	3136.	+	23.80	21
8	1588.	1616.	++	-1.75	8	53	932.	783.	+	17.38	8
9	3529.	2518.		33.44	23	54	1216.	794.		41.99	9
10	2864.	3493.	+	-19.79	21	55	2408.	1893.	+	23.95	20
11	1108.	1667.		-40.29	13	56	1628.	1277.	+	24.17	14
12	481.	434.	++	10.27	6	57	1192.	959.	+	21.66	8
13	4104.	4108.	++	-0.10	19	58	861.	836.	++	2.95	12
14	807.	778.	++	3.66	10	59	681.	615.	++	10.19	12
15	864.	1375.	-	-45.71	10	60	900.	1295.		-35.99	13
16	502.	908.	-	-57.59	8	61	671.	763.	++	-13.48	12
17	4726.	3654.	+	25.58	22	62	805.	1307.	-	-47.54	9
18	926.	1052.	++	-12.74	15	63	2300.	2625.	++	-13.20	21
19	538.	659.	+	-20.22	10	64	5110.	3933.	+	25.98	22
20	1573.	1401.	++	11.57	13	65	303.	254.	+	17.59	8
21	4899.	3676.	+	28.52	21	66	1604.	2796.	-	-54.18	17
22	975.	588.	-	49.52MAX	9	67	1845.	1915.	++	-2.65	19
23	3160.	2246.		33.81	17	68	1749.	2231.	+	-24.22	17
24	1639.	1712.	++	-4.36	16	69	769.	977.	+	-23.83	9
25	510.	822.	-	-46.85MIN	12	70	906.	757.	+	17.92	12
26	2370.	2017.	+	16.09	17	71	329.	316.	++	4.03	8
27	788.	655.	+	18.43	8	72	2242.	2348.	+	-23.81	20
28	2414.	2581.	++	-6.69	15	73	451.	467.	++	-3.49	12
29	1032.	1337.	+	-25.75	9	74	2425.	2027.	+	17.88	13
30	3316.	3667.	++	-10.05	23	75	982.	1225.	+	-22.02	8
31	2425.	2251.	++	7.44	19	76	462.	498.	++	-7.50	8
32	2371.	1879.	+	23.15	18	77	775.	664.	+	15.43	9
33	2858.	2249.	+	23.85	19	78	2755.	2821.	++	-2.37	18
34	475.	469.	++	1.27	8	79	807.	614.	+	27.16	11
35	1012.	1066.	++	-5.29	12	80	1371.	1887.		-31.68	22
36	1502.	2137.		-34.90	13	81	1171.	1325.	++	-12.34	11
37	1020.	1107.	++	-8.18	11	82	639.	627.	++	9.42	9
38	1240.	1271.	++	-2.47	14	83	647.	715.	++	-9.99	10
39	1346.	839.	-	46.41	8	84	846.	918.	++	-8.16	9
40	3646.	3022.	+	18.72	22	85	2691.	3175.	+	-16.53	19
41	1299.	1755.	+	-29.86	15	86	1903.	2183.	++	-13.71	15
42	1667.	1288.	+	25.65	8	87	1502.	1378.	++	8.61	13
43	3077.	2789.	++	9.82	22	88	626.	685.	++	-9.00	8
44	1659.	1997.	+	-18.49	18	89	982.	704.		32.98	9
45	2771.	2590.	++	6.75	20						
						SUMME 89 149816.147541.					
						MITTELWERT 1683. 1656.					
						MITTL.QUADR.ABW. 1.53					
						MITTL.PROZ.ABW. 1.53 %					

3. Schlußfolgerungen

Gleichgültig, unter welchen Gesichtspunkten die Addition vorgenommen wird, sie führt - einschließlich der Ausreißer und Abnormitäten - in allen Fällen zu dem Ergebnis, daß die Integration vieler Film- und Stabdosen im Endeffekt mit hinreichender Genauigkeit übereinstimmt und die Abweichungen um so kleiner werden, je mehr Werte in die Addition einbezogen werden. Bei der Summation innerhalb eines Monats liegt die Abweichung im Mittel innerhalb von $\pm 15\%$, bei der Addition von ≥ 8 Einzeldosen innerhalb von $\pm 25\%$. Eine systematische Über- oder Unterbewertung einer der beiden Dosen liegt nicht vor. Selbst starke, gelegentliche Diskrepanzen mitteln sich mit hinreichender Genauigkeit auf die Dauer wieder heraus.

Problematisch können einzelne (!) starke Diskrepanzen nur dann werden, wenn sie in die Nähe der meldepflichtigen Werte kommen. In diesen Fällen bedarf es einer besonderen Abwägung der näheren Umstände und des Gewichtes, dem man dem einen oder anderen Dosimeter - je nach der Situation - zu geben gewillt ist. In Zweifelsfällen sollte man dem höheren Wert den Vorzug geben, um auf der sicheren Seite zu liegen.

Da überdies bei der Aufsummierung der Dosen die Abweichungen immer kleiner werden, dürfte dies auch in analoger Weise für hohe Einzeldosen zutreffen, so daß sich das Problem starker Diskrepanzen im Bereich meldepflichtiger Dosen vermutlich nicht so sehr stellt. Laut Tabellen 2.2/3 und 2.2/4 ist bei Dosen über 1000 cMr mit einer mittleren Diskrepanz von -15% bzw. $+15\%$ zu rechnen, eine für meldepflichtige Dosen im Rahmen des Strahlenschutzes hinreichende Genauigkeit.

Zweifellos sind Fälle denkbar, in denen infolge gelegentlich auftretender starker Diskrepanzen im Falle einer Meldepflicht Probleme entstehen - für den Schutz der Gesundheit der betroffenen Person sind sie jedenfalls ohne große Bedeutung. Bedenkt man insbesondere, welche sonstigen Fehlerquellen bei der Messung der sog. "Ganzkörper"-Dosis gegeben sind (hierbei sei insbesondere auf den Umstand verwiesen, daß die Messung an nur einer einzigen Körperstelle vorgenommen wird), so verlieren Fragen nach höherer Genauigkeit der Personendosimeter wesentlich an Bedeutung. Dann werden ganz andere Gesichtspunkte wie Preis, technische Handhabung, Information und Indikationen, die über die reine Dosisangabe hinausgehen (z.B. über Strahlenqualität, Strahlrichtung, Kontaminationen, beabsichtigte oder unbeabsichtigte Verfälschungen u.a.m.) für die Wahl eines geeigneten Dosimeters ausschlaggebend.

Als Fazit ergibt sich, daß das Filmdosimeter im Bereich kerntechnischer Anlagen, die unter ähnlichen Bedingungen arbeiten wie die getesteten, offenbar für Strahlenschutz Zwecke ein hinreichend genaues Dosimeter darstellt.

Wieweit diese Aussagen auch auf den Bereich niederenergetischer Strahlenqualitäten und andere Institutionen zutreffen, konnte immer noch nicht getestet werden. Es steht jedoch zu vermuten, daß hierbei die Situation nicht wesentlich anders ist. Eine entsprechende Prüfung ist weiterhin vorgesehen.

2.2.2 Erfahrungen mit Thermolumineszenzdosimetern aus LiF in Teflon

M. Heinzelmann, P.H. Meyer, H. Schüren

1. Behandlung der Dosimeter

Thermolumineszenzdosimeter aus LiF in Teflon werden in der Kernforschungsanlage Jülich regelmäßig seit Januar 1969 zur Bestimmung der Teilkörperdosis und in Einzelfällen auch zur Bestimmung der Ortsdosisleistung in der Nähe kleiner radioaktiver Präparate eingesetzt (1). Beim routinemäßigen Einsatz dieser Dosimeter zur Überwachung größerer Personenkreise erhebt sich die Frage nach der Zuverlässigkeit der Dosimeter. Thermolumineszenzdosimeter sind zwar in Laborversuchen hinreichend getestet, in der Praxis der Überwachung werden die Dosimeter aber nicht so sorgfältig behandelt wie bei Laborversuchen. Außerdem wird bei Thermolumineszenzdosimetern im Gegensatz zu anderen Dosimetersystemen bei der Auswertung die vorhandene Information gelöscht. Da häufiger für den Benutzer unerwartet hohe, meldepflichtige Dosen gemessen werden, wird von den Betroffenen die Zuverlässigkeit dieses Dosimetertypes auch aus psychologisch verständlichen Gründen leicht angezweifelt.

In der Kernforschungsanlage werden Thermolumineszenzdosimeter aus LiF in Teflon von 0,4 mm Dicke und 12,7 mm Durchmesser verwendet.* Entscheidend für die Wahl dieses Types war, daß die Dosimeter relativ dünn und damit nicht zu unempfindlich gegen β -Strahlung sind (1) (5) und daß die biegsamen Dosimeter beim Arbeiten wenig stören. Auf noch dünnere Dosimeter wurde verzichtet, da die Dosimeter dann unempfindlicher werden. Die getragenen Dosimeter werden in einem zum Auswerten der biegsamen Teflonscheibchen leicht modifizierten Gerät** ausgewertet und anschließend bei 80°C 24 Stunden lang in einem Aluminiumblock getempert (2). Es wird darauf verzichtet, die gesamte Information restlos zu löschen, indem die Dosimeter vor dem Tempern nach Vorschlägen von Preston (3) oder Docherty und Marshall (4) auf 400°C bzw. 300°C erhitzt werden. Um bei Wiederverwendung der Dosimeter nach Möglichkeit zu hohe Nulleffekte, die durch Reste gespeicherter Information von höheren absorbierten Dosen beim vorhergehenden Gebrauch verursacht sind, zu vermeiden, werden alle Dosimeter, die eine Anzeige von mehr als 10 rad hatten, aussortiert und für die Überwachung nicht mehr verwendet. Es wird versucht, eine Gruppe von Dosimetern - hier kurz als eine Charge bezeichnet - die gleichzeitig gekauft sind und deren Anzahl größer ist als die Zahl der Dosimeter, die in einem Monat benutzt werden, immer zusammen zu halten. Für die Dosimeter einer Charge gilt, daß sie ursprünglich gleiche Empfindlichkeit

* Isotopes, Typ D-LiF-7-0,4

** Harshaw, Modell 2000A/2000B

besaßen und anschließend gleich oft ausgewertet und getempert wurden. Beim Auswerten der Dosimeter einer Charge werden auch die nicht getragenen Dosimeter mit ausgewertet, damit nicht einige Dosimeter der Charge weniger häufig ausgewertet wurden.

Nach dem Tempern jeder Charge werden je 3 - 4 Dosimeter zur Nulleffektbestimmung und zu einer Kalibrierbestrahlung mit einer Dosis in der Größenordnung von 1 rad aussortiert. Der aus diesen Messungen ermittelte mittlere Nulleffekt bzw. mittlere Kalibrierfaktor wird bei Auswertung der anderen Dosimeter dieser Charge als Nulleffekt bzw. Kalibrierfaktor benutzt.

Sowohl der Nulleffekt als auch der Kalibrierfaktor ändern sich nach jedem Ausheizen. Aus einem Zeitraum von über 3 Jahren, wo mit demselben Gerät die Thermolumineszenzdosimeter ausgewertet wurden, liegen 64 Bestimmungen des mittleren Nulleffekts und des mittleren Kalibrierfaktors vor. Insgesamt wurden 219 Dosimeter bei diesen Messungen benutzt.

2. Nulleffektsänderungen

Der mittlere Nulleffekt der Dosimeter einer Charge - bestimmt von 3 Dosimetern nach jedem Auswerten und Tempern - ist starken Schwankungen unterworfen. Die Abweichungen der Einzelmessungen vom Mittelwert sind viel geringer als die Schwankungen der Mittelwerte bei verschiedenen Chargen bzw. von einer Charge nach dem Tempern zu verschiedenen Zeiten. Der mittlere Nulleffekt entspricht bei unserer Einstellung für den Auswertezyklus und die Anzeige der im Gerät eingebauten Lichtquelle einer Dosis von 100 bis 160 mrad. Für uns unerklärlich stieg der mittlere Nulleffekt zweimal stark an. Der Maximalwert des mittleren Nulleffektes entsprach einer Dosis von etwa 450 mrad. Dieser Anstieg des mittleren Nulleffektes war zu einem Zeitpunkt für alle dann ausgewerteten Dosimeter verschiedener Chargen vorhanden, hielt über einen Zeitraum von 1 bis 2 Monaten an und war dann wieder auf die alten, niedrigeren Werte abgesunken. Diese Erhöhung des mittleren Nulleffektes kann nicht an den Dosimetern einer Charge liegen, denn sie galt gleichzeitig für alle in dem Zeitraum ausgewerteten Chargen. Die Erhöhung kann nicht durch die Art des Temperns verursacht sein, denn bei einer Charge z.B. war der Nulleffekt bei der Bestimmung des mittleren Nulleffektes gering. Als die getragenen Dosimeter dann nach einem Monat zurückgeschickt wurden - inzwischen war am Gerät die Nulleffektserhöhung aufgetreten - wurde bei den nicht getragenen Dosimetern bei der Auswertung der erhöhte Nulleffekt festgestellt. Zwei Monate später trat der Effekt in umgekehrter Richtung auf. Die nach einem Monat zurückgeschickten Dosimeter zeigten anscheinend negative Werte der Dosis an, da der Nulleffekt wieder gesunken war. Seit diesem Zeitpunkt wird zwar weiterhin der mittlere Nulleffekt nach dem Tempern stellvertretend für alle Dosimeter der Charge von 3 Dosimetern bestimmt. Der daraus gewonnene Wert des mittleren Nulleffektes wird aber korrigiert, falls die Mehrzahl der nach einem Monat zurückgeschickten nicht getragenen Dosimeter einen anderen Nulleffekt

anzeigt. Die Ursache der Nulleffektsänderung wurde auch im Gerät und beim verwendeten Stickstoff gesucht. Ein Wechseln der Stickstoffflasche änderte den Nulleffekt ebenso wenig wie ein mehrfacher Wechsel des Ausheizplättchens (Planchet). Ein Techniker der Lieferfirma fand keinen Fehler am Gerät und konnte sich den Effekt nicht erklären. Der erhöhte Nulleffekt war auch nicht mit extrem hohen Raumtemperaturen verbunden.

Die Nulleffektserhöhung ist im Zeitraum von mehr als 3 Jahren zweimal aufgetreten. Sie ist uns unerklärlich, beeinflußt aber die Ergebnisse der Dosimeterauswertung nicht, seitdem der mittlere Nulleffekt durch Auswertung nicht getragener Dosimeter korrigiert wird.

In der Routine der Teilkörperdosisüberwachung werden in der Kernforschungsanlage nur Werte der Dosis angegeben, wenn die Anzeige mehr als 50 mrad über dem mittleren Nulleffekt liegt. Beim Auswerten nicht getragener Dosimeter stellt man in wenigen Fällen fest, daß nicht getragene Dosimeter eine Dosis von 50, ja sogar von 100 mrad anzeigen können. Eine Erhöhung durch Lichteinwirkung ist unwahrscheinlich, da die Dosimeter lichtdicht verpackt sind. Schwankungen des Nulleffekts bei wenigen Dosimetern, die geringe Dosen vortäuschen können, lassen sich in der Routineüberwachung nicht vermeiden. Irrtümlich bestimmte Werte der Teilkörperdosis in der Höhe von 50 - 100 mrad sind aber unerheblich. Stellt doch eine Dosis von 50 mrad in einem Monat nur 1 % der Dosis dar, die in 3 Monaten zu dem maximal zulässigen Wert der Teilkörperdosis von 15 mrem führt. Fehler in der Größenordnung von 1 % der maximal zulässigen Teilkörperdosis sind unerheblich.

3. Änderung des Kalibrierfaktors

Für die Dosimeter verschiedener Chargen ist eine unterschiedliche Empfindlichkeit zu erwarten, denn die Dosimeter wurden zu verschiedenen Zeiten bezogen und sind nicht gleich empfindlich. Der Hersteller gibt bei Lieferung der Dosimeter die Einstellung einer Referenzlichtquelle an, damit beim Auswerten der Dosimeter auf den Geräten der Lieferfirma die Dosimeter eine Empfindlichkeit von 1 mR/Skt bzw. 10 R/Skt haben. Bei den einzelnen Lieferungen unterschieden sich die Werte für die Einstellung der Referenzlichtquelle um bis zu 32 %. (Diese Abweichung ist auf den Wert der höchsten Einstellung der Referenzlichtquelle bezogen.)

Die Empfindlichkeit einer einzelnen Charge wird aber auch durch das Auswerten und Tempern beeinflußt. Es ist bekannt, daß geringe Änderungen des Temperaturverlaufs beim Tempern die Empfindlichkeit der Thermolumineszenzdosimeter beeinflussen. So fand Pendurkar (5) eine Empfindlichkeitsänderung von 5 % für γ -Strahlung, wenn die Temperaturempertemperatur von 80°C um 1°C geändert wird. Wir bemühen uns, unsere Dosimeter immer gleich zu tempern, verwenden allerdings keine extreme Sorgfalt auf einen exakt gleichartigen Temperaturverlauf beim Tempern und Abkühlen. Die gefundenen Empfindlichkeitsänderungen bei Dosimetern einer Charge nach dem jeweiligen Tempern sind beträchtlich. Im ungünstigsten Fall bei einer Charge

betrug die statistische Abweichung des Mittelwertes des Kalibrierfaktors (aus Messungen von 3 Dosimetern einer Charge gewonnen) $\pm 14\%$ vom Mittelwert. Ein Mittelwert wich um $28,6\%$ vom Mittel der anderen ab.

Wahrscheinlich liegt diese Änderung des Kalibrierfaktors nach dem Auswerten und Tempern an Einzelheiten des Temperaturverlaufs beim Tempern bzw. Auswerten. Diese Änderung des Kalibrierfaktors läßt sich aber nicht mit dem von Pendurkar gefundenen Effekt erklären, denn es wurden in einem Fall Dosimeter mit einer Temperaturdifferenz von 5°C getempert, das ist eine weit größere Temperaturdifferenz als sie bei normalem Tempern auftreten kann, und die dabei gefundene Empfindlichkeitsänderung war weit geringer als nach Pendurkar zu erwarten ist.

Die Änderungen des Mittelwertes der Empfindlichkeit durch das Auswerten und Tempern ist größer als die Streuung der Empfindlichkeit der einzelnen Dosimeter einer gleichzeitig getemperten Charge. Von den insgesamt 219 Messungen bei den Kalibrierbestrahlungen nach dem Tempern wurde die Streuung der Einzelwerte vom jeweiligen Mittelwert berechnet. Der statistische Fehler der Einzelmessung betrug $\pm 6\%$. Nur 5 Dosimeter wichen mehr als 15% vom Mittelwert ab. Die maximale Abweichung betrug $22,8\%$. Diese Zahlen belegen die Notwendigkeit der Kalibrierung jeder einzelnen Charge nach Auswerten und Tempern der Dosimeter.

Nach jedem Tempern werden 3 - 4 Dosimeter der Charge zur Bestimmung des Kalibrierfaktors ausgewählt. Rein zufällig könnten diese Dosimeter besonders gut sein, oder zum Kalibrieren sind immer besonders gute Dosimeter ausgesucht worden. Um diesen Effekt auszuschließen, wurden von einer alten, aus dem normalen Gebrauch schon ausgeschiedenen Charge ohne auszusortieren 133 Dosimeter ausgewählt und mit einer Dosis von 3 rad bestrahlt. Die Anzeigen der ausgewerteten Dosimeter stimmte überraschend gut überein. Der statistische Fehler der Einzelmessung betrug $\pm 8\%$. Die Anzeige von nur 3 Dosimetern wich mehr als 20% vom Mittelwert ab. Die maximale Abweichung betrug $-24,4\%$ vom Mittelwert.

Diese Zahlen belegen die Zuverlässigkeit der Thermolumineszenzdosimeter aus LiF in Teflon in der Routine der Strahlenschutzüberwachung, wo die Dosimeter nicht so sorgfältig wie bei Laborversuchen behandelt werden können.

Literatur:

- (1) M. Heinzelmann, Jül-640-ST (1970)
- (2) I.A. Berstein, B.E. Bjärngard und D. Jones, Health Phys. 14, 33 (1968)
- (3) H.E. Preston, AEEW-M 991 (1971)
- (4) J. Docherty and M. Marshall, Phys. Med. Biol. 15, 739 (1970)
- (5) H.K. Pendurkar, R. Boulanger, L. Ghoo, W. Nicosi und E. Merten, in: Risø Report 249, part III, p 1089 (1971)

2.2.3 Maschinelle Buchführung der TL-Dosimeterergebnisse

E. Rose, A. Vehanen*)

Der in Abschnitt 2.2.2 diskutierte Gebrauch der TL-Dosimeter nimmt seit ihrer Einführung im Jahre 1969 rapide zu. Die Dosimeter werden insbesondere zur Überwachung der Extremitäten und - neben den Filmen und Stabdosimetern - zur zusätzlichen Überwachung der Ganzkörperdosis besonders betroffener Körperstellen angewendet. Die früher benutzten Fingerring- und Armbandfilme sind so gut wie außer Gebrauch, obwohl sich gelegentlich - vor allem in Zweifelsfällen bei besonderen Vorkommnissen mit höherer Dosisbelastung - nach wie vor die Frage stellt, ob nicht zumindest eine zusätzliche Ausrüstung mit Armbandfilmen oder ähnlichen Filmanordnungen besser geeignet wäre, um tatsächliche Dosisbelastungen zu identifizieren. (Derartige "Zweifelsfälle" mehren sich in letzter Zeit, und es ist dann keine Nachprüfung des Meßwertes oder gar Klärung von Zweifeln hinsichtlich der Realität einer Belastung möglich. Hierauf wurde bereits in Abschnitt 2.2.2 ausführlich eingegangen.)

Wegen der starken Zunahme wurde die Frage einer technischen Verbesserung und Rationalisierung der TLD-Überwachung akut, die im wesentlichen in folgenden Arbeitsgängen besteht:

- a) Zuteilung und Versand an die Institute;
- b) Einsammeln der zurückgegebenen Dosimeter am Ende des Überwachungszeitraumes und Vorbereitung für die Messung;
- c) Feststellung des Meßwertes;
- d) Berechnung der Dosis an Hand der Eichdaten;
- e) Übertragung des Ergebnisses auf ein Mitteilungsformular unter Einbeziehung etwaiger Bemerkungen über Trageart, -ort, nähere Umstände usw.;
- f) ggf. Integration von zeitlich aufeinanderfolgenden Dosen und/oder Ermittlung eines Repräsentativwertes (sog. Bewertungsdosis) bei mehreren gleichzeitig getragenen Dosimetern (in diesen Fällen wird jeweils der höchste Wert zugrunde gelegt);
- g) Nachkontrolle der Dosisberechnung;
- h) Nachkontrolle der Übertragung der Werte auf das Mitteilungsformular unter Einschluß der Namensdaten und Bemerkungen;
- i) Durchführung evtl. erforderlicher Korrekturen, ggf. Neufassung der entsprechenden Blätter;
- j) spätere Verwendung der Ergebnisse bei Zusammenstellungen, Übersichten, statistischen Untersuchungen, Ermittlung des Strahlungsriskos usw.

Die Arbeitsgänge c) und d) werden nebeneinander durchgeführt, da während der Messungen hinreichend Zeit zur Berechnung der Dosen vorhanden ist und somit der Leerlauf zwischen den einzelnen Messungen nutzbringend überbrückt werden kann.

*) Gastmitarbeiter

Unter diesen Umständen war die Einführung einer automatischen Berechnung und Registrierung über EDV zu prüfen. Hierbei ergibt eine Gegenüberstellung der einzelnen Arbeitsgänge:

- a) - c) keine Einsparung;
- d) mit etwa gleichem Aufwand kann dieser Arbeitsgang zur Eingabe des Meßwertes und der Dosimeternummer auf Datenträger (Lochstreifen) genutzt werden;
- e) mit etwa gleichem Aufwand kann dieser Arbeitsgang zur Übertragung der Trägerdaten und Bemerkungen auf Datenträger (Lochkarten) anstatt auf Formulare genutzt werden;
- f) vollständige Einsparung;
- g) vollständige Einsparung;
- h) keine Einsparung;
- i) weitestgehende Einsparung, da bei Korrekturen nur einzelne Zeichen auf dem Datenträger und nicht ganze Zeilen oder Vordrucke neu zu schreiben sind;
- j) weitestgehende Einsparung, da die Verarbeitung der über EDV gespeicherten Datenträger möglich ist.

Mit Rücksicht auf die Einsparungen unter f), g), i) und j) erschien eine Berechnung und Buchführung über EDV angebracht. Sie wurde daher Mitte 1973 teilweise eingeführt und bis zum Jahresende weitestgehend vervollkommen.

Das erstellte Programm hat die Eigenschaften:

A) Eingabe:

- a) Die Eingabe des Meßwertes erfolgt (seit Anfang 1974) vollautomatisch und unmittelbar auf Lochstreifen. Zusätzlich wird die zugehörige TLD-Nummer von Hand eingegeben.
- b) Die Kalibrierdaten werden über Lochkarten eingegeben.
- c) Die Daten der überwachten Personen, des Institutes, der Tragedauer, etwaige Bemerkungen usw. werden über Lochkarten eingegeben.

B) Ausgabe:

Tabelle 2.2/5 zeigt das Muster einer Ausgabe mit verschiedenen Sonderfällen. Es bedeuten:

- a) BEWERTUNGSDOSIS Repräsentativwert bei mehreren an der gleichen Körperstelle gleichzeitig getragenen Dosimeter (Maximalwert aller gemessenen Dosen)
- b) INTEGRALDOSIS Summe bei mehreren an der gleichen Körperstelle nacheinander getragenen Dosimeter

Tabelle 2.2/5

Muster einer TL-Dosimeter-Mitteilung über EDV

DOSISFILMESSTELLE DER
KERNFORSCHUNGSANLAGE JUELICH GMBH
ZENTRALABTEILUNG STRAHLENSCHUTZ

ERGEBNISBLATT NR: 122/74
DATUM: 13. 8.1974

UEBERWACHUNG FUER THERMOLUMINESZENZDOSIMETER

MONAT JUNI 1974

INSTITUTION N. N.

ARBEITSGRUPPEN-NR 0000

NAME, VORNAME	TRAGEDAUER	LINKE HAND TLD. DOSIS NR. (RAD)	RECHTE HAND TLD. DOSIS NR. (RAD)	AND. STELLEN TLD. DOSIS NR. (RAD)	BEMERKUNGEN (V=VORABAUSWERTUNG)
N. N. 1	4.06. - 7.06.	623 9.4	624 0.0		V >1/3-MZD** 2
N. N. 1	18.06. - 21.06.	626 3.1	627 3.4		
N. N. 1	18.06. - 21.06.	625 2.8	628 3.3		
N. N. 1	18.06. - 21.06.	663 2.8	864 3.6		V
N. N. 1	BEWERTUNGSDOSIS	3.1	3.6		
N. N. 1	24.06. - 28.06.	873 0.54	874 0.11		
N. N. 1	3.06. - 30.06.			640 0.36	GONADEN
N. N. 1	3.06. - 30.06.			641 0.29	GONADEN
N. N. 1	3.06. - 30.06.			657 0.31	GONADEN
N. N. 1	BEWERTUNGSDOSIS			0.36	GONADEN
N. N. 1	INTEGRALDOSIS	13.	3.7		>1/3-MZD**
N. N. 6	1.06. - 17.06.			649 0.37	KOPF
N. N. 6	13.06. - 30.06.			650 8.4	KOPF
N. N. 6	INTEGRALDOSIS				KOPF
N. N. 7	1.06. - 30.06.			651 0.0	LINKER ARM
N. N. 7	1.06. - 30.06.			652 0.65	LINKER ARM
N. N. 7	BEWERTUNGSDOSIS			0.65	LINKER ARM

DOSEN UNTER 0.050 RAD SIND MIT 0.0 (=NULLEFFEKT) ANGEZEIGT.

DU: ZST-B
ZST-P
MPA DORTMUND

DATUM:

UNTERSCHRIFT:

Anmerkung:

Gelegentlich kommen durch fehlerhafte Eintragungen oder durch tatsächliches teilweises Neben- und Nacheinandertragen von Dosimetern Überschneidungen der Tragezeiträume vor. In diesen Fällen kann die Maschine nicht entscheiden, ob eine Integral- oder Bewertungsdosis oder beides gleichzeitig zu bilden ist. Es wird dann an Stelle des von der Maschine zu berechnenden Wertes die entsprechende Stelle frei gelassen, durch ... ersetzt und die Beurteilung der einzusetzenden Werte - sofern keine fehlerhafte Eintragung vorliegt, die zu korrigieren ist - von Hand nach Rücksprache mit dem SSV unter Beurteilung des erfolgten Umganges durchgeführt.

2.3 Messung der inneren Strahlenbelastung

E. Rose, H. Jacobs

2.3.1 Aufgabe und Umfang der Messung

Gemäß Runderlaß des Ministers für Arbeit, Gesundheit und Soziales (NW) vom 24. Juli 1968 besteht für alle Personen, die mit offenen radioaktiven Stoffen oberhalb bestimmter, festgelegter Aktivitäten umgehen, die Pflicht zur Inkorporationsüberwachung. Durch Sondergenehmigung wurde - in Analogie zu der Regelung bei der Überwachung der äußeren Strahlenbelastung - eine amtlich anerkannte Inkorporationsmeßstelle der KFA in der ZST geschaffen und mit der Wahrnehmung dieser Aufgaben beauftragt.

Der Kreis der zu Überwachenden Personen wird durch spezielle Auswahlkriterien festgelegt. Im Rahmen der regelmäßigen Inkorporationsüberwachung werden Messungen in ständig sich wiederholenden Zeitabständen durchgeführt. Diese Untersuchungen werden bei Personen ausgeführt die

- aufgrund der 1.StrlSchV zur Kontrolle der Belastung durch inkorporierte Radionuklide (gemäß KFA-internen Kriterien zur Inkorporationsüberwachung)
- aufgrund einer begründeten Willenserklärung des zuständigen Strahlenschutzverantwortlichen

zu überwachen sind.

Messungen im Rahmen der besonderen Inkorporationsüberwachung werden nur im Bedarfsfall durchgeführt, wenn ein

- Verdacht auf eine Inkorporation oder ein
- erhöhtes Expositionsrisiko

gegeben ist.

Die Festlegung des zu Überwachenden Personenkreises erfolgt bei regelmäßigen Messungen nach Angaben der Strahlenschutzverantwortlichen durch die ZST und bei besonderen Messungen allein durch den zuständigen Strahlenschutzverantwortlichen.

2.3.2 Messung mit dem Ganzkörperzähler

E. Rose

Zur direkten Messung der inneren Strahlenbelastung steht ein Ganzkörperzähler zur Verfügung, der in einer 15 cm dicken Stahlabschirmung mit innerer Bleiauskleidung untergebracht ist (Labyrinthsystem).

Ende 1969 erhielt der Ganzkörperzähler eine 4-Detektoren-Ausstattung (Harwell-Typ). Die 4 Detektoren können unabhängig voneinander in alle Richtungen des Raumes bewegt und gekippt werden. Mit dieser Anordnung ist es möglich, vier beliebige Körperstellen gleichzeitig und unabhängig voneinander örtlich zu scannen. Außerdem gestattet die Anlage, wahlweise mit jedem einzelnen Detektor oder jeder beliebigen Kombination von 2 bis 4 Detektoren über die Längsachse des Körpers zu scannen, während die übrigen Detektoren in Ruhestellung messen. Insbesondere können alle 4 Detektoren ringförmig angeordnet werden.

Die Anordnung ermöglicht die Messung von Aktivitäten bis herab zu einigen nCi, sowie die Durchführung wissenschaftlicher Untersuchungen. Die Ausgabe der Meßwerte erfolgt automatisch auf Lochstreifen, der unmittelbar mit der zentralen Rechenanlage ausgewertet wird.

Der Untersuchungszyklus der betroffenen Mitarbeiter beträgt im Normalfall ein halbes Jahr. Darüber hinaus werden alle neu eingestellten Mitarbeiter, die möglicherweise später mit offenen radioaktiven Stoffen zu arbeiten haben, vorsorglich zur Ermittlung ihres Grundstatus untersucht. Bei Kontaminationszwischenfällen wird - soweit es die Umstände erfordern - eine gründliche Inkorporationsmessung der betroffenen Personen nach allen in Frage kommenden Nukliden durchgeführt. Ggf. werden die Untersuchungen in entsprechenden Zeitabständen wiederholt, bis sichere Aussagen über die inkorporierte Menge, die Verteilung im Körper sowie über das Ausscheidungsverhalten möglich sind und/oder die betroffene Person wieder inkorporationsfrei ist. Zwischenfälle, die eine solche außerplanmäßige Ganzkörpermessung erfordern, mehren sich in der KFA in dem gleichen Maße, wie der Umgang mit offenen radioaktiven Stoffen zunimmt. Dank der zahlreichen Vorsichtsmaßnahmen, die in den Instituten getroffen wurden, konnten jedoch auch 1973 keine ernsthaften Inkorporationen festgestellt werden. Eine Übersicht über die Anzahl der untersuchten Personen und Messungen ist in Tabelle 2.3/1 enthalten.

Eine ausführliche Beschreibung der Meßkammer, der zugehörigen Räumlichkeiten und des maschinellen Auswerteganges der Spektren durch die zentrale Rechenanlage der KFA ist in den Jahresberichten 1967 (JÜl-543-ST) und 1969 (JÜl-670-ST) enthalten.

Abb. 2.3/1 zeigt ein Normalspektrum, Abb. 2.3/2 ein Inkorporationsspektrum im Zusammenhang mit einem Kontaminationszwischenfall, wobei an Hand dieses Beispiels die Anwendung der Spektrenauswertung mittels EDV aus der Praxis des Berichtszeitraumes verdeutlicht werden soll:

Im September 1973 wurde im Zusammenhang mit einem Kontaminationsvorfall eine Metallprobe mit starker Eigenstrahlung zur Nuklididentifikation angeliefert. Das Spektrum der Probe zeigte gut ausgeprägte Peaks, die z.T. mehreren Nukliden zugeordnet werden konnten. Die Verfolgung des Spektrums über einige Tage ergab eine Abklinganalyse, mit deren Hilfe die einzelnen Nuklide bestimmt wurden. Die Abb. 2.3/2a bis 2.3/2c zeigen das Spektrum der Probe zu verschiedenen Zeiten, Tabelle 2.3/2 die entsprechende Auflistung zu Abb. 2.3/2a mit den maschinell als möglich identifizierten Nukliden. Unter den auf den Listen angegebenen Nukliden wurden aufgrund der Abklinganalyse die Nuklide Cu 64, Fe 59, Mn 54, Mn 56 und (vermutlich) Sb 122 als Hauptbestandteile ermittelt. (J. Meringdal, H. Driesch)

Tabelle 2.3/1
Übersicht über die Zahl der Ganzkörpermessungen 1973

1	2	3	4	5	6	7
Monat	Regelm. Messungen	davon mit Befund	besondere Messungen*	davon mit Befund	zusätzg. Messungen	Summe der Spalten 2, 4 u. 6
Jan.	6	2	12	8	-	18
Febr.	35	-	14	3	-	49
März	14	-	22	10	1	37
April	71	-	12	4	-	83
Mai	101	5	7	3	-	108
Juni	67	9	8	1	-	75
Juli	22	-	7	5	1	30
August	33	1	14	7	5	52
Sept.	7	-	8	4	2	17
Okt.	115	1	18	6	4	137
Nov.	75	11	25	16	2	102
Dez.	73	6	16	6	2	91
Gesamt	619	35	163	73	17	799

* Untersuchungen anlässlich eines Inkorporationsverdachts, Nachuntersuchungen bei positiven Befund u.ä.

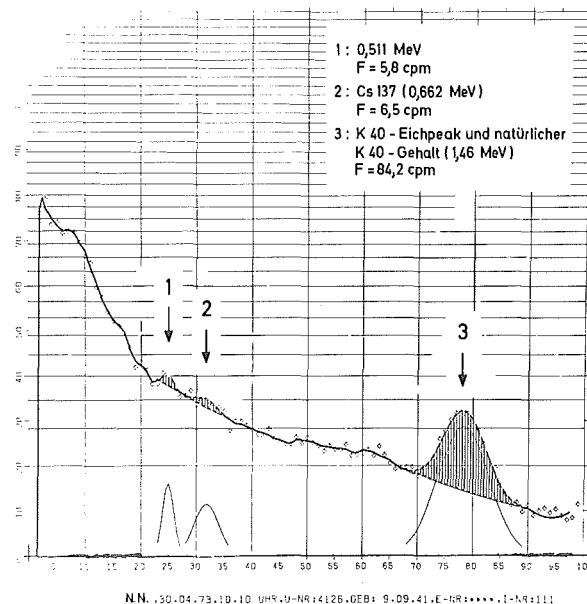
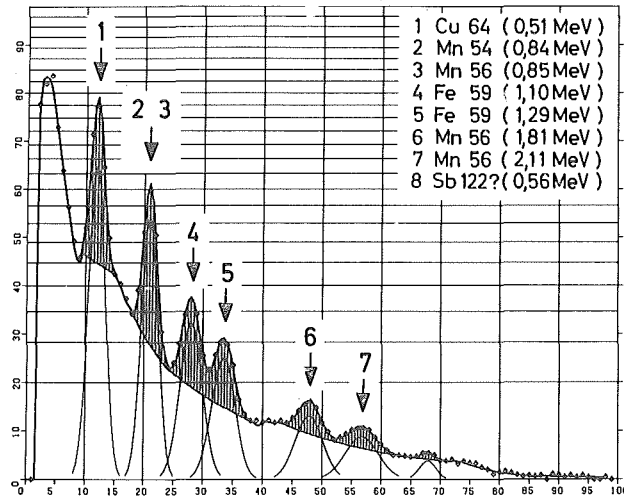


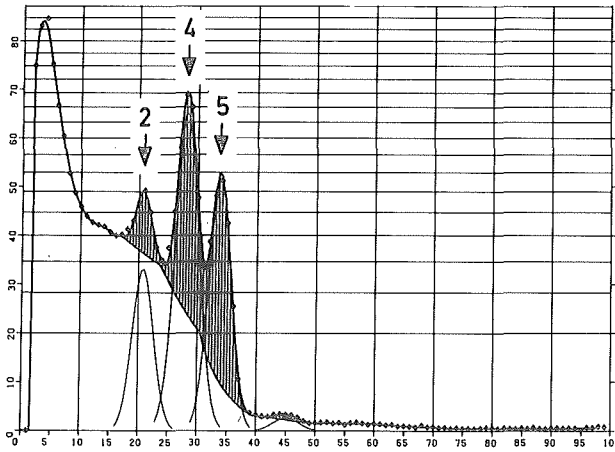
Abb. 2.3/1: Spektrum einer Normalperson

a)



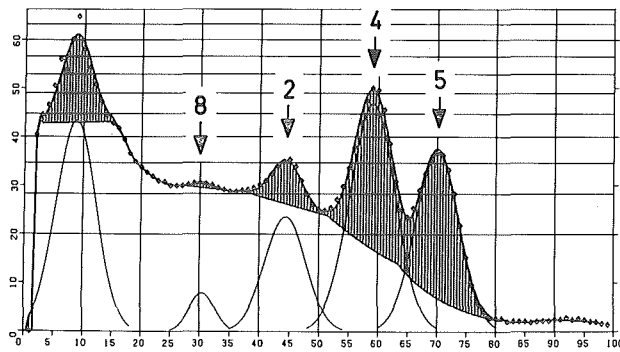
STAHLPROBE
14.09.73 13.17 UHR, J-NR:2939
Verstärkung 50

b)



STAHLPROBE
26.09.73 14.20 UHR, J-NR:2962
Verstärkung 50

c)



STAHLPROBE
27.09.73 15.15 UHR, J-NR:2965
Verstärkung 60

Abb. 2.3/2: Spektren einer radioaktiven Metallprobe unbekannter Zusammensetzung

NAME: STAHLPROBE

BRUTTO

DATUM DER TABELLIERUNG: 11. 6.74 9. 2 UHR
JOB G3STS003, VERFGB.ZEIT 28.50 SECGEB.-TAG 0.0 . 0 GEW. 0 KG
EMPF.-NR. 0000 INSTITUT 0DATUM: 14.09.73
UHRZEIT: 13.17 LFD.NR: 2939GERAETEDATEN SPANNUNG 1245 VERSTAERKG. 5.0 KANALZAHL 100 KALIUM: 1.0 CPM
BASIS 0.2 CONVERS. 100 MESSZEIT 1 MIN. ANZ. D.DETEKT.: 4 VISUELLE LAGE: 39
ART D.MSSG.: EICH= 3

KANAL	IMPULSE	IMPULS- RATE	FEHLER (PROZ.)	KANAL	IMPULSE	IMPULS- RATE	FEHLER (PROZ.)	KANAL	IMPULSE	IMPULS- RATE	FEHLER (PROZ.)	KANAL	IMPULSE	IMPULS- RATE	FEHLER (PROZ.)
301	0.	0.0	*****	326	3109.	3109.0	1.8	351	393.	393.0	5.0	376	46.	46.0	14.7
302	24167.	24167.0	0.6	327	4611.	4611.0	1.5	352	267.	267.0	6.1	377	26.	26.0	19.6
303	26882.	26882.0	0.6	328	5491.	5491.0	1.3	353	305.	305.0	5.7	378	18.	18.0	23.6
304	27958.	27958.0	0.6	329	4669.	4669.0	1.5	354	356.	356.0	5.3	379	5.	5.0	44.7
305	21247.	21247.0	0.7	330	2605.	2605.0	2.0	355	423.	423.0	4.9	380	10.	10.0	31.6
306	16304.	16304.0	0.8	331	2056.	2056.0	2.2	356	444.	444.0	4.7	381	12.	12.0	28.9
307	12693.	12693.0	0.9	332	2636.	2636.0	1.9	357	449.	449.0	4.7	382	8.	8.0	35.4
308	9720.	9720.0	1.0	333	3232.	3232.0	1.8	358	422.	422.0	4.9	383	4.	4.0	50.0
309	8438.	8438.0	1.1	334	3087.	3087.0	1.8	359	304.	304.0	5.7	384	2.	2.0	70.7
310	10844.	10844.0	1.0	335	2214.	2214.0	2.1	360	215.	215.0	6.8	385	3.	3.0	57.7
311	20388.	20388.0	0.7	336	1082.	1082.0	3.0	361	146.	146.0	8.3	386	2.	2.0	70.7
312	23857.	23857.0	0.6	337	727.	727.0	3.7	362	102.	102.0	9.9	387	3.	3.0	57.7
313	16688.	16688.0	0.8	338	590.	590.0	4.1	363	102.	102.0	9.9	388	0.	0.0	*****
314	9960.	9960.0	1.0	339	593.	593.0	4.1	364	95.	95.0	10.3	389	5.	5.0	44.7
315	7142.	7142.0	1.2	340	556.	556.0	4.2	365	88.	88.0	10.7	390	4.	4.0	50.0
316	6535.	6535.0	1.2	341	598.	598.0	4.1	366	93.	93.0	10.4	391	1.	1.0	100.0
317	5583.	5583.0	1.3	342	553.	553.0	4.3	367	122.	122.0	9.1	392	3.	3.0	57.7
318	4664.	4664.0	1.5	343	592.	592.0	4.1	368	123.	123.0	9.0	393	1.	1.0	100.0
319	6116.	6116.0	1.3	344	550.	550.0	4.3	369	106.	106.0	9.7	394	3.	3.0	57.7
320	10437.	10437.0	1.0	345	646.	646.0	3.9	370	63.	63.0	12.6	395	1.	1.0	100.0
321	14301.	14301.0	0.8	346	808.	808.0	3.5	371	63.	60.0	12.9	396	0.	0.0	*****
322	10193.	10193.0	1.0	347	961.	961.0	3.2	372	70.	70.0	12.0	397	0.	0.0	*****
323	3707.	3707.0	1.6	348	1030.	1030.0	3.1	373	43.	43.0	15.2	398	1.	1.0	100.0
324	2149.	2149.0	2.2	349	879.	879.0	3.4	374	59.	59.0	13.0	399	0.	0.0	*****
325	2329.	2329.0	2.1	350	557.	557.0	4.2	375	48.	48.0	14.4	0	0.	0.0	*****
SUMMEN302302.*****				44432.44432.0				4898. 4898.0				158. 158.0			
												351790.*****			

SIGNIFIKANTE PEAKS:

PEAKMITTE	311.9	321.0	328.0	333.4	347.8	356.7	357.8
MAXIM. BER.	7 16	16 26	21 40	27 40	39 57	46 67	60 75
SEITENTESTPK	8 15	18 24	23 38	29 38	42 54	49 64	63 73
BER.FUSSPKT.	308.5 315.4	317.6 324.4	323.4 332.6	328.6 338.2	342.0 353.5	349.7 363.7	364.4 371.3
PEAKINHALT	4.22E+04	2.91E+04	1.39E+04	8.76E+03	2.86E+03	1.57E+03	1.51E+02
G=3SQ(S/B)/T	3.47E+02	2.57E+02	1.55E+02	1.27E+02	7.29E+01	5.05E+01	2.81E+01
PEAKHOEHE	1.71E+04	1.18E+04	4.20E+03	2.53E+03	6.95E+02	3.14E+02	6.06E+01
MTL.PKBREITE	0.98	0.98	1.32	1.38	1.64	1.99	0.99
REL.PKBR.(%)	8.3	4.7	4.7	4.1	3.4	3.5	1.5
ENERG(MEV)	0.495	0.819	1.068	1.261	1.772	2.090	2.487
***MEHR ALS 3 NUKLIDE BEI 0.509 MEV: CU64 MIT 0.510 MEV, EMISS= 38.0, AKT=16468.0, SICHERH.=2+, HWZ= 13 H							
***MEHR ALS 3 NUKLIDE BEI 0.509 MEV: ZN65 MIT 0.510 MEV, EMISS= 3.4, AKT= 1885.2, SICHERH.=3+, HWZ= 246 J							
KORR.ENERGIE:	0.509	0.841	1.097	1.295	1.820	2.146	2.554
CPM/NCI-GMM	1.65	1.07	0.85	0.74	0.55	0.48	0.41
NCI-GAMMA	6410.	6805.	4091.	2969.	1300.	822.	92.
REL.EMSSN(%)	28.5	30.3	18.2	13.2	5.8	3.7	0.4
GMM:GESMT(%)	1.82	1.93	1.16	0.84	0.37	0.23	0.03
UNTERGRUND	1.29E+05	4.45E+04	4.32E+04	1.86E+04	9.33E+03	5.55E+03	1.00E+03
UG-HOEHE,-STG	8007.3 -0.035	3123.1 -0.139	1443.8 -0.092	898.9 -0.097	356.4 -0.088	167.7 -0.085	72.4 -0.068
POLGRD.SIGMA	-2 6.015	-2 4.227	-2 1.678	-2 1.701	-2 1.191	-2 0.749	-2 0.970
DPP.MSSGRZ.	1	1	1	1	1	1	1
SICHERHEIT	3+ 6+ 9+	2+ 6+ 9+	9+ 5+ 3+	9+ 5+ 9+	9+ 5+ 9+	9+ 5+ 9+	9+ 5+ 9+
RUI06 C058 NA22	MN54	C058 MN56	FE59	C060 NA22	FE59	C060 NA22	MN56
HALBWERTSZEIT	3680 71 D 2.6A	3130 71 D 2.6H	45 D 5.3A 246D	45 D 5.3A 2.6A	45 D 5.3A 2.6A	45 D 5.3A 2.6A	2.6H
NUKLIDENERG.	0.5100.5100.510	0.9400.8100.847	1.1001.1701.120	1.2901.3301.280	1.810	2.110	2.110
GAMMAEMISSN.	29.3 29.0190.0	100.0100.0 99.0	56.0 99.0 49.0	44.0100.0 99.9	29.0	15.9	15.9
NUKLIDAKT.NCI	*****3561.	5805.5805.5873.	7306.4133.8350.	5747.2969.2972.	0.4483.	0.	0.4479.
MZW.(MIKROCI)	30 10	20 30 2	20 10 60	20 10 10	2	2	2
PROZ.MZKB (%)	**** 73.7 35.6	34.0 22.7343.7	36.5 41.3 13.9	33.7 29.7 29.7	0.0224.2	0.0 0.0273.9	0.0 0.0 0.0 0.0

Anm.: ***wird ausgedruckt, wenn die auszugebende Zahl größer ist als die Anzahl der verfügbaren Ziffern.

Maschinelle Auflistung der Analyse des Spektrums der
radioaktiven Metallprobe am Tage der Finitisierung

Tabelle 2.3/2

2.3.3 Untere Meßgrenze des Ganzkörperzählers bei Personenmessungen; Reproduzierbarkeit der Messungen

E. Rose, J. Meringdal, P. Tuovinen*)

Die untere Meßgrenze des Ganzkörperzählers ist eine Frage der gestellten Genauigkeitsansprüche und der verfügbaren Meßdauer. Verlangt man etwa eine Reproduzierbarkeit von 10 % und geht man davon aus, daß die maximale Meßzeit für Personen nicht mehr als 20 min betragen sollte, so liegt die untere Meßgrenze im Energiebereich zwischen 0,5 und 1,5 MeV bei etwa 5 nCi, bezogen auf eine γ -Emission von 100 %. Einer weiteren Reduzierung der Meßgrenze durch entsprechende Verlängerung der Meßdauer ist lediglich durch die Unzumutbarkeit einer wesentlich über 20 min hinausgehenden Meßzeit eine Grenze gesetzt.

Die genannte Meßgrenze von ca. 5 nCi ist weniger durch die statistische Streuung des Untergrundes bestimmt als vielmehr durch die Leistungsfähigkeit des maschinellen Rechenprogrammes, dessen Peakanalyse bei allzu starker statistischer Streuung der Meßwerte und Abweichung von der Glockenkurvenform nicht mehr konvergiert. So können u.U. sehr kleine Peaks vom Programm nicht mehr analysiert werden, obwohl sie das menschliche Auge noch einwandfrei als solche erkennt und durch Auswertung von Hand noch eine grobe Abschätzung des Peakinhaltes möglich wäre. Hierin liegt vorläufig die Grenze des Programmes. Bei sehr kleinen Peaks hat man daher damit zu rechnen, daß entweder

- a) die statistische Verteilung der Meßpunkte zu einer Konvergenz führt;
dann ist das Ergebnis - im Rahmen der statistischen Wahrscheinlichkeit - genauer als bei Auswertung von Hand;

oder

- b) die statistische Verteilung führt nicht zur Konvergenz; dann besteht u.U. noch die Möglichkeit, durch Auswertung von Hand "nachzuhelfen" und eine Abschätzung des Peakinhaltes vorzunehmen, die dann allerdings ungenauer ausfällt als bei maschineller Auswertung.

Da die Meßgrenze im wesentlichen durch die Frage der Konvergenz des Programmes bestimmt ist und allgemeine statistische Betrachtungen kein hinreichendes bzw. nur ein sehr kompliziert abzuschätzendes Kriterium für die Funktionsfähigkeit des Programmes abgeben, wurde der Frage der Reproduzierbarkeit und Meßgrenze experimentell nachgegangen. Es wurden eine Vielzahl von Meßreihen mit mehreren Einzelmessungen durchgeführt und die Reproduzierbarkeit der Peaks systematisch untersucht.

*) Gastmitarbeiter

Hierzu wurden:

- a) bei einer Untersuchungsperson (im vorliegenden Fall der Experimentator selbst) durch geeignete Variation der Meßdauer Spektren mit unterschiedlich ausgeprägtem Cs 137- und K 40-Peak aufgenommen und maschinell ausgewertet;
- b) die gleichen Messungen wurden mit einem Phantom unterschiedlichen Cs 137-Gehaltes und
- c) mit einem Phantom unterschiedlichen K 40-Gehaltes durchgeführt.

Die Peakgröße wurde so lange reduziert, wie noch in jedem Falle eine einwandfreie maschinelle Peakanalyse gewährleistet war und noch keine "Versager" auftraten.

Die Untersuchungen führten zu der o.a. Grenze von ca. 5 nCi, wobei dieser Wert eher zu hoch als zu niedrig angesetzt ist. (Dies gilt insbesondere dann, wenn man die Reproduzierbarkeit der Meßwerte nicht mit 10 % ansetzt, sondern sich mit 20 % oder einer noch ungenaueren Reproduzierbarkeit, eine im Rahmen des Strahlenschutzes durchaus vertretbare Möglichkeit, zufrieden gibt.) Tatsächlich sind noch geringere Aktivitäten - insbesondere im K 40-Bereich - auswertbar, doch wurde der Einfachheit halber der nach oben gerundete Wert von 5 nCi als unter Meßgrenze angesetzt. Dies geschah auch im Hinblick darauf, daß die Personenmessungen in manchen Fällen - besonders in Notfällen - nur mit einer Meßdauer von 10 min vorgenommen werden und die generelle Einführung einer 10-minütigen Meßdauer zu erwägen ist.

Die Tabellen 2.3/3 und 2.3/4 zeigen das Ergebnis je einer Meßreihe an der Untersuchungsperson (Cs-Gehalt ca. 3,7 nCi) und an dem mit 50 g Kalium (4,5 nCi γ -Aktivität) gefüllten Phantom, die Abb. 2.3/3 und 2.3/4 die zugehörigen Spektren. Laut Tabelle betragen die mittleren quadratischen Abweichungen bei 20-minütigen Messungen:

- a) für 3,7 nCi Cs 137: ca. ± 7 %
- b) für 50 g K (4,5 nCi γ): ca. ± 10 %.

Erwartungsgemäß war bei allen Meßreihen die experimentell ermittelte quadratische Abweichung größer als die aus der Statistik abzuleitende theoretische Abweichung. Die Ursache liegt u.a. in der Überlagerung des statistischen Fehlers der Messung und des Fehlers der rechnerischen Peakanalyse begründet. Der Unterschied beider Fehler ist besonders aus Tabelle 2.3/3 zu ersehen,

Tabelle 2.3/3

Reproduzierbarkeit von 3,7 nCi Cs 137 bei einer Untersuchungsperson

1 Reihenf. d. Messg.	2 Datum	3 Uhrzeit	4 Dauer d. Messung	5 Peakinhalt	6 Abw. v. Mittelw.	7 Quadrat d. Abw.	8 Theoret. mittl. quadr. Abw.
1	5.6.73	15.20	10 Min.	211	- 20,6	424,36	
2	5.6.73	15.50	10 Min.	193	- 38,6	1489,96	
3	5.6.73	16.10	10 Min.	298	66,4	4408,96	
4	5.6.73	16.35	10 Min.	233	1,4	1,96	
5	6.6.73	14.00	10 Min.	218	- 13,6	184,96	
6	6.6.73	14.20	10 Min.	232	0,4	0,16	
7	6.6.73	14.55	10 Min.	250	18,4	338,56	
8	6.6.73	15.15	10 Min.	166	- 65,6	4303,36	
9	6.6.73	15.35	10 Min.	248	16,4	268,96	
10	6.6.73	15.50	10 Min.	267	35,4	1253,16	
Summe:				2316	0,0	12674,38	
Mittelwert:				232	37,5(16,2%)		15,1(6,5%)
1	7.6.73	14.05	20 Min.	416	- 53,0	2809,00	
2	7.6.73	14.40	20 Min.	510	41,0	1681,00	
3	7.6.73	15.10	20 Min.	520	51,0	2601,00	
4	7.6.73	15.50	20 Min.	466	- 3,0	9,00	
5	7.6.73	16.15	20 Min.	410	- 59,0	3481,00	
6	15.6.73	14.00	20 Min.	492	23,0	529,00	
Summe:				2814	0,0	11110,00	
Mittelwert:				469	47,1(10,1%)		21,6(4,6%)
1	13.6.73	14.20	40 Min.	944	116,0	13456,00	
2	13.6.73	15.15	40 Min.	728	- 100,0	10000,00	
3	14.6.73	13.55	40 Min.	892	64,0	4096,00	
4	14.6.73	14.55	40 Min.	744	- 84,0	7056,00	
5	15.6.73	11.50	40 Min.	832	4,0	16,00	
Summe:				4140	0,0	34624,00	
Mittelwert:				828	93,0(11,2%)		29,0 (3,5%)

Tabelle 2.3/4

Reproduzierbarkeit von 50 g Kalium in einem Phantom

1 Reihenf. d. Messg.	2 Datum	3 Uhrzeit	4 Dauer d. Messung	5 Peakinhalt [Impulse]	6 Abw. v. Mittelw.	7 Quadrat d. Abw.	8 Theoret. Mittelwert
1	16.7.73	17.40	10 Min.	163	8	64	
2	16.7.73	18.00	10 Min.	156	1	1	
3	16.7.73	18.10	10 Min.	171	16	256	
4	16.7.73	18.25	10 Min.	137	- 18	324	
5	16.7.73	19.30	10 Min.	149	- 6	36	
6	17.7.73	11.05	10 Min.	181	26	676	
7	17.7.73	11.20	10 Min.	134	- 21	441	
8	17.7.73	11.30	10 Min.	141	- 14	196	
9	17.7.73	11.40	10 Min.	140	- 15	225	
10	17.7.73	12.10	10 Min.	178	23	529	
Summe:				1550	0	2748	
Mittelwert:				155	17,5(11,3%)		12,5(8,0%)
1	17.7.73	12.25	20 Min.	298	- 33,2	1102,24	
2	17.7.73	14.20	20 Min.	342	10,8	116,64	
3	17.7.73	14.45	20 Min.	324	- 7,2	51,84	
4	17.7.73	15.05	20 Min.	328	- 3,2	10,24	
5	17.7.73	15.30	20 Min.	364	32,8	1075,84	
Summe:				1656	0,0	2356,80	
Mittelwert:				331,2	24,3(7,3%)		18,2(5,5%)

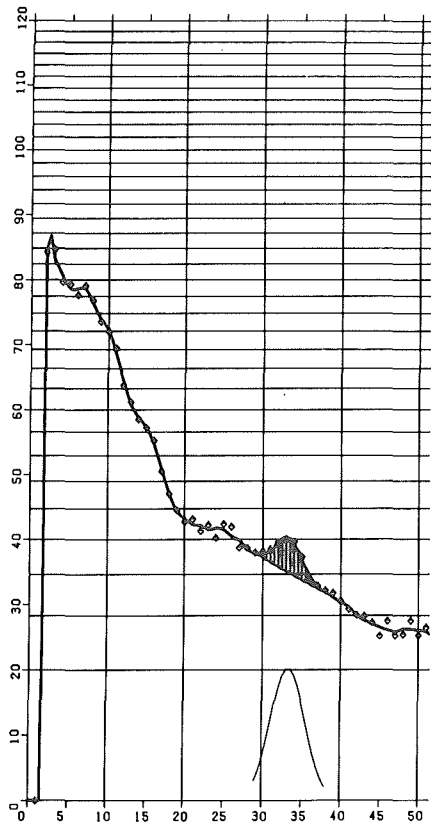


Abb. 2.3/3: Spektrum eines Cs-137-Peaks, 3,7 nCi, bei 20 min Meßdauer

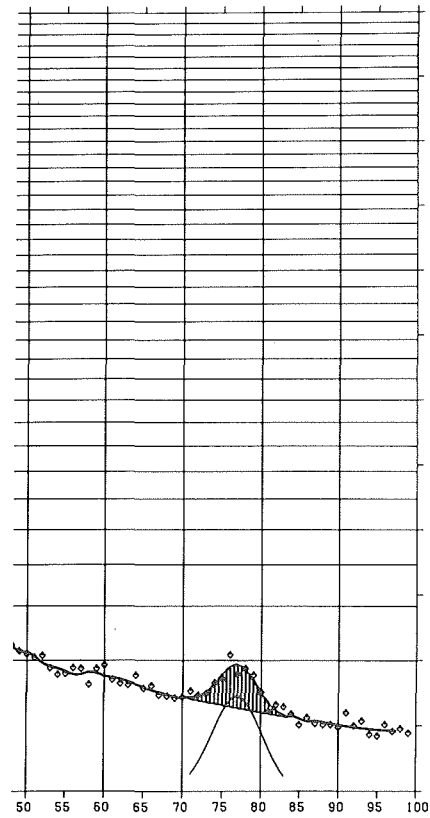


Abb. 2.3/4: Spektrum eines K-40-Peaks, 50 g, bei 20 min Meßdauer

2.3.4 Ausscheidungsanalysen

H. Jacobs, D. Beyer

Durch Ausscheidungsanalysen wurden im Berichtsjahr 334 Personen aus 9 Institutionen der KFA sowie von 5 Fremdfirmen auf die Nuklide bzw. Elemente U-nat, Th-nat, H 3, Am 241/243, Cm 242-244, Pu 238/239, Np 237, Pa 231, Po 210, Tc 99, Sr 90, Cs 137, Hg 203 und durch Messungen der Gesamt- β -Aktivität überwacht. Der Aufgabenumfang wurde dabei im wesentlichen von dem häufigen Umgang mit Natururan, natürlichem Thorium und Tritium bestimmt. Von insgesamt 830 Untersuchungen entfielen 769 Untersuchungen auf die Überwachung dieser Elemente bzw. Nuklide.

Untersuchungsobjekt war in den meisten Fällen der Urin, dessen Gehalt an chemisch oder radiochemisch-toxischen Stoffen quantitative Rückschlüsse auf die Körperbelastung mit diesen Stoffen erlaubt. Diese quantitativen Beziehungen sind in der Regel nur bei 24-Stunden-Urinsammlungen gegeben. Ausnahmen bilden Tritiuminkorporationen, deren Höhe aufgrund des metabolischen Verhaltens des Tritiums nach Stichproben-Urinsammlungen abzuschätzen ist. Ergänzend zu den Urinproben wurden in einigen Fällen Nasenschleimproben untersucht, wodurch ein qualitativer Hinweis auf eine Inhalation radioaktiver Partikel, nicht aber eine Beziehung zur inhalierten Menge gegeben ist. Für Faecesuntersuchungen, welche quantitative Abschätzungen von Lungenbelastungen mit nichttransportablen Stoffen ermöglichen, werden zur Zeit die apparativen Voraussetzungen geschaffen.

Die regelmäßige Inkorporationsüberwachung erfolgt in Übereinstimmung mit den Festlegungen des Gesetzgebers im allgemeinen halbjährlich. Diese Überwachungshäufigkeit hat für einige Nuklide nur Stichprobencharakter, da Inkorporationen zu frühen Zeitpunkten des Überwachungsintervalls wegen der kurzen effektiven Halbwertszeit der Nuklide zum Überwachungszeitpunkt nicht mehr zu erkennen sind. Soweit durchführbar, werden häufigere Überwachungen festgelegt (derzeit bei der Tritiumüberwachung eine 2-monatliche Frequenz). In Absprache mit den Strahlenschutzverantwortlichen der betreffenden Institutionen wird versucht, eine zeitliche Übereinstimmung zwischen Umgang und Überwachung herbeizuführen.

Die Häufigkeit der Messungen zur besonderen Inkorporationsüberwachung ist vorher nicht festzulegen, da eine besondere Inkorporationsüberwachung nur im Bedarfsfall erfolgt. Die Messungen werden so lange fortgeführt, bis ein Bild über Höhe und Verlauf einer Inkorporation gewonnen ist.

Die Beurteilung der Analysenergebnisse erfolgt durch Vergleich mit maximal zulässigen Grenzwerten, die in bekannten Beziehungen zur maximal zulässigen Dosisbelastung stehen und als maximal zulässige Belastungs- oder Ausscheidungswerte angegeben werden. Soweit die Ableitung der Grenzwerte nur unter Berücksichtigung des metabolischen Verhaltens der Nuklide und der zwischen Probenahme und Inkorporation verfloßenen Zeit erfolgt, ergibt die Überwachung ein Bild der Belastung eines im Körper durch das Kreislaufsystem

abgelagerten Nuklids. Belastungen der Lunge und des Magen-Darmtrakts durch Inhalation und Ingestion toxischer Stoffe sind nur zu beurteilen, wenn Angaben über den physikalisch-chemischen Zustand des inkorporierten Materials und über den Belastungspfad vorliegen.

Zur Berichterstattung werden die Meßergebnisse der regelmäßigen Inkorporationsüberwachung mit Hilfe einer EDV-Anlage wöchentlich, bei positiven Ergebnissen sowie bei der besonderen Inkorporationsüberwachung unmittelbar nach Abschluß der Messungen von Hand, zu Berichten zusammengestellt und unter Angabe der maximal zulässigen Ausscheidungs- bzw. Belastungswerte den zuständigen Strahlenschutzverantwortlichen übermittelt. Liegen über die Umstände einer Inkorporation (Art des inkorporierten Materials, Belastungspfad) nähere Informationen vor, so werden die Angaben zur Inkorporation entsprechend spezifiziert. Die Unterrichtungspflicht gegenüber den Behörden erfolgt durch eine Auflistung der Meßwerte in den Quartalsberichten, soweit durch die Höhe einer Inkorporation nicht eine sofortige (kommentierte) Information erforderlich ist.

Die folgenden Tabellen enthalten die Ergebnisse der Ausscheidungsüberwachung des Jahres 1973. Bei der Uran-, Thorium- und Tritiumüberwachung sind in den Tabellen 2.3/5 bis 2.3/7 die Konzentrationen bzw. Aktivitäten in der ersten Spalte in Gruppen eingeteilt, wobei die Einteilung willkürlich erfolgte. Die zweite Spalte gibt die Anzahl der Meßergebnisse an, die in die einzelnen Gruppen fallen. Dabei wird noch zwischen der regelmäßigen und der besonderen Überwachung unterschieden. Jeweils am Schluß der Tabellen werden einige Angaben über maximal zulässige Ausscheidungswerte gemacht, die auf den Überwachungszeitpunkt bezogen sind. Die Ergebnisse der Überwachung auf sonstige Nuklide sind in Tabelle 2.3/8 dargestellt. Auf eine statistische Auswertung wurde wegen der geringen Anzahl der Meßergebnisse verzichtet. Neben der Anzahl der Messungen sind die jeweils höchsten gefundenen Aktivitäten aufgeführt.

Nach dem Anerkennungsschreiben des Ministers für Arbeit, Gesundheit und Soziales (NW) vom 30. April 1969 ist die Inkorporationsmeßstelle verpflichtet, Inkorporationsfeststellungen, bei denen die gefundene inkorporierte Aktivität 10 % der nach ICRP maximal zulässigen Körperbelastungen überschreitet, den Behörden anzuzeigen. Nach dieser Auflage wurden im vergangenen Jahr 2 Personen bei der besonderen und 1 Person bei der regelmäßigen Tritiumüberwachung meldepflichtig. Keine der 3 Personen, deren Inkorporationen anhand von 7 Meßergebnissen dargestellt wurden, inkorporierte die nach den ICRP-Empfehlungen maximal zulässigen Mengen. Die höchsten vorkommenden Werte betrugen bei der regelmäßigen Tritiumüberwachung 39 % und bei der besonderen Tritiumüberwachung 45 % der für Dauerbelastung zulässigen Körperbelastung.

(R. Biehl, M. Goertz, D. Kuck)

Tabelle 2.3/5
Uranüberwachung

Konzentrationsbereich (μg Uran/24 h)	Anzahl der Meßergebnisse regelmäßige Überwachung besondere Überwachung	
< 2,0	359	27
2,0 - 10	37	-
≥ 10	-	-
Gesamt	396	27
Zulässige Ausscheidung durch Urin bei		
Dauerbelastung	100 $\mu\text{g}/24$ h	
einmaliger Aufnahme	100 $\mu\text{g}/24$ h	
Grenzwert für weitere Untersuchungen		
(investigation level)	50 $\mu\text{g}/24$ h	
Grenzwert für Sofortmaßnahmen		
(action level)	100 $\mu\text{g}/24$ h	

Tabelle 2.3/6
Thoriumüberwachung

Konzentrationsbereich (μg Thorium/24 h)	Anzahl der Meßergebnisse regelmäßige Überwachung besondere Überwachung	
< 1,0	102	10
1,0 - 2,0	7	-
2,0 - 5,0	2	-
$\geq 5,0$	-	-
Gesamt	111	10
Zulässige Ausscheidung durch Urin bei		
Dauerbelastung	10 $\mu\text{g}/24$ h	
einmaliger Aufnahme	60 $\mu\text{g}/24$ h	
Grenzwert für weitere Untersuchungen		
(investigation level)	5 $\mu\text{g}/24$ h	
Grenzwert für Sofortmaßnahmen		
(action level)	10 $\mu\text{g}/24$ h	

Tabelle 2.3/7
Tritiumüberwachung

Konzentrationsbereich (pCi H 3/ml Urin)	Anzahl der Meßergebnisse regelmäßige besondere Überwachung	
< 50	92	49
50 - 100	8	11
100 - 1000	21	24
1000 - 10000	7	13
≥ 10000	-	-
Gesamt	128	97
Zulässige Ausscheidung durch Urin bei Dauerbelastung 23 nCi/ml einmaliger Aufnahme 330 nCi/ml Grenzwert für weitere Untersuchungen (investigation level) 0,20 nCi/ml Grenzwert für Sofortmaßnahmen (action level) 20,0 nCi/ml		

Tabelle 2.3/8
Überwachung auf sonstige Nuklide

Nuklid	Anzahl der Meßergebnisse regelmäßige besondere Überwachung		Höchste Aktivität (pCi/24 h)
α-Akt. *)	16	-	< 1,1
β-Akt.	-	9	1700**)
Po 210	8	-	< 4,9
Tc 99	13	-	< 100
Sr 90	5	6	1040
Cs 137	-	3	13300
Hg 203	-	1	< 6,0
	42	19	

*) Cm 242-244, Am 241/243, Pu 238/239, Np 237, Pa 231

**) nach Abzug der K 40-Aktivität

3. U M W E L T S C H U T Z

K.J. Vogt

3.1 Umgebungsüberwachung

3.1.1 Umweltradioaktivität der Kernforschungsanlage Jülich im Jahre 1973

K.J. Vogt, H. Nordsieck

Allgemeines zur Berichterstattung

Die Ergebnisse der Überwachung der Umweltradioaktivität der KFA werden als Einzelwerte bzw. bei kontinuierlichen Messungen als synoptische Darstellungen in den Quartalsberichten (1...4) dokumentiert, die der laufenden Information der Aufsichtsbehörden des Landes Nordrhein-Westfalen und der Leitstellen des Bundesministeriums des Inneren dienen. Bei außergewöhnlichen Erhöhungen der Radioaktivitätswerte wird die Aufsichtsbehörde unverzüglich unterrichtet. Wenn die von der Organisation für Europäische Wirtschaftliche Zusammenarbeit (OECD) festgelegten Richtwerte für Warnung, Vorwarnung und wissenschaftliches Interesse überschritten worden sind, erfolgt eine Meldung an das Bundesministerium des Inneren, das die Information an die Nuclear Energy Agency (NEA) der OECD weiterleitet.

In den Jahresberichten über die "Umweltradioaktivität der Kernforschungsanlage Jülich" werden die Meßwerte der Umgebungsüberwachung in zusammengefaßter Form mit statistischen Auswertungen (Mittelwerte, Summenwerte) der natürlichen und künstlichen Radioaktivität und einer Diskussion der Meßergebnisse veröffentlicht.

Meßprogramm

Das gemeinsam mit dem Interministeriellen Ausschuß der Aufsichtsbehörde festgelegte Meßprogramm (Tab. 3.1.1/1 - 3.1.1/3) berücksichtigt die in der ICRP-Publikation 7 aufgestellten Grundsätze, wonach die Umgebungsüberwachung bei Kenntnis der im Normalbetrieb und bei Zwischenfällen von den Emittenten freigesetzten radioaktiven Stoffe ihre Aufmerksamkeit in erster Linie auf die kritischen Nuklide zu richten hat, durch deren Emission die kritische Bevölkerungsgruppe über den kritischen Belastungspfad am stärksten gefährdet wird. Für die meisten Emittenten der KFA kann sowohl im Normalbetrieb als auch bei Zwischenfällen J 131 kritisches Nuklid sein. Kritischer Belastungspfad ist dann während der Weideperiode der Milchkonsum (Ingestionsdosis), während der Wintermonate die Einatmung kontaminierter Luft (Inhalationsdosis). Als kritische Bevölkerungsgruppe sind die Kinder zu betrachten, deren Milchkonsum aus dem nicht über die Molkerei laufenden Eigenbedarf der etwa 50 im Nahbereich der KFA (bis 4 km) gelegenen Milcherzeugungshaushalte gedeckt wird. Daher bildet die Überwachung der Nahrungskette Weideboden - Gras - Milch einen Schwerpunkt des Meßprogramms (Tab. 3.1.1/3).

Im Jahre 1972 wurde die Überwachung der Umgebungsstrahlung mit Glasdosimetern an der Geländebegrenzung der KFA und den 6 Meßstellen des Inneren Überwachungsringes neu in das Meßprogramm aufgenommen (Tab. 3.1.1/1). Mit den insgesamt 71 Meßstellen ist eine praktisch lückenlose Überwachung der Umgebungsstrahlung an der Peripherie der KFA gewährleistet. Hinsichtlich einer ausführlichen Darstellung der Aufgaben, des Meßprogramms, der Methoden und Meßverfahren der Umgebungsüberwachung kann auf den Jahresbericht 1970 (5) verwiesen werden.

Meßergebnisse und Diskussion

1) Ergebnisse der Luftüberwachung

In den Quartalsberichten (1...4) sind die wichtigsten Resultate der Luftüberwachung zusammen mit den für die Deutung der Umweltradioaktivität wesentlichen meteorologischen Meßdaten für die Monate Januar bis Dezember 1973 als synoptische Darstellung veranschaulicht. Sie enthalten folgende radiologische und meteorologische Meßgrößen:

1. Dosisleistung der Umgebungsstrahlung	Meßstelle KFA und Meßstellen 1 - 6 des Inneren Überwachungsringes
2. ($\beta + \gamma$)-Impulsrate der Umgebungsstrahlung	Meßstelle KFA und Meßstellen A - D des Äußeren Überwachungsringes
3. Gesamt- β -Aktivität der Aerosole	Meßstelle KFA
4. Langlebige β -Aktivität der Aerosole	Meßstelle KFA
5. Temperatur in 2 m Höhe über dem Erdboden	Meßstelle KFA
6. Temperaturgradient zwischen 20 m und 120 m Höhe	Meßstelle KFA
7. Niederschlagsintensität	Meßstelle KFA
8. Windstärke	Meßstelle KFA
9. Windrichtung	Meßstelle KFA
10. Diffusionskategorie	Meßstelle KFA

Der Verlauf der Gesamt- β -Aktivität der Aerosole weist den typischen, vom Grad des Vertikalaustauschs abhängigen Tagesgang auf. Die Stabilität der Luftschichtung, bestimmt durch Temperaturgradient und Windgeschwindigkeit, ergibt zusammen mit der Intensität der Rn- und Tn-Exhalation aus dem Boden die Aktivitätskonzentration der bodennahen Luft. Im Berichtsjahr traten besonders von März bis Oktober stark ausgebildete Maxima und Minima auf, die den Tagesgang des Vertikalaustauschs bei Strahlungswetterlagen widerspiegeln.

Die Monatsmittelwerte der Aerosolaktivität sind in Tab. 3.1.1/4 zusammengestellt. Die langlebige β -Aktivität zeigt für 1973 wieder einen deutlichen Rückgang um ein Drittel bis zur Hälfte der Vorjahreswerte. Das Überlicherweise im Frühjahr bzw. Frühsommer durch verstärkten Vertikalaustausch der Stratosphäre mit den unteren Luftschichten auftretende Maximum des Fallouts, das im Vorjahr sehr schwach ausgeprägt war, blieb diesmal aus. Es ergaben sich bis einschließlich Mai 1973 konstante Monatswerte von $0,03 \text{ pCi/m}^3$, im Juni und Juli 1973 wurden die niedrigsten Monatswerte mit $0,02 \text{ pCi/m}^3$ festgestellt. Zur Erklärung des Anstiegs der Aerosolaktivität im Spätsommer und Herbst auf $0,05 \text{ pCi/m}^3$ - ein an sich immer noch sehr niedriges Niveau im Vergleich zu den Vorjahren seit 1968 - kann der chinesische Wasserstoffbombenversuch in Zentralasien vom 27.6.1973 genannt werden, auch kann ein Einfluß der französischen Kernwaffenversuche im Südpazifik vom 21.7., 28.7., 18.8., 24.8. und 28.8.1973 nicht völlig ausgeschlossen werden. Im Dezember sank der Monatswert wieder auf $0,03 \text{ pCi/m}^3$. Der Jahresdurchschnittswert betrug ebenfalls $0,03 \text{ pCi/m}^3$. Im Inneren Überwachungsring konnte wegen der geringeren Meßempfindlichkeit keine Erhöhung nachgewiesen werden. Alle Meßwerte - es handelt sich um 1460 Proben bei jeder der 6 Meßstellen - lagen unter der Nachweisgrenze von 1 pCi/m^3 . Bei der γ -spektrometrischen Analyse konnten außer dem natürlich entstehenden Be 7 keine Einzelnuclide nachgewiesen werden. Wegen des niedrigen Niveaus der Aerosolaktivität lagen die Aktivitäten der Nuclide Mn 54, Zr 95, Nb 95, Ru 103, Ru 106, Cs 137, Ce 141 und Ce 144 unterhalb der Nachweisgrenze im Bereich um 1 fCi/m^3 . Die langlebige α - und β -Aktivität der Niederschläge (Tab. 3.1.1/5) weist der niedrigen Aerosolaktivität entsprechend ebenfalls einen erheblichen Rückgang im Vergleich zu den Vorjahren auf, desgleichen die radiochemisch bestimmten Werte von Sr 89 und Sr 90 (Tab. 3.1.1/7). Auch bei den Niederschlägen konnten γ -spektrometrisch keine Einzelnuclide außer Be 7 nachgewiesen werden. Das gleiche Bild weist konsequenterweise die autoradiographische Untersuchung von Haftplatten auf, bei der nur vereinzelt das Auftreten kleiner Heiße Teilchen registriert wurde. Zur Aerosol- und Niederschlagsüberwachung ist zusammenfassend festzustellen, daß keine auf Emissionen der KFA zurückgehende Kontaminationen nachgewiesen wurden. Hingegen wurde eine geringfügige H 3-Kontamination in Schneeproben gefunden, die anlässlich einer momentanen Freisetzung von 2 Ci T aus dem Isotopenlabor des FRJ-1 am 28.11.1973 im Bereich des Ablagerungsmaximums genommen wurden. Die Aktivitätskonzentrationen betrugen nur wenige Prozent des 1/10-MZK-Wertes für Wasser.

Die Ergebnisse der kontinuierlichen Überwachung der Umgebungsstrahlung sind in den synoptischen Darstellungen der Quartalsberichte wiedergegeben. Im Berichtsjahr wurden an der Meßstelle 6 des Inneren Überwachungs-rings keine Erhöhungen infolge von Arbeiten im 420 m entfernten Abfallager für radioaktive Stoffe mehr registriert. Die Dosisleistungen aller Meßstellen des Inneren und Äußeren Überwachungs-rings wiesen keine erkennbaren Erhöhungen der natürlichen Umgebungsstrahlung auf. Die mit

Glasdosimetern gemessene Verteilung der Jahresdosis am KFA-Zaun ist in Abb. 3.1.1/1 wiedergegeben, die Lage der Meßorte geht aus Karte 5 hervor. Die Verteilung zeigt im wesentlichen den aus dem Vorjahr bekannten Gang mit Erhöhungen im Bereich des AVR-Reaktors und in der Nähe des Abfallagers für radioaktive Stoffe der Betriebsabteilung Dekontamination. Eine Begründung der Lageverteilung der 71 Dosimeter wurde im Vorjahresbericht gegeben.

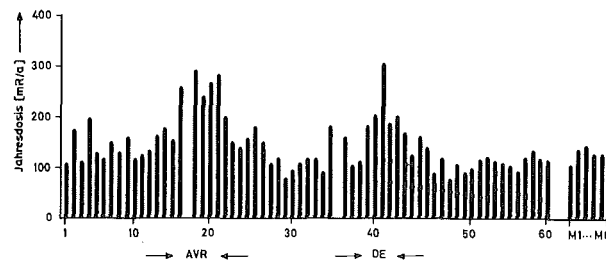


Abb. 3.1.1/1 Jahresdosen am KFA-Zaun und den Meßstellen M 1 bis M 6 des Inneren Überwachungsringes

2) Ergebnisse der Wasserüberwachung

Die Ergebnisse der kontinuierlichen Überwachung des Oberflächenwassers sind als Monats- bzw. Jahresmittelwerte in den Tab. 3.1.1/6 und 3.1.1/7 zusammengestellt. Gemessen wurde an allen Probenahmestellen die langlebige α -Aktivität, die langlebige β -Aktivität (ohne Tritium, Jod und Kalium), die Kalium- und Tritiumaktivität. Außerdem wurden im Hauptentwässerungskanal (HEK) die J 131-Aktivität radiochemisch, weitere Nuklide γ -spektrometrisch und die kurzlebige Aktivität (einschließlich der Rn-Folgeprodukte) durch das Mitfällungsverfahren gemessen. Erhöhte Werte wurden wie in den Vorjahren nur im Hauptentwässerungskanal gefunden, in den im Rahmen der vorläufigen Abwassergenehmigung radioaktive Stoffe eingeleitet werden. Bei einem Vergleich der von uns im HEK gemessenen Jahresmittelwerte (α : 1,2 pCi/l; β -Aktivität (ohne H 3 und J 131): 18 pCi/l; J 131: 26 pCi/l; H 3: 61000 pCi/l) mit den aus den jährlichen Aktivitätsableitungen (7) und aus der jährlichen Durchflußmenge des HEK von etwa $3,8 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{a}$ ermittelten mittleren Konzentration (α : 1,1 pCi/l; β (ohne H 3 und J 131): 110 pCi/l; J 131: 50 pCi/l; H 3: 90000 pCi/l) erhält man wegen der unterschiedlichen Probenahme-, Aufbereitungs- und Meßverfahren eine mehr oder weniger gute Übereinstimmung. Die Abweichung bei der β -Aktivität läßt sich z.B. darauf zurückführen, daß die abgeleiteten Gemische von β -Strahlern auch kurzlebige Aktivitätsanteile enthalten, die bei der Entnahme von Wochenmischproben und Ausmessung des Präparats frühestens 4 Tage nach Probenahme bereits abgeklungen sind; eine weitere Unterschätzung ergibt sich auch aus der Verwendung des Eich-

strahlers K 40, der wegen seiner hohen β -Energie zu einer Unterbestimmung des Nuklidgemischs mit meist geringeren β -Energien führt. - Im Rurwasser ließ sich wegen der mit der Einleitung des HEK verbundenen Verdünnung keine meßbare Erhöhung des Radioaktivitätspegels feststellen. Das Niveau der Vorjahre wurde beibehalten.

Tab. 3.1.1/8 zeigt die Ergebnisse der Schlammüberwachung. An der Probenahmestelle Rur bei Selhausen oberhalb der Einleitung des HEK konnte γ -spektrometrisch nur noch das Fallout-Nuklid Cs 137 bestimmt werden. Im Hauptentwässerungskanal wurden in Übereinstimmung mit den Abwasseringaben (7) hauptsächlich die längerlebigen Nuklide Fe 59, Co 60, Zn 65, Zr 95, Nb 95, Cs 137, Ce 141 und Ce 144 gefunden. Aus der Probe des 4. Quartals konnte ein Heißes Teilchen (Zr 95/Nb 95) isoliert werden, dessen Aktivität von 9 nCi etwa 3 % der Aktivität der aus 500 g Trockensubstanz bestehenden Schlammprobe entsprach. In der Rur bei Altenburg unterhalb der Einleitungsstelle des HEK betrug die Schlammaktivität nur einige Prozent der Aktivität des HEK-Schlammes.

In Tab. 3.1.1/9 und 3.1.1/10 sind die Aktivitäten für filtrierbares Material im Oberflächenwasser aufgeführt. Die Bezeichnung "filtrierbares Material" ist an die Stelle der früheren Benennung "Plankton und Seston" gesetzt worden um darauf hinzuweisen, daß das Probenmaterial nicht nur biologischer Art ist. Wasserpflanzen in der Rur wurden wegen wasserbaulicher Maßnahmen bei Untermaubach, Verlegung von Wasserleitungsrohren neben dem oder durch das Flußbett und Begradigungsarbeiten sowie der zunehmenden Verunreinigung der Rur bei Krauthausen und Jülich nicht mehr vorgefunden. Die Resultate der Grund- und Trinkwasserüberwachung (Tab. 3.1.1/11 und 3.1.1/12) zeigen wie früher nur Aktivitätskonzentrationen in der Nähe oder unterhalb der Nachweisgrenze.

3) Ergebnisse der Überwachung von Boden, Bewuchs und landwirtschaftlichen Produkten

In den Tab. 3.1.1/13 - 3.1.1/16 sind die Ergebnisse der Überwachung von Boden, Gras, Feldfrüchten und Milch als Jahresmittelwerte zusammengestellt. Beim Boden war als einziges künstliches Nuklid wieder nur Cs 137 γ -spektrometrisch nachweisbar, da die übrigen Nuklide durch den hohen Untergrund der natürlichen Radioaktivität überdeckt werden, und nur bei entsprechend höheren Aktivitäten eindeutig zu identifizieren sind. Im übrigen waren die β -Aktivität und die Cs 137-Aktivitäten des Bodens mit den Vorjahreswerten nahezu identisch, beim Sr 90 um den Faktor 2 rückläufig. Diese rückläufige Tendenz zeigt sich auch bei den übrigen Meßobjekten der Nahrungskette, bei denen lediglich an wenigen Einzelproben von Rüben-, Rübenblättern und Milch eine geringfügige Cs 137-Kontamination aus dem Fallout oberirdischer Kernwaffenversuche festgestellt wurde. Bei den Milchuntersuchungen konnte J 131 bei keiner der 96 Einzelproben radiochemisch nachgewiesen werden, da die Meßgrenze von 2 pCi/l in keinem Fall überschritten wurde.

Zusammenfassende Beurteilung der Umgebungscontamination

Die Ergebnisse der Radioaktivitätsüberwachung der wichtigsten Meßobjekte sind in Tab. 3.1.1/17 als Jahresmittelwerte zusammengestellt. Sie zeigen in ihrer langfristigen Tendenz deutlich den Zusammenhang mit der in der unteren Spalte angegebenen Atomversuchshäufigkeit in der Atmosphäre. Die langlebige β -Aktivität der Aerosole und Niederschläge weisen für 1973 wieder einen deutlichen Rückgang um ein Drittel bis zur Hälfte der Vorjahreswerte auf. Das üblicherweise im Frühjahr bzw. Frühsommer durch verstärkten Vertikalaustausch der Stratosphäre mit den unteren Luftschichten auftretende Maximum des Fallouts, das schon im Vorjahr sehr schwach ausgeprägt war, war diesmal nicht festzustellen. Im Spätsommer und Herbst ergaben sich die höchsten Monatswerte mit $0,05 \text{ pCi/m}^3$, der Jahresmittelwert von $0,03 \text{ pCi/m}^3$ kennzeichnet das sehr niedrige Niveau der Falloutaktivitäten. Die Glasdosimeterüberwachung am KFA-Zaun ergab ein dem Vorjahr ähnliches Ergebnis. Die Meßstellen der Umgebungsstrahlung registrierten keine Erhöhungen über der natürlichen Dosisleistung. Die mit dem Abwasser freigesetzten radioaktiven Stoffe führten im Hauptentwässerungskanal und im Schlamm unterhalb seiner Einleitungsstelle in die Rur zu meßbaren Aktivitätskonzentrationen. Im Rurwasser läßt sich wegen der mit der Einleitung des Hauptentwässerungskanals verbundenen Verdünnung keine meßbare Erhöhung des Radioaktivitätspegels feststellen. In der Nahrungskette (Boden, Bewuchs, Milch) und den übrigen Meßobjekten war kein Beitrag zur Umweltkontamination aus den Emittenten der KFA nachzuweisen.

Zusammenfassend läßt sich feststellen:

1. Im Berichtsjahr sind keine Überschreitungen der maximal zulässigen Aktivitätskonzentrationen in der bodennahen Luft und im Wasser zu verzeichnen.
2. In Atemluft, Trinkwasser und Nahrungsmitteln in der Umgebung der KFA waren keine signifikanten Erhöhungen der Umweltradioaktivität festzustellen, die einen Beitrag der Emissionen aus der KFA erkennen lassen.
3. Der Umwelteinfluß der Aktivitätsfreisetzungen in der KFA-Umgebung hat sich damit zumindest im Rahmen der statistischen Schwankungen der natürlichen Radioaktivität und der weiträumigen Einstreuungen aus Kernwaffenversuchen gehalten.
4. Diese Ergebnisse der Umgebungsüberwachung werden aus den Emissionsmengen und Ausbreitungsrechnungen bestätigt (6).

Zusammenfassend läßt sich feststellen, daß eine Beeinträchtigung der Umweltqualität durch die Freisetzungen radioaktiver Stoffe in Abluft und Abwasser der KFA sicher auszuschließen ist.

(H. Kochs, I. Lock, W. Alheit)

L i t e r a t u r v e r z e i c h n i s

- (1...4) K.J. Vogt, D. Merten, H. Nordsieck und G. Polster
Umweltradioaktivität der Kernforschungsanlage Jülich
1. - 4. Quartalsbericht 1973
ZST-Bericht Nr. 175, 178, 180 und 184 (1973)
- (5) K.J. Vogt, H. Jacobs, H. Nordsieck und G. Polster
Umweltradioaktivität der Kernforschungsanlage Jülich
im Jahre 1970
ZST-Bericht Nr. 148 (1971)
- (6) K.J. Vogt, K. Heinemann
Radioaktive Emissionen und Strahlenbelastung im
Bereich der Kernforschungsanlage Jülich im Jahre 1973
ZST-Bericht Nr. 189 (1974)
- (7) E. Zange, G. Zaddach, W. Schlenter
Die Abwasserüberwachung in der Kernforschungsanlage Jülich
im Jahre 1973
Bericht DE-74-1 (1974)

Tabelle 3.1.1/1

Meßprogramm der Luftüberwachung 1973

Meßobjekt	Meßgröße	Probennahme bzw. Meßstellen	Kennziffer	Zahl der Stellen	Meßfrequenz	Zahl der jährlichen Meßproben (Messungen)	Meßverfahren
Aerosole	kurz- und langlebige β -Aktivität, Abklingverhalten	Zentrale Luftüberwachungsstelle Innerer Überwachungsring	D 0288 MP D 0288 M1-6	7	kontinuierliche Messung	7 x kontinuierlich (21 x kont.)	Schrittfiltergerät mit Fernübertragung der Meßwerte
	α -Aktivität β -Aktivität	In der Abluftfahne der Emissionsquellen (Meßwagen)		nach Bedarf	nach Bedarf	nach Bedarf	Schrittfiltergerät und elektrostatische Probennahme
	γ -Spektrum	Zentrale Luftüberwachungsstelle	D 0288 MP	1	kontinuierliche Probennahme, wöchentliche Messung	12	Großflächenfilterung (10^4 m^3) Halbleiterspektrometrie mit Ge(Li)-Detektor
Umgebungsstrahlung	γ -Dosis	Zentrale Luftüberwachungsstelle Innerer Überwachungsring	D 0288 MP D 0288 M1-6	7	kontinuierliche Messung	7 x kontinuierlich (14 x kont.)	2 Auslösezählrohre mit überlappenden Bereichen, Fernübertragung der Meßwerte
		Zentrale Luftüberwachungsstelle Äußerer Überwachungsring	D 0288 MP D 0288 P1-4	5	kontinuierliche Messung	5 x kontinuierlich (5 x kont.)	abgeschirmtes γ -empfindliches Auslösezählrohr
		Innerer Überwachungsring KFA-Zaun	D 0288 M1-6 PG 1-60	6 65	kontinuierliche Exposition, jährliche Messung	71	Glaedosismetrie
	$(\beta+\gamma)$ -Impulsrate	Zentrale Luftüberwachungsstelle Äußerer Überwachungsring	D 0288 MP D 0288 P1-4	5	kontinuierliche Messung	5 x kontinuierlich (5 x kont.)	nicht-abgeschirmtes $(\beta+\gamma)$ -empfindliches Auslösezählrohr
	$(\beta+\gamma)$ - und γ -Impulsrate	In der Abluftfahne der Emissionsquellen (Meßwagen)		nach Bedarf	nach Bedarf	nach Bedarf	nicht-abgeschirmtes und abgeschirmtes Auslösezählrohr
Niederschläge	dem Boden zugeführte α - und β -Aktivität, spez. α - u. β -Aktivität	Zentrale Luftüberwachungsstelle Äußerer Überwachungsring	D 0388 P1-4 D 0388 MP	5	kontinuierliche Probennahme, wöchentliche Messung	260 (520)	Sammlung in Hiberniatrichter (500 cm^2), getrennte Messung des unlöslichen (gefilterten) und löslichen (eingedampften) Anteils
	γ -Spektrum	Zentrale Luftüberwachungsstelle	D 0388 MP	1	kontinuierliche Probennahme, wöchentliche Messung	52	Sammlung in Großflächentrichter (1 m^2) Halbleiterspektrometrie des Eindampfdruckstands mit Ge(Li)-Detektor
	Heiße Teilchen	Zentrale Luftüberwachungsstelle	D 0388 MP	1	kontinuierliche Probennahme, wöchentliche Messung	52	Autoradiographie von Haftplatten
	Sr 89-Aktivität Sr 90-Aktivität	Zentrale Luftüberwachungsstelle	D 0388 MP	1	kontinuierliche Probennahme, vierteljährliche Messung	4	Sammlung in Großflächentrichter (1 m^2) radiochemische Abtrennung, Low-Level-Messung
	H 3-Aktivität	Zentrale Luftüberwachungsstelle	D 0388 MP	1	kontinuierliche Probennahme, wöchentliche Messung	52	Sammlung in Hiberniatrichter (500 cm^2) Messung in Liquid Scintillations-Counter

*Zentrale Luftüberwachungsstelle: Kernforschungsanlage (Strahlenschutzgebäude oder Meteorologische Station)
 Innerer Überwachungsring: 6 Meßstellen in 1 km Entfernung von den Emissionsquellen
 Äußerer Überwachungsring: 30 Meßstellen in 10 km Entfernung von den Emissionsquellen

Tabelle 3.1.1/2
Meßprogramm der Wasserüberwachung 1973

Meßobjekt	Meßgröße	Probenahme bzw. Meßstellen	Kennziffer	Zahl der Stellen	Meßfrequenz	Zahl der jährlichen Meßproben (Messungen)	Meßverfahren
Oberflächenwasser	α -Aktivität β -Aktivität K 40-Aktivität	Hauptentwässerungskanal der KFA Rur bei Selhausen Rur bei Altenburg	D 0488 P 27 D 0488 P 25 D 0488 P 26	3	kontinuierliche Probenahme, wöchentliche Messung	156 (468)	Direkte Probenahme (Löffelwerk) aus dem Nebenstrom, Messung des Eindampfdruckstandes (Oberflächenverdampfer im Methandurchflußzähler, Flammenphotometrische Bestimmung des K-Gehalts)
	J 131-Aktivität	Hauptentwässerungskanal der KFA	D 0 488 P 27	1	kontinuierliche Probenahme, wöchentliche Messung	52	J 131-Abtrennung durch Isotopenaustausch, Messung im Low-Level-Meßplatz
	H 3-Aktivität	Hauptentwässerungskanal der KFA Rur bei Selhausen Rur bei Altenburg	D 0488 P 27 D 0488 P 25 D 0488 P 26	3	kontinuierliche Probenahme, wöchentliche Messung	156	Messung im Liquid Szintillations-Counter
	kurslebiges β -Aktivität	Hauptentwässerungskanal der KFA Rur bei Altenburg	D 0488 P 27 D 0488 P 26	2	monatlich Stichproben	24	Messung von Mitfällungspräparaten im Großflächendurchflußzähler
	γ -Spektrum	Hauptentwässerungskanal der KFA	D 0488 P 27	1	kontinuierliche Probenahme, wöchentliche Messung	52	Halbleiterspektrometrie mit Ge(Li)-Detektor (Ringschale)
Schlamm	β -Aktivität K 40-Aktivität	Hauptentwässerungskanal der KFA Rur bei Selhausen Rur bei Altenburg	D 0488 P 27 D 0488 P 25 D 0488 P 26	3	kontinuierliche Probenahme, vierteljährliche Messung	12 (24)	Probenahme aus im Wasserlauf befindliche Sedimentationskästen. Mechanische Aufbereitung, Messung der β -Aktivität mit Großflächendurchflußzähler, Flammenphotometrische Bestimmung des K-Gehalts
	γ -Spektrum	Hauptentwässerungskanal der KFA Rur bei Selhausen Rur bei Altenburg	D 0488 P 27 D 0488 P 25 D 0488 P 26	3	kontinuierliche Probenahme, vierteljährliche Messung	12	Halbleiterspektrometrie mit Ge(Li)-Detektor (Ringschale)
Biologische Objekte im Oberflächenwasser (Pflanzen, Plankton, Seston)	β -Aktivität K 40-Aktivität Sr 90-Aktivität	Rur bei Unternaubach Rur bei Krauthausen Rur bei Jülich	D 0488 P 28 D 0488 P 21 D 0488 P 22	3	zu geeigneten Jahreszeiten	10-15 (30-45)	Trockene Veraschung, Messung der β -Aktivität der Asche mit Endfensterdetektor, Flammenphotometrische Bestimmung des K-Gehalts
Grundwasser	β -Aktivität K 40-Aktivität	Grundwasserpeilrohre 16, 17, 19, 25 AVR II	D 0588 P 38, 39, 40, 49 50	5	vierteljährlich Stichproben	20 (40)	Probenahme durch Abpumpen von Peilrohren, Messung des Eindampfdruckstandes (Oberflächenverdampfer) im Methandurchflußzähler, Flammenphotometrische Bestimmung des K-Gehalts
Trinkwasser	α -Aktivität β -Aktivität K 40-Aktivität	Jülich, Wasserwerk Hambach, Wasserwerk KFA, Wasserwerk	D 0588 P 31 D 0588 P 32 D 0588 P 76	2 1	vierteljährlich Stichproben monatlich Stichproben	8 (24) 12 (24)	Entnahme von Rohwasser in den Flaubrunnen, Messung des Eindampfdruckstandes (Oberflächenverdampfer) im Methandurchflußzähler, Flammenphotometrische Bestimmung des K-Gehalts
	kurslebiges β -Aktivität	KFA, Wasserwerk	D 0588 P 76	1	monatlich Stichproben	12	Messung von Mitfällungspräparaten im Großflächendurchflußzähler

Tabelle 3.1.1/3

Meßprogramm der Überwachung von Boden, Bewuchs und
landwirtschaftlichen Produkten 1973

Meßobjekt	Meßgröße	Probennahmestellen der Mischproben	Kennziffer	Zahl der Stellen (Mischproben)	Meßfrequenz	Zahl der jährlichen Meßproben (Messungen)	Meßverfahren
Acker- boden	β-Aktivität	Jülich, Gut Lorscheck	D 0788 P 61	6 (2)	viertel- jährlich	8 (16)	Einstichttiefe bei Ackerboden 20 cm, bei Weide und Waldboden 5 cm. Mechanische Auf- bereitung. Messung der β-Aktivität mit Groß- flächendurchflußzähler.
	K 40-Aktivität	Stetternich, Haus Lindenberg	D 0788 P 62			8 (8)	
	γ-Spektrum	Hambach, Wasserwerk	D 0788 P 60			1 (1)	
	Sr 90-Aktivität	Wellendorf, Güstener Hof	D 0788 P 65	6 (1)	jährlich	1 (1)	
Weide- boden	β-Aktivität	Höllen, Burg Höllen	D 0788 P 66			4 (8)	Flammenphotometrische Bestimmung des K-Ge- halts. Halbleiterspek- trometrie mit Ge(Li)- Detektor (Ringschale). Chemische Abtrennung von Radiostrontium aus der Erdalkaligruppe und Messung im Low- Level-Meßplatz.
	K 40-Aktivität	Hambach, Burg Obendorf	D 0788 P 64			4 (8)	
	γ-Spektrum	Jülich, Gut Mariawald	D 0888 P 71			4 (4)	
	Sr 90-Aktivität	Wellendorf, Rössler Hof	D 0888 P 70	5 (1)	viertel- jährlich	1 (1)	
Wald- boden	β-Aktivität	Niederzier, Hof Moes	D 0888 P 78			4 (4)	Probennahme von 1-2 m ² Weidefläche. Trockene Veraschung. Messung der β-Aktivität mit Endfensterzählrohr. Flammenphotometrische Bestimmung des K-Ge- halts. Chemische Ab- trennung von Radio- strontium und Messung im Low-Level-Meßplatz. γ-Spektrometrische Messung der Trocken- substanz in der Ring- schale mit Ge(Li)- Detektor.
	K 40-Aktivität	Selgersdorf, Hof Ritz	D 0888 P 79			4 (4)	
	γ-Spektrum	Kirchberg, Hof Langen	D 0888 P 74			1 (1)	
	Sr 90-Aktivität			2 (1)	jährlich	1 (1)	
Gras	β-Aktivität	Stetternich, Staatsforst	D 0788 P 63	2 (1)	viertel- jährlich	4 (8)	Probennahme von 1-2 m ² Weidefläche. Trockene Veraschung. Messung der β-Aktivität mit Endfensterzählrohr. Flammenphotometrische Bestimmung des K-Ge- halts. Chemische Ab- trennung von Radio- strontium und Messung im Low-Level-Meßplatz. γ-Spektrometrische Messung der Trocken- substanz in der Ring- schale mit Ge(Li)- Detektor.
	K 40-Aktivität					4 (8)	
	γ-Spektrum					14 (14)	
	Sr 90-Aktivität	Hambach, Großer Forst	D 0788 P 69	2 (1)	jährlich	1 (1)	
Milch	β-Aktivität	wie Weideboden	5 (1)	14-tägig	jährlich	4 (8)	Eindampfen und trocke- ne Veraschung. Messung der β-Aktivität mit Endfensterzählrohr. Flammenphotometrische Bestimmung des K-Ge- halts. Radiochemische Abtrennung von Jod bzw. Strontium und Messung im Antikoinzi- denzmeßplatz. γ-Spek- trometrische Messung der flüssigen Milch in der Ringschale mit Ge(Li)-Detektor.
	K 40-Aktivität					14 (14)	
	γ-Spektrum					1 (1)	
	Sr 90-Aktivität					1 (1)	
Feld- früchte	β-Aktivität	wie Weideboden	6 (2)	monatlich Mischproben	14-tägig April-Oktober	24 (48)	Eindampfen und trocke- ne Veraschung. Messung der β-Aktivität mit Endfensterzählrohr. Flammenphotometrische Bestimmung des K-Ge- halts. Radiochemische Abtrennung von Jod bzw. Strontium und Messung im Antikoinzi- denzmeßplatz. γ-Spek- trometrische Messung der flüssigen Milch in der Ringschale mit Ge(Li)-Detektor.
	K 40-Aktivität					15 (15)	
	γ-Spektrum					90 (90)	
	J 131-Aktivität					2 (2)	
	Sr 90-Aktivität	Molkerei Jülich	6 (2)	jährlich		2 (2)	
Feld- früchte	β-Aktivität	wie Ackerboden	6	zur Erntezeit	6-12 (18-36)	Trockenveraschung oder oxidative Naßver- aschung. Messung der β-Aktivität mit End- fensterdetektor. Flam- menphotometrische Be- stimmung des K-Gehalts. γ-Spektrometrische Mes- sung der Trockensub- stanz in der Ringscha- le mit Ge(Li)-Detektor.	
	K 40-Aktivität						
	γ-Spektrum						

Tabelle 3.1.1/4

β -Aktivität der Aerosole in pCi/m^3 im Jahre 1973
 Monatsmittelwerte an der Meßstelle Kernforschungsanlage (D 0288 MP)

Kontinuierliche Probennahme und Messung mit Schrittfiltergerät. Schrittweise fortbewegtes Filter (Luwa gelb). Bestaubungszeit jeweils 3 h. Messung mit Endfensterzählrohr. Eichung mit Tl 204. Gesamt- β -Aktivität: Direktmessung über der Sammelstelle. Langlebige β -Aktivität: Messung nach 4 d.		
Monat	Gesamt- β -Aktivität	langlebige β -Aktivität
Januar	364	0,03
Februar	140	0,03
März	180	0,03
April	110	0,03
Mai	135	0,03
Juni	184	0,02
Juli	171	0,02
August	300	0,04
September	403	0,05
Oktober	437	0,05
November	245	0,04
Dezember	234	0,03
Jahresmittel von 2900 Proben	242	0,03

Tabelle 3.1.1/5

Langlebige α - und β -Aktivität (ohne H 3) der Niederschläge
 (Staub und Regen) im Jahre 1973

Monatswerte (Durchschnitt aller Probennahmestellen) berechnet für eine Monatsmischprobe: Probennahme (jeweils montags) mit 1 Woche exponiertem Hiberniatrichter. Proben werden filtriert, Filterrückstand verascht, Filtrat mit Träger neutral eingedampft. 4 d nach Probennahme getrennte Ausmessung des löslichen und unlöslichen Anteils mit Methandurchflußzähler. Eichung mit U(nat.) bzw. K 40.				
Zeitraum	Anzahl der Proben	Niederschlag [l/m^2 Monat]	Dem Boden zugeführte α -Aktivität [mCi/km^2 Monat]	Dem Boden zugeführte β -Aktivität [mCi/km^2 Monat]
Januar	20	20	0,040	< 0,50
Februar	20	73	0,020	< 0,50
März	25	25	0,022	< 0,50
April	20	52	0,030	0,50
Mai	25	67	0,041	0,54
Juni	20	33	0,026	< 0,50
Juli	20	90	0,024	0,80
August	25	16	0,023	< 0,50
September	20	22	0,024	0,51
Oktober	20	69	0,025	0,55
November	25	50	0,031	0,60
Dezember	15	64	0,027	0,44
Jahreswert	255	581	0,333	5,2

Tabelle 3.1.1/6

α - und β -Aktivität des Oberflächenwassers in pCi/l
Jahresmittelwerte im Jahre 1973

Kontinuierliche Probennahme von unfiltriertem Oberflächenwasser. Langlebige Aktivität: Neutrales Eindampfen von Wochenmischproben (Oberflächenverdampfer). Ausmessung der Gesamtaktivitäten nach 4 d mit Methandurchflußzähler. Eichung für α -Strahlung mit U(nat.), für β -Strahlung mit K 40. Flammenphotometrische Bestimmung des K-Gehaltes zur Ermittlung der Rest- β -Aktivität. H 3-Aktivität: Messung von 1 ml im Flüssigkeitsszintillationszähler. Kurzlebige Aktivität: Aufbereitung von Stichproben nach dem Mitfällungsverfahren. Ausmessung im Großflächendurchflußzähler. Eichung mit K 40. Abklingkorrektur.						
Meßstelle	Anzahl der Proben	α -Akt.	β -Akt. (ohne K 40)	K 40-Akt.	H 3-Akt.	kurzl.Akt.
Selhausen	51	0,4	< 6	2,9	< 2000	
Altenburg	51	0,4	< 6	2,9	< 2000	26 (12*)

* Anzahl der Proben

Tabelle 3.1.1/7

α - und β -Aktivität im Hauptentwässerungskanal in pCi/l
Monatsmittelwerte im Jahre 1973

Meßstelle Hauptentwässerungskanal der KFA (D 0488 P 27). Kontinuierliche Probennahme von unfiltriertem Oberflächenwasser. Wöchentliche Messung. Langlebige Aktivität: Neutrales Eindampfen von Wochenmischproben (Oberflächenverdampfer). Ausmessung der Gesamtaktivitäten nach 4 d mit Methandurchflußzähler. Eichung für α -Strahlung mit U(nat.), für β -Strahlung mit K 40. Flammenphotometrische Bestimmung des K-Gehaltes zur Ermittlung der Rest- β -Aktivität. Kurzlebige Aktivität: Aufbereitung von Stichproben nach dem Mitfällungsverfahren. Ausmessung im Großflächendurchflußzähler. Eichung mit K 40. Abklingkorrektur. H 3-Aktivität: Messung von 1 ml im Flüssigkeitsszintillationszähler. J 131-Aktivität: Abtrennung von Jod durch Isotopenaustausch. Ausmessung im Antikoinzidenzmeßplatz. Abklingkorrektur. Übrige Nuklide: γ -spektrometrische Direktmessung von 1 l Wasser in der Ringschale mit Ge(Li)-Detektor, ggf. Abklingkorrektur.							
Zeitraum	α -Akt.	β -Akt. (ohne K 40)	K 40-Akt.	kurzl.Akt.	H 3-Akt.	J 131-Akt.	sonstige Nuklide Aktivität
Januar	0,8	9	3,0	170	6200	19	*
Februar	1,0	18	4,6	29	23000	37	*
März	0,6	< 6	2,9	200	9800	8	Cs 137 19
April	1,2	7	2,4	180	63400	8	*
Mai	0,8	9	2,2	150	94000	12	*
Juni	< 0,4	5	2,3	150	38000	11	*
Juli	1,2	9	2,9	210	26000	16	*
August	1,5	13	2,1	53	30000	8	*
September	1,5	26	2,8	140	49000	8	*
Oktober	2,5	61	3,3	150	200000	120	*
November	1,7	36	5,6	42	100000	48	*
Dezember	0,9	20	4,6	79	87000	18	*
Jahresmittel	1,2 (51)	18 (51)	3,2 (51)	130 (12)	61000	26 (51)	

Anzahl der Proben in Klammern.

* Kein signifikanter Nachweis von Einzelnukliden

Tabelle 3.1.1/8

β -Aktivität von Schlamm in pCi/g Trockensubstanz im Jahr 1973
Jahresmittelwerte

Vierteljährliche kontinuierliche Probenahme von Schlamm aus Oberflächenwasser. Mechanische Aufbereitung der Proben. Messung der β -Aktivität im Großflächendurchflußzähler. Eichung mit K 40. Flammenphotometrische Bestimmung des K-Gehalts. Einzelnuklide: γ -spektrometrische Direktmessung in der Ringschale mit Ge(Li)-Detektor.											
Probennahme- stelle	Proben- anzahl	β -Akt.	K 40-Akt.	Fe 59	Co 60	Zn 65	Zr 95	Nb 95	Cs 137	Ce 141	Ce 144
Rur bei Selhausen (D 0488 P 25)	4	7,2	3,8				< 0,2	< 0,2	0,3	< 0,2	< 0,2
Rur bei Altenburg (D 0488 P 26)	4	8,7	4,1	0,6	0,7	0,5	0,2	0,4	0,5	< 0,2	< 0,8
Hauptentwäs- serungskanal (D 0488 P 27)	4	280*	3,3	76	55	50	29	81	9	12	9

* Die Probe des 4. Quartals enthielt zusätzlich ein Heißes Teilchen (Zr 95/Nb 95) von 9 nCi.

Tabelle 3.1.1/9

α - und β -Aktivität von filtrierbarem Material im Oberflächenwasser
im Jahre 1973 - Jahresmittelwerte von Stichproben

Probenahme aus Binnengewässern in unregelmäßigen Zeitabständen. Maschenweite des Filters: 65 μ m. Veraschung und Glühen bei 600° C. Messung mit Endfensterzählrohr. Eichung für α -Strahlung mit U(nat.), für β -Strahlung mit K 40. Flammenphotometrische Bestimmung des K-Gehalts.							
Probennahmestelle	Proben- anzahl	α -Aktivität		β -Aktivität		K 40-Aktivität	
		[pCi/g T.S.]	[pCi/m ³]	[pCi/g T.S.]	[pCi/m ³]	[pCi/g T.S.]	[pCi/m ³]
Rur bei Untermaubach (D 0488 P 28)	1	7,2	0,66	7,4	0,67	1,5	0,14
Rur bei Selhausen (D 0488 P 25)	3	2,7	20	1,8	12	0,37	3,1
Rur bei Krauthausen (D 0488 P 21)	1	4,6	23	4,3	21	0,96	4,8
Rur bei Altenburg (D 0488 P 26)	3	8,6	20	8,6	16	0,73	1,9

Tabelle 3.1.1/10

Sr-Aktivität von filtrierbarem Material im Oberflächenwasser
im Jahre 1973 - Jahresmittelwerte von Stichproben

Probennahme aus Binnengewässern in unregelmäßigen Zeitabständen. Maschenweite des Filters: 65 µm Veraschung und Glühen bei 600° C. Chemische Abtrennung von Sr. "Abmelken" von Y-90. Messung im Antikoinzidenzmeßplatz. Eichung mit Y-90.					
Probennahmestelle	Probenzahl	Sr 90		Sr 89	
		[pCi/g T.S.]	[pCi/m ³]	[pCi/g T.S.]	[pCi/m ³]
Rur bei Selhausen (D 0488 P 25)	3	< 0,2	< 2	< 1	< 5
Rur bei Krauthausen (D 0488 P 21)	1	< 0,2	< 2	< 1	< 5
Rur bei Altenburg (D 0488 P 26)	3	< 0,4	< 1	< 1	< 3

Tabelle 3.1.1/11

Langlebige α- und β-Aktivität von Grundwasser in pCi/l
im Jahre 1973 - Jahresmittelwerte von Stichproben

Vierteljährliche Probennahme von unfiltriertem Rohwasser. Aufbereitung durch neutrales Eindampfen (Oberflächenverdampfer). Ausmessung nach 4 d mit Methandurchflußzähler. Eichung für α-Strahlung mit U(nat.), für β-Strahlung mit K-40. Flammenphotometrische Bestimmung des K-Gehalts zur Ermittlung der Rest-β-Aktivität.				
Probennahmestelle	Tiefe in m	Anzahl der Proben	β-Aktivität (ohne K 40)	K 40-Aktivität
Peilrohr 16 (D 0588 P 38)	10,4	4	< 6	2,0
Peilrohr 17 (D 0588 P 39)	5,5	4	< 6	2,1
Peilrohr 19 (D 0588 P 40)	19,5	4	< 6	1,4
Peilrohr 25 (D 0588 P 49)	6,5	4	< 6	1,6
Peilrohr AVR II (D 0588 P 50)	52,0	4	< 6	1,9
Peilrohr ARA	9,0	4	< 6	1,9

Tabelle 3.1.1/12

α - und β -Aktivität des Trink- und Betriebswassers in pCi/l
im Jahre 1973 - Jahresmittelwerte von Stichproben

Monatliche (m) bzw. vierteljährlich (v) Probennahme von unfiltriertem Rohwasser aus Grundwasser. Langlebige Aktivität: Aufbereitung durch neutrales Eindampfen (Oberflächenverdampfer). Ausmessung nach 4 d mit Methandurchflußzähler; Eichung für α -Strahlung mit U(nat.), für β -Strahlung mit K-40. Flammenphotometrische Bestimmung des K-Gehalts zur Ermittlung der Rest- β -Aktivität. Kurzlebige Aktivität: Aufbereitung nach dem Mitfällungsverfahren. Ausmessung im Großflächendurchflußzähler. Eichung mit K-40. Abklingkorrektur.					
Probennahmestelle	Anzahl der Proben	α -Aktivität	β -Aktivität (ohne K 40)	K 40-Aktivität	kurzlebige β -Aktivität
KFA, Wasserwerk (m) (D 0588 P 76)	12	0,7	< 6	1,7	430
Jülich, Wasserwerk (v) (D 0588 P 31)	4	0,5	< 6	2,2	
Hambach, Wasserwerk (v) (D 0588 P 32)	4	0,6	< 6	2,5	

Tabelle 3.1.1/13

Aktivität von Boden im Jahre 1973
Jahresmittelwerte von Mischproben

Vierteljährliche Probennahme, Einstichtiefe bei Ackerboden 20 cm, bei Weide- und Waldboden 5 cm. Glühen bei 600° C. Salzsäureauszug. Chemische Analyse. Messung der β -Aktivität mit Großflächendurchflußzähler. Eichung mit K 40. Sr 90-Aktivität: Messung (über Y 90) im Antikoinzidenzmeßplatz, Eichung mit Y 90. Cs 137: γ -spektrometrische Ausmessung der Trockensubstanz mit Halbleiterdetektor. Eichung mit Cs 137.						
Bodenart	Entnahmestellen der Mischproben	Probenanzahl	β -Aktivität [mCi/km ²] (ohne K 40)	K 40-Aktivität [mCi/km ²]	Sr 90 [mCi/km ²]	Cs 137 [mCi/km ²]
Acker	siehe Tabelle 3.1.1/3	8	790	680	7	13
Weide		4	530	440	8	17
Wald		4	390	250	12	36

Tabelle 3.1.1/14

β -Aktivität von Gras in pCi/g TrS im Jahre 1973
Jahresmittelwerte von Stichproben

Probennahme 14tägig (April - Oktober). β -Aktivität: Veraschung und Glühen bei 600° C. Ausmessung im Antikoinzidenzmeßplatz. Eichung mit K-40. Flammenphotometrische Bestimmung des K-Gehalts. Chemische Abtrennung von Sr. "Abmelken" von Y 90. Messung im Antikoinzidenzmeßplatz. Eichung mit Y 90. Übrige Nuklide: γ -spektrometrische Ausmessung der bei 110° C getrockneten Proben in der Ringschale mit Halbleiterdetektor. Eichung mit dem jeweiligen Nuklid oder über die Energieeichung. Abklingkorrektur.												
Probennahmestellen der Mischproben	Probenanzahl	β -Akt.	K 40-Akt.	Be 7	Mn 54	Sr 90	Zr 95	Nb 95	Ru 103	Cs 137	Ce 141	Ce 144
gem. Tab. 3	12	3,5	20	< 2	< 0,2	0,21	< 0,4	< 0,2	< 0,2	< 0,4	< 0,2	< 0,6

Tabelle 3.1.1/15

 β -Aktivität von Feldfrüchten in pCi/g TrS im Jahre 1973

Probenahme zur Erntezeit. β -Aktivität: Veraschung und Glühen bei 600° C. Messung in Antikoinzidenz- meßplatz. Eichung mit K 40. Flammenphotometrische Bestimmung des K-Gehalts. Übrige Nuklide: γ -spek- trometrische Ausmessung der bei 110° C getrockneten Proben in der Ringschale mit Ge(Li)-Detektor. Eichung mit den jeweiligen Nuklid oder über die Energiegleichung, ggf. Abklingkorrektur.								
Jahresmittelwerte von Stichproben								
Meßobjekt	Probenahmeortstellen	Proben- anzahl	β -Akt.	K 40-Akt.	Zr 95	Nb 95	Cs 137	Ce 144
Gerste	Höllen Burg Höllen (D 0788 P 66)	1	0,11	3,8	< 0,4	< 0,6	< 0,6	< 0,6
Hafer	Harbach Burg Obbendorf (D 0788 P 64)	1	0,09	2,9	< 0,4	< 0,4	< 0,6	< 0,6
Kartoffeln	Welldorf Güstener Hof (D 0788 P 65)	1	< 0,39	18	< 1	< 1	< 1	< 1
Kartoffel- schalen	Welldorf Güstener Hof (D 0788 P 65)	1	< 0,74	28	< 2	< 3	< 3	< 2
Zucker- rüben	Jülich Gut Lorebeck (D 0788 P 61)	3	< 0,72	22	< 1	< 1	< 1	< 1
	Stettelnich Haus Lindenberg (D 0788 P 62)							
	Harbach Wasserwerk (D 0788 P 60)							
Zucker- rüben- blätter	Jülich Gut Lorebeck (D 0788 P 61)	3	< 1,2	36	< 1	< 1	< 1	< 1
	Stettelnich Haus Lindenberg (D 0799 P 62)							
	Harbach Wasserwerk (D 0788 P 60)							

Tabelle 3.1.1/16

 β -Aktivität von Milch im Jahre 1973

Jahresmittelwerte von Mischproben

β -Aktivität: Probenahme 14tägig. Veraschung und Glühen bei 600° C. Messung in Antikoinzidenz- meßplatz. Eichung mit K 40. Flammenphotometrische Bestimmung des K-Gehalts. Sr 90: Nachweis über Y 90, Ausmessung in Antikoinzidenzmeßplatz. Eichung mit Y 90. J 131: radiochemische Ab- trennung, Messung in Antikoinzidenzmeßplatz. Cs 137 und ggf. weitere Nuklide: γ -spektronetri- sche Direktmessung von 1 l Milch in der Ringschale mit Ge(Li)-Detektor.							
Probenahmeortstellen der Mischproben	Proben- anzahl	β -Aktivität [pCi/l]	K 40-Aktivität [pCi/l]	Sr 90 [pCi/l][pCi/g Cs]		J 131 [pCi/l]	Cs 137 [pCi/l]
Jülich Zentralkolkerei (D 0888 P 77)	12	120	950	3,0	2,6	< 2	< 26
Jülich Gut Mariawald (D 0888 P 71)	12	110	1000	3,4	2,6	< 2	< 26
Welldorf Ermlandhof* (D 0888 P 80)							
Niederzier Hof Hoes (D 0888 P 78)							
Selgeradorf Hof Ritz (D 0888 P 79)							
Kirchberg Hof Langen (D 0888 P 74)							

* 1. Quartal 1973: Welldorf, Höseler Hof (D 0888 P 70).

Tabelle 3.1.1/17

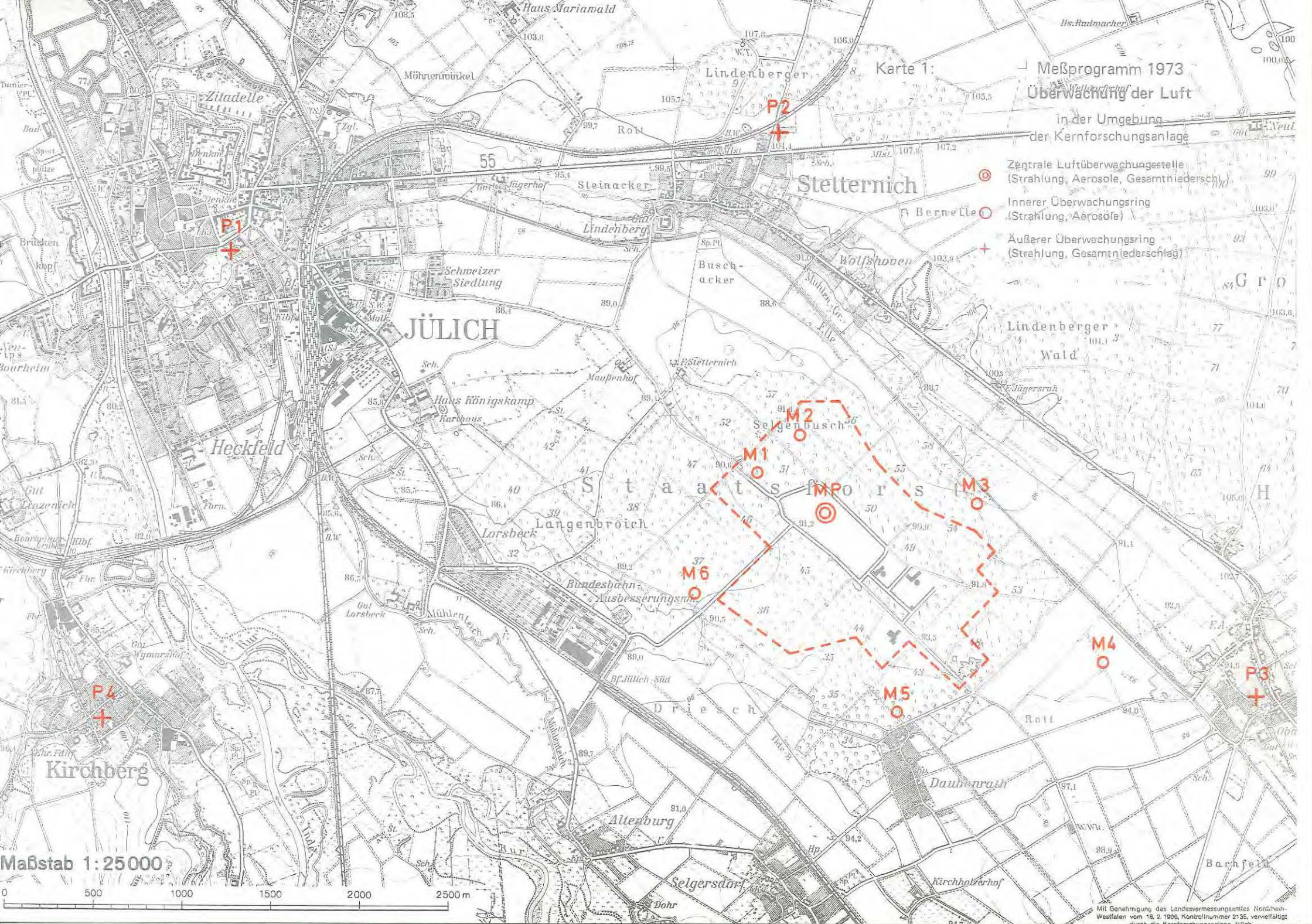
Jahresmittelwerte bzw. Jahressummen verschiedener Meßgrößen der Umweltradioaktivität in den Jahren 1958 bis 1973

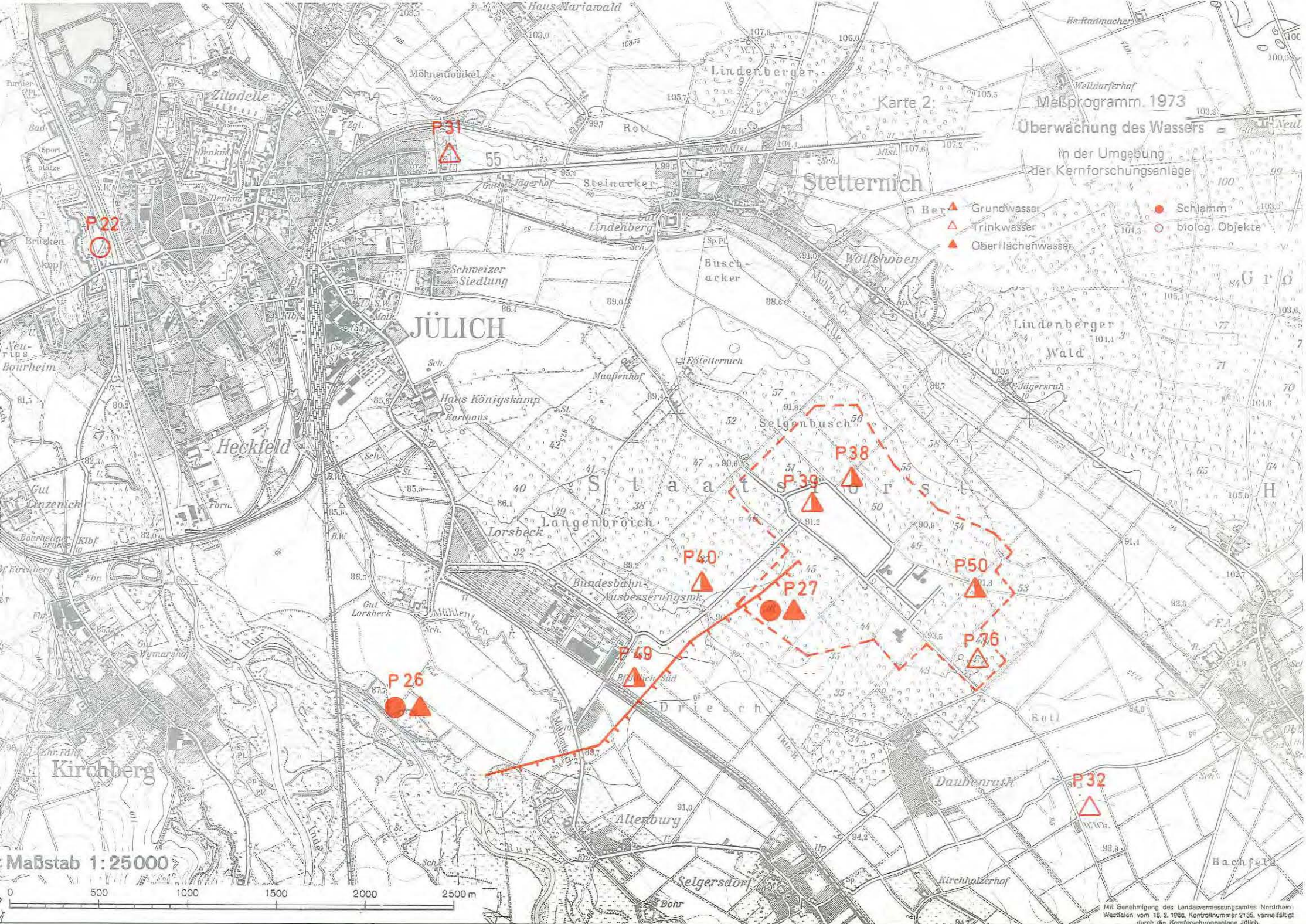
Meßobjekt	Meßgröße	1958	1959	1960	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973
Aerosole (KFA)	Gesamt-B-Aktivität (pCi/m ³)		135	170	227	298	363	453	273	235	256	254	295	235	299	272	242
	Langlebige B-Aktivität (pCi/m ³)		2,5	0,33	1,2	3,7	4,1	0,95	0,15	0,06	0,05	0,10	0,11	0,11	0,12	0,05	0,03
	Cs 137-Aktivität (fCi/m ³)												4,0	2,8	2,0	0,6	< 0,6
	Ce 141-Aktivität (fCi/m ³)												7,6	1,6	< 2	< 1	< 1
	Ce 144-Aktivität (fCi/m ³)												33	23	21	2,9	< 2
Niederschläge (KFA und Äußerer Überwachungsring)	Spezifische α-Aktivität (pCi/l)								1,9	0,56	0,67	0,59	1,1	0,64	1,0	1,1	0,59
	Spezifische β-Aktivität (pCi/l)	680	520	48	200	1200	1200	230	57	22	21	41	47	43	76	26	9
	Spezifische H 3-Aktivität (pCi/l)											3000	3000	<4000	2300	2200	<2000
	Dem Boden zugeführte α-Aktivität (mCi/km ² ·a)								1,7	0,55	0,47	0,43	0,75	0,52	0,50	0,65	0,33
	Dem Boden zugeführte β-Aktivität (mCi/km ² ·a)	590	280	32	220	660	700	130	51	22	15	29	32	34	37	15	5,2
	Dem Boden zugeführte H3-Aktivität (mCi/km ² ·a)											2200	1800	<3000	1200	1300	<1200
	Sr 89-Aktivität (mCi/km ² ·a)									0,41	0,41	0,58	3,0	1,2	4,6	1,2	0,17
	Sr 90-Aktivität (mCi/km ² ·a)			0,26	0,41	3,0	8,9	5,5	3,0	1,7	0,50	0,55	0,75	0,59	0,83	0,34	0,07
	Zr 95-Aktivität (mCi/km ² ·a)			0,59	10	27	10	0,37	0,67	0,58	0,83	1,1	2,6	1,3	3,3	<0,06	<0,2
	Cs 137-Aktivität (mCi/km ² ·a)			0,24	0,55	6,3	9,3	3,3	6,2	3,6	1,5	1,7	2,2	1,9	0,9	0,01	<0,01
	Ce 141-Aktivität (mCi/km ² ·a)			1,6	64	226	26	8,3	2,5	1,6	2,1	4,5	3,2	7,4	< 2	< 2	< 1
	Ce 144-Aktivität (mCi/km ² ·a)						167	82	18	3,8	1,6	9,3	11	16	8,2	0,06	<0,35

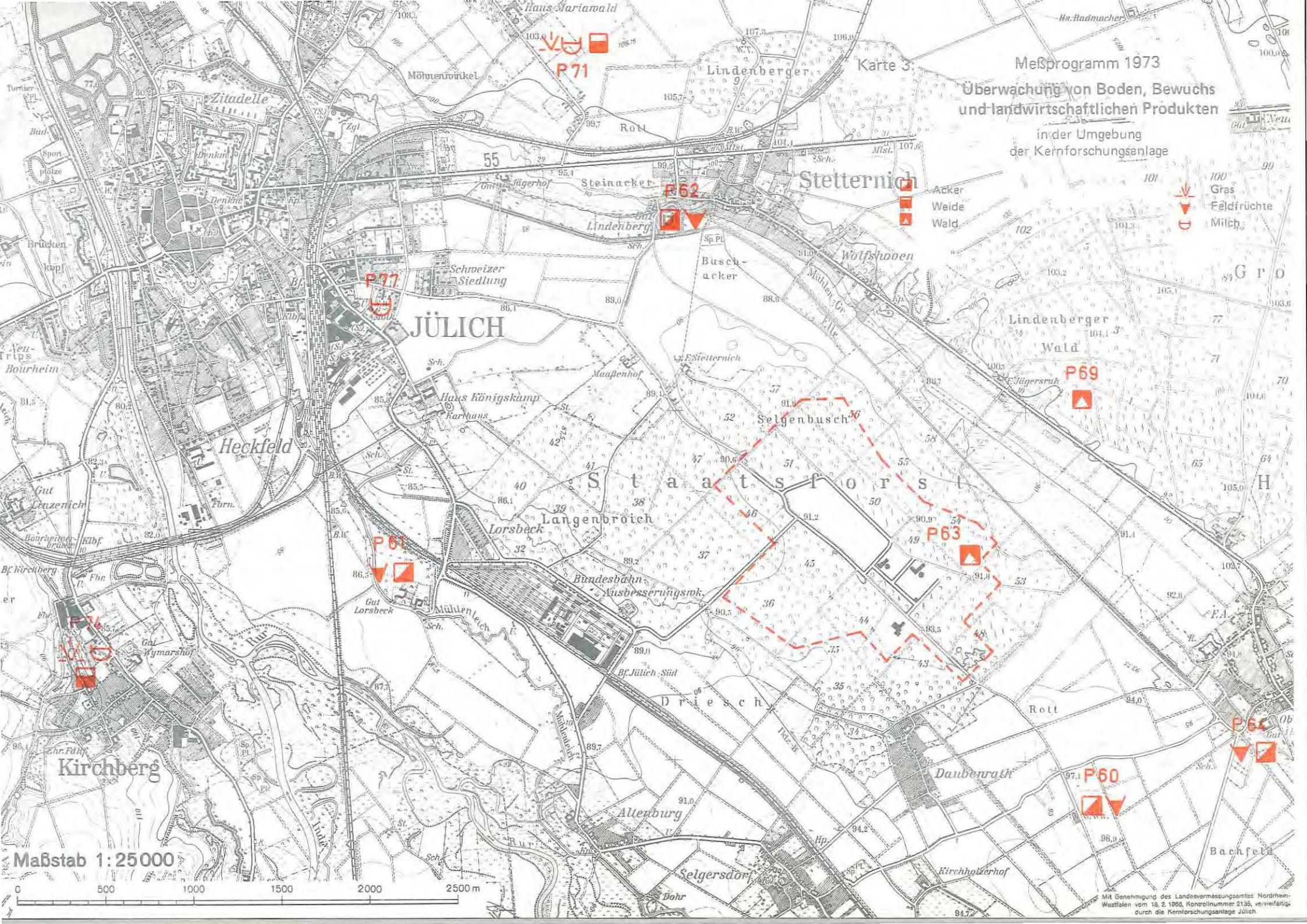
Tabelle 3.1.1/17 (Fortsetzung)

Jahresmittelwerte bzw. Jahressummen verschiedener Meßgrößen der Umweltradioaktivität in den Jahren 1958 bis 1973

Meßobjekt	Meßgröße	1959	1960	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973
Abwasser (HEK)	α -Aktivität (pCi/l)			0,87	0,46	0,28	1,3	0,7	0,2	0,2	0,41	0,90	1,1	1,2	1,4	1,2
	β -Aktivität (pCi/l)			11	0,4	12	7,8	3,0	<3	3,1	3,9	5,2	6,0	11	10	18
	J 131-Aktivität (pCi/l)								13	23	14	16	16	21	26	26
	H 3-Aktivität (pCi/l)										7200	25000	34000	12000	12000	61000
Oberflächen- wasser (Rur unterhalb HEK)	α -Aktivität (pCi/l)		0,72	0,68	0,78	0,45	0,8	0,5	0,2	0,2	0,58	1,1	0,9	0,7	0,6	0,4
	β -Aktivität (pCi/l)		4,3	4,8	9,6	12	6,9	<3	<3	<3	<3	<3	<3	3	<6	<6
	β -Aktivität, kurzlebig (pCi/l)		26	35	35	47	35	41	36	49	44	50	45	36	40	26
	H 3-Aktivität (pCi/l)										3200	3200	4200	2000	<2000	<2000
Schlamm (Rur unterhalb HEK)	β -Aktivität (pCi/g T.S.)				18	24	18	6,6	<5	7,6	5,5	4,8	4,4	16	13	8,7
Wasserpflanzen (Rur Untermaubach)	β -Aktivität (pCi/g Asche)		65	43	310	610	230	73	42	43	51	53	51	19	-	-
	Sr 90-Aktivität (pCi/g Asche)		0,8	0,3	5,5	8,8	9,0	8,1	4,5	2,1	1,2	2,7	2,8	2,3	-	-
Trinkwasser (KFA, Hambach, Jülich)	α -Aktivität (pCi/l)		0,5	0,4	0,6	0,3	0,9	0,2	<0,2	0,3	0,5	0,5	0,5	0,5	0,6	0,6
	β -Aktivität (pCi/l)		<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<6	<6
	β -Aktivität, kurzlebig (pCi/l)		650	470	500	430	470	530	350	350	300	310	340	360	450	430
Weideboden (Mischprobe)	Sr 90-Aktivität (mCi/km ²)	13	11	4,7	6,7	8,1	32	23	18	13	9,8	14	13	12	11	8
	Sr 90-Aktivität (pCi/g Ca)	48	39	30	37	38	63	88	87	67	58	74	71	42	63	51
Gras (Mischprobe)	β -Aktivität (pCi/g Asche)	110	91	230	500	1100	290	70	45	49	60	69	71	56	47	28
	Sr 90-Aktivität (pCi/g Asche)	3,1	3,2	2,6	6,4	17	10	5,5	4,2	2,4	2,3	2,3	2,4	1,5	1,7	1,7
	Sr 90-Aktivität (pCi/g Ca)	120	67	59	160	460	180	140	91	51	84	77	74	71	41	64
Milch (Mischprobe)	β -Aktivität (pCi/l)		220	160	130	260	230	140	150	92	190	230	190	71	150	115
	Sr 90-Aktivität (pCi/l)	9,0	7,0	4,1	7,2	15	13	12	9,4	6,1	5,2	5,7	4,3	3,9	4,5	3,2
	Cs 137-Aktivität (pCi/l)								24	8,1	10	25	12	<13	<26	<26
Kernwaffenver- suche in der Atmosphäre	Anzahl: 91 (1958)	0	3	31	42	0	1	1	8	6	6	1	9	6	3	6







Karte 3: Meßprogramm 1973
Überwachung von Boden, Bewuchs
und landwirtschaftlichen Produkten
in der Umgebung
der Kernforschungsanlage

- 100' Gras
- 100' Feldfrüchte
- 100' Milch

- Acker
- Weide
- Wald

Maßstab 1:25000

0 500 1000 1500 2000 2500 m

Mit Genehmigung des Landesvermessungsamtes Nordrhein-Westfalen vom 18. 2. 1973, Kontrollnummer 2135, veröffentlicht durch die Kernforschungsanlage Jülich.

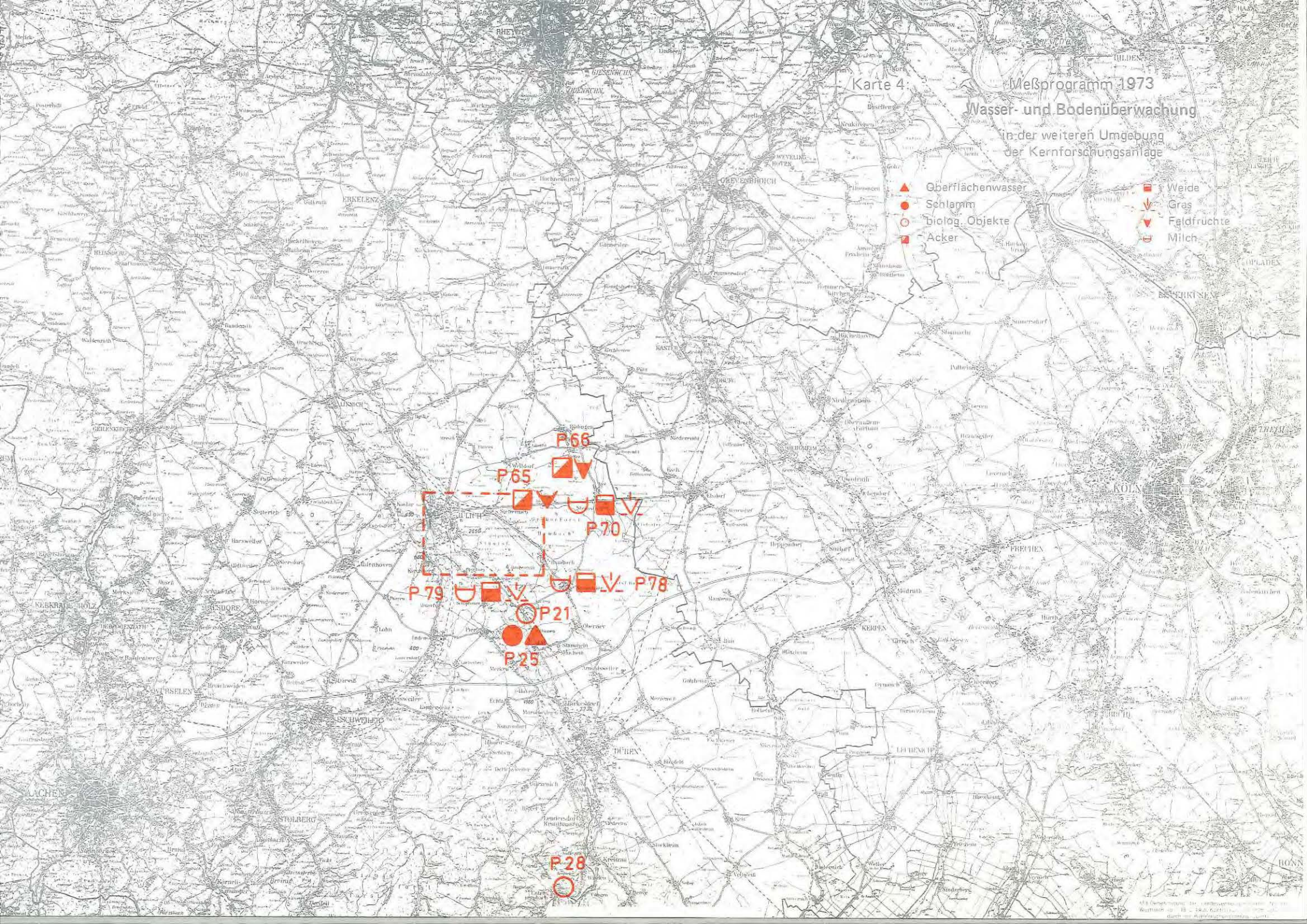
Karte 4:

Meßprogramm 1973

Wasser- und Bodenüberwachung

in der weiteren Umgebung
der Kernforschungsanlage

- | | |
|---------------------|---------------|
| ▲ Oberflächenwasser | ■ Weide |
| ● Schlamm | ▼ Gras |
| ○ Biolog. Objekte | ▽ Feldfrüchte |
| ■ Acker | ■ Milch |



3.1.2 Konzeption für die Instrumentierung eines neuen Umgebungsmeßwagens

H. Nordsieck, K.J. Vogt

Bei der Umgebungsüberwachung sind Meßprogramme für den Normalbetrieb und den Störfall bzw. Notfall zu unterscheiden. Einzelheiten über Aufgaben und Ergebnisse bei Normalbetrieb sind u.a. in Abschnitt 3.1.1 dieses Arbeitsberichts dargestellt. Das dort in den Tabellen 3.1.1/1 - 3 wiedergegebene Meßprogramm dient zwar auch bereits in allgemeiner Form der Vorsorge für den Störfall, muß aber bei Verdacht des Vorliegens erhöhter Umgebungscontamination dem jeweiligen Störfall angepaßt und erweitert werden. Die Aufgaben der Umgebungsaufklärung können hierbei einerseits durch das Einholen von Proben mit einem Probenahmewagen und Ausmessung der Proben im Labor, andererseits durch Messungen mit einem mehr oder weniger autarkem Strahlungsmeßwagen wahrgenommen werden.

Die Konzeption des Störfallmeßprogramms, in dem der Einsatz von Proben- und Meßwagen festzulegen sind, leitet sich von der Aufgabe der Erfassung der Belastungspfade ab, d.h. von der Ermittlung der Kontaminationsverteilungen in Luft, Wasser, des Bodens und Bewuchses und der Nahrungsketten. Wegen der während des Einsatzes ständig wachsenden Kenntnisse über die Störfallsituation handelt es sich hierbei um ein sehr flexibles Meßprogramm, in das stets der neueste Stand der meteorologischen Bedingungen einbezogen wird, Ergänzungen über die Emissionsdaten berücksichtigt werden, Überlegungen bzw. Rechnungen über das Ausbreitungsverhalten einfließen und die Meßresultate selbst als wesentliche Indikatoren eingehen. Es ist daher selbstverständlich, daß sowohl Proben- wie Meßwagen mit einer Funkverbindung zur Einsatzleitung ausgestattet sind.

Bei der Konzeption dieses Meßwagens (Daimler-Benz-LKW Typ 319 B), der zur Geräteaufnahme mit einem selbsterstellten Aufbau versehen wurde, stand der Gedanke des fahrbaren Strahlungsmeßlabors mit einer Vielzahl von Meßmöglichkeiten im Vordergrund, die außer der Umgebungsstrahlung und der α - und β -Aerosolaktivität auch weitere Objekte, wie Wasser, Boden, Gras und Milch umfaßten. Demgemäß enthält der Wagen u.a. 2 Ratemeter für die beiden Detektoren zur Messung der Umgebungsstrahlung, 1 SchrittfILTERGERÄT mit 3 Detektoren und 3 Ratemetern sowie 1 elektrostatisches Staubsammelgerät zur Messung der Aerosolaktivität, 2 Methandurchflußzähler für 6 cm und 20 cm Probenschalen mit den zugehörigen Meßplätzen und 1 Szintillationsdetektor u.a. für Ringschalenmeßgefäße mit Einkanal-Impulshöhenanalysator und Schreiber sowie einen Vielfachpunktdrucker für die Ratemetermessungen. Für Wasserproben ist eine Filteranlage zur Herstellung großflächiger Präparate nach dem Mitfällungsverfahren installiert. Die Stromversorgung erfolgt durch ein Benzin-Elektroaggregat 220 V / 3,75 KVA, das zusammen mit den geräuschvollen Luftansauggeräten in einer Schalldämmkiste untergebracht ist und von einer Schalttafel im Gerätegestell bedient wird. Vom Grundgedanken

eines vielseitig einsetzbaren Meßwagens ausgehend stellte die kompakte Ausführung angesichts der seinerzeit bestehenden Möglichkeiten eine adäquate Lösung dar.

Die für 1974 vorgesehene Neubeschaffung und Instrumentierung des vorhandenen Meßwagens ist nicht nur wegen der hohen Störanfälligkeit der bis zu 15 Jahre alten Geräte erforderlich geworden. Außerdem waren neuere Erkenntnisse im Zusammenhang mit der Aufgabenverteilung zwischen "mobilem Labor", d.h. Meßwagen, und der Kombination Probenwagen/Labordienst zu berücksichtigen. Wesentlicher Gesichtspunkt war, daß der Meßwagen im Rahmen der Notfallplanung so ausgelegt werden muß, daß die für die Einleitung von Sofortmaßnahmen benötigten Meßwerte der Umgebungsstrahlung und der Luftaktivität (speziell Radiojod) erhoben werden können. Messungen, die nicht zum Sofortmeßprogramm gehören, können der Probeneinholung und Ausmessung im Labor vorbehalten bleiben und brauchen so die Instrumentierung des Meßwagens nicht zu belasten.

Bei der Neukonzeption des Meßwagens muß zunächst seine Notwendigkeit im Zusammenhang mit der Störfallvorsorgeplanung insgesamt überprüft werden, wobei sich wie früher zeigt, daß einige wichtige Aufgaben der Umgebungsaufklärung nur mit einer mobilen Station vernünftig gelöst werden können. Denn es liegt auf der Hand, daß ein stationäres, räumlich dichtes Netz von Meßstationen vom finanziellen Aufwand her unrealistisch ist und auf wenige Meßfunktionen beschränkt wäre. So sieht die Grundkonzeption der Luftüberwachung weiterhin vor, daß der Meßwagen die von den ortsfesten 6 Stationen des Inneren Überwachungsringes und 4 Stationen des Äußeren Überwachungsringes kontinuierlich registrierten Messungen räumlich und nuklidspezifisch zu ergänzen hat. Daher liegt der Schwerpunkt in der Erfassung der Einzelnuklide mittels γ -Spektrometrie. Die Voraussetzung zur Unterbringung der dazu erforderlichen Komponenten entsteht durch den oben begründeten Wegfall der Meßanordnungen zur Untersuchung von Wasser, Boden, Bewuchs und weiteren Meßobjekten.

Einem weiteren, wesentlichen Gesichtspunkt, nämlich der sehr niedrigen Einsatzwahrscheinlichkeit, wird dadurch optimal Rechnung getragen, daß das Fahrzeug normalerweise bei ausgebauten Geräten als Transportwagen verwendet wird und die recht aufwendigen Meßgeräte im Laborbetrieb genutzt werden. Die Mobilmachung für den Einsatzfall wird also bewußt in Kauf genommen. Die Aufgabenstellung läßt sich wie folgt umreißen:

1. Die Umgebungsstrahlung aus dem Luftraum und vom Boden ist insgesamt und möglichst auch getrennt zu erfassen und nuklidspezifisch zu analysieren.
2. Die Luftaktivität (Radiojod und an Aerosole angelagerte Nuklide) ist auf Gesamtaktivität, Zusammensetzung und Aktivität der Einzelnuklide zu untersuchen.

Da komplette Meßfahrzeuge, die diesen speziellen Anforderungen genügen, nicht konfektioniert erhältlich sind, wurde nach entsprechenden Gesprächen über die Einzelheiten der Auslegung und Anpassung an das Lieferprogramm der Auftrag an eine einschlägige Firma vergeben, die über die für die Ausstattung und Installation von vergleichbaren Meßwageninstallationen erforderliche Erfahrung verfügt. Dadurch wurde erreicht, daß im wesentlichen mit der Beistellung des Fahrzeugs und eines Ge(Li)-Detektors mit Vorverstärker der Meßwagen in Ausstattung und Gerätebestückung als Einheit geliefert wird, so daß die erfahrungsgemäß schwierige und zeitraubende Zusammenarbeit mit den Herstellern einzelner Komponenten des Projekts erspart und in Eigenfertigung zu erbringende Details auf ein Minimum reduziert werden.

Im folgenden seien einige Einzelheiten über Meßprinzipien und Geräte aufgeführt: Die Umgebungsstrahlung wird mit 2 Auslösezählrohren unterschiedlicher Empfindlichkeit zur Erfassung des Gesamtbereichs zwischen natürlicher Strahlung von 0,01 mR/h und einem sehr hohen Maximalwert von 1000 R/h, der sich allein aus apparativen Gründen ergibt, mit einem digitalen Meßkanal gemessen. Die Meßwerte - Dosisleistung und Dosis - werden mit einem Streifendrucker und Linienschreiber registriert. Zur getrennten Messung der Strahlungsanteile aus dem Luftraum und Boden können die Sonden mit einem Stativ z.B. in 1 m über dem Boden aufgestellt und wechselweise einseitig mit einer Bleiplatte abgeschirmt werden.

Die Meßanordnung für die Aerosolaktivitätsbestimmung besteht aus einem Filterkopf für 58 mm - Rundfilter mit einem GM-Endfensterzählrohr und Luftansaugpumpe. Die während des Filtervorgangs mit einem Digitalmeßplatz gemessenen Aktivitätswerte werden ebenfalls mit einem Streifendrucker und Schreiber registriert. Außer der Aerosolaktivität wird deren Zeitintegral als Inhalationsbelastung gemessen. Wegen der Verwendung von Aktivkohlepapierfiltern wird auch gasförmiges Jod (J_2) erfaßt. Der Luftdurchsatz von $2,5 \text{ m}^3/\text{h}$ reicht aus, um bei Sammelzeiten von 10 bis 30 Minuten den natürlichen, in seiner Höhe stark von meteorologischen Bedingungen abhängigen Nullpegel der Aerosolaktivität ($10 - 10^3 \text{ pCi/m}^3$) zu messen. Nach oben wird der Meßbereich durch entsprechend kürzere Meßperioden und im Bedarfsfall durch eine Durchsatzverminderung erweitert, so daß z.B. $10 \text{ } \mu\text{Ci/m}^3$ oder mehr gemessen werden könnten.

Die γ -spektrometrische Meßeinrichtung besteht aus einem 5 cm^3 -Ge(Li)-Detektor mit Kryostat und Dewargefäß, Vor- und Hauptverstärker mit Hochspannungsvorsorgung und einem Vielkanalanalysator auf Rechnerbasis, Plotter, Fernschreibmaschine, Oszillograph und Polaroidkamera zur schnellen Dokumentation der Spektren. Wie erläutert, erstrecken sich die Messungen sowohl auf die Umgebungsstrahlung, wozu der Detektor auch außerhalb des Wagens aufgestellt werden kann, wie auf die Aerosolaktivität, wobei der Detektor in einer 2,5 - 3 cm dicken Bleikammer mit Präparateschieber betrieben wird. Selbstverständlich bleibt es möglich, darüber hinaus noch weitere Meßobjekte zu analysieren.

Abschließend sei bemerkt, daß als Fahrzeug ein MB-L 608 D-Kastenwagen gewählt wurde, der zur Stromversorgung mit einem Einphasen-Wechselstromgenerator 3 kVA/230 V/50 Hz und entsprechenden Regeleinrichtungen ausgestattet wird. Da der Generator mittels Nebenantrieb des Fahrzeugmotors betrieben wird, können die Messungen nur während des Standes durchgeführt werden.

3.2 Radioaktive Emissionen

3.2.1 Radioaktive Emissionen und potentielle Strahlenbelastung im Bereich der Kernforschungsanlage Jülich im Jahre 1973

K.J. Vogt, K. Heinemann

Die Quartalsberichte "Radioaktive Emissionen der Kernforschungsanlage Jülich" (1) erfüllen die Auflagen zu den in (1) aufgeführten Ausnahmegenehmigungen nach § 34 Abs. 3 der 1.StrlSchV. In ihnen sind die Tagesemissionswerte zusammengestellt, die mit den meteorologischen Messungen die Berechnung der radiologischen Umweltbelastung ermöglichen. Diese werden im Jahresbericht "Radioaktive Emissionen und potentielle Strahlenbelastung im Bereich der Kernforschungsanlage Jülich im Jahre 1973" (2) dargestellt und diskutiert. Der Jahresbericht belegt ferner die Einhaltung der genehmigten Jahresemissionsmessungen der einzelnen Emittenten und zeigt die zeitliche Entwicklung der Aktivitätsfreisetzungen der wichtigsten Nuklide auf.

Die folgenden Ausführungen sind eine Zusammenfassung des Jahresberichts (2). Im Berichtszeitraum waren die mit dem Abwasser abgeführten Aktivitäten nur wenig höher als im Vorjahr mit Ausnahme der Tritiumfreisetzung, die von 50 Ci im Jahre 1972 auf 346 Ci im Jahre 1973 anstieg. Bei der Gesamtkreislaufableitung mit dem Abwasser wurden für Tritium 58 % und für die Summe aller anderen Radionuklide 8 % der Jahresfrachten ausgenutzt, die in der vorläufigen Abwassererlaubnis einschließlich der Nachträge genehmigt sind.

Die zeitliche Entwicklung der Freisetzung der wichtigsten Nuklide mit der Abluft der Emittenten im räumlichen Bereich der Kernforschungsanlage Jülich ist in Tabelle 3.2.1/1 zusammengefaßt. Es fallen vor allem die erhöhten Emissionen der Nuklide Ar 41 und J 131 aus den Reaktoren FRJ 1 und FRJ 2, Xe 135 aus dem Reaktor FRJ 1 und Cu 64 im Rahmen der Ausbreitungsexperimente auf. Die erhöhten Emissionen der Nuklide J 131 und Xe 135 des Reaktors FRJ 1 wurde u.a. durch geringfügige Freisetzungen von Spaltprodukten aufgrund von Lochfraß-Korrosion des Hüllenmaterials einzelner Brennstoffplatten bewirkt. Durch einen intensiveren Betrieb der Anlage erklären sich die erhöhten Ar 41-Freisetzungen desselben Reaktors. Auf die volle Nutzung mit erhöhter Leistung sind die gestiegenen Ar 41- und J 131-Freisetzungen zurückzuführen. Die erhöhten Cu 64-Emissionen ergeben sich aufgrund einer größeren Anzahl (11 Experimente) von Ausbreitungsexperimenten, die durch die günstigen Witterungsbedingungen ermöglicht wurden.

Im Jahre 1973 wurden vom Neutronengenerator des Instituts für Nuklearchemie die genehmigten H 3-Wochenemissionen in der 3., 29., 30. und 31. Woche überschritten. Die genehmigte Jahresemission wurde nur zu 73 % ausgeschöpft. Die Überschreitungen wurden zusammen mit dem Antrag auf die Erhöhung der Wochenemissionsmengen von 3 auf 10 Ci/Woche der Behörde gemeldet.

Am 28.11.1973 wurden etwa 2 Ci Tritium aus dem Isotopenlabor des Reaktors FRJ 1 freigesetzt. Dieser Vorfall wurde am 20.12.1973 der Behörde gemeldet.

Die für die o.a. Emissionen berechneten maximalen potentiellen Umweltbelastungen sind neben dem Belastungspfad, dem kritischen Organ und der Lage des Maximums in Tabelle 3.2.1/2 zusammengestellt. Bei der Summation der einzelnen Teildosen wurden die Abstände zwischen den betreffenden Emittenten und damit auch die Abstände zwischen den Orten der maximalen bodennahen Luftkonzentrationen nicht berücksichtigt. Diese Tabelle gibt ferner die prozentuale Ausschöpfung der genehmigten Jahresemissionsmengen durch die Freisetzungen im Jahre 1973 an.

Die größte potentielle Umweltbelastung bewirkte auch in diesem Berichtszeitraum wiederum die Freisetzung des Nuklids J 131 über den Belastungspfad der Ingestion (Milch) für die kritische Bevölkerungsgruppe (Kinder). Die angegebene potentielle Dosis von 11,3 mrem/a ist aber nur dann tatsächlich realisiert, wenn am Ort des Maximums der bodennahen Luftkonzentration Weideland liegt, das Gras jeweils unmittelbar nach Kontamination abgeweidet und die erzeugte Milch unmittelbar und unvermischt mit nicht kontaminierter Milch von denselben Kleinkindern bis zu 1 Jahr getrunken wird. Diese Kette von Voraussetzungen ist sicherlich nicht für die Monate Januar, Februar, März, November und Dezember erfüllt, in denen keine Weidewirtschaft in dem Gebiet betrieben wird. Vernachlässigt man die in den genannten Zeitabschnitten erfolgten Emissionen von insgesamt 17 mCi J 131 und rechnet mit der statistischen Jahresverteilung der meteorologischen Parameter, so schätzt man eine potentielle Schilddrüsendosis von etwa 7,8 mrem/a ab. Da die Niederschläge im Vergleich zu den langjährigen Monatsmittelwerten (im Juni um 54 %, im August um 82 % und im September um 58 %) reduziert waren, muß man mit einer eingeschränkten Nutzung der Grasflächen und einer entsprechenden Zusatzfütterung von nicht kontaminiertem Futter rechnen. Eine Reduzierung der Dosis ergibt sich auch aus der Tatsache, daß in den angegebenen J 131-Freisetzungen zeitweise auch die Nuklide J 132 und J 133 mit unbekannten Anteilen enthalten waren. Unter Berücksichtigung aller aufgeführten Gründe wird die Ingestionsdosis für Kleinkinder kaum 5 mrem/a überschritten haben. Die berechnete Ingestionsdosis der Schilddrüse für Kleinkinder unterschreitet den für Leistungsreaktoren heute benutzten Auslegungsrichtwert von 90 mrem/a erheblich.

Die der berechneten Dosis entsprechende Jod-Luftkonzentration konnte neben der natürlichen Strahlung nicht gemessen werden (siehe Abschnitt 3.1.1). Die maximale γ -Submersionsdosis am Zaun der Kernforschungsanlage für die Ar 41-Emissionen der Reaktoren FRJ 1 und FRJ 2 beträgt 0,17 mrem/a. Alle anderen Beiträge zur Umweltbelastung machen weniger als 1 % der natürlichen Strahlenbelastung von etwa 120 mrem/a aus. Aufgrund der geringen Freisetzungen kann man abschätzen, daß die Beiträge an der Umweltbelastung der Heißen Zellen und des Brennstoffzellenlabors 10^{-4} mrem/a unterschreiten.

Zusammenfassend läßt sich folgendes feststellen:

1. Die nach den Ausnahmegenehmigungen nach § 34 Abs. 3 zulässigen jährlichen Abluftemissionsmengen wurden im Jahre 1973 weit unterschritten.
2. Die Aktivitätsfreisetzungen mit dem Abwasser schöpfen die nach der vorläufigen Ausnahmegenehmigung zugebilligten Jahresfrachten nicht aus.
3. Die in der Umgebung der Kernforschungsanlage durch die Emissionen bewirkten radiologischen Umweltkontaminationen konnten neben der natürlichen Umweltradioaktivität nicht gemessen werden (siehe Abschnitt 3.1.1).
4. Die berechneten potentiellen Strahlenbelastungen betragen einige Prozente der natürlichen Umweltbelastung.

Die Möglichkeit einer Beeinträchtigung der Umwelt durch die radioaktiven Emissionen der Kernforschungsanlage Jülich ist damit im Jahre 1973 auszuschließen.

(A. Genswein)

Literatur

- (1) K.J. Vogt, K. Heinemann
Radioaktive Emissionen der Kernforschungsanlage Jülich;
Quartalsberichte
 1. Quartal 1973; ZST-Nr. 174
 2. Quartal 1973; ZST-Nr. 176
 3. Quartal 1973; ZST-Nr. 182
 4. Quartal 1974; ZST-Nr. 183
- (2) K.J. Vogt, K. Heinemann
Radioaktive Emissionen und potentielle Strahlenbelastung im Bereich der Kernforschungsanlage Jülich im Jahre 1973
ZST-Nr. 189

Tabelle 3.2.1/1

Zeitliche Entwicklung der Freisetzung wichtiger Nuklide/Nuklidgruppen (in Ci) mit der Abluft
der Emittenten im räumlichen Bereich der Kernforschungsanlage Jülich von 1966 bis 1973

Nuklid- gruppe	Nuklid	Emittent	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973
Edelgase	Ar 41	FRJ-1	21	3,5	36	81	112	37	322	590
		RRJ-2	238	406	1076	371	346	470	87	277
	Kr 85	HZ				5,17	82,5	73	29	0,69
		BZL						0,05	-	0,10
	Xe 135 Xe 133, Xe 135 Xe 133 Xe 133 (~80 %) Kr 85 (~10 %)	FRJ-1 FRJ-2 BZL AVR			4	6,84 19	11,9 5,0 31	- 0,04 27	0,250 0,024 28	79 2,5 0,05 20,9
Halogene	J 131	FRJ-1					-	-	0,00007	0,032
	J 131	FRJ-2			0,008*	0,127*	0,0151*	-	0,0002	0,019
	J 131	HZ					0,029	0,0026	-	
	J 131	BZL			0,055	0,033	0,0292	0,0031	0,0029	
Aerosole	Cu 64	EXP				0,133	36,9	34	58,83	111
	Rb 88, Cs 138	FRJ-1			0,001	0,0002	0,0556	0,0073	0,00014	0,0021
	Cl 38, u.a.	FRJ-2			0,005	0,0012	0,00834	0,001	0,0018	0,0025
	Rb 88	AVR				0,170	0,139	0,152	0,213	0,17
Tritium	H 3	FRJ-2		0,9	16	55,5	7,1	42	98	54
		Neutro- nengene- rator INC								73

* Gemisch aus J 131, J 132, J 133 mit unbekanntem Mischungsverhältnis

Tabelle 3.2.1/2

Strahlenbelastung der kritischen Bevölkerungsgruppe aufgrund der Emissionen im Jahre 1973

Emittent	Nuklid	Jahresemissionsmenge (Ci/a)	Bruchteil der genehmigten Emissionen (%)	Belastungspfad	kritisches Organ	maximale potentielle Umweltbe- lastung (mrem/a)	Lage des Maximums der Umweltbelastung	
							Richtung*	Entfernung
Reaktor FRJ-1	Ar 41	590	59	β -Submersion	Haut, Augen	0,022	60°	1000
				γ -Submersion	Gesamtkörper	0,08	60°	500*
	J 131	0,032 ⁺	36	Ingestion (Milch)	Schilddrüse	3,44	60°	1000
Reaktor FRJ-2	Ar 41	277	20	β -Submersion	Haut, Augen	0,054	60°	600
				γ -Submersion	Gesamtkörper	0,1	60°	400**
	H 3	54	9	Inhalation	Gesamtkörper	0,007	60°	600
	J 131	0,019 ⁺	20	Ingestion	Schilddrüse	8,54	60°	600
Ausbrei- tungsex- perimente	Cu 64	111	18***	Inhalation	Milz	0,08	60°	600
insgesamt	Ar 41, Kr 85	867		β -Submersion	Haut, Augen	0,073	60°	600
	Ar 41	867		γ -Submersion	Gesamtkörper	0,17	60°	500**
	Cu 64	111		Inhalation	Milz	0,08	60°	600
	J 131	51 ⁺		Ingestion	Schilddrüse	11,3	60°	600
				Inhalation	Schilddrüse	0,048	60°	600
	H 3	54		Inhalation	Gesamtkörper	0,007	60°	600

* Der Winkel wird von Nord (0°) im Uhrzeigersinn gezählt.

** Maximum der Belastung am Zaun.

*** Berechnet mit den Parametern: 1 Experiment/Woche; u = 4 m/s; Diffusionskategorie D;
Emissionshöhe H = 50 m; $Q_{\min}/u = 3$ Ci s/m pro Versuch, ohne Berücksichtigung von Ho 166.⁺ J 132- und J 133-Beimischung sind mit unbekannten Anteilen enthalten.

3.2.2 Eine Anlage zur Fernübertragung von Emissionswerten

J. Carlebach

Die zentrale Erfassung der radioaktiven Emissionen mit der Abluft ermöglicht bei Zwischenfällen mit größeren Freisetzen eine laufende Übersicht und schnelle Beurteilung der Umweltgefährdung. Die Konzeption einer Fernübertragung der Meßwerte von den wichtigsten Emittenten zur Zentralabteilung Strahlenschutz wurde schon früher (1) beschrieben. Im folgenden wird der Stand der technischen Realisierung dargestellt.

Für die Anlage zur Fernübertragung von Emissionswerten wurden zunächst Versuche an dem bereits bestehenden Übertragungsleistungsnetz ausgeführt, um die hinsichtlich Meßgenauigkeit, Störeinstreuung und Aufwand optimale Lösung für das Fernmeßverfahren zu ermitteln. Der analoge Teil der Anlage für die Registrierung der von 24 Außenstellen kommenden Meßwerte wurde mit den zugehörigen Meßverstärkern und den Baugruppen für die Grenzwert-Alarmauslösung, die Eichkontrolle und die Funktionsprüfung fertiggestellt.

In Abb. 3.2.2/1 ist aus dem Schaltbild der Anlage die Darstellung der Grenzwertauslösung für eine der 24 Meßstellen herausgezogen. Über einen Differenzverstärker mit hoher Gleichtaktunterdrückung wird das Meßsignal einem Komparator zugeführt. Übersteigt der Meßwert einen einstellbaren Schwellwert, so wird am Ausgang des als Verzögerungsglied geschalteten Operationsverstärkers ein zweiter Komparator nur dann ausgelöst, wenn der Störwert während der Dauer der Verzögerungszeit voll ansteht. Dadurch wird eine Beeinflussung kurzzeitig auftretender Störspannungsspitzen auf die Alarmauslösung und dauernd unterhalb der Komparatorschwelle anstehender Meßspannungen auf die Verzögerungszeit verhindert.

Das vom zweiten Komparator gesteuerte Signalisierungssystem wurde mit einer Logikschaltung aufgebaut, die beim Auftreten eines Störwertes zunächst sowohl ein optisches als auch ein akustisches Signal bewirkt. Während das akustische Signal nach Quittierung nur von einem Neustörwert wieder ausgelöst werden kann, setzt, wenn der Erstwert weiterhin ansteht, das optische Signal nach Quittierung sofort wieder ein.

In einer zweiten Ausbaustufe soll die Anlage noch mit Spannungs/Frequenz-Convertern und einer bereits früher entwickelten digitalen Ausgabeeinheit ausgerüstet werden, um auch die Erfassung der integrierten Aktivitätswerte und deren Ausgabe auf digitale Peripheriegeräte zu ermöglichen.

(P. Steinbusch, A. Oberemm)

Literatur

- (1) K.J. Vogt, H. Nordsieck
Überwachung der radioaktiven Emissionen
Arbeitsbericht 1969 der Zentralabteilung Strahlenschutz
Jül-670-ST, S. 66 - 69

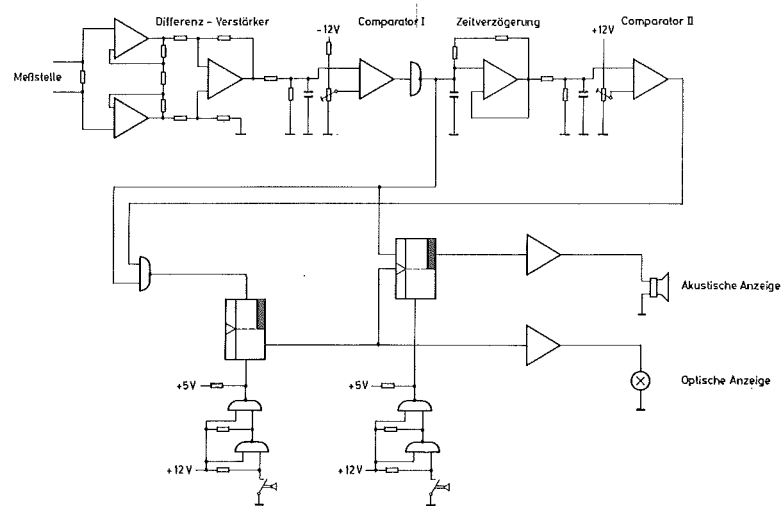


Abb. 3.2.2/1 Blocksaltbild der Grenzwertauslösung

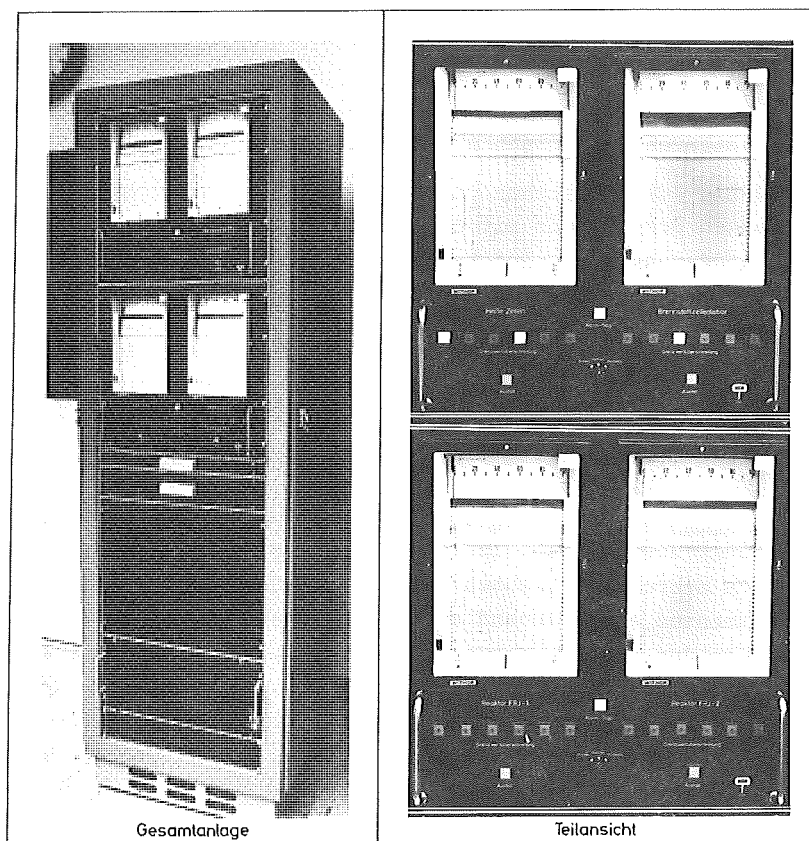


Abb. 3.2.2/2 Anlage zur Fernübertragung von Emissionswerten

3.2.3 Ausnahmegenehmigungen nach § 34 Abs. 3 der Ersten Strahlenschutzverordnung K. Heinemann, K.J. Vogt

Um eine Gefährdung der Bevölkerung durch radioaktive Stoffe zu vermeiden, fordert die 1.StrlSchV beim Umgang mit diesen Stoffen größte Sorgfalt und legt in § 34 Abs. 1 für ihre Freisetzung aus Kontrollbereichen oder aus umschlossenen Räumen, in denen mit radioaktiven Stoffen umgegangen wird, fest, daß 1/10 die in Anlage 2 für einzelne Nuklide genannten Konzentrationen (1/10-MZK-Werte) im Wasser und in der Luft in keinem Augenblick überschritten werden dürfen. Die 1/10-MZK-Werte gelten für die Emission eines einzelnen Radionuklids. Für die Abgabe eines Radionuklidgemisches müssen noch stärker begrenzende Summenformeln eingehalten werden. Wenn es zum Schutze Einzelner oder von Bevölkerungsgruppen geboten ist, kann die zuständige Behörde im Einzelfall niedrigere Konzentrationen vorschreiben. Sie kann aber auch höhere Emissionen genehmigen, wenn sichergestellt ist, daß nur die zum Betreiben einer Anlage nach neuestem Stand von Wissenschaft und Technik nicht vermeidbaren Aktivitäten abgeleitet werden und diese Freisetzungen nicht vorgegebene Dosisrichtwerte für die maximale radiologische Umweltbelastung überschreiten.

Die zuständige Behörde kann in einer Ausnahmegenehmigung nach § 34 Abs. 3 gestatten, daß

1. die 1/10-MZK-Werte nicht in jedem Augenblick sondern im Mittel über einen längeren periodischen Zeitraum eingehalten werden müssen oder
2. unabhängig von den genannten Konzentrationen bestimmte Aktivitäten über einen Schornstein mit der Abluft freigesetzt werden dürfen, wenn nach Verdünnung der Abluftfahne in der bodennahen Luftschicht die Richtwerte unterschritten werden.

Die Abgabe radioaktiver Stoffe mit dem Wasser wird im Bereich der Kernforschungsanlage Jülich zentral von der Betriebsabteilung Dekontamination vorgenommen. Die auf diesem Wege abgeführten Aktivitäten sind etwa eine Größenordnung kleiner als die mit der Abluft freigesetzten Mengen und sollen daher hier nicht betrachtet werden.

Zur radiologischen Umweltbelastung tragen im Bereich der Kernforschungsanlage Jülich mehrere Emittenten bei. In einem Koordinationsplan wird daher jedem Emittenten entsprechend seiner Schornsteinhöhe und seinem unumgänglich anfallenden Freisetzungen ein bestimmter Anteil an der maximal zulässigen radiologischen Umweltbelastung zugeordnet. Bei der Aufstellung des Koordinationsplans ist die räumliche Entfernung zwischen den einzelnen Emittenten und damit auch zwischen den Lagen der Maxima der bodennahen Luftkonzentrationen nicht berücksichtigt, sondern es wird konservativerweise von einer Freisetzung am gleichen Ort ausgegangen. Der Ende 1973 gültige Koordinationsplan ist in Tabelle 3.2.3/1 aufgeführt.

Tabelle 3.2.3/1

Koordinationsplan für die Emittenten radioaktiver Abluft im Bereich der Kernforschungsanlage Jülich (Stand Dez. 1973)

Emittent	Emissionshöhe (m)		reservierter Umweltbelastungsanteil (%)	Bemerkungen zur Ausnahmegenehmigung
	real	effektiv		
Reaktor FRJ-1	60	60	5	erteilt
Reaktor FRJ-2	35	35	15	erteilt
Reaktor AVR	48	25	10	erteilt
Heiße Zellen	60	60	10	erteilt
Brennstoffzellenlabor	25	25	10	erteilt
Ausbreitungsexperiment	20 - 120	20 - 120	10	erteilt
Chemiezellen	25	25	10	erteilt
Neutronengenerator INC	20	10	1	erteilt
Zyklotron	20	20	3	beantragt
Veraschungsanlage	40	28	10	Probetrieb mit inaktiven Emissionen
Reserve			16	

Von den aufgrund der Schornsteinhöhe, der statistischen Verteilung der meteorologischen Ausbreitungsparameter, des Anteils eines Emittenten an der maximal zulässigen Umweltbelastung und der Dosisleistungsfaktoren berechneten maximal möglichen Emissionsmengen für einzelne Nuklide sind von der nach Landesrecht zuständigen Behörde 0,1 bis 56 % genehmigt worden. Die Einhaltung dieser Emissionsmengen liegt in der Verantwortung der Betreiber. Die Zentralabteilung Strahlenschutz berichtet für alle Emittenten gemeinsam auflagengemäß vierteljährlich über die mit der Abluft freigesetzten Wochenemissionsmengen der einzelnen Emittenten und ihre Aufteilung nach Nukliden. In einem Jahresbericht (siehe Abschnitt 3.2.1) werden die Jahresemissionen zusammengestellt und die mit den aktuellen Parametern berechnete Umweltbelastung aufgezeigt.

Im Jahre 1973 traten für die radioaktiven Emittenten keine großen Veränderungen auf. Es wurden die Ausnahmegenehmigungen für die Chemiezellen, für den Neutronengenerator im Institut für Nuklearchemie und eine Nachtragsgenehmigung für die Ausbreitungsexperimente erteilt. Für die Ablagerungsuntersuchungen mit getracerten Testaerosolen und für den Neutronengenerator wurden Nachtragsanträge zu den Ausnahmegenehmigungen gestellt. Ferner wurde eine Berechnung der Schornsteinmindesthöhe für die Emissionen des geplanten Kompaktzyklotrons durchgeführt. Diese Rechnung dient als Grundlage für die Schornsteinhöhenbemessung und einen späteren Antrag auf Ausnahmegenehmigung nach § 34 Abs. 3 der 1.StrlSchV.

3.2.4 J₁₃₁- bzw. Kr₈₈-Äquivalente als Maß für die Gefährlichkeit von Spaltprodukten

K. Heinemann, K.J. Vogt

Wenn bei einem Reaktorunfall Brennelemente Schaden nehmen, können bevorzugt die leichtflüchtigen Stoffe, wie Spaltgase und Halogene, in die Reaktorhalle entweichen. Bei Druckaufbau im Containment können diese Stoffe über Undichtigkeiten in die Atmosphäre freigesetzt werden, wo sie sich durch turbulente Diffusion ausbreiten. Unabhängig von der Eintreffwahrscheinlichkeit eines solchen Unfalls sollen im folgenden mögliche Vereinfachungen bei der Berechnung der radiologischen Umweltbelastung diskutiert werden.

Unter Vernachlässigung der Transportzeit der radioaktiven Stoffe vom Emissionsort zu einem Aufpunkt (x,y,z) gilt für Zeitabschnitte mit konstanten meteorologischen Bedingungen (konstante Windrichtung, konstante Windgeschwindigkeit und konstante Diffusionskategorie) und annähernd konstanten Emissionsraten für die Dosisleistung.

$$\{1\} \quad \dot{D}_{jkl}(t,x,y,z) = M_{ol}(x,y,z) \cdot \frac{1}{u} \sum_i Q_i(t) \varepsilon_{ijk}$$

$\dot{D}_{jkl}(t,x,y,z)$: Dosisleistung im Organ k über den Belastungspfad j bei der Diffusionskategorie l am Ort (x,y,z) zur Zeit t nach dem Unfall (Kühlzeit)

$M_{ol}(x,y,z)$: meteorologischer Verdünnungsfaktor für die Diffusionskategorie l am Orte (x,y,z) normiert auf die Emissionsrate $Q_{i0} = 1 \text{ Ci}$ und die Windgeschwindigkeit $u_0 = 1 \text{ m/s}$

u: aktuelle Windgeschwindigkeit

$Q_i(t)$: Emissionsstärke des Nuklides i zur Zeit t (in dem Zeitabschnitt mit konstanten Bedingungen freigesetzte Aktivität)

ε_{ijk} : Dosisleistungsfaktor des Nuklides i für das Organ k über den Belastungspfad j

Das Koordinatensystem ist so gewählt, daß der Emittent im Koordinatensprung liegt und der Wind in x-Richtung bläst. Die Gesamtdosis ergibt sich durch Integration der Dosisleistungen für die einzelnen Zeitabschnitte. Für den Belastungspfad der Ingestion, der Inhalation und der β -Submersion ist der meteorologische Verdünnungsfaktor M_{ol} gleich der zeitintegrierten Luftkonzentration bei normierter Emissionsstärke und Windgeschwindigkeit

$$\{2\} \quad M_{01}(x,y,z) = I_{01}(x,y,z)$$

Für den Belastungspfad der γ -Submersion muß man

$$\{3\} \quad M_{01}(x,y,z) = D_{01}(x,y,z)$$

setzen. Eine ausführliche Erklärung und Diskussion der Gleichungen {2} und {3} findet man in (1), (2). In (2) sind die Funktionen I_{01} und D_{01} angegeben.

Soll nach Gleichung {1} für alle möglichen Organe, Nuklide und Belastungspfade in Dosisleistung berechnet werden, so ist dies für eine schnelle Prognose bei einem Reaktorunfall zu umständlich und zeitraubend. Wie schon erwähnt wurde, werden in dem hier zu diskutierenden Fall bevorzugt Spaltjod und Spaltgase freigesetzt. Dadurch ist die Zahl der möglichen Nuklide stark eingeschränkt. Abschätzungen haben darüber hinaus gezeigt, daß für die Spaltgase die γ -Submersion der kritische Belastungspfad und der Gesamtkörper kritisches Organ ist. Wenn die Ingestion kontaminierter Nahrungsmittel als vermeidbar angesehen wird, so ist für Radiojod die Inhalation der kritische Belastungspfad und die Schilddrüse kritisches Organ. Damit hat man zur Beurteilung der radiologischen Umweltbelastung bei einem Reaktorunfall im wesentlichen die Berechnung folgender Dosen durchzuführen

- die Inhalationsdosis der Schilddrüse für die Jodnuklide und
- die γ -Submersionsdosis des Gesamtkörpers für die Spaltgase.

Bei einem Reaktorunfall sind die Emissionsstärken der einzelnen Nuklide nicht vorauszusehen, aber man kann annehmen, daß das Verhältnis der in die Reaktorhalle freigesetzten Aktivitäten der Jodnuklide einerseits und der Spaltgase andererseits der Nuklidzusammensetzung in den Brennstäben entspricht, wobei man voraussetzt, daß alle Jodnuklide mit einem, die Spaltgase mit einem anderen konstanten Prozentsatz aus den Brennelementen in das Containment entweichen. Die Zusammensetzung des Halleninventars ist nicht konstant, sondern ändert sich mit der Zeit durch den radioaktiven Zerfall mit der charakteristischen Halbwertszeit der einzelnen Nuklide. Bei den weiteren Überlegungen wird vorausgesetzt, daß die Bestrahlungszeit der Brennstäbe im Reaktor 2 Jahre betragen hat. Bei einer kürzeren Bestrahlungszeit würde sich nur der Anteil der sehr langlebigen Nuklide (vor allem der von Kr 85) entsprechend vermindern.

Aus dem relativen Halleninventar lassen sich unter Berücksichtigung der relativen Gefährlichkeit der Nuklide das J 131-Äquivalent für die Jodisotope und das Kr 88-Äquivalent für die Spaltgase berechnen. Das J 131-Äquivalent $b_J(t)$ und das Kr 88-Äquivalent $b_G(t)$ werden durch folgende Gleichungen definiert:

$$\{4\} \quad b_J(t) = \sum_i \frac{A_i^B(t) \cdot g_i}{A_{J \ 131}^B(0) \cdot g_{J \ 131}} = \sum_i A_i'(t)$$

$$\{5\} \quad b_G(t) = \sum_i \frac{A_i^B(t) \cdot g_i}{A_{Kr \ 88}^B(0) \cdot g_{Kr \ 88}} = \sum_i A_i'(t)$$

Sie geben an, welche J 131- oder Kr 88-Aktivitäten dem Nuklidgemisch des Halleninventars hinsichtlich der Inhalationsdosisbelastung bzw. der γ -Submersionsdosisbelastung entsprechen. Dieses Verfahren hat den Vorzug, daß nur noch die Emissionsstärke der Nuklide J 131 bzw. Kr 88 in die Dosisberechnung eingeht. Die Äquivalentwerte ändern sich allerdings mit der Zeit, da die verschiedenen Jodisotope bzw. Spaltgase mit unterschiedlicher Halbwertszeit abklingen.

In Gleichung {4} wird über alle Jodnuklide und in Gleichung {5} über alle Spaltgasnuklide und Folgeprodukte summiert. Die Größe $A_i^B(t)$ bezeichnet die Aktivität des Nuklides i in den Brennelementen zur Zeit nach dem Unfall. Aus ihr ergibt sich die Emissionsstärke entsprechend der Gleichung {6}

$$\{6\} \quad Q_i(t) = A_i^B(t) \cdot l(t) \cdot a_i \cdot f_i; \quad i : J \ 131 \text{ bzw. } Kr \ 88$$

$l(t)$: Leckrate nach der Kühlzeit t

a_i : Anteil des Nuklides i der in der Halle (Hallenwand) adsorbiert wird. Für die Jodnuklide ist $a_i = 0,5$

f_i : Anteil der Aktivität des Nuklides i, der in die Reaktorhalle freigesetzt wird

Die Funktionen $b_J(t)$ und $b_G(t)$ gelten für den Belastungspfad, für den die Dosisleistungsfaktoren g_i berechnet sind. In Gleichung {4} und {5} konnte auf die in Gleichung {1} eingeführte Mehrfachindizierung der Dosisleistungsfaktoren verzichtet werden, weil schon spezifiziert wurde, um welches Organ und um welchen Belastungspfad es sich jeweils handelt. Mit diesen Gefährdungsfaktoren und Gleichung {1} erhält man für die Inhalationsbelastung der Schilddrüse durch Spaltjod

$$\{7\} \quad \dot{D}_{1J}(t, x, y, z) = Q_{J \ 131}(0) \cdot g_{J \ 131} \cdot b_J(t) \cdot \frac{1}{u} I_{01}(x, y, z)$$

und für die γ -Submersionsdosisleistung der Spaltgase

$$\{8\} \quad \dot{D}_{1G}(t, x, y, z) = Q_{Kr \ 88}(0) I_{\gamma Kr \ 88} b_G(t) \cdot \frac{1}{u} D_{01}(x, y, z)$$

Der Dosisleistungsfaktor für die γ -Submersionsdosis ist in Gleichung {8} mit dem üblichen Symbol I_γ bezeichnet. Im Vergleich zu Gleichung {1} fehlt in Gleichung {7} und {8} die Summation. (Einen möglichen Weg zur Abschätzung der Emissionsraten der Nuklide J 131 bzw. Kr 88 zeigt Abschnitt 3.2.5). Die zur Berechnung der Gleichungen {7} und {8} benötigten Dosisleistungsfaktoren haben folgende Werte

$$\begin{aligned} g_{J\ 131} &= 1100 \text{ rem m}^3/\text{Ci s} \\ \{9\} \quad I_{\gamma\text{Kr}\ 88} &= 2,22 \cdot 10^{-4} \text{ rem m}^2/\text{Ci s} \end{aligned}$$

In Tabelle 3.2.4/1 sind die Werte der zur Auswertung der Gleichung {4} benötigten Parameter zusammengestellt und das zeitabhängige J 131-Äquivalent $b_J(t)$ für eine Kühlzeit bis zu 72 Stunden angegeben. Anstelle der Inhalationsdosisfaktoren wurden die in (3) verzeichneten maximal zulässigen Konzentrationen (MZK-Werte) eingesetzt, deren Relationen denen der g-Faktoren entsprechen. λ_i bezeichnet die Zerfallskonstante des Nuklides i. Die Wahl des Bezugsnuklides J 131 ist eindeutig durch seinen größten Beitrag zur Dosisleistung bestimmt. Unterschreiten die $A_i(t)$ (Gleichung {4}) den Wert 0,001, so ist dies durch das Symbol "-" vermerkt. Die Werte der Tabelle 3.2.4/1 sind in Abb. 3.2.4/1 veranschaulicht. Die Parameter für Gleichung {5} sind in Tabelle 3.2.4/2 enthalten. Die Dosisleistungsfaktoren wurden (4) und (5) entnommen oder nach (6) berechnet. Es wurden alle Spaltgase und ihre wichtigsten Tochternuklide berücksichtigt.

Am Rande sei vermerkt, daß für die Nuklide Kr 89 und Xe 138 die Gammadosisleistungskonstanten unbekannt und die Zerfallsschemata so komplex und unerforscht sind, daß sich die Verzweigungsverhältnisse und damit auch die Gammadosisleistungskonstanten kaum ableiten lassen. Daher konnten nur die Folgenuklide Rb 89 und Cs 138 in die Berechnung von $b_G(t)$ mit aufgenommen werden. Ist A_{10} die Aktivität der Muttersubstanz zum Zeitpunkt $t=0$, so gilt für die Aktivität $A_2(t)$ der Tochtersubstanz

$$\{10\} \quad A_2(t) = \frac{A_{10} \cdot \lambda_2}{\lambda_1 - \lambda_2} (e^{-\lambda_2 t} - e^{-\lambda_1 t})$$

Aus der Aktivität A_2 erhält man wie in Gleichung {5} durch Multiplikation mit dem entsprechenden Dosisleistungsfaktor und Division durch $A_{\text{Kr}\ 88(0)} \cdot I_{\gamma\text{Kr}\ 88}$ den benötigten Parameter $A'(t)$. Nach Gleichung {10} wurden die Nuklide Rb 88, Rb 89 und Cs 138 behandelt. Alle anderen eventuell möglichen Tochtersubstanzen (z.B. Cs 137) sind so langlebig, daß sie nach Gleichung {10} (λ_2 ist sehr klein) nicht berücksichtigt werden müssen. Die Werte der Tabelle 3.2.4/2 sind in Abb. 3.2.4/2 wieder für eine Kühlzeit bis 72 Stunden dargestellt. Da die Aktivität der Nuklide Rb 88, Rb 89 und

Tabelle 3.2.4/1

J 131-Äquivalent $b_J(t)$ des Spaltjods für den Belastungspfad Inhalation

Nuklid i	$\frac{Q_{i0}}{Q_{J\ 131}(0)}$	$g'_i = \frac{MZK_{J\ 131}}{MZK_i}$	λ_i (h ⁻¹)	$A'_i(t)$																
				Zeit (h)																
				0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	36	48	60	72
J 131	1,00	1,00	0,0036	1,000	0,996	0,984	0,979	0,972	0,965	0,958	0,951	0,944	0,937	0,931	0,924	0,920	0,879	0,842	0,806	0,772
J 132	1,51	0,0375	0,301	0,057	0,031	0,017	0,009	0,005	0,003	0,002	0,001	0,001	-	-	-	-	-	-	-	-
J 133	2,22	0,3	0,0333	0,686	0,623	0,583	0,545	0,510	0,477	0,446	0,418	0,391	0,366	0,342	0,320	0,299	0,201	0,135	0,090	0,061
J 134	2,51	0,015	0,7921	0,038	0,008	0,002	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
J 135	1,96	0,075	0,103	0,147	0,120	0,098	0,079	0,065	0,052	0,043	0,035	0,028	0,023	0,019	0,015	0,012	0,004	0,001	-	-
$b_J(t)$				1,907	1,777	1,683	1,613	1,552	1,497	1,449	1,404	1,364	1,326	1,292	1,260	1,229	1,083	0,977	0,897	0,833

$$A'_i(t) = \frac{Q_{i0} \cdot c_i}{Q_{J\ 131}(0) \cdot c_{J\ 131}} e^{-\lambda_i t}$$

Tabelle 3.2.4/2

Kr 88-Äquivalent $b_G(t)$ der Spaltgase für den Belastungspfad Gammasubmersion

$$I_{\text{Kr } 88} = 2,22 \cdot 10^{-4} \text{ rem m}^2/\text{Ci s}$$

Nuklide	$\frac{Q_{i0}}{Q_{\text{Kr } 88}(0)}$	$\varepsilon'_i = \frac{I_{\gamma i}}{I_{\gamma \text{ Kr } 88}}$	λ_i (h ⁻¹)	$A'_i(t)$																
				Zeit (h)																
				0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	36	48	60	72
Kr 83m	0,152	0,091	0,373	0,014	0,007	0,003	0,001	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Kr 85m	0,367	0,096	0,158	0,035	0,026	0,019	0,014	0,010	0,007	0,005	0,004	0,003	0,002	0,002	0,001	-	-	-	-	-
Kr 85	0,009	0,0015	7,35·10 ⁻⁶	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Kr 87	0,698	0,063	0,547	0,044	0,015	0,005	0,002	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Kr 88	1	1	0,248	1	0,609	0,371	0,226	0,138	0,084	0,051	0,031	0,019	0,012	0,007	0,004	0,003	-	-	-	-
Kb 88	0	0,312	2,336	0	0,209	0,129	0,079	0,048	0,029	0,018	0,011	0,007	0,004	0,002	0,001	-	-	-	-	-
Kr 89	1,218		12,997																	
Rb 89	0	1,396	2,70	0	0,002	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Xe 131m	0,007	0,002	0,00245	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Xe 133m	0,050	0,022	0,0128	0,001	0,001	0,001	0,001	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Xe 133	1,857	0,018	0,00548	0,033	0,032	0,032	0,032	0,031	0,031	0,031	0,031	0,030	0,030	0,029	0,029	0,029	0,027	0,025	0,024	0,022
Xe 135m	0,513	0,305	2,666	0,157	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Xe 135	1,761	0,185	0,0753	0,326	0,280	0,241	0,207	0,178	0,153	0,132	0,114	0,098	0,084	0,072	0,062	0,053	0,022	0,009	0,004	0,001
Xe 137	1,591	0,109	10,66	0,173	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Xe 138	1,537		2,4464																	
Cs 138	0	1,324	1,2916	0	0,155	0,013	0,001	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
$b_G(t)$				1,783	1,337	0,815	0,563	0,408	0,307	0,238	0,191	0,157	0,133	0,114	0,099	0,088	0,050	0,035	0,028	0,024

Tabelle 3.2.4/3

Kr 88-Äquivalent $b_G(t)$ der Spaltgase für den Belastungspfad Gammasubmersion

Nuklid	$A'_i(t)$												
	Zeit (h)												
	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1	1,5	2
Kr 83m	0,014	0,013	0,013	0,012	0,012	0,011	0,011	0,011	0,010	0,010	0,009	0,008	0,007
Kr 85m	0,035	0,035	0,034	0,033	0,033	0,032	0,032	0,031	0,031	0,030	0,030	0,028	0,026
Kr 85	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Kr 87	0,044	0,042	0,039	0,037	0,035	0,033	0,032	0,030	0,028	0,027	0,025	0,019	0,015
Kr 88	1,000	0,976	0,952	0,928	0,906	0,883	0,862	0,841	0,820	0,800	0,780	0,689	0,609
Rb 88	0,000	0,064	0,113	0,151	0,179	0,200	0,215	0,225	0,232	0,237	0,239	0,230	0,209
Kr 89 Rb 89	0,000	0,219	0,227	0,189	0,149	0,115	0,088	0,067	0,051	0,039	0,030	0,008	0,002
Xe 131m	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Xe 133m	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
Xe 133	0,033	0,033	0,033	0,033	0,033	0,033	0,033	0,033	0,033	0,033	0,033	0,032	0,032
Xe 135m	0,157	0,120	0,092	0,070	0,054	0,041	0,032	0,024	0,019	0,014	0,011	0,003	-
Xe 135	0,326	0,323	0,321	0,319	0,316	0,314	0,311	0,309	0,307	0,304	0,302	0,291	0,280
Xe 137	0,173	0,060	0,021	0,007	0,002	0,001	-	-	-	-	-	-	-
Xe 138 Cs 138	0,000	0,218	0,363	0,453	0,502	0,524	0,524	0,511	0,489	0,460	0,429	0,270	0,155
$b_G(t)$	1,783	2,104	2,208	2,234	2,222	2,189	2,141	2,084	2,022	1,956	1,890	1,580	1,337

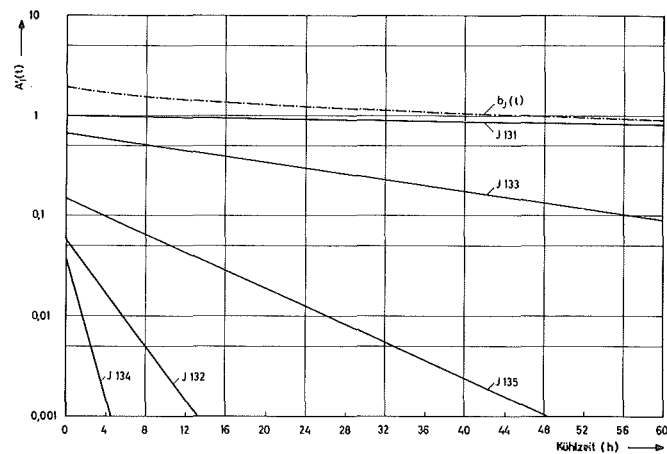


Abb. 3.2.4/1: Graphik zu Tabelle 3.2.4/1

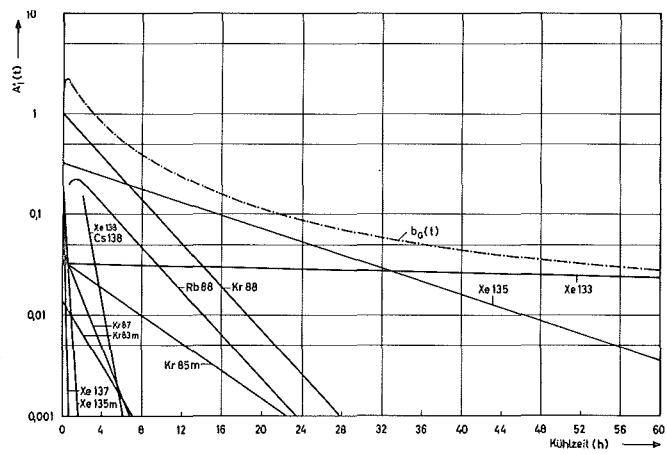


Abb. 3.2.4/2: Graphik zu Tabelle 3.2.4/2

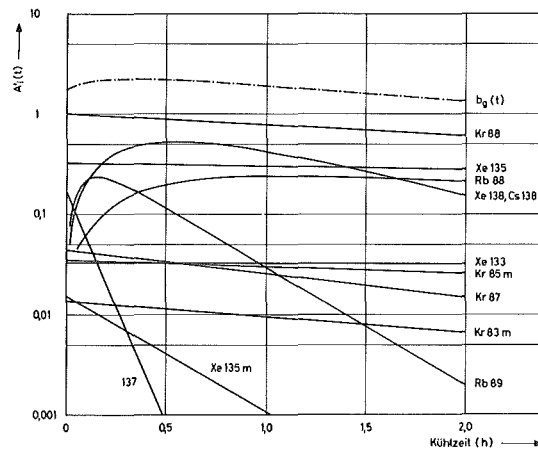


Abb. 3.2.4/3: Graphik zu Tabelle 3.2.4/3

Cs 138 sich in kurzer Zeit aufbaut und auch schnell wieder abnimmt, wurden für den Zeitraum bis 2 Stunden in Tabelle 3.2.4/3 weitere Zwischenwerte berechnet und in Abb. 3.2.4/3 veranschaulicht.

Zum Abschluß soll an zwei Beispielen die Benutzung der Äquivalentwerte erläutert werden.

1. Beispiel: Es wird eine momentane Emission der Spaltprodukte zum Zeitpunkt des Unfalls (Kühlzeit $t=0$) angenommen, bei der u.a. Q_1 J 131 Ci J 131 und Q_1 Kr 88 Ci Kr 88 in die Atmosphäre freigesetzt werden. Aus Tabelle 3.2.4/1 entnimmt man für $t=0$ das J 131-Äquivalent

$$\{11\} \quad b_J(0) \approx 1,9$$

Das bedeutet, daß die gesamte Inhalationsbelastung durch Spaltjod etwa doppelt so hoch ist wie die von J 131 allein verursachte Schilddrüsendosis. Um den Aufbau der Aktivitäten der Nuklide Rb 88, Rb 89 und Cs 138 zu berücksichtigen, wird im Sinne einer konservativen Abschätzung mit dem Maximalwert des Kr 88-Äquivalents aus Tabelle 3.2.4/3 zur Zeit $t = 0,3$ h gerechnet

$$\{12\} \quad b_G(0,3 \text{ h}) \approx 2,2$$

Mit diesen Werten erhält man folgende Dosen für die momentane Emission

$$\begin{aligned} D_{1J}(x,y,z) &= Q_1 \text{ J 131} \cdot 1100 \cdot 1,9 \cdot \frac{1}{u} \cdot I_{01}(x,y,z) \\ \{13\} \quad D_{1G}(x,y,z) &= Q_1 \text{ Kr 88} \cdot 2,22 \cdot 10^{-4} \cdot 2,2 \cdot \frac{1}{u} \cdot D_{01}(x,y,z) \end{aligned}$$

2. Beispiel: Es wird eine kontinuierliche Emission von 24 Stunden angenommen, bei der u.a. Q_2 J 131 Ci J 131 und Q_2 Kr 88 Ci Kr 88 in die Atmosphäre freigesetzt wird. Es wird in diesem Fall mit Äquivalentwerten gerechnet, die als arithmetische Mittelwerte über die Emissionszeit aus Tabelle 3.2.4/1 und 3.2.4/2 entnommen werden. Dabei wird mit derselben Begründung wie im 1. Beispiel $b_G(0,3 \text{ h})$ für $b_G(0)$ gesetzt. Man erhält:

$$\begin{aligned} \bar{b}_J &\approx 1,5 \\ \{14\} \quad \bar{b}_G &\approx 0,51 \end{aligned}$$

Man erkennt, daß infolge des Zerfalls der kurzlebigen Nuklide bei diesem Freisetzungstyp insbesondere das Kr 88-Äquivalent verglichen mit Beispiel 1 geringer ausfällt. Damit erhält man für die Inhalationsdosis des Spaltjods und die γ -Submersionsdosis der Spaltgase

$$D_{1J}(x,y,z) = Q_2 J_{131} \cdot 1100 \cdot 1,5 \cdot \frac{1}{u} \cdot I_{01}(x,y,z)$$

{15}

$$D_{1G}(x,y,z) = Q_2 Kr_{88} \cdot 2,22 \cdot 10^{-4} \cdot 0,51 \cdot \frac{1}{u} \cdot D_{01}(x,y,z)$$

Sind die meteorologischen Bedingungen oder die Freisetzungsraten nicht konstant, so müssen Teildosen für einzelne Zeitabschnitte berechnet werden, für die die Voraussetzungen erfüllt sind. Die Gesamtdosen ergeben sich dann als Summe der Teildosen.

Literatur:

- (1) K. Heinemann, G. Polster, K.J. Vogt
Umweltbelastungsprognosen bei Unfällen in Arbeitsbericht 1972 der
Zentralabteilung Strahlenschutz
Jü1-952-ST (Mai 1973)
- (2) K.J. Vogt
Umweltkontamination und Strahlenbelastung durch radioaktive Abluft
aus kerntechnischen Anlagen
Jü1-637-ST (Januar 1970)
- (3) Report of Committee II on Permissible Dose for Internal Radiation
Pergamon Press (1959)
- (4) Der Bundesminister für Bildung und Forschung
Emissionsquellstärke von Kernkraftwerken
Schriftenreihe Kernforschung 6 (1972)
- (5) N.G. Gussew
Leitfaden für Radioaktivität und Strahlenschutz
VEB Verlag Technik Berlin (1957)
- (6) D. Nachtigall
Table of specific gamma ray constants
Verlag Karl Thiemig KG, München
Band 34 (1969)

3.2.5 Abschätzung der Emissionsstärke bei hypothetischen Reaktorunfällen

K. Heinemann, O. Schaffer*, K.J. Vogt

Kennt man die Schornsteinhöhe, die Emissionsstärke der Nuklide und die meteorologischen Bedingungen, so kann man mit Hilfe der Ausbreitungsrechnung die radiologische Umweltbelastung durch die mit der Abluft eines Reaktors freigesetzten Aktivitäten abschätzen (1). Im Normalbetrieb werden die Emissionsstärken der einzelnen Nuklide im Abluftschornstein gemessen und die Berechnung der Umweltbelastung stößt auf keine grundsätzlichen Schwierigkeiten. Wenn bei einem hypothetischen Reaktorunfall, bei dem ein Teil der Brennelemente Schaden nehmen kann, der Abluftschornstein geschlossen wird, können die infolge Brennelementeschäden freigesetzten radioaktiven Stoffe allein bei Druckaufbau in der Reaktorhalle durch Undichtigkeiten entweichen. In diesem Falle ist keine gezielte Messung der Emissionsstärke mehr durchführbar. Im folgenden soll ein Weg aufgezeigt werden, der unter bestimmten Annahmen durch Messungen der Direktstrahlung aus der Reaktorhalle und des Hallenüberdrucks eine Abschätzung der Freisetzungsraten ermöglicht.

Bei den Überlegungen wird davon ausgegangen, daß mit der Standzeit der Brennelemente im Reaktor auch die Nuklidzusammensetzung des Spaltproduktinventars bekannt ist (2). Es wird vorausgesetzt, daß bei Beschädigung der Brennelemente die Freisetzung der Nuklide in die Reaktorhalle ohne Zeitverzögerung erfolgt. Es werden vor allem die Spaltedelgase und leicht flüchtigen Stoffe aus den Brennelementen in die Halle entweichen. Wieviel von der in den Brennelementen vorhandenen Aktivität in die Reaktorhalle gelangt, soll durch den Freisetzungsfaktor beschrieben werden. In Tabelle 3.2.5/1 sind die wichtigsten Nuklide mit ihren abgeschätzten Freisetzungsfaktoren, ihren Halbwertszeiten, ihren Spaltausbeuten und ihren Gammaemissionshäufigkeiten für die angegebenen Energiebereiche zusammengestellt. Die hier nicht aufgeführten schwerflüchtigen Spaltprodukte können wegen ihrer kleinen Freisetzungsfaktoren ($< 1\%$) vernachlässigt werden.

Die bei einem hypothetischen Unfall aus dem abgeschirmten Reaktorcore in die Reaktorhalle freigesetzten Aktivitäten stellen eine Strahlenquelle dar. Ihre Aktivitätszusammensetzung kann mit den o.a. Annahmen und den Halbwertszeiten der Nuklide als Funktion der Kühlzeit nach dem Unfall abgeschätzt werden. Die Gesamtaktivität in der Reaktorhalle kann man über ihre proportionale Direktstrahlung, die schnell mit der Entfernung abnimmt (Abb. 3.2.5/1) an einem geeigneten Ort außerhalb der Reaktorhalle unter Berücksichtigung der Absorption der Gammastrahlung in der Hallenwand und in der Luft bestimmen. Die Entfernung des Meßortes der Direktstrahlung von der Reaktorhalle soll groß gegenüber deren Ausdehnung sein, so daß man sie als Punktquelle behandeln kann.

* Abteilung Sicherheitsbeauftragter

Zur Beurteilung der Umweltbelastung sind vor allem die Emissionen der Jodisotope wichtig, da sie die Nuklide sind, die über die kritischen Belastungspfade der Inhalation und der Ingestion zur größten Umweltgefährdung führen. Für Radiojod wird angenommen, daß sich 50 % des in die Halle freigesetzten Anteils an Metallflächen niederschlagen und dort gebunden werden, so daß nur die Hälfte des Hallenwertes für eine Freisetzung in die Außenatmosphäre zur Verfügung steht.

Mit den oben genannten Annahmen ergeben sich unter Berücksichtigung der in Tabelle 3.2.5/1 aufgeführten Nuklide für eine konservativ angesetzte Reaktorbetriebszeit von $\tau = 650$ Tagen bei einer in 350 m Entfernung von der Reaktorhalle gemessenen Dosisleistung der Direktstrahlung $\dot{D} = 1$ R/h die in Abb. 3.2.5/2 dargestellten, in der Reaktorhalle freien Aktivitäten der Jodisotope. Die Dicke der Reaktorhallenwandung wurde mit 0,8 cm Stahl in Rechnung gestellt. Bei der Bewertung der Abb. 3.2.5/2 muß man berücksichtigen, daß die Direktstrahlung mit der Zeit abklingt, so daß die Aktivitäten der Jodnuklide (J 131, J 133) nicht wie die Darstellung nahelegt zu- sondern abnehmen.

Bei der Freisetzung der in der Reaktorhalle vorhandenen freien Nuklide in die Außenatmosphäre sollen keine Nuklide bevorzugt werden, so daß sich ihre prozentuale Zusammensetzung bei diesem Prozeß nicht ändert. Die aktuelle Hallenleckrate hängt von der Hallenleckrate beim maximalen Hallenüberdruck (Auslegungswert) und der Druckdifferenz zwischen Reaktorhalle und Außenatmosphäre ab. Nach (3) gibt:

$$\{1\} \quad c = c_m \left(\frac{p_H^2 - p_A^2}{p_m^2 - p_A^2} \right)^{1/2} \cdot \frac{p_m}{p_H}$$

p_H : Halleninnendruck

p_A : äußerer Atmosphärendruck

$p_m - p_A$: maximaler Hallenüberdruck

c : Hallenleckrate bei Hallenüberdruck $p_H - p_A$

c_m : Hallenleckrate bei maximalem Hallenüberdruck

Für $p_A = 1$ at, $p_m = 1,3$ at und $c_m = 1$ %/d ist Gleichung {1} in Abb. 3.2.5/3 als Funktion des Hallenüberdrucks dargestellt.

Ist t die Kühlzeit nach dem hypothetischen Reaktorunfall, $A_j(t)$ die freie Aktivität des Jodisotops j in der Reaktorhalle (Abb. 3.2.5/2) bei der Dosisleistung der Direktstrahlung von $\dot{D} = 1$ R/h, $\dot{D}(t)$ die gemessene Dosisleistung der Direktstrahlung in 350 m Entfernung und $c(p_H - p_A)$ die Hallenleckrate beim Hallenüberdruck $p_H - p_A$ (Abb. 3.2.5/3), so bestimmt sich nach dem hier vorgeschlagenen Verfahren die Emissionsrate $Q_j(t)$ des j -ten Jodnuklids nach Gleichung {2}

$$\{2\} \quad Q_j(t) = \dot{D}(t) \cdot A_j(t) \cdot c(p_H - p_A)$$

Wird z.B. angenommen, daß in einer Entfernung von 350 m eine γ -Dosisleistung von $\dot{D} = 0,1$ R/h zwei Stunden nach dem hypothetischen Reaktorunfall vorliegt, so kann man aus Abb. 3.2.5/2 entnehmen, daß folgende Aktivitäten $A_j(2 \text{ h})$ der Jodisotope in der Reaktorhalle zur Freisetzung zur Verfügung stehen.

Nuklid	$\dot{D}(2 \text{ h}) \cdot A_j(2 \text{ h})$
J 131	$1,75 \cdot 10^3 \text{ Ci}$
J 132	$1,46 \cdot 10^3 \text{ Ci}$
J 133	$3,67 \cdot 10^3 \text{ Ci}$
J 135	$2,82 \cdot 10^3 \text{ Ci}$

Tabelle 3.2.5/1

Kenndaten einiger wichtiger Spaltnuklide

Nuklid	Freisetzungsfaktor	Spaltausbeute % nach (4)	Halbwertszeit nach (4)	Emissionshäufigkeit nach (5), (6) und (7)			
				E = 0,5 MeV	1,0 MeV	2,0 MeV	3,0 MeV
Kr-83m	1,00	0,54	114 min	2,0	0	0	0
Kr-85m	1,00	1,30	4,4 h	0,895	0	0	0
Kr-85	1,00	0,29	10,6 a	0	0,01	0	0
Kr-87	1,00	2,49	78 min	1,0	0,5	0	0,5
Kr-88	1,00	3,57	2,8 h	1,34	0,65	0,4	1,5
Xe-133m	1,00	0,17	2,3 d	0,15	0	0	0
Xe-133	1,00	6,62	5,27 d	0,35	0	0	0
Xe-135m	1,00	1,83	15,3 min	0	0,5	0	0
Xe-135	1,00	6,30	9,2 h	1,0	0,03	0	0
Xe-138	1,00	5,49	17 min	0,5	0,5	0,5	0,5
Br-83	0,50	0,51	2,4 h	0,2	0	0	0
Br-84	0,50	0,92	31,8 min	0	0,2	0,2	0,1
J-131	0,50	3,10	8,05 d	0,87	0,12	0	0
J-132	0,50	4,70	2,3 h	0	2,25	0,26	0,02
J-133	0,50	6,90	20,8 h	0	0,99	0,01	0
J-134	0,50	7,80	52,5 min	0	0,99	0,3	0
J-135	0,50	6,10	6,7 h	0	0	0,82	0
Ru-103 + Rh-103m	0,15	3,00	39,7 d	0,92	0,08	0	0
Ru-105 + Rh-105m	0,15	0,90	4,45 h	0,535	0,7	0	0
Ru-106 + Rh-106	0,15	0,38	1,01 a	0,3	1,56	0,3	0,2
Te-127m + Te-127	0,15	0,03	105 d	1,0	0	0	0
Te-129m + Te-129	0,15	0,35	37 d	1,95	0,1	0,1	0
Te-131m + Te-131	0,15	0,44	30 h	1,24	0,6	0,08	0
Te-132 + J-132	0,15	4,70	77 h	1,0	0	0	0
Te-133m + Te-133	0,15	4,90	52 min	0,63	1,0	0	0
Te-134	0,15	6,90	43 min	0	0	0	0
Cs-137 + Ba-137m	0,15	6,15	30 a	0	0,82	0	0
Cs-138	0,15	5,74	32,2 min	0,23	0	0,98	0,18

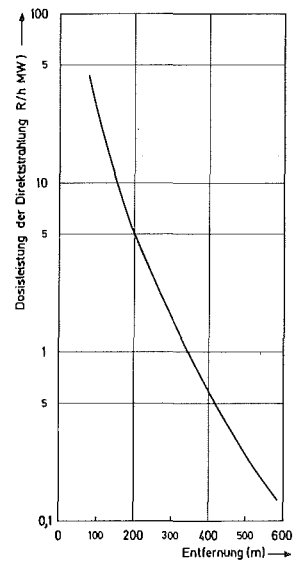


Abb. 3.2.5/1: Dosisleistung der Direktstrahlung als Funktion der Entfernung

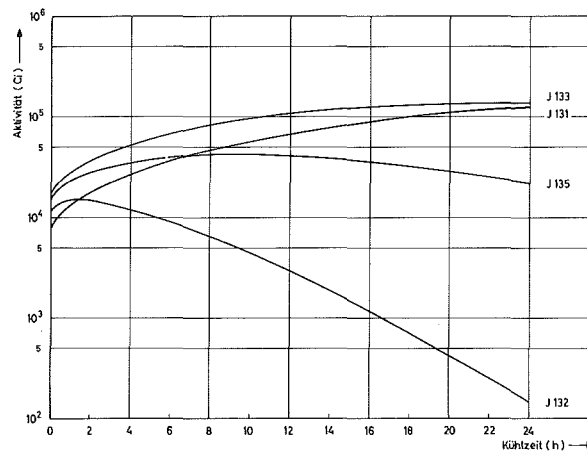


Abb. 3.2.5/2: Freie Aktivitäten der Jodisotope in der Reaktorhalle

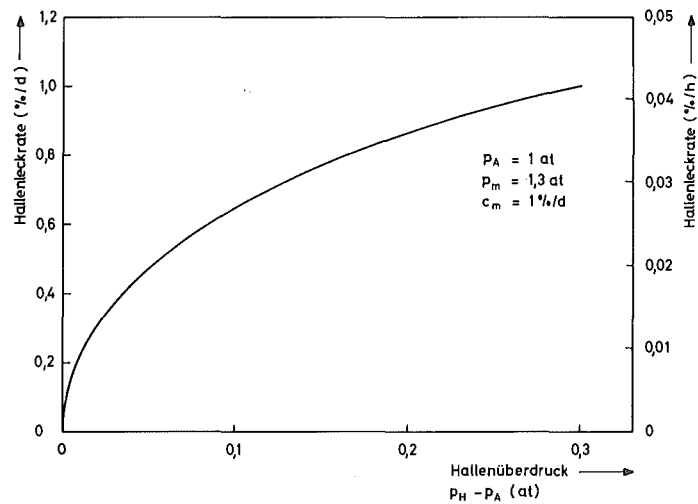


Abb. 3.2.5/3: Hallenleckrate als Funktion des Hallenüberdrucks

Liegt nun ein Hallenüberdruck von 0,1 at vor, so hat die Hallenleckrate nach Abb. 3.2.5/3 den Wert von $c = 0,65 \text{ \%/d}$ oder $c = 0,027 \text{ \%/h}$, d.h. es lassen sich folgende Emissionsraten abschätzen:

Nuklid	$Q_j \text{ (Ci/h)}$
J 131	0,47
J 132	0,40
J 133	0,99
J 135	0,76

Das Nuklid J 134 hat aufgrund seiner kurzen Halbwertszeit in diesem Zusammenhang keine große Bedeutung und ist daher fortgelassen. Mit den so bestimmten Emissionsraten, sowie mit den der aktuellen Wetterlage entsprechenden Ausbreitungsparametern und den Dosisleistungsfaktoren kann dann über die Ausbreitungsrechnung die Strahlenbelastung der Bevölkerung an jedem Ort der Umgebung berechnet werden.

Literatur:

- (1) K.J. Vogt
Umweltkontamination und Strahlenbelastung durch radioaktive Abluft aus kerntechnischen Anlagen
Jül-637-ST (Januar 1970)
- (2) K. Schneider, P.F. Sauermann
Tabellen zur Berechnung der Aktivität von bestrahltem U-235
Interner Bericht ZST Nr. 115
- (3) K. Traube
Ermittlung der Leckrate von Reaktorsicherheitsbehältern bei geringem Prüfdruck
Atomkernenergie 6. Jahrgang, Heft 7/8 1961
- (4) S. Katcoff
Fission-Product Yields from Neutron - Induced Fission
Nucleonics 18 (1960)
- (5) J.F. Stehn
Table of Radioactive Nuclids
Nucleonics 18 (1960), S. 186/97
- (6) The Radiochemical Manual, Part. 1: Physical Data,
Herausgeber: Radiochemical Centre, Amersham, England (1962)
- (7) H. Etherington
Nuclear Engineering Handbook,
McGraw-Hill Book Company, Inc., (1958)

3.3 Meteorologie

3.3.1 Meteorologische Messungen im Jahre 1973

G. Polster

Aus den Registrierungen meteorologischer Elemente am meteorologischen Turm der KFA wurden die in Tab. 3.3.1/1 zusammengestellten Monats- und Jahreswerte ermittelt. Temperatur und Luftfeuchtigkeit werden in 2 m Höhe, Windgeschwindigkeit und Sonnenscheindauer in 30 m Höhe (10 m über den Wipfeln des aufgelockerten Waldbestandes) gemessen. 1973 wichen die Temperaturen, die Luftfeuchtigkeit und die Windgeschwindigkeit nicht wesentlich von den langjährigen Mittelwerten, die in (1) veröffentlicht wurden, ab. Die Sonnenscheindauer erreichte mit 1603 Stunden einen höheren Wert als normal zu erwarten gewesen wäre (Mittelwert: 1498 Std/a). Dabei hatten die Monate Mai, Juni und August mit außergewöhnlich viel Sonnenschein einen entscheidenden Einfluß. Die Niederschlagssumme von 589 l/m² blieb deutlich unter dem langjährigen Mittelwert von 704 l/m². Besonders niederschlagsarm waren die Monate Januar, März, Juni, August und September.

Die Jahreswindverteilung ist in Tab. 3.3.1/2 enthalten. Sie gibt die Häufigkeit des Windes in Prozent, aufgeschlüsselt nach einer 12-teiligen Skala der Windrichtung (entsprechend 30°-Sektoren) und die Häufigkeit der Windstillen (< 0,5 m/s) wieder. Dabei ist die Windgeschwindigkeit in die fünf Windstärkestufen: < 0,5 m/s, 0,5 - 2,0 m/s, 2,1 - 3,0 m/s, 3,1 - 5,0 m/s und > 5,0 m/s aufgeteilt. Das Maximum liegt 1973 für SW-Wind vor und entspricht genau der langjährigen mittleren Windverteilung von Jülich.

Die Häufigkeiten der Diffusionskategorien A, B G nach Pasquill in den Windrichtungssektoren der Jahreswindverteilung stehen in Tab. 3.3.1/3. Dafür wurden die Diffusionskategorien aus Temperaturgradient- und Windmessungen nach einem Verfahren bestimmt, das auf dem System von Pasquill aufgebaut ist, im einzelnen aber die genaueren Meßdaten, die die Meßanlage des meteorologischen Turms liefert, benutzt.

(G. Bienias, P. Hansen)

Literatur:

(1) G. Polster

Zwölf Jahre meteorol. Messungen in der KFA

Arbeitsbericht 1972 der Zentralabteilung Strahlenschutz

Jül-952-ST, S. 74 - 76 (Mai 1973)

Tabelle 3.3.1/1

Temperatur, relative Luftfeuchte, Windstärke, Sonnenscheindauer und Niederschlagssummen; Monats - Jahreswerte 1973

	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Jahr
Temperatur Mittel (°C)	2,4	2,3	5,0	6,5	13,0	16,3	16,6	18,4	14,6	8,1	5,5	2,3	9,3
Maximum	8,8	8,5	20,5	19,0	25,0	32,0	32,8	32,0	32,2	25,0	17,4	10,2	32,8
Minimum	-10,0	-6,0	-5,0	-2,7	0,0	3,2	7,0	6,1	4,6	-2,5	-4,2	-14,2	-14,2
Relative Luftfeuchte (%)	90	88	79	79	72	73	75	68	76	83	83	85	79
Windstärke Mittel (m/sec)	2,9	4,0	3,0	4,2	3,3	2,6	3,0	2,8	3,2	3,4	4,8	4,2	3,5
Sonnenscheindauer Stunden	33	54	123	119	212	240	186	247	159	118	67	45	1603
Niederschlag Summe (l/m ²)	20	73	25	62	66	33	90	15	22	69	50	64	589

Tabelle 3.3.1/2

Windverteilung 1973 von Jülich KFA in %

Windrichtung	< 0,5 m/s	0,5 - 2,0 m/s	2,1 - 3,0 m/s	3,1 - 5,0 m/s	> 5,0 m/s	Summe
35/01 (N)		2,7	1,1	0,9	0,2	4,9
02/04		2,0	1,4	1,9	0,5	5,8
05/07		1,6	0,9	0,3		2,8
08/10 (O)		1,8	1,9	2,9	1,0	7,6
11/13		3,3	2,4	3,7	1,8	11,2
14/16		2,7	0,9	0,7	0,1	4,4
17/19 (S)		1,7	0,6	0,7	0,3	3,3
20/22		2,2	1,6	2,2	2,0	8,0
23/25		2,8	3,1	8,2	7,8	21,9
26/28 (W)		3,2	2,9	5,5	4,6	16,2
29/31		2,0	2,0	2,6	1,6	8,2
32/34		1,9	1,2	0,9	0,4	4,4
Windstille	1,3					
Summe	1,3	27,9	20,0	30,5	20,3	100,0

Tabelle 3.3.1/3

Häufigkeitsverteilung der Diffusionskategorien (%) in Abhängigkeit von der Windrichtung im Jahre 1973

Windrichtung	A	B	C	D	D*	E	F	G	Summe
35/01 (N)	0,3	1,3	0,8	0,6	0,6	0,2	0,1	1,0	4,9
02/04	0,2	0,8	0,8	1,9	0,5	0,7	0,1	0,7	5,7
05/07	0,1	0,4	0,4	0,4	0,5	0,5	0,1	0,5	2,9
08/10 (O)	0,1	0,7	1,1	3,3	0,6	1,0	0,3	0,7	7,7
11/13	0,1	0,5	1,0	4,2	0,3	1,8	1,0	2,4	11,3
14/16	0,1	0,1	0,1	1,0	0,3	0,4	0,2	2,3	4,5
17/19 (S)	-	0,2	0,3	1,1	0,3	0,2	-	1,1	3,2
20/22	-	0,3	0,8	4,5	0,5	0,6	0,1	1,4	8,2
23/25	0,1	1,6	2,7	14,5	0,8	0,9	-	1,3	21,9
26/28 (W)	0,2	2,0	1,8	9,2	1,2	0,5	0,1	1,2	16,2
29/31	0,2	1,1	1,2	4,0	0,7	0,3	0,1	0,6	8,3
32/34	0,1	0,6	0,8	1,4	0,6	0,2	-	0,6	4,3
Windstille					0,4			0,6	0,9
Summe	1,5	9,6	11,8	46,1	7,3	7,3	2,1	14,3	100,0

3.3.2 Datenerfassung und -verarbeitung von Windprofilmessungen

H. Geiß

Zur einfacheren Erfassung und schnelleren Verarbeitung von meteorologischen Daten sowie zur Rationalisierung von Arbeitsvorgängen im meteorologischen Routinedienst wurde vor einiger Zeit ein Konzept zur Digitalisierung der Meßanlagen am meteorologischen Turm der KFA entwickelt. Die erste Aufbau-phase wurde im April 1973 mit der Fertigstellung der Anlage zur Registrierung der Uhrzeit, der Windgeschwindigkeit in acht Höhen (2, 10, 20, 30, 50, 80, 100, 120 m) sowie des Niederschlags abgeschlossen. Die Ausgabe der Meßwerte erfolgt über eine Schreibmaschine vom Typ IBM 73 und gleichzeitig auf einen Lochstreifen über eine Stanze vom Typ FACIT 4070.

Im Prinzip ist die Mittelungszeit für die Windgeschwindigkeit frei wählbar, im Routinebetrieb haben sich jedoch Mittelwerte über 10 Minuten durchgesetzt. Kurzzeitige Ausfälle können dadurch leichter erkannt und bei der Bildung von Stundenmittelwerten entsprechend berücksichtigt werden. Störimpulse von außen konnten bisher noch nicht vollständig abgeschirmt werden und auch die Erkennung von Fehlmessungen bereitet weiterhin Schwierigkeiten. Bei der Auswertung und Weiterverarbeitung bleiben aus diesem Grund Meßwerte unberücksichtigt, die von vorhergehenden und nachfolgenden um mehr als einen Faktor 5 abweichen.

Für klimatologische Studien, die routinemäßigen Windgeschwindigkeitsstatistiken sowie die Erstellung von dreidimensionalen Häufigkeitsverteilungen von Diffusionskategorie, Windgeschwindigkeit und Windrichtung (u.a. zur Berechnung von Langzeitausbreitungsfaktoren (1)) und nicht zuletzt für wissenschaftliche Untersuchungen im Rahmen der Ausbreitungsforschung (s. Abschn. 5.1.5) werden jedoch Stundenmittelwerte der Windgeschwindigkeit benötigt. Hierzu werden mit dem Programm CARL die Originalwerte auf Magnetband gebracht und mit dem Programm STUND (s. Abschn. 4.4.1) Stundenmittelwerte sowie Halbtageessumme und -mittel für jeweils eine Woche bestimmt und wiederum auf Magnetband gespeichert. Ferner werden die Stundenmittelwerte des Windprofils monatlich auf Band gebracht.

Die Digitalisierung erlaubt somit sehr umfassende Untersuchungen auf dem Gebiet der vertikalen Struktur des Windfeldes in der Ausbreitungsschicht wie sie bisher wegen Personalmangels nicht möglich waren.

Literatur:

- (1) D. Brenk
 Grundlagen zur Berechnung der Umweltbelastung in der Umgebung
 kerntechnischer Anlagen für Standorte in der BRD
 Diplomarbeit, Rhein.-Westphl. TH Aachen, 1973

3.3.3 Einführung neuer meteorologischer Meßverfahren

H. Geiß, G. Polster

Die genaue Analyse der Turbulenzstruktur und der Turbulenzspektren erfordert exakte Messungen des Windvektors in Zeitintervallen von Zehntelsekunden. Mit den altbewährten Windmeßgeräten einschließlich der älteren Vektorwindfahnen können solche Messungen nicht genau genug durchgeführt werden, da ihre Eigenträgheit zu groß ist und deshalb kurzzeitige Änderungen nicht erfaßt werden können. Nur das Meßprinzip des Hitzdrahtanemometers ist in diesem Bereich der Untersuchungen empfindlich genug. Wegen der Empfindlichkeit der sehr dünnen Meßfühler aus Platin gegenüber großer mechanischer Beanspruchung durch die starke Böigkeit des Windes konnten diese Geräte nur unter Schwierigkeiten eingesetzt werden. Ferner war keine echte dreidimensionale Messung möglich. Die Weiterentwicklung dieses Prinzips zum Heißfolienanemometer mit dreidimensionalem Meßfühler hat dagegen in letzter Zeit die Möglichkeit eröffnet, exakte Messungen des Windvektors in Kurzzeitintervallen durchführen zu können.

Hierfür steht jetzt das Total Vector Anemometer der Thermosystems Inc. zur Verfügung. Mit ihm werden in nächster Zeit Messungen am meteorologischen Turm der KFA aufgenommen. Zunächst muß dafür im Rahmen der Digitalmeßanlage ein Datenerfassungsgeräteteil zur gleichzeitigen Aufnahme der Meßwerte der 7 Kanäle dieses Meßgeräts gebaut werden (s. Abschn. 3.3.4). Die Auswertung der Daten ist komplex und muß mit hoher Genauigkeit durchgeführt werden, um

exakte Ergebnisse zu erzielen. Deshalb und in Anbetracht des hohen Datenflusses muß die Auswertung und Analyse der Ergebnisse mit EDV durchgeführt werden. Das umfangreiche Untersuchungsprogramm zielt darauf ab, die Entfernungsabhängigkeit der Standardabweichungen (Ausbreitungsparameter) aus Turbulenzmessungen zu ermitteln. Dies ist, wie z.B. Hay und Pasquill (1) gezeigt haben, eine Möglichkeit zur Lösung der Probleme des Komplexes "Ausbreitung von Schadstoffen in der Atmosphäre".

Ein anderer Weg zur Ermittlung der Standardabweichung besteht in der Berechnung der Autokorrelationsfunktionen für die turbulenten Fluktuationen der Windgeschwindigkeit. Ferner sind interessante Ergebnisse im Rahmen der Turbulenztheorie, speziell bei der genauen Bestimmung der Turbulenzparameter, wie Wirbelgröße und -intensität, zu erwarten.

Literatur:

- (1) J.S. Hay, F. Pasquill
Diffusion from a Continuous source in Relation to the Spectrum and Scale of Turbulence, in:
Atmospheric Diffusion and Air Pollution, Vol 6, Academic Press,
New York 1959

3.3.4 Ein Gerät zur Zwischenspeicherung schnell anfallender Turbulenzmeßwerte J. Carlebach

Für die Erfassung der bei der Turbulenzmessung in kurzen Zeitabständen gleichzeitig in 7 Kanälen anfallenden Meßdaten wurde ein Gerät entwickelt, das die Zwischenspeicherung der Meßwerte und die nachfolgende sequentielle Ausgabe auf einen digitalen Datenträger ermöglicht. Die Konzeption wurde dabei so gewählt, daß die Baueinheit sowohl mit jedem asynchron betriebenen Ausgabegerät als auch mit der z.Zt. im Aufbau befindlichen, an einem Rechner angeschlossenen meteorologischen CAMAC-Anlage zusammenarbeiten kann.

In Abb. 3.3.4/1 ist das Blockschaltbild dargestellt. Die Spannungen der Meßwertgeber werden zunächst Momentanwertspeichern (Sample-Hold Moduls) zugeführt, die die zum Zeitpunkt des vom zentralen Timer kommenden Steuerbefehls anstehenden analogen Meßwerte festhalten. In den Meßpausen werden die einzelnen Momentanwertspeicher (SH) von einem Meßstellenumschalter (MU) abgefragt, dessen Zyklusbeginn gleichzeitig mit dem Steuerbefehl des Timers ausgelöst wird. Das Umschaltfertigsignal vom MU bewirkt am nachgeschalteten Analog-Digital-Wandler (AD) einen Datenübernahmebefehl, der nach der digitalen Wandlung und Meßwertspeicherung einen Speicherfertigimpuls zur Folge hat. Dieser setzt FF_1 und den Lese-Flip-Flop FF_R , öffnet das Gatter T_1 und verbindet damit die Datenabruflleitungen (DA) mit dem Ausgang des Zählers Z_1 . Dadurch werden die ersten 4 bit der ersten Meßstelle des im 16 bit AD-Speicher festgehaltenen Meßergebnisses angewählt und über die 4 DN-Leitungen in das auf Lesestellung geschaltete RAM (Random Acces Memory) übertragen.

Ein von der Rückflanke des differenzierten Rückmeldesignals hergeleiteter Nadelimpuls erhöht den Zahlen-Stellenzähler Z_1 und den Adressenzähler Z_2 jeweils um einen Schritt und triggert gleichzeitig den monostabilen Multivibrator MM_1 . Der von seiner Rückflanke über das Verzögerungsglied V_2 sich selbst wieder auslösende Monovibrator übernimmt dann die Steuerung des weiteren Funktionsablaufs und die Aufsummierung des Stellenzählers, bis der Rücksetzimpuls von Z_1 das Gatter G_1 über FF_1 wieder schließt. Mit dem Durchlauf des Stellenzählers wird auf den Datenabruflleitungen nacheinander der Abruf-Code für die restlichen 3 des 4-stelligen Meßergebnisses erzeugt, während gleichzeitig über die Datenausgabeleitungen der jeweilige Wert der abgerufenen Zahlenstelle im RAM unter der durch Z_2 bestimmten Adresse abgespeichert wird. Nach Ablauf des Rücksetzimpulses von Z_1 wird derselbe Funktionsablauf von dem Speicherrückmeldeimpuls der nächsten Meßstelle von neuem ausgelöst und wiederholt sich in ähnlicher Weise für die restlichen 6 Meßkanäle.

Nachdem das letzte byte der letzten Meßstelle in das RAM eingelesen worden ist, wird der Ausschreibevorgang durch den Rücksetzimpuls des Adreßzählers Z_2 eingeleitet. Dieser schließt das Lese-Flip-Flop (FF_R), öffnet das Schreib-Flip-Flop (FF_W) und setzt den Freigabe-Eingang des PROM (Read Only Memory) und den Bedingungs-eingang (A) des Gatters G_4 . Das dadurch durchgeschaltete Bereit-Signal (PR) steuert die sich wieder in ihrer Ausgangslage befindlichen Zähler Z_2 und Z_3 an und gibt einen Lesebefehl (PI) an das Daten-Ausgabegerät ab. Am Ausgang des von FF_W geöffneten Gatters G_5 stehen dann die vorher eingelesenen ersten 4 bit des ersten Meßergebnisses an, während das PROM bei jeder Zahlenstelle die übrigen zu jeder ASCII-Zahl gehörenden Zonenbits hinzufügt. Durch die sich gegenseitig auslösenden Impulse PI und PR werden die Zähler Z_2 und Z_3 immer erneut weitergeschaltet, bis der ganze Inhalt des RAM auf den Datenträger übertragen worden ist und der Rücksetzimpuls von Z_3 einen neuen Lesevorgang einleitet. Um eine formatierte, für eine spätere Protokollierung geeignete Daten-Ausgabe auch bei rechnerunabhängigem Betrieb zu gewährleisten, wird vom PROM nach jeder Meßstelle der ASCII-Code für einen Zwischenraum und nach jedem Meßzyklus der Code für Wagenrücklauf und Zeilenvershub eingeblendet. Dabei ist durch entsprechende Programmierung des achten bit des PROM's das Gatter G_6 gesperrt, so daß beim Anstehen eines Funktionscodes das Weiterzählen des Adreßzählers verhindert wird.

(F.J. Gasper, A. Oberemm)

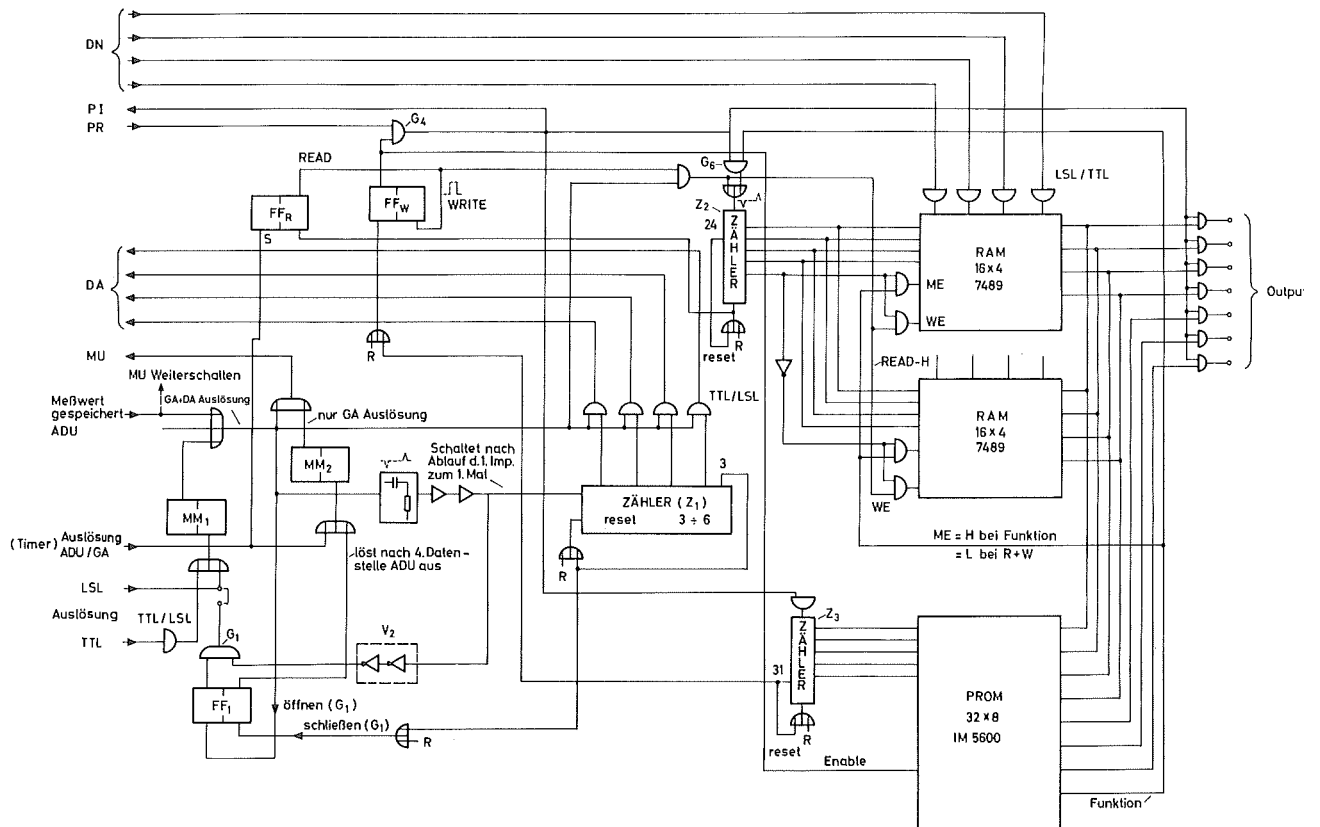


Abb. 3.3.4/1: Blockschaltbild

4. FACHDIENSTE

Bei der Durchführung der sachobjektbezogenen Überwachungsaufgaben (Betriebs-, Personendosis-, Umgebungsüberwachung) ergeben sich zusätzlich eine Reihe fachspezifischer Dienstleistungsaufgaben, die zweckmäßig durch spezialisierte Fachgruppen, einheitlich für die genannten Überwachungsaufgaben, wahrgenommen werden. Diese Fachgruppen (Sicherheitswesen, Ausbildung, chemische Laboratorien, Gerätedienst, Datenverarbeitung) bilden neben Elektroniklabor, Werkstatt und Verwaltung eine erweiterte Infrastruktur und erfüllen die benötigten Querschnittsfunktionen zur Durchführung der Strahlenschutzaufgaben.

4.1 Sicherheitswesen

4.1.1 Strahlenschutz-Einsatzdienste der ZST

H. Jacobs

Die ZST hat bei nuklearen Störfällen zur Gefahrenabwehr Strahlenschutzhilfe zu leisten. Wenn auch die operativen Maßnahmen im aktuellen Einsatz sich an den Erfordernissen des jeweils vorliegenden Störfalles zu orientieren haben, so muß dennoch versucht werden eine möglichst weitgehende Vorsorge zur Gefahrenabwehr zu treffen. Mit Vorsorge sind hier nicht die Sicherheitsmaßnahmen gemeint, die getroffen werden müssen, um einen Störfall zu verhindern. (Bei solchen Maßnahmen, die in den Instituten und Einrichtungen der KFA durchgeführt werden, kann die ZST nur beratend mitwirken.) Unter Vorsorge ist hier vielmehr die Bereitstellung von Einsatzdiensten, die Erstellung von organisatorischen und fachlichen Unterlagen und die Bereitstellung der Ausstattung (Geräte und Material) zu verstehen, d.h. also ein System aufzubauen, daß dann wirksam eingesetzt werden kann, wenn der Störfall eingetreten ist. Dieses System sollte so universell sein, daß es auf jede Art eines vorhersehbaren Störfalles Anwendung finden kann. Vereinfacht läßt sich "Vorsorge" auch so beschreiben: Alles, was vor einem Störfall überlegt, gerechnet, organisiert werden kann, sollte auch überlegt, gerechnet, organisiert und schriftlich festgehalten werden, da ohne Vorplanung ein optimaler Einsatz im aktuellen Störfall nicht ad hoc improvisiert werden kann. Ob sich aus einem Störfall ein großer Unfall entwickelt, bei dem Personen- oder weitere Sachschäden entstehen, hängt nicht allein von der Gefahr an sich ab, sondern oft auch noch vom Fehlverhalten des eingreifenden Personals (siehe VDI Nr. 45, 1969). Das Fehlverhalten wird seine Ursache nicht so sehr in Unwissenheit, Unachtsamkeit oder gar Leichtsinn haben, es wird vielmehr durch die Stresssituation hervorgerufen: durch die Notwendigkeit, nach erkannter Gefahr zahlreiche Entscheidungen fällen und Anordnungen treffen zu müssen, um die Gefahr abzuwenden bzw. das Ausmaß des Unfalls klein zu halten. Je geringer die Anzahl dieser Entscheidungen und Anordnungen ist, desto größer ist die Chance, das Fehlverhalten zu minimalisieren und den Kopf klar zu behalten für die sich aus dem Einzelfall ergebenden spezifischen operativen Maßnahmen. Betrachtet man das

Spektrum der möglichen nuklearen Störfälle in einem Großforschungszentrum und berücksichtigt man weiterhin die Tatsache, daß keine hauptberuflichen Strahlenschutz-Einsatzdienste zur Verfügung stehen können, dann erkennt man sicherlich, wie wichtig gerade hier eine möglichst weitgehende Vorsorge im oben genannten Sinne ist. Und auf eben diesen Punkt wurde im Berichtszeitraum das Hauptaugenmerk gerichtet.

1. Erstellung von Planungsunterlagen, usw.

Die Organisation der Strahlenschutz-Einsatzdienste ist im Arbeitsbericht 1972 (JÜ1-952-ST) skizziert.

Es wurde damit begonnen, die Aufgaben der einzelnen Trupps und Dienste zu überdenken und neu festzulegen. Die schriftliche Fixierung in Form von speziellen "Merkblättern" wurde beibehalten. Bisher wurden fünfzehn Merkblätter erstellt. Sie beinhalten Aufgabenbeschreibungen diverser Funktionen und Dienste, Beschreibung und Handhabung von Meßsystemen und Nachrichtenmitteln, Anleitungen zur Ermittlung der Umgebungsbelastung, Festlegung von Dosis- und Konzentrationsrichtwerten für das Einsatzpersonal und Verfahrensweisen zur Alarmierung des ZST-Einsatzpersonals während und außerhalb der Dienstzeit.

Bei einem sehr großen nuklearen Störfall ist nicht auszuschließen, daß auch das Einsatzpersonal der ZST das Gelände der KFA verlassen muß, nachdem die allgemeine Räumung erfolgt ist. In einem solchen Fall muß die Steuerung des Einsatzes von einer Ausweichstelle aus erfolgen. Als Ausweichstelle für die gesamte KFA-Gefahrenabwehrleistung ist die Abt. Jülich der Fachhochschule Aachen vorgesehen. Neben einer "Kommandozentrale" stehen dort zur Durchführung der Strahlenschutz-Meßaufgaben auch Labors und sonstige Nebenräume zur Verfügung. - Wir haben begonnen, diese Ausweichlabors für Einsatzzwecke nutzbar zu machen. Das bedeutet u.a., daß nach einer Bestandsaufnahme der von der Fachhochschule freundlicherweise zur Verfügung gestellten Räume, Einrichtungen und Meßgeräte nun eine Komplettierung mit Spezialgeräten und Material erfolgt.

Im Zusammenhang mit einem nuklearen Störfall kann es notwendig werden, daß kontaminierte Verletzte dem für die KFA zuständigen "Durchgangsarzt" (= Chirurgische Abteilung des Krankenhauses Jülich) vorgestellt werden. Da das Krankenhaus auf Kontaminationsmessungen vor und während chirurgischer Eingriffe nicht eingerichtet ist, wurde vereinbart, daß die ZST für solche Messungen geeignetes Personal beistellt.

2. Ausbildung von Einsatzpersonal

Zur Erlangung bzw. Auffrischung von Ortskenntnissen und Erkennung von Gefahrenschwerpunkten wurden Begehungen in sechs Instituten der KFA durchgeführt.

Eine Einsatzübung hatte das Ziel, den E-Stab, den E-Trupp, den P-Trupp und drei ZST-interne Hilfsdienste auf ihre Einsatzbereitschaft zu testen.

Als Ausgangslage wurde ein Unfall eines Fahrzeuges mit flüssigen radioaktiven Abfällen angenommen. Die Trupps und Hilfsdienste hatten dabei echte Meßaufgaben durch vorbereitete aktive Proben zu erfüllen.

3. Einsätze

Mitglieder des E-Trupps und ihrer Rufbereitschaft mußten im vergangenen Jahr sechsmal ausrücken, um bei kleineren nuklearen Betriebsunregelmäßigkeiten in fünf verschiedenen Instituten Strahlenschutzmessungen durchzuführen, bzw. Hilfe zu leisten. In vier Fällen wurden Flächenkontaminationen festgestellt. In zwei Fällen bestätigte sich der Kontaminationsverdacht nicht. - Zwei der o.a. Einsätze erfolgten außerhalb der Dienstzeit. In drei der vier Einsätze während der Dienstzeit erfolgte die Benachrichtigung der ZST durch die Institute direkt. Einmal wurde der Voralarm aufgrund einer Benachrichtigung durch die Sicherheitszentrale ausgelöst.

(R. Elben)

4.1.2 Der Einsatz der chemischen Laboratorien der ZST bei nuklearen Störfällen

K.L. Frenkler

Zusammenfassung

Am Beispiel der Chemie-Einsatzdienste der chemischen Laboratorien der ZST werden die für einen Störfall notwendigen Vorkehrungen zur Feststellung und Kontrolle der Störfallauswirkungen in vier Punkten erläutert.

Zunächst erfolgt eine Darstellung des Einsatzablaufes während eines angenommenen, mit einer unkontrollierten Aktivitätsabgabe ins Freie verbundenen Störfalles innerhalb der KFA. Einer Anlaufperiode, in der nach der Alarmauslösung eine erste Abschätzung der Störfallauswirkungen vorgenommen und erste Gegenmaßnahmen eingeleitet werden, folgt eine Aufklärungsphase, in der die Unterlagen für eine gezielte Störfallabwehr und den Schutz der Bevölkerung erarbeitet werden und schließlich eine dritte Phase, in der detaillierte Untersuchungen über Störfallauswirkungen, -ursachen und -spätfolgen vorgenommen werden. Dabei wird die besondere Bedeutung von Schnellmethoden speziell zum Nachweis von Radiojod hervorgehoben.

Im Falle einer Evakuierung des KFA-Geländes können die Arbeiten in einem gut eingerichteten Ausweichlaboratorium weitergeführt werden.

1. Eine vom Routinebetrieb abweichende besondere Notfallplanung ist erst bei größeren nuklearen Störfällen, bei denen auch eine Radioaktivitätsausschüttung in die Atmosphäre und Aktivitätsablagerungen in der Umgebung stattgefunden haben, erforderlich.

Betrachtet man die verschiedenen Institute der KFA, dann zeigt sich, daß schon von der Menge an radioaktiven Stoffen her gesehen, mit denen umgegangen wird, ein solcher Störfall nur in wenigen Einrichtungen

(z.B. Reaktoren, Heiße Zellen, Abfallager) denkbar ist. Eine Notfallplanung, die auch durch die extremen Sicherheitsvorkehrungen bei diesen Anlagen nicht entbehrlich wird, muß sich auf diese potentiellen Emittenten einstellen. Im Falle eines nuklearen Störfalles mit den angedeuteten Auswirkungen ist deshalb davon auszugehen, daß vorwiegend gasförmige und flüchtige Spaltprodukte des Urans unkontrolliert emittiert wurden.

Bei Eintritt eines Störfalles wird die erste vom ZST-Einsatztrupp und -Einsatzstab durchgeführte Aufgabe die sein, sich möglichst schnell einen Überblick über das Ausmaß und die Auswirkungen desselben zu verschaffen. Parallel dazu erfolgt gegebenenfalls die Alarmierung des Einsatzpersonals, aus dem sich die ZST-internen Hilfsdienste rekrutieren. Die Mitarbeiter des Fachgebietes Chemie werden dabei in einem Chemie-Schnelldienst, einem Ausscheidungsmeßdienst und einem Personendekontaminationsdienst tätig.

Es erscheint durchaus vertretbar, daß ein Teil der Laborangehörigen sich, solange im Laboratorium die Untersuchungen noch nicht angelaufen sind, auch direkt an der Probennahme beteiligt, wenn die alarmierten Einsatzdienste noch nicht vollzählig sind oder Mangel an Einsatzpersonal herrscht. Alle chemischen Verfahren (auch die sogenannten Schnellmethoden) benötigen eine gewisse Zeit zur Durchführung, bevor meßfertige Präparate vorliegen. Als Entscheidungshilfen für Sofortmaßnahmen sind sie deshalb wenig geeignet.

Im Übrigen wird das bereits anwesende, nicht anderweitig eingesetzte Laborpersonal in dieser dem Störfalleintritt folgenden ersten Phase Ausrüstung und Meßgeräte überprüfen, das Bereitstellen und die Ausgabe von Probebehältern aller Art vornehmen und einlaufende Proben in Empfang nehmen, sortieren, die kontaminationsfreie Präparierung durchführen, wobei auf die korrekte Kennzeichnung der Proben besonders geachtet wird, und erste orientierende Messungen vornehmen.

2. Sobald die ersten Umweltproben am Einsatzort eingetroffen sind, wird man daran gehen, die zunächst vorgenommenen Abschätzungen über Art und Menge der freigesetzten Radionuklide durch Messungen zu bestätigen, das betroffene Gebiet abzugrenzen und damit die Grundlagen für weitere Maßnahmen zu erhalten und bereits getroffene u.U. korrigieren zu können. Der Schutz von Menschen und das Verhindern einer Verschleppung von radioaktiven Kontaminationen sind die wichtigsten Aufgaben zu diesem Zeitpunkt.

Die sich daraus ergebende chemisch-analytische Arbeit, vom Chemie-Schnelldienst durchgeführt, wird sich erheblich von der normalen Routinearbeit unterscheiden. Wichtig ist der Nachweis des Radiojods, speziell des längerlebigen J 131 (HWZ 8,05 d), weil eine erhöhte Konzentration desselben in der ausgeschütteten Aktivitätswolke eventuell die Evakuierung der in der KFA Beschäftigten aus dem Bereich des Forschungsgeländes

erforderlich machen und besondere Schutzmaßnahmen für die übrige Bevölkerung auslösen kann. Der physikalische Jodnachweis ist aber bei Vorliegen frischer Spaltprodukte erst nach Abklingen der begleitenden kurzlebigen Radionuklide möglich, so daß eine chemische Abtrennung notwendig wird. Bei den übrigen Radionukliden begnügt man sich zunächst unter Verzicht auf jede Trennung mit Gesamtaktivitätsbestimmungen. Im Interesse einer schnellen Verfügbarkeit der Ergebnisse werden bewußt Einbußen an Genauigkeit in Kauf genommen. Grob gesagt, wird in vielen Fällen schon eine Klassifizierung der zu untersuchenden Proben nach "radioaktiv" und "nichtradioaktiv" genügen.

Zur Untersuchung werden Bodenproben, Oberflächenwasser-, Bewuchs- und Niederschlagsproben aus dem kontaminierten Gebiet sowie Luftfilter aller Art kommen. Vom Personendekontaminationsdienst müssen Vorkehrungen getroffen werden, Angehörige der Probennahmedienste oder auch Mitarbeiter aus den vom Störfall betroffenen Anlagen dekontaminieren zu können. In bestimmten Fällen können auch zu diesem Zeitpunkt vom Ausscheidungsmeßdienst bereits Inkorporationsmessungen durchgeführt werden.

Der Arbeitsanfall kann bedingen, daß ein Schichtdienst eingerichtet werden muß. Zur Wahrnehmung aller notwendigen Aufgaben könnten u.U. auch die zur Verfügung stehenden Mitarbeiter nicht ausreichen (es sollte daher aus geeigneten, radiochemisch arbeitenden Mitarbeitern anderer KFA-Institute schon jetzt eine Einsatzreserve gebildet werden, die mit der besonderen Problematik eines Noteinsatzes vertraut zu machen wäre und dann im Bedarfsfall zur Mitarbeit in den chemischen Laboratorien der ZST eingesetzt werden könnte).

3. Nach Abwicklung der Aufgaben der zweiten Phase des Noteinsatzes wird eine längere Periode folgen, in der detaillierte Untersuchungen vorgenommen werden, um die Ursachen und die Auswirkungen des Störfalles zu studieren und mögliche Spätfolgen unter Kontrolle zu halten.

Hierzu ist es erforderlich, das gesamte Routinemeßprogramm abzuwickeln und gegebenenfalls noch um den Nachweis besonders interessierender Nuklide zu erweitern. Der Schwerpunkt der Untersuchungen wird in dem durch die Aktivitätswolke beeinträchtigten Gebiet liegen. Es wird von der Art und der Menge der freigesetzten Radionuklide ebenso wie auch davon, ob bei eventuell nötig werdenden Aufräumarbeiten u.ä. erneut radioaktive Stoffe freigesetzt werden, abhängen, wann dieses Meßprogramm eingestellt werden kann.

Bei den zur Untersuchung gelangenden Proben wird es sich im wesentlichen um Boden-, Bewuchs-, Oberflächenwasser- und Niederschlagsproben handeln. Auch eine verstärkte Kontrolle von Nahrungsmitteln wird erforderlich sein, deren Umfang allerdings auch von der Jahreszeit abhängen wird.

Wegen der Bedeutung von Milch und Trinkwasser für die Versorgung der Bevölkerung werden diese speziell auf Gehalte an Radiojod und -strontium untersucht. Mit dem Auftreten derselben in der Milch von Kühen, die kontaminiertes Gras gefressen haben, ist allerdings erst 2-3 Tage nach dem Eintritt des Störfalles zu rechnen. Das Auftreten im Trinkwasser, das aus Tiefbrunnen gefördert wird, ist erst, wenn überhaupt, zu einem viel späteren Zeitpunkt wahrscheinlich.

Eine Reihe von Personen werden Radionuklide inkorporiert haben. Festzustellen, ob und in welchem Umfange dabei die zulässigen Mengen überschritten wurden und gegebenenfalls eine besondere ärztliche Behandlung notwendig ist, wird Aufgabe u.a. des Ausscheidungsmeßdienstes sein, dem spezielle Schnellmethoden z.B. zum Nachweis von Jod und Tritium zur Verfügung stehen. Die Dekorporation der inkorporierten Stoffe muß in gewissen Fällen durch weitere Messungen verfolgt werden.

In welchem Umfange diese Aufgaben von den Laboratorien der ZST allein wahrgenommen werden können, hängt auch davon ab, ob des Störfalles wegen das ZST-Gebäude auf dem Gelände der KFA geräumt werden mußte und zu welchem Zeitpunkt eine angeordnete Evakuierung wieder aufgehoben wurde. Des öffentlichen Interesses an einem Störfall mit den angenommenen Auswirkungen wegen ist davon auszugehen, daß schon zu einem sehr frühen Zeitpunkt von der Katastrophenabwehrleitung (KAL) weitere geeignete amtliche Laboratorien zur Mituntersuchung und Kontrolle der Ergebnisse herangezogen werden müssen.

In diesem Fall wird die Mitwirkung bei der Probennahme für diese Institute - eventuell auch das kontaminationsfreie Verpacken und Versenden der Proben - eine zusätzliche Aufgabe für die Fachgruppe Chemie der ZST sein.

4. Die Auswirkungen eines nuklearen Zwischenfalles können unter Umständen eine Benutzung der im KFA-Gelände gelegenen Laboratorien der ZST unmöglich machen. Deshalb sind mit der Abteilung Jülich der FH Aachen Vereinbarungen getroffen, daß in einem solchen Fall dort entsprechende Notlaboratorien zur Verfügung stehen. Diese Räume sind als normale Laboratorien für radiochemische Arbeiten ausgerüstet und dürften den an ein Ausweichlaboratorium zu stellenden Ansprüchen in hohem Maße entsprechen. Zusätzlich zur vorhandenen Ausrüstung werden weitere spezielle Chemikalien und Geräte dort gelagert. Durch regelmäßige Kontrollen wird sichergestellt, daß diese Notausrüstung immer einsatzbereit ist.

Bei Eintreten eines Störfalles während der normalen Dienstzeit wird das Laborpersonal gegebenenfalls geschlossen zum Ausweichlaboratorium evakuiert werden. Bei einem Störfall außerhalb der normalen Dienstzeit muß schon bei der Alarmierung des Einsatzpersonals entschieden werden, ob der Einsatz vom Gelände der KFA oder vom vorgesehenen Ausweichlaboratorium aus erfolgen soll und deshalb im Alarmierungsruf eine entsprechende Anweisung enthalten sein.

Da auch ein eingearbeitetes Laborteam weitaus weniger effizient arbeitet, wenn es plötzlich in nicht gewohnter Umgebung tätig werden soll, improvisieren muß und sich mit nicht vorhersehbaren Schwierigkeiten konfrontiert sieht, stellt der Entschluß zur Evakuierung eine Entscheidung von ziemlicher Tragweite dar. Deshalb muß das Ausweichlaboratorium jedem Mitarbeiter durch regelmäßige Übungen und Arbeiten unter Einsatzbedingungen vertraut gemacht werden. Nur dadurch läßt sich sicherstellen, daß dort alle für den Ernstfall notwendigen Geräte, Chemikalien und Ausrüstungsgegenstände vorhanden und einsatzfähig sind, und die wichtige und verantwortungsvolle Tätigkeit der Chemie-Einsatzdienste der ZST ohne Einschränkung durchgeführt werden kann.

Literatur:

- (1) Theoretical possibilities and consequences of major accidents in large nuclear power plants
WASH-740 US-AEC März 1957
- (2) B.H. Hamling
Sources and control of radioactive materials in gaseous effluents from nuclear reactors and processing plants
Progr. in Nuclear Energy, Ser. IV, Vol. 3, Pergamon Press 1960
- (3) Containment and siting of nuclear power plants
Proc. of a Symposium, IAEA Wien, 3. - 7.4.1967.
STI/PUB/154
- (4) R. Tzschaschel, M. Keller
Einsatzübung der Zentralabteilung für Strahlenschutz mit Meßaufgaben bei Strahlennotfällen
Interner Bericht der ZST No. 95, April 1967
- (5) Strahlenschutz der Bevölkerung bei einer Nuklearkatastrophe
Tagungsbericht des Fachverbandes für Strahlenschutz e.V.
Interlaken, Schweiz, 25.5. - 1.6.1968
- (6) Strahlenschutzprobleme bei der Freisetzung und Inkorporation radioaktiver Stoffe
Tagungsbericht der 4. Jahrestagung des Fachverbandes für Strahlenschutz e.V., Berlin, 28. - 30.5.1969
- (7) Rapid methods for measuring radioactivity in the environment
Proc. of an Int. Symposium, Neuherberg, 5. - 9.7.1971
STI/PUB/289 IAEA Wien 1971

- (8) The effects on populations of exposure to low levels of ionizing radiation (BEIR Report)
Report of the advisory committee on the biological effects of ionizing radiations, Nov. 72
Div. of Med. Sci., Nat. Acad. Sci., Nat. Res. Council, Washington, D.C.
- (9) J. Schwibach u.a.
Umgebungsüberwachung bei Kernkraftwerken mit leichtwasser-gekühltem Reaktor
Bundesgesundheitsamt, Abt. für Strahlenhygiene
STH - 5/73 Oktober 1973
- (10) E.L. Saenger
Planning for a radiation accident
American Ind. Hyg. Ass. Journal 20 (1959) 482-87
- (11) J.M. White
Health physics problems following a reactor accident
American Ind. Hyg. Ass. Journal 20 (1959) 478-81
- (12) H. Jacobs
Die Sicherheitsdienste der ZST
Jül-952-ST, Mai 1973, Seite 81-84

4.2 Ausbildung

R. Tzschaschel

Auch im Jahre 1973 wurde die KFA-interne Strahlenschutz Ausbildung nach dem gültigen Rahmenplan (s. Jül-881-ST; S. 16 - 18) fortgesetzt und nach den im Jahresbericht 1972 (Jül-952-ST; S. 85 - 88) näher beschriebenen Methoden durchgeführt.

4.2.1 Strahlenschutzverantwortliche (SSV)

Im Mai und November des Berichtsjahres fanden je ein Informationskurs für SSV statt, an denen insgesamt 19 Personen teilnahmen; 4 davon waren auswärtige Gäste.

Die sich in diesem Zusammenhang häufenden Anfragen KFA-fremder Dienststellen, ob eine Teilnahme ihrer Mitarbeiter an solchen oder ähnlichen Kursen möglich sei, wurde in der Regel abschlägig beantwortet mit den Hinweisen, daß es sich hier nur um eine betriebsinterne Schulung handelt, die im Einvernehmen mit den zuständigen Behörden zum Erwerb der Fachkunde bei KFA-Bediensteten anerkannt wird und daß für andere Institutionen nur autorisierte Kursstätten in Frage kommen. (In der Regel in den einschlägigen Ministerialblättern der Bundesländer veröffentlicht).

21 Mitarbeiter der KFA unterzogen sich den in der ZST in Zusammenarbeit mit dem Sicherheitsbeauftragten und dem Justitariat durchgeführten Fachgesprächen zur Feststellung der für eine Ernennung zum SSV erforderlichen Fachkunde.

Nach Inkrafttreten der neuen Röntgenverordnung (RÖV) am 1. Sept. 1973 wurden die SSV der KFA in einem Fortbildungskolloquium über die sich aus dieser Verordnung für sie ergebenden Konsequenzen unterrichtet.

4.2.2 Erstbelehrungen

In jeweils zwei Veranstaltungen pro Monat wurden insgesamt 181 KFA-Mitarbeitern als "sonst tätigen Personen" durch Erstbelehrungen die nach § 3, Abs. 2, Nr. 3 der 1.StrlSchV geforderten "notwendigen Kenntnisse über die mögliche Strahlengefährdung und die anzuwendenden Schutzmaßnahmen" vermittelt.

4.2.3 Feuerwehr

16 Wehrmänner der KFA-Werksfeuerwehr sind theoretisch und praktisch in der Handhabung einer Gammastrahlungs-Warnleuchte geschult worden. Darüber hinaus war die ZST beratend an der Herstellung einer Lichtbildserie (B. Rodenbäck) beteiligt, die das vorschriftsmäßige An- und Ausziehen von Schutzanzügen unter strahlenschutzmäßigen Bedingungen zum Inhalt hat.

4.2.4 Mitarbeit bei der Ausbildung des zivilen Bevölkerungsschutzes

Im Berichtsjahr fand erstmalig eine größere Übung für den ABC-Zug eines Nachbarkreises statt. Ziel der Übung war, die Truppmänner in der einsatzmäßigen Handhabung von Dosisleistungsmessgeräten zu schulen. Hierfür waren zwei Aufgaben zu lösen:

1. Aufsuchen einer im Gelände "verlorenen" umschlossenen Gammaquelle und Abgrenzung des dadurch entstandenen Kontrollbereichs
2. Dosisleistungsmessungen an einer bekannten Gammaquelle als Funktion des Abstandes und zusätzlich hinter Abschirmungen

Der wesentlichste Ansatzpunkt der Kritik an dieser Übung war der, daß bei den meisten Truppmitgliedern keine ausreichenden Gerätekenntnisse vorlagen und zwar sowohl was die Handhabung der Geräte als auch die Interpretation der Meßergebnisse betrifft. Die Ursache hierfür scheint aus unserer Sicht darin zu liegen, daß solchen Trupps viel zu wenig Gelegenheit gegeben werden kann, in wirklichen Strahlenfeldern zu üben, da sie in der Regel nicht über eigene Strahlenquellen verfügen.

Die ZST hat daraufhin im Einvernehmen mit der Geschäftsführung der KFA dem Kreis Düren (und darüber hinaus weiteren Nachbarkreisen) derartige Übungsmöglichkeiten angeboten.

4.3 Chemische Laboratorien

D. Beyer, D. Merten

Struktur und Organisation der chemischen Laboratorien der Abteilung werden im wesentlichen von den Aufgaben bestimmt, die sich aus der Personendosis-Überwachung auf innere Strahlenbelastung (Ausscheidungsanalysen) und der Immissionsüberwachung der Umgebung der Anlage (Analysen von Proben verschiedener anorganischer und organischer Matrix) ergeben. Zur Verwendung kommen Methoden der chemischen und radiochemischen Analytik, sowie Verfahren der radioaktiven Meßtechnik, die in der Regel aus der Literatur adaptiert und gegebenenfalls weiterentwickelt und den speziellen Anforderungen angepaßt werden. Die Umgangsart bestimmte die Einrichtung eines Low-Level-Bereichs und eines Aktivbereichs, die bezüglich der Klassifikation der Labortypen für den Umgang mit offenen radioaktiven Stoffen als C-Labor (gut ausgerüstetes Chemielabor) bzw. B-Labor (elementares Isotopenlabor) zu kennzeichnen sind. Intern hat sich aus den geschilderten sachlichen und räumlichen Abgrenzungen eine Gliederung in drei Laborbereiche bewährt, wobei aber eine personelle Abgrenzung nicht streng einzuhalten ist.

Besondere Aufmerksamkeit wird im Analysen- und Meßwesen des Fachgebiets den Methoden der Standardisierung der Verfahren und der Ergebnissicherung gewidmet. In diesem Rahmen wird nicht nur Wert auf die Teilnahme an Analysenvergleichen im nationalen und internationalen Maßstab gelegt, sondern es werden auch zur internen Qualitätskontrolle Verfahren entwickelt und eingeführt, die quantitative Aussagen zur Qualitätslage der Analysen- und Meßergebnisse ermöglichen.

4.3.1 Ausscheidungs-Analysenlabor

Dieses Labor nimmt alle chemisch-radiochemisch-analytischen und die daraus entstehenden meßtechnischen Aufgaben wahr, die zur Feststellung der inneren Strahlenbelastung durch Analyse von Ausscheidungsprodukten und anderer biologischer Proben erforderlich sind. Dies geschieht in Verbindung mit den weiteren Verpflichtungen, wie Festlegung von Überwachungsintervallen, Auswahl von Überwachungsmethoden, Beurteilung von Überwachungsergebnissen und Abschätzung der Dosisbelastung im Rahmen einer amtlich anerkannten Inkorporationsmeßstelle (siehe Abschn. 2.3, S. 76).

Die Auswahl der Analysen- und Meßverfahren ist von den Anforderungen der jeweiligen Überwachung abhängig. Bei der regelmäßigen Inkorporationsüberwachung ergeben sich im allgemeinen häufige und langfristige Aufgaben, die einen hohen personellen und materiellen Aufwand in der Ausarbeitung, Verbesserung und der weiteren Betreuung der praktizierten Verfahren erfordern. Die besondere Inkorporationsüberwachung stellt in der Regel bei einer Vielzahl von in Frage kommenden Nukliden kurzfristige analytische Aufgaben, wobei die Schnelligkeit, mit der ein Analysenverfahren einen Überblick über eine Inkorporation zuläßt, von großer Bedeutung ist. Wenn daneben auch Unkenntnis darüber herrscht, welches einzelne Nuklid inkorporiert wurde, wird

man sich eines schnellen, viele Nuklide umfassenden, dafür aber häufig unempfindlicheren Verfahrens bedienen. Im folgenden werden die im Berichtsjahr praktizierten Analysenverfahren kurz skizziert.

Uran

Im Überwachungsbereich der Meßstelle wird fast ausschließlich mit Natururan umgegangen. Die chemisch-toxische Wirkung des Urans und die sich daraus ergebende maximal zulässige Körperbelastung lassen die Anwendung einer chemisch-physikalischen Meßmethode zu seinem Nachweis im Urin zu. Uranfluorid gehört zu den wenigen anorganischen Verbindungen, die nach UV-Einstrahlung eine deutliche Fluoreszenz zeigen. Da das emittierte Licht eine größere Wellenlänge als das anregende hat, läßt es sich durch geeignete Filterung sauber trennen und in einem Photomultiplier verstärken. Die Intensität, die in niedrigen Konzentrationsbereichen direkt proportional zur Menge der fluoreszierenden Substanz ist, wird durch eine Strommessung bestimmt. Für den praktischen Gebrauch stehen zwei Varianten dieser Meßmethode zur Verfügung. Das aufwendigere, aber auch empfindlichere und spezifischere Verfahren wird nur noch in besonderen Fällen eingesetzt. Der fluorimetrischen Messung geht hier eine chemische Aufbereitung des Urins voraus. Im Routinebetrieb wird ein Meßverfahren angewendet, nach dem der Urin direkt auf die Meßmatrix (NaF/LiF-Gemisch) gebracht, damit bei 1000 Grad 3 Minuten geschmolzen und im Fluorometer gemessen wird.

Das Meßverfahren zur direkten Uranbestimmung im Urin wurde in dem Bereich der Blindwertanzeige natürlicher Urine und nach Zusatz von max. 100 µg U/l Urin geeicht. Die kleinste mit genügend hoher Sicherheit ($S = 97,7\%$) noch nachweisbare Urankonzentration beträgt bei Dreifachbestimmungen 1,3 µg pro Liter Urin, die relative Streuung der Werte beträgt am oberen Eichpunkt 5 %.

Thorium

Die derzeit angewandte spektralphotometrische Thoriumbestimmung im Urin ist eine empfindliche und schnelle Methode zur Überwachung möglicher Körperbelastungen beim Umgang mit natürlichem Thorium. Zur Analyse wird die Farbkomplexbildung des Thorium mit dem organischen Reagenz Arsenazo III ausgenutzt. Der unmittelbaren Messung dieses Komplexes geht eine analytische Abtrennung des Thorium von der Urinmatrix voraus. Dieser Trennungsgang wurde zunächst unverändert aus der Literatur übernommen, später aber methodisch in einigen Schritten geändert. Durch Änderungen der Bedingungen zur Mitfällung des Thorium konnte die Ausschaltung der Störeinflüsse durch die in der Urinmatrix enthaltenen Störelemente erreicht werden. Dabei wird im Gegensatz zur früheren "Ammoniakfällung" das Thorium im salzsauren Medium an Calciumoxalat mitgefällt. Alle übrigen normalerweise im Urin vorkommenden Kationen und Anionen bleiben bei diesem Schritt in Lösung. Die weiteren Schritte, Abrauchen des Niederschlags mit Schwefelsäure, Oxidation mit

Wasserstoffperoxid, die weitere Mitfällung an Aluminiumhydroxid, blieben unverändert. Die kleinste mit genügend hoher Sicherheit ($S = 97,7 \%$) noch nachweisbare Thoriumkonzentration beträgt bei Doppelbestimmungen $0,31 \mu\text{g}$ pro Liter Urin, die relative Streuung der Werte beträgt am oberen Eichpunkt (Zusatz von $40 \mu\text{g}$ Thorium pro Liter Urin) 3% .

Tritium (H^3)

Zur Bestimmung der Tritiumaktivität im Urin dient die Messung mit dem Flüssigszintillationsdetektor. Unter der Bedingung einer Gleichverteilung des Tritiums im Urin geht der Messung zur Vermeidung von Fremdaktivitätseinstreuungen und der Herabsetzung des Quencheffektes durch organische Verbindungen eine Destillation voraus. Dabei wird eine geringe Menge Urin in einem Becherglas erhitzt und der an einem abdeckendem Uhrglas kondensierende Dampf in halber Höhe aufgefangen. 1 ml dieses Destillats wird in ein Detektorsystem pipettiert und im Flüssigszintillationsmeßplatz (Tracerlab, CM 25) ausgemessen. Alternativ zur Destillation steht eine Aufbereitung des Urins mit Aktivkohle und Citronensäure zur Verfügung. Als Detektorsystem dient ein Szintillationsgemisch auf PPO/POPOP-Basis, als Meßgefäße werden Kunststoff-Flaschen aus Niederdruckpolyäthylen verwendet.

Die Kenndaten des Meßverfahrens werden von der Statistik des radioaktiven Zerfalls bestimmt. Bei einer Meßzeit von 10 Minuten beträgt die Nachweisgrenze der Tritiumbestimmung im Urin 5 pCi pro 1 ml Urin, die Standardabweichung beträgt beispielsweise bei Gehalten von 50 pCi pro 1 ml Urin 3 pCi . Wegen des geringen Meßaufwandes werden parallel zu jeder Bestimmung Standardproben mit bekanntem Tritiumgehalt gemessen, um Meßausbeute und Quenchkorrektur den jeweiligen Verhältnissen optimal anzupassen.

Sonstige β -Strahler

Eine Inkorporationsüberwachung auf die Nuklide Sr^{90} , Cs^{137} , Tc^{99} und Hg^{203} war nur in wenigen Fällen erforderlich und wurde, soweit keine elementspezifische Analysenverfahren vorlagen, mit nichtspezifischen Gruppentrennungen und -reinigungen durchgeführt. So wurde das Strontium durch eine Ammoniak- und eine Nitratfällung von der Urinmatrix abgetrennt und als Carbonat zum meßfertigen Präparat aufgearbeitet. Cäsium wurde durch Fällung als Hexachloroplatinat und Quecksilber als Sulfid isoliert. In allen drei Fällen wurde isoton geträgert. Die Abtrennung des Technetium erfolgte durch Mitfällung an Kupfersulfid. Zur Messung der abgetrennten Nuklide diente ein Low-Level-Antikoinzidenzmeßplatz, der für diese Nuklide entweder nuklid- oder energiespezifisch geeicht war. Nachweisgrenzen und Reproduzierbarkeit konnten bei diesen Analysen nur an Hand weniger Messungen grob geschätzt werden. Sie lagen aber in jedem Fall weit unterhalb der maximal zulässigen Werte.

Das Meßverfahren zur Bestimmung der Gesamt- β -Aktivität wird vorzugsweise dann eingesetzt, wenn ein schneller Überblick über die Höhe einer Inkorporation gewonnen werden soll und wenn Unkenntnis darüber herrscht, welches einzelne Nuklid inkorporiert worden ist. Der Urin wird oxidativ zur weißen Urinasche aufgearbeitet und die β -Aktivität der Asche in der Low-Level-Antikoinzidenzanlage (Eichung über den natürlichen K 40-Gehalt von Kaliumchlorid) gemessen. Die Bestimmung des K 40-Anteils an der β -Aktivität der Urinasche erfolgt durch eine flammenphotometrische Kaliumanalyse.

Die Nachweisgrenze errechnet sich aus der Streuung der Werte verschiedener nichtkontaminierter Urine. Sie beträgt zur Zeit 60 pCi pro 24 h-Urin (2 σ -Grenze für Doppelbestimmungen). Die Standardabweichung der Einzelwerte beträgt in dem Bereich der Nachweisgrenze etwa 50 %. Dieser Wert wird bei höheren Aktivitäten weniger von der durch die Messung verschiedener Urine bedingten Streuung als von der radioaktiven Zerfallsstatistik bestimmt.

Sonstige α -Strahler

α -Strahler sind, sieht man von der Untersuchung von Gewebe- und Blutproben ab, genügend empfindlich nur durch die Analyse von Ausscheidungsprodukten nachzuweisen. Aber auch dieser Nachweis ist wegen der hohen radiologischen Toxizität vieler α -Strahler problematisch. Aktivitäten von weniger als einem Picocurie in einer Tagesausscheidung zeigen oft schon eine maximal zulässige Körperbelastung mit dem entsprechenden Nuklid an.

Die Überwachung der Nuklide Cm 242-244, Am 241/243, Pu 238/239, Np 237 und Pa 231 ist zur Zeit auf die Untersuchung des Urins beschränkt. Die Nuklide werden nach einer chemischen Aufarbeitung des Urins an Glasfaserfiltern adsorbiert und danach mit Salzsäure eluiert. Das Eluat wird in einem Platinschälchen eingedampft. Die Aktivitätsmessung erfolgt als Bruttomessung in einem Methandurchflußzähler, der für die Nuklide Cm 242, Am 241, Pu 239, Np 237 und Pa 231 geeicht ist. Die Nachweisgrenze auf der Basis von Analysen nichtkontaminierter Urine beträgt etwa 1 pCi/24-h-Urinsammlung (2 σ -Grenze).

Für die Bestimmung von Po 210 im Urin wird ein Verfahren angewandt, nach dem das Polonium elektrochemisch an Nickelblech abgeschieden wird. Die Aktivität wird im Methandurchflußzähler gemessen. Die Nachweisgrenze beträgt hier 3 pCi/24-h-Urinsammlung (2 σ -Grenze).

(R. Biehl, M. Goertz, D. Kuck)

4.3.2 Umwelt-Analysenlabor

Die Aufgaben dieses Labors ergeben sich aus dem Meßprogramm der Zentralabteilung Strahlenschutz zur Überwachung der Umweltradioaktivität der KFA. Sie umfassen alle im Rahmen der Luft- und Wasserüberwachung sowie der Überwachung von Boden, Bewuchs und landwirtschaftlichen Produkten anfallenden Arbeiten der Probenahme, der Probenvorbereitung und der chemischen Analytik und schließen bei chemisch analysierten Proben auch die Aktivitätsmessungen ein.

Die Probenahme erfolgt nach einem zwei Monate im voraus festgelegten Plan in kontinuierlicher Sammlung (bei Oberflächenwasser, Niederschlag und Schlamm durch Löffelwerk, Sammeltrichter bzw. Sedimentierkasten) oder diskontinuierlich als Stichprobensammlung (bei biologischen Objekten, Grundwasser, Trinkwasser, Boden, Gras, Milch und Feldfrüchten).

Zur Probenaufbereitung werden prinzipiell die Verfahren der

- mechanischen Aufbereitung durch Sieben, Schneiden, Mahlen, Mischen
- Aufbereitung mit Anreicherungseffekt ohne chemische Behandlung durch Eindampfen, Trocknen und Glühen
- Aufbereitung mit Anreicherungseffekt durch chemische Analyse

unterschieden, die allein oder in Kombination zu einem meßfertigen Präparat führen.

Das Umwelt-Analysenlabor führte im Berichtsjahr an 706 Proben 1766 Untersuchungen durch, deren Zuordnung im Meßprogramm der Umgebungsüberwachung an anderer Stelle dieses Berichts (Kapitel 3) gegeben ist. Die dabei angewandten radiochemischen Analysenverfahren werden im folgenden dargestellt, wobei die Betonung auf den häufiger analysierten Nukliden J 131 und Sr 89/90 liegt.

N O R M A L V E R F A H R E N

J 131

Dieses Analysenverfahren wird dann eingesetzt, wenn die Nachweisempfindlichkeit γ -spektrometrischer Meßmethoden (ca. 50 pCi/l Probesubstanz) nicht ausreicht. Die Vorbehandlung der Probe zur Analyse hängt von der Probenmatrix ab. Nach der Zugabe von inaktivem Jod als Trägermaterial und Natronlauge zur chemischen Bindung des Jod werden wässrige Proben eingedampft, Milch eingedampft und mäßig geglüht, feste Proben aufgeschlämmt, eingedampft und geglüht und die Rückstände alkalisch aufgeschlossen. Nach einer Reduktion wird das elementare Jod mit Tetrachlorkohlenstoff extrahiert, zum Jodid weiterreduziert und als Silberjodid gefällt. In dieser Form wird es auf ein Filter gesaugt und die Aktivität des J 131 in der Low-Level-Antikoinzidenzanlage gemessen. Der Zeitbedarf für eine Analyse beträgt 6 Stunden, die untere Bestimmungsgrenze 0,5 pCi pro Liter Probesubstanz.

H 3

Die Tritiumbestimmung im Niederschlag und Oberflächenwässern erfolgt mit dem Flüssigszintillationsdetektor. Aufbereitungs- und Meßverfahren sind identisch mit den Verfahren zur Tritiumbestimmung im Urin (Abschnitt 4.3.1). Die Nachweisgrenze beträgt aufgrund der längeren Meßzeit für Nulleffekt und Probe 2 pCi pro ml Wasser.

Sr 89/90

Ein genügend empfindlicher Nachweis der β -strahlenden Nuklide Sr 89/90 ist nur nach radiochemischer Aufbereitung der Probe und anschließender Low-Level-Messung möglich. Die Probenvorbereitungen zur Analyse (eindampfen, glühen) sind für die einzelnen Substanzen mit den Vorbereitungen zur J 131-Analyse identisch. Als Träger wird inaktives Strontium zugegeben. Natronlauge wird nur zugesetzt, wenn eine der Strontiumbestimmung vorangehende J 131-Bestimmung erforderlich ist. Zur Strontiumbestimmung werden aus den vorbereiteten Proben nach der Zugabe entsprechender Rückhalteträger die eventuell vorhandenen Radionuklide der Elemente Cer, Zirkon und Yttrium durch eine Ammoniakfällung abgetrennt und die Carbonate des Strontium, Barium und Calcium gefällt. Mit drei Nitratfällungen wird das Calcium vom Barium und Strontium getrennt. Nach einer Barium/Strontiumtrennung durch eine Bariumchromatfällung und einer erneuten Yttriumabtrennung durch eine Eisenhydroxidfällung bleibt die Lösung 16 Tage zur Einstellung des Sr 90/Y 90-Gleichgewichts stehen. Danach erfolgen die Abtrennung des Yttrium vom Strontium und getrennte Strontiumbestimmungen durch LL-Messung der an Yttriumoxalat bzw. an Strontiumcarbonat gefällten Nuklide Y 90 bzw. Sr 90. Nach Eichungen kann aus der Differenz beider Meßergebnisse der Sr 89-Gehalt errechnet werden. Die Dauer der Analyse wird im wesentlichen durch die 16-tägige Wartezeit bestimmt. Die untere Bestimmungsgrenze nach der radioaktiven Zerfallsstatistik beträgt bei Meßzeiten von 900 Minuten 0,5 pCi pro Liter Probesubstanz.

Y 90/91, Zr 95, Ce 141/144, Cs 137, Ba 140

Die radiochemische Bestimmung dieser Nuklide ist als Ergänzung zur Jod 131- und Sr 89/90-Bestimmung nur seltener erforderlich, zumal einige Nuklide auch hinreichend empfindlich γ -spektrometrisch nachzuweisen sind. Das analytische Trennverfahren schließt sich den Reinigungs- und Isolierschritten der Strontiumbestimmung an (Cer-, Zirkon-, Yttriumabtrennung durch Hydroxidfällung, Calcium-, Strontium-, Bariumabtrennung durch Karbonatfällung) und führt über verschiedene Trennschritte zu Meßpräparaten, auf denen Yttrium und Cer als Oxalate, Barium als Carbonat, Cäsium als Hexachloroplatinat und Zirkon als Salz der α -Hydroxyphenyllessigsäure vorliegen.

S C H N E L L V E R F A H R E N

Kurzlebige Radon- und Thoronfolgeprodukte

Die Bestimmung kurzlebiger Radon- und Thoronfolgeprodukte erfolgt durch Mitfällung der Nuklide an basisches Calciumphosphat und Eisen(III)-hydroxid. Das Verfahren, das zur Untersuchung von Oberflächen- und Trinkwässern eingesetzt wird, geht in der Regel von einer Wassermenge von 5 l aus, dessen Probenahme zur Erhaltung des radioaktiven Gleichgewichts in geeigneten Gefäßen randvoll erfolgt. Nach Zugabe von Eisen- und Phosphationen, bei geringem Härtegrad wird auch Calcium zugesetzt, wird der pH-Wert auf 8 korrigiert, zur Verbesserung der Filtrierbarkeit aufgeschlämmte Aktivkohle zugesetzt und über ein großflächiges Kohlefilter filtriert. Das Filter wird sofort zur Ermittlung der Impulsrate und des Abklingverhaltens in einem Großflächendurchflußzähler gemessen. Der Zeitbedarf für die Aufbereitung des Präparats beträgt 30 min.

Sr 89/90

Zur Schnellbestimmung des Strontium wird auf die Sr 90-Bestimmung über die Gleichgewichtsaktivität des Y 90 verzichtet und somit einerseits die 16-tägige Wartezeit gewonnen, andererseits aber die gleichzeitige Sr 89-Identifizierung ausgeschlossen. Dieser Nachteil kann, wenn auch mit Genauigkeitseinbußen, durch die Verwendung von Absorbern bei der gemeinsamen Sr 89/90-Messung ausgeglichen werden. Bis auf zwei weitere Änderungen im Analysengang (Ersatz der langwierigen Nitrattrennungen des Calcium vom Barium und Strontium durch eine Extraktion mit AeDTA und, bei Milch, Eiweißfällung statt der Aufarbeitung zur Asche) ergeben sich keine prinzipiellen Änderungen im oben beschriebenen Analysengang der Normalmethode. Die Aktivitätsmessung des abschließend als Sulfat gefällten Sr 89/90 erfolgt in der Low-Level-Antikoinzidenzanlage. Die zerfallsstatistische Nachweisgrenze ist höher als bei dem Normalverfahren, da im allgemeinen kleinere Probesubstanzmengen und kleinere Meßzeiten zur Verfügung stehen. Die radiochemische Ausbeute schwankt zwischen 50 und 85 %. Der Zeitbedarf für eine Analyse beträgt 5 Stunden.

J 131

Bei dem Schnellverfahren zur Bestimmung von Radiojod in Wässern wird der Isotopenaustausch an festem, inaktivem Silberjodid benutzt. Dabei wird die wässrige Probe nach kurzer Vorbehandlung durch eine Silberjodid-Asbestaufschlammung gesaugt und je nach Höhe der Aktivität und dem Einfluß von Störaktivitäten (Zr 95, Nb 95) γ -spektrometrisch oder in der Low-Level-Antikoinzidenzanlage gemessen. Die untere Bestimmungsgrenze beträgt im letzten Fall etwa 10 pCi pro Liter Probesubstanz, der Zeitbedarf für eine Analyse im nCi-Bereich 10 Minuten.

(M.Goertz, H. Hildebrand, D. Kuck)

4.3.3 Aktivlabor

Zu den Aufgaben des Aktivlabors gehören alle Arbeiten mit offenen radioaktiven Stoffen, die praktische Erprobung radiochemischer Analysenverfahren im hohen Aktivitätsbereich, die Herstellung von Eich-, Kalibrierungs- und Kontaminationsstandards (auch für andere KFA-Institute und Stellen außerhalb der KFA), die Verarbeitung von Bestrahlungsproben für die Ausbreitungsexperimente (FE 51.100), Untersuchungen nach Kontaminations- und Inkorporationszwischenfällen sowie Dekontaminationsversuche mit von der Industrie angebotenen Reinigungsmitteln.

Im Berichtsjahr wurden 22 Einzelaufträge bearbeitet; darunter befanden sich 10 Aufträge für andere KFA-Institute sowie 1 Industrieauftrag. Die Ergebnisse dieser Arbeiten sind in 6 Laborberichten und 16 Laborprotokollen zusammengefaßt.

Für die verschiedensten Verwendungszwecke wurden insgesamt 1262 radioaktive Präparate hergestellt. Tabelle 4.3/1 gibt einen Überblick über die verwendeten Nuklide und eine Aufschlüsselung nach dem Verwendungszweck.

Die im vorangegangenen Jahr begonnenen Untersuchungen zur Analyse des Po 210 im Urin mittels elektrolytischer Abscheidung an Nickelblech wurden abgeschlossen. Die weiteren Untersuchungen werden nunmehr im Ausscheidungsanalysenlaboratorium vorgenommen.

Im Auftrage einer Fremdfirma wurden die Dekontaminationseigenschaften eines Reinigungskonzentrates für verschiedene α - und β -Strahler an Glas, Bodenbelag, Edelstahl und Keramik (Labortischbeläge) überprüft. Das untersuchte Mittel zeigte sich außer bei Glas dem von uns sonst verwendeten Mittel überlegen.

Tabelle 4.3/1
Übersicht über die zur Präparateherstellung verwendeten Nuklide
und über die Verwendung dieser Präparate

Nuklid	α - β - Eich- messungen	n-Spektro- metrie	Kontami- nations- standards	Präparate für KFA- Institute	Verschie- dene An- wendungen
An-241	•	•	•	•	•
At-211	•		•	•	•
Ce-144					•
Ce-144	•		•	•	•
Co-60	•		•	•	•
Cs-137	•		•	•	•
Cu-64	•				•
Fe-55			•		
Fe-59					
H-3	•				•
Hg-203	•				•
Mo-166	•		•		•
J-131	•				•
Mn-54	•			•	•
Na-22	•				•
Np-239	•		•	•	•
P-32			•	•	•
Pb-210			•	•	•
Pb-147		•		•	•
Po-210				•	•
Pu-239		•	•	•	•
Ra-226				•	•
Ru-103				•	•
Ru-106				•	•
S-35	•		•	•	•
Sr-90			•	•	•
Tc-99				•	•
Th-228			•	•	•
Tl-204				•	•
Y-88	•			•	•
U-233				•	•
U-nat				•	•
Zahl der Präparate	208	53	650	39	312

1262
[Gesamt]

Für das Forschungsvorhaben "Ausbreitung und Ablagerung von Schadstoffen in der Atmosphäre" wurde für die Verarbeitung der bestrahlten Proben ein zweiter, verbesserter Manipulator eingesetzt. In dem bisher verwendeten Manipulator, der jetzt zum Lösen des bestrahlten Ho 166 eingesetzt wird, wurde eine verbesserte Beleuchtungseinrichtung eingebaut und das Fenster neu poliert, so daß das Ergreifen der Kapsel sowie der Lösevorgang nun einwandfrei zu beobachten sind.

Insgesamt wurden im Berichtszeitraum 17 bestrahlte Proben mit einer Aktivität zwischen 7 und 30 Ci Cu 64 und 1 Probe mit einer Aktivität von ca. 10 Ci Ho 166 in Lösung gebracht. Damit wurden 11 Emissionsversuche, einschließlich eines Simultanversuches (Cu 64 und Ho 166), unternommen. Bei allen Arbeiten wurden keine erhöhten Personendosen festgestellt und keine nennenswerten Kontaminationen verursacht.

In einer Glove-Box wurden ferner 17 Ablagerungsversuche mit elementarem Jod, das mit J 131 markiert war, auf Gras und Kohlefilter durchgeführt. Bei weiteren 10 Versuchen wurde organisch gebundenes Jod (als Methyljodid) verwendet.

(K. Mandelartz, R. Schoch)

4.4 Gerätedienst

4.4.1 Zusammenfassende Übersicht

W. Rolnik

Der Gerätedienst der ZST betreut wie seit Jahren alle Strahlenschutzmeßgeräte der KFA und auch anderer Institutionen, soweit diese in den Wartungsplan aufgenommen sind. Tabelle 4.4/1 zeigt den gesamten Tätigkeitsumfang des Gerätedienstes während der letzten Jahre, während in Abb. 4.4/1 alle Reparaturfälle statistisch erfaßt wurden.

Tabelle 4.4/1
Tätigkeitsumfang des ZST-Gerätedienstes von 1970 bis 1973

Durchgeführte Arbeiten	1970	1971	1972	1973
Eingangskontrollen (direkt)	154	159	143	120
Eingangskontr.(nach Werksrep.)	65	73	77	91
Wartungen	544	635	714	846
Wartungen mit Reparatur	49	52	55	39
Reparaturen	539	580	652	728
Geräteänderungen bzw.Ergänzg.	74	81	77	75
Kalibrierung im Strahlenfeld	439	510	529	420
Stabdosisimeter (Eingangskontr. + Kalibrierung)	429	349	250	87

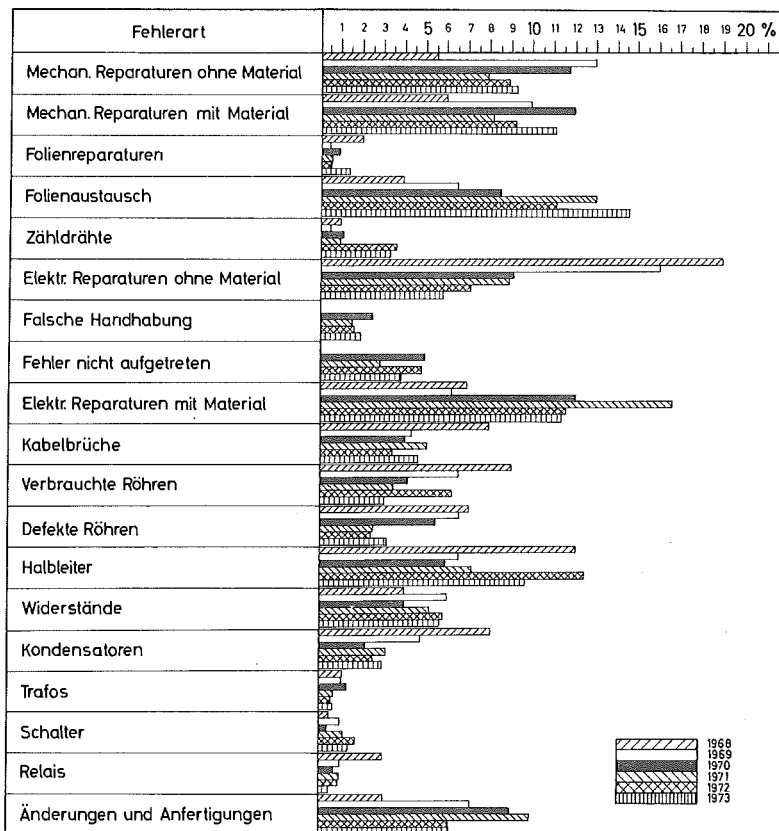


Abb. 4.4/1: Häufigkeitsverteilung der Reparaturfälle von 1968 bis 1973

Im Einzelnen wurde die in Abb. 4.4/1 gezeigte Statistik in den Berichten der Vorjahre eingehend erläutert, so daß hier nur ein Hinweis auf die Rubrik "Elektronische Reparatur mit Material" genügen möge. Letztere setzt sich zusammen aus: Zählrohre 5,5 % (4,3; 7,2) Glüh- und Glühlampen 2,2 % (3; 2,5), Stecker 2 % (1,6; 2), Ni-Cd-Akkus 0 % (0,55; 0,7), Sonstiges 1,7 % (2,1; 4,3). Zum Vergleich sind in Klammern die Werte der Vorjahre 1972 und 1971 angegeben.

Der auffällige Rückgang der Zahl der defekten Ni-Cd-Akkus ist begründet in der starken Reduzierung der Zahl solcher Geräte die ursprünglich mit derartigen Sammlern bestückt waren, d.h. diese Sammler wurden, soweit möglich, durch Trockenbatterien ersetzt bzw. ganz entfernt, wenn das Gerät am Netz betrieben werden kann. Nachdem auch einige Gerätehersteller Erfahrungen mit den Nachteilen von Ni-Cd-Akkus, wie z.B. Schädigung durch Überladen gesammelt hatten, verwendeten sie gasdichte Bleiakkus. Erfahrungen mit deren bekannten Nachteilen - Schädigung durch Tiefentladung oder nicht rechtzeitiges Aufladen - wurden dabei natürlich auch gemacht. Auf unsere Anregung hin rüstete daher ein Hersteller sein akkubetriebenes Gerät mit einer Abschaltautomatik gegen Tiefentladung aus. Dies bedeutet eine wesentliche Verbesserung, weil jetzt ein versehentliches Nichtausschalten dem Bleiakku nicht mehr schaden kann.

Darüber hinaus wurden folgende Arbeiten an kommerziellen Geräten durchgeführt, welche teils zur Erhöhung ihrer Einsatzbereitschaft und Zuverlässigkeit, teils zur Senkung von Reparaturkosten führten.

In Kontakt mit einem Hersteller wurden die Ursachen schlechter Plateaus von Großflächenzählern untersucht und geklärt.

Für zeitlich begrenzte meteorologische Messungen mit einer mobilen Anlage konnte ein älteres Gerät wiederhergestellt werden.

Ein bestimmter Typ eines vergossenen Schaltverstärkers in meteorologischen Geräten ist nicht mehr erhältlich, hat jedoch eine gewisse Ausfallrate eines Transistors. Bei einem Defekt wird hier die betreffende Stelle mit chemischen und mechanischen Mitteln geöffnet und der defekte Transistor durch einen anderen Typ ersetzt.

Eine besonders hohe Senkung von Reparaturkosten konnte bei einem meteorologischen Meßgerät aus den USA erzielt werden. Hier hat ein Operationsverstärker eine gewisse Ausfallrate und wird durch einen in der KFA erhältlichen Typ ersetzt. Zwecks direkter Austauschbarkeit wurde der Ersatztyp zusammen mit einer geringen Schaltungsänderung auf eine Stiftkarte gesetzt. Gegenüber dem Originaltyp zeigt sich sogar eine geringe Verbesserung des Temperaturverhaltens. Unter Berücksichtigung der Lohnkosten ergibt sich eine Einsparung von über 500 DM pro Reparaturfall.

Zur Rationalisierung der Reparatur von Hand-Fuß-Monitoren wurde für zwei Typen eine Prüfvorrichtung für Steckkarten gebaut, so daß diese unabhängig vom Monitor repariert werden können.

(H. Gorressen, J. Langer, G. Opladen, J. Wauben, W. Zwingel)

4.4.2 Eine neue Anlage zur Kalibrierung von Strahlenschutzmeßgeräten

Z. Mazurkiewicz

Für die nach Reparaturen und Wartungen erforderliche Kalibrierung von Strahlenschutzmeßgeräten wurde eine Anlage geschaffen, die folgende Forderungen erfüllt: exakte Kalibriertechnik bei großem Gerätedurchsatz verbunden mit einer leichten Bedienbarkeit und einem optimalen Strahlenschutz für das bedienende Personal. Abb. 4.4/2 zeigt schematisch den Aufbau der im folgenden als "Kalibrierbank" bezeichneten Anlage.

Die gesamte Kalibrierbank läuft auf den zu der Krananlage des Bestrahlungsbunkers gehörenden Stahlschienen, so daß sie (senkrecht zur Bildebene) verschoben werden kann, womit vor allem erreicht ist, daß sie in Ruhestellung andere im Raum durchzuführenden Arbeiten nicht stört. Ihre Gesamtlänge beträgt 7 m. Auf der linken Seite befindet sich ein ferngesteuerter Motor, mit welchem die Quelle aus einem Bleischutzbehälter in die Bestrahlungsposition (x) gefahren werden kann. Auf der Trägerschiene der Kalibrierbank läuft ein kleiner Wagen, der von dem rechten Motor, ebenfalls ferngesteuert, angetrieben werden kann. Der Wagen besitzt auswechselbare Halterungen, um Prüflinge der verschiedensten Typen kalibrieren zu können. Eine am Wagen befindliche schwenkbare Fernsehkamera läßt sich exakt auf das Meßinstrument

des jeweiligen Prüflings einstellen. Zur Einstellung der für einen bestimmten Kalibriervorgang geforderten Entfernungen zwischen Gerät und Strahlenquelle befinden sich auf der Trägerschiene kleine Reiter mit Endschaltern, welche vor Beginn der Kalibrierung fixiert werden.

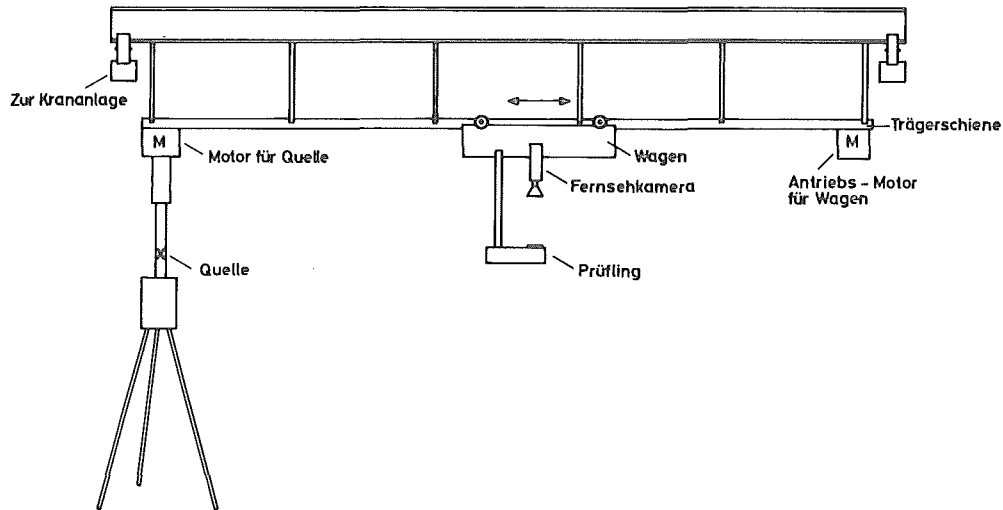


Abb. 4.4/2: Anlage zur Kalibrierung von Strahlenschutzmeßgeräten (schematisch)

In der Regel werden die Nuklide Cs 137 (75 mCi) und Co 60 (100 mCi) verwendet, womit sich ein Dosisleistungsbereich von 2 mR/h bis 5 R/h überstreichen läßt. Dieser Bereich ermöglicht eine Kalibrierung der in der KFA überwiegend benutzten Strahlenschutzmeß- und Warngeräte. Für eine Kalibrierung bei den seltenen verlangten höheren Dosisleistungen müssen stärkere Strahlenquellen verwendet werden.

Die Fernbedienung der beiden Antriebsmotore sowie die Ablesung der Geräteskala mittels Fernsehmonitor erfolgt außerhalb des Bestrahlungsbunkers in einem strahlenfreien Laborraum. Abb. 4.4/3 zeigt eine Totalansicht der an der Krananlage befestigten Kalibrierbank und Abb. 4.4/4 als Beispiel die Kalibrierung eines mit Ionisationskammersonde bestückten Dosisleistungsmeßgerätes.

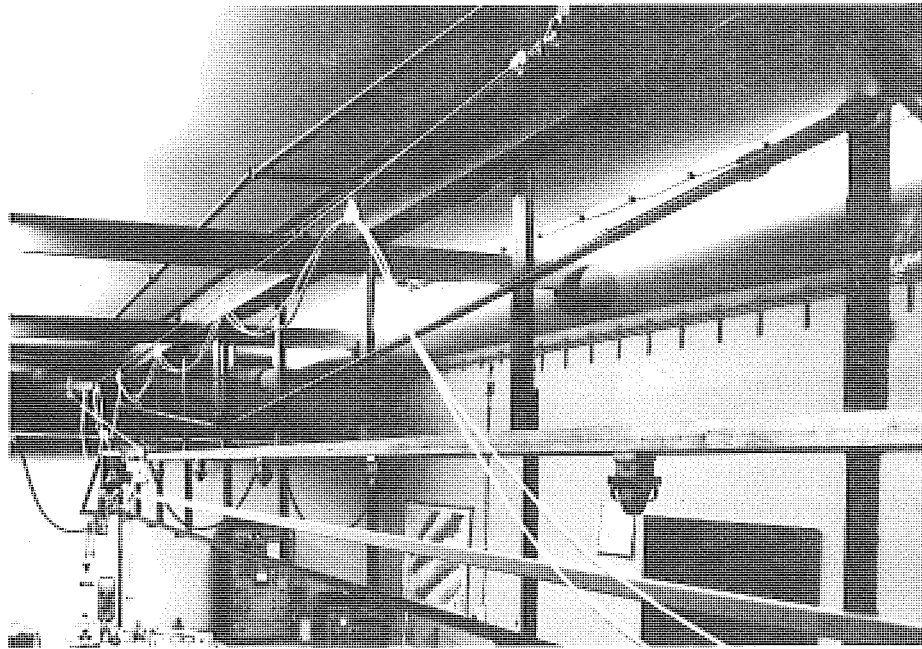


Abb. 4.4/3: Anlage zur Kalibrierung von Strahlenschutzmeßgeräten (Totalansicht)

4.4.3 Die Verwendbarkeit von Strahlenschutzmeßgeräten im Hinblick auf die neue Röntgenverordnung

W. Rolnik

Da es bislang keine zuverlässigen Angaben über die Empfindlichkeit von Dosis- und Dosisleistungsmeßgeräten bei sehr weicher Quantenstrahlung gibt, wurden einige relative Vergleichsmessungen an einer Röntgenfluoreszenzapparatur durchgeführt. Es wurden ein Fe-Target (ca. 6,5 keV) und ein Ge-Target (ca. 10 keV) verwendet. Die Röhrenspannung betrug etwa 20 kV.

Bei 6,5 keV hatten das TOL/E und das Babyline etwa die gleiche Anzeige, das Victoreen 440 hatte die doppelte Empfindlichkeit. Das Stabdosimeter SEQ 7 hatte mit hochgeschobener Kappe etwa die gleiche Empfindlichkeit wie das Babyline. Zwischen den Stabdosimetern bestehen folgende Verhältnisse: SEQ 7 ohne Kappe zu SEQ 6 gleich etwa 45; SEQ 7 ohne Kappe zu FH 39 R gleich etwa 10.

Bei 10 keV sind die Verhältnisse: SEQ 7 ohne Kappe zu SEQ 6 gleich etwa 4,5; SEQ 7 ohne Kappe zu FH 39 R gleich etwa 1,8. (Die Energieabhängigkeit des SEQ 6 soll inzwischen verbessert worden sein.)

Kalibrierbank im
Kontrollbereich

Reiter mit
Endschalter

Fernsehkamera

Skala des
Prüflings

Fernsehmonitor
außerhalb des
Kontrollbereichs

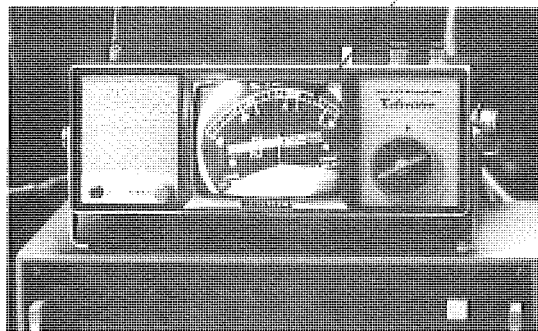
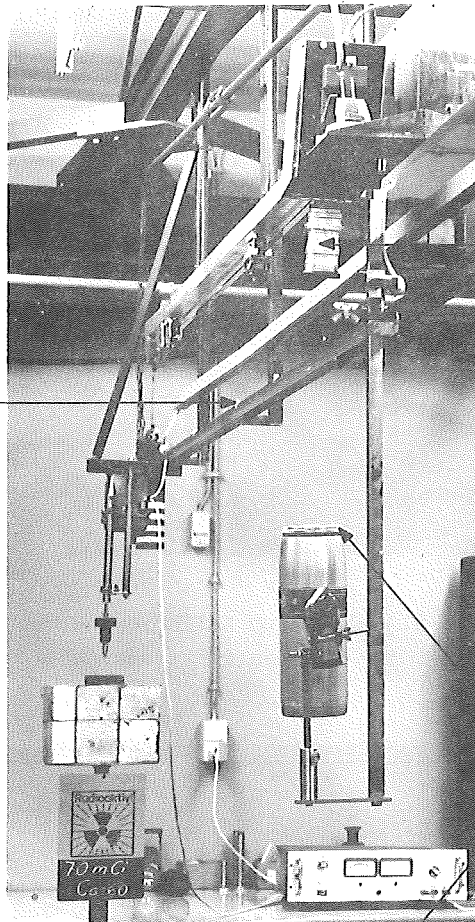


Abb. 4.4/4: Kalibrierung eines Dosisleistungsmeßgeräts

Wie schwierig es ist, bei niedrigen Quantenenergien genau zu kalibrieren, sei am Beispiel des Victoreen 440 gezeigt. Im folgenden sind die Empfindlichkeitsverhältnisse von 8 zu 16 keV (EV 1) und von 10 zu 20 keV (EV 2) angegeben, welche aus drei Veröffentlichungen (1, 2, 3) entnommen wurden.

EV 1: 0,56 (1), 0,95 (2), -
EV 2: 0,76 (1), 0,94 (2), 1,02 (3)

Qualitativ ist für die Energieabhängigkeit bei niederen Energien die Schwächung der Primärstrahlung in der Detektorwandung maßgebend.

Literatur:

- (1) D.A. McKown, E. Storm
The Photon Energy Response of Several
Ionization Chamber-Instruments
Report LA-2679 (Febr. 1962)
- (2) Victoreen 440 Instruction Manual
(Form 1082 B-63)
- (3) B. Burgkhardt, E. Piesch
Energieabhängigkeit einiger gebräuchlicher
Dosisleistungs- und Dosismesser für den Strahlenschutz
Report KFK 1484 (Sept. 1971), Kernforschungszentrum
Karlsruhe

4.5 Datenverarbeitung

G. Crommen, R. Geiser, H. Gottschalk, F. Rohloff, E. Rose, A. Vehanen*),
W. Wessels

4.5.1 Integration der Datenverarbeitung im Arbeitsablauf der ZST

Die ZST hat sich in den ersten Jahren ihres Bestehens mit der Einführung von Strahlenschutzmethoden befaßt. Nur langsam, mit dem stetigen Ausbau der KFA und der Aufnahme vielfältiger Forschungsvorhaben an den Instituten der KFA, nahmen die Strahlenschutzaufgaben mengenmäßig zu. Um all diese Probleme bewältigen zu können, wurde es notwendig, die Methoden der Datenverarbeitung einzuführen (Abb. 4.5/1). Unsere Hauptaufgabe besteht darin, Dienstleistungen zu erfüllen.

Vom Gesichtspunkt des Arbeitsaufwandes steht die Personendosimetrie im Vordergrund. Von den etwa 4000 Beschäftigten der KFA werden ungefähr 1800 zum Teil ständig oder auch nur gelegentlich überwacht.

Die Überwachungsdaten werden über verschiedene Auswerteverfahren gesammelt, koordiniert und archiviert. Die Methodik wurde bereits im Arbeitsbericht 1971 beschrieben, sie ist seitdem ständig ergänzt worden (vgl. 4.5.2 und 4.5.4 in diesem Bericht). Die mengenmäßige Zunahme des Arbeitsanfalls in den letzten Jahren konnte problemlos aufgefangen werden.

*) Gastmitarbeiter

Die Buchführung der radioaktiven Stoffe ist eine wichtige Aufgabe der Betriebsüberwachung; dabei wird sie von der Datenverarbeitung tatkräftig unterstützt.

Die Transportbegleitscheine (intern und extern) enthalten Angaben über Nuklid, Menge oder Aktivität, Empfänger, Absender, Umgangsgenehmigungen usw.. Diese gesamte Information wird zunächst auf Datenkarten übertragen. Mit Hilfe eines Prüfprogrammes werden offensichtliche Stanzfehler erkannt. Um aber alle Fehler möglichst festzustellen, werden die Informationen der Transportbegleitscheine mit denen der Datenkarten manuell verglichen. Danach werden monatliche interne und externe Zu- und Abgangsmeldungen erzeugt, die nach Instituten geordnet sind. Damit die Datenmenge für die weitere Verarbeitung verfügbar ist, wird sie auf Magnetband übertragen und sortiert. Das Buchführungsprogramm erstellt nach Genehmigungsnummern geordnete Bestandsverzeichnisse. Alle diese Listen werden dem Sachgebiet Betriebsüberwachung ausgehändigt. Sie werden den Instituten zugestellt und dort kontrolliert. Korrekturen können nachträglich auf Band vorgenommen werden.

Für die Umgebungsüberwachung werden meteorologische Daten auf Lochkarten und Bänder archiviert und zusammen mit Angaben über freigesetzte Aktivitäten zu Jahresdosisbelastungslisten und Übersichtskarten verarbeitet. Hierüber ist in einem ZST-Bericht Nr. 159 ausführlich berichtet worden. In jüngster Zeit wird die Digitalisierung und mechanische Aufnahme von meteorologischen Daten mit voller Kraft vorangetrieben. Über die Datenerfassung von Windprofilmessungen wird bereits in diesem Bericht unter 4.5.5 berichtet.

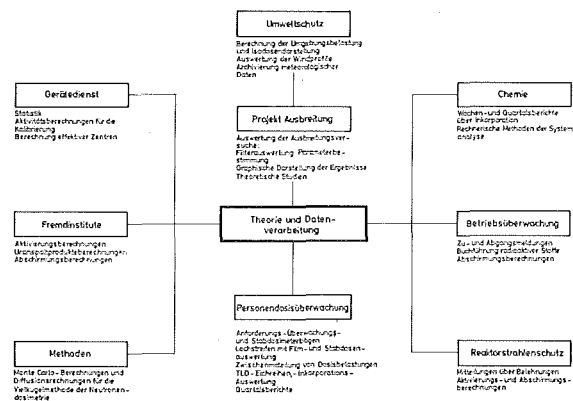


Abb. 4.5/1: Aufgabengebiete der Datenverarbeitung

4.5.2 Vorbereitende Arbeiten an der PDP 11

Für die Abteilung ist ein Prozeßrechner PDP 11 angeschafft worden, um eine leistungsfähigere Datenübertragung zum Großrechner zu ermöglichen. In der ZST fallen an mehreren Stellen Daten in größerer Menge an, die zur Zeit zunächst auf Lochstreifen aufgenommen werden. Dazu gehören die Ergebnisse mehrerer Vielkanaler, eines Densitometers und verschiedener meteorologischer Meßgeräte. Ferner bietet sich an, umfangreiche Dateneingaben über die PDP 11 an den Großrechner weitergegeben, um die Möglichkeit auszunutzen, die einzugehenden Daten mit der PDP 11 vorzuprüfen. In einer endgültigen Ausbaustufe können dann die Meßgeräte direkt an die PDP 11 angekoppelt werden und die Datenübertragung mittels eines Untergrundprogramms geleistet werden.

a) Spektrenauswertung

Zur Zeit werden die anfallenden Spektren auf Lochstreifen übertragen, zum ZAM durch Boten gebracht, dort ausgewertet, und wieder abgeholt. Da diese Spektrenauswertung im Normalfall sehr eilig ist, und da tagsüber ständig auszuwertende Spektren anfallen, ist eine Arbeitskraft zum größten Teil mit Botengängen beschäftigt. Die PDP 11 wird nun zunächst dazu eingesetzt, die Spektren datenmäßig zu lesen. Mit einem eigenen Rechenprogramm wird die PDP 11 zunächst prüfen, ob es sich um einen trivialen Fall handelt, wenn z.B. das Spektrum nur Meßwerte in Höhe des Nulleffekts wiedergibt, oder wenn das Spektrum lediglich ein schon vorher bekanntes Nuklid enthält, so daß nur Peakinhalt bestimmt werden müssen. In diesen Fällen kann die PDP 11 bereits ein endgültiges Protokoll erstellen und eine Weiterberechnung auf der Großrechenanlage erübrigt sich. Dies wird sowohl einen großen Zeitgewinn als auch eine Einsparung an Rechenmaschinenkosten im ZAM bringen. Nicht triviale Spektren werden an den Großrechner übertragen und ausgewertet. Ein Ergebnisprotokoll wird entweder auf die PDP 11 oder das Terminal zurückübertragen.

b) Dosimeterauswertung

Hier handelt es sich um die Auswertung sowohl von Film- als auch von TL-Dosimetern. Die Meßwerte fallen auf Lochstreifen an. Die eigentliche Auswertung ist rechnerisch sehr einfach und kann von der PDP 11 erledigt werden. Das eigentliche Problem besteht in der Zuordnung der Auswertungsergebnisse zu den in den Personalkarteien geführten Personen. Die Hauptarbeit wird immer in einer Kontrolle der Eingabedaten bestehen, da die gesamte Datenverarbeitung mit der richtigen Zuordnung von Meß- und Personendaten steht und fällt. Die vernünftigste Lösung ist die Erstellung eines Datasets auf der PDP 11, welcher noch vor Absendung an den Großrechner kontrolliert wird. Für die notwendigen Kontrollen und Korrekturen muß auf der PDP 11 ein eigenes Programmsystem aufgebaut werden. Der kontrollierte Dataset wird dann an den Großrechner übertragen und mit dem dort befindlichen Programmsystem weiterverarbeitet. Da nun dort die Kontrollläufe wegfallen, können erhebliche Rechenkosten eingespart werden.

c) Radioaktive Buchführung

Für die radioaktive Buchführung werden jährlich etwa 10000 Belege gelocht. Wieder ist eine genaue Kontrolle der Eingabedaten unbedingt erforderlich. Da es sich teils um fest vorgegebene Datenelemente handelt, ist eine maschinelle Kontrolle der Form und teilweise des Inhalts der Daten sinnvoll. Auch dies kann die PDP 11 vorleisten, so daß nach der Handkontrolle ein endgültiger Dataset an den Großrechner übertragen werden kann.

4.5.3 Programm zur Vorabauswertung von Film- und Stabdosen

Dieses Programm ist ein Bestandteil unseres Programmzyklus Personendosimetrie. In diesem Zyklus werden alle Arbeitsvorgänge aus der Personendosimetrie datenverarbeitungsmäßig unterstützt. Ziel der Personendosimetrie ist es, eine wahre Körperdosis der beruflich strahlenexponierten Personen zu erhalten. Diese wahre Körperdosis kann nur aus einem Vergleich aller Dosismeßwerte in einem Vergleichszeitraum gewonnen werden. Der Programmzyklus der Personendosimetrie hilft bei diesem Anliegen, indem alle Daten für die überwachten Personen aus verschiedenen Meßphasen gesammelt und geordnet dem Fachmann zur wissenschaftlichen Beurteilung zur Verfügung gestellt werden.

Um jedoch den Strahlenschutzverantwortlichen eine schnelle Information über die Film- und Stabdosisbelastungen der in ihren Bereichen arbeitenden Mitarbeiter geben zu können, wurde das Programm, über welches hier berichtet wird, in den Programmzyklus eingefügt. Sobald die Auswertungen der Filme vorliegen werden alle Eingabedaten der Filme und Stabdosismeter der unbedingt notwendigen Kontrolle unterzogen.

Es wird eine sogenannte Sofortinformation erstellt, die den Strahlenschutzverantwortlichen unverzüglich zugeleitet wird. Diese Sofortinformation enthält die ermittelten Filmdosismeterwerte und die Stabdosismeterwerte. Diese Nachricht ist selbstverständlich insofern nur vorläufig, als die endgültige wahre Körperdosis, wie oben beschrieben, erst später festgelegt wird. Trotzdem ist diese schnelle Information unbedingt erforderlich, damit der Strahlenschutzverantwortliche eventuell schnell Maßnahmen ergreifen kann. Eine ausführliche Programmbeschreibung befindet sich unter der Rechenprogramm Nr. 5/73 in der Programmbibliothek der ZST.

4.5.4 Programmsystem zur Bearbeitung der TL-Dosimetrie

In den letzten Jahren hat die TL-Dosimetrie erheblich zugenommen. Diese Dosimeter werden eingesetzt, einmal, um außerhalb des normalen Zyklus der Filmdosimetrie für kürzere Zeiträume Personendosen zu bekommen, zum anderen, um die Dosen besonders gefährdeter Körperteile zu bestimmen.

Das Thermolumineszenzauswertegerät ist elektronisch mit einer Teletype gekoppelt. Auf einen Lochstreifen werden neben Kenndaten wie Tragemonat, Serienmonat und Datum der Auswertung die TLD-Nummern und die Meßwerte des Gerätes geschrieben. Das Programm TLDMES liest diese Daten auf Band.

Ein Kalibrierungsfaktor und ein vorläufiger Nulleffekt werden per Datenkarten eingegeben. Der Nulleffekt wird dann aus den nicht benutzten TL-Dosimetern neu errechnet. Die ermittelten Daten werden zunächst zwischengespeichert. Das Programm TLDMES befindet sich mit einer ausführlichen technischen Beschreibung als Rechenprogramm Nr. 3/73 in der Programmbibliothek der ZST.

Über das Programm TROT besitzt das Programmsystem eine Korrekturmöglichkeit. Hiermit können vom Terminal aus offensichtliche Einlesefehler oder Gerätefehler korrigiert werden.

Das Programm TLD führt dann die eigentliche Auswertung durch. Die Ergebnisse werden den Personen, die überwacht wurden, zugeordnet, und es wird ein Protokoll über die gefundenen Dosisbelastungen erstellt. Ferner werden die gefundenen Belastungen mit den dazugehörigen Personaldaten zwischengespeichert, um in den Monatsberichten der Personaldosimetrie verwendet werden zu können.

4.5.5 Datenerfassung und Verarbeitung der Windprofilmessung

Seit Beginn des Jahres werden die Meßwerte der Windgeschwindigkeiten elektronisch digitalisiert und auf Lochstreifen ausgegeben. Es fallen alle zehn Minuten jeweils acht Meßwerte für acht Höhen an.

Das Programm CARL liest zunächst diese Daten und schreibt sie auf Band. CARL hat mehrere Fehlerprüfroutinen, womit offensichtlich fehlerhafte Daten erkannt werden. Solche Werte können elektronisch von Störimpulsen, oder auch aus Meßgeberausfällen herrühren. In solchen Fällen werden in die geordnete Meßwertfolge auf dem Band Blanks geschrieben; ferner wird zu jedem Datenblock, der einen Zehn-Minuten-Zyklus an Meßdaten enthält, die Fehleranzahl als Datenelement hinzugefügt.

Auf das mit CARL erzeugte Datenmaterial wird in Form einer Programmkopplung das Programm STUND angewendet. Es dient dazu, Stundenmittelwerte, Halbtagesummen und Halbtagesmittelwerte der in acht Höhen gemessenen Windgeschwindigkeiten zu ermitteln. Die einzelne Windgeschwindigkeit wird zur Stundenmittelwertbildung herangezogen, falls ihr Wert nicht das Fünffache des vorhergehenden Wertes übersteigt, anderenfalls wird stattdessen der vorhergehende Wert berücksichtigt. Der Stundenmittelwert wird gebildet, wenn mehr als drei Meßwerte für die Windgeschwindigkeiten pro Höhe und Stunde vorliegen. Mit Hilfe einer Fehlerprüfroutine ist es möglich, eine Stundenmittelwert- bzw. eine Halbtagesummenwertbildung auch dann abzuschließen, wenn die letzten Messungen ausgefallen sind.

Die Stundenmittelwerte werden mit Stunden- und Tageskennung zur weiteren Verarbeitung zwischengespeichert.

Die Programme CARL und STUND befinden sich mit einer ausführlichen technischen Beschreibung als Rechenprogramme Nr. 10/73 in der Programmbibliothek der ZST.

4.5.6 Ein Programm zur Umnummerierung von Statements und Neugestaltung von unübersichtlichen FORTRAN-Programmen

a) Einleitung und Aufgabe des Programmes

Bei der Erstellung und Bearbeitung - insbesondere beim Erweitern und Umordnen - von F O R T R A N -Programmen verlieren diese erfahrungsgemäß schnell an Übersicht. Das ursprüngliche Konzept einer möglichst gut geordneten und übersichtlichen Folge der Statements ist - je nach Umfang der Änderungen - in mehr oder weniger kurzer Zeit nicht mehr wiederzuerkennen. Die Konsequenz ist, daß bei weiteren Bearbeitungen unerwünschte Schwierigkeiten und Komplikationen entstehen, wie Doppelnumerierungen, langwieriges Suchen nach Statements, ja daß überhaupt das Zurechtfinden im Programmablauf nur unter großen Erschwernissen möglich ist und dadurch unerfreulicher und unnötiger Arbeitsaufwand verursacht wird.

Das im folgenden beschriebene Programm dient zur Beseitigung dieser Mängel und hat im wesentlichen folgende Aufgaben:

- a) Neuzuteilung der Statementnummern in aufsteigender Folge,
- b) Erzeugung einer Labelung in den Spalten 73-80 in vorgebbarem Abstand,
- c) Zusammenfassende Sortierung der Formatstatements am Schluß des Programmes einschließlich Neunummerierung in aufsteigender Folge.

Als Nebeneffekt sind eine weitgehende Systematisierung der Schreibweise u.a. Eigenschaften vorgesehen, die man am treffendsten mit dem Wort "Programmkosmetik" umschreibt.

b) Ordnungsprinzipien bei der Erstellung eines neuen Programmes

1. Anzahl der zu verarbeitenden Statements und Formate

Der Speicher des vorliegenden Programmes ist vorgesehen zur Verarbeitung von:

- a) 1500 Anweisungskarten (Programmzeilen)
- b) 300 Formatkarten (Formatzeilen)
- c) 900 Statementnummern
- d) 200 Formatnummern

Eine Erweiterung ist bei Bedarf durch entsprechende Umdimensionierung des Programmes in beliebigem Umfang möglich, sofern nicht gegen die Regeln unter 2. (Dreiziffrigkeit der Statementnummern) und 3. (Vierziffrigkeit der Formatnummern) verstoßen wird.

2. Neuanordnung der Statementnummern

Die neuen Nummern sind grundsätzlich dreistellig (zwischen 100 und 999) vorgesehen - insgesamt höchstens 900 Statementnummern.

Die Verarbeitung von mehr als 900 Nummern ist grundsätzlich ausgeschlossen.

Für den Normfall sind die 1. und letzte Statementnummer (N_O und N_Z) auf:

$$N_O = 100$$

$$N_Z = 990$$

standardisiert. Bei Bedarf können andere (dreistellige) Werte über Vorlaufkarten eingegeben werden (s. Ziffer 9).

Der Normabstand D aufeinanderfolgender Nummern (Inkrement) ist auf

$$D = 10$$

standardisiert. Reicht der vorhandene bzw. vorgegebene Bereich zwischen 1. und letzter Nummer nicht aus, so wird der Abstand automatisch verringert unter Beibehaltung einer weitestgehenden Gleichverteilung über den gesamten verfügbaren Bereich nach folgenden Regeln:

<u>Anzahl der Statementnummern (N)</u>	<u>Folge der Statementnummern (N_n)</u>
1 - 90	100, 110, 120, 130, ... , 990
91 - 180	100, 105, 110, 115, ... , 995
181 - 270	100, 103, 106, 110, 113, 116, ... , 996
271 - 360	100, 102, 105, 107, 110, 112, ... , 997
361 - 450	100, 102, 104, 106, 108, 110, ... , 998
451 - 540	100, 101, 103, 105, 106, 108, ... , 998
usw.	usw.

Das Bildungsgesetz der Reihen erfolgt nach der Gleichung:

$$N_n = 100 + (n-1) \cdot 10/m,$$

wobei n die Reihe der natürlichen Zahlen und m eine Integer-Zahl nach der Gleichung:

$$m = 1 + (N-1)/90$$

ist.

Wird der verfügbare Gesamtbereich durch Vorlaufkarten eingeschränkt, so gelten die obigen Regeln in analoger Weise.

3. Neuordnung der Formatnummern

Die neuen Formatangaben werden grundsätzlich am Schluß des Programmes (vor der END-Anweisung) gesammelt und in der Reihenfolge ihres Auftretens im Programmverlauf neu numeriert. Wird innerhalb der Formate eine bestimmte Ordnung gewünscht (etwa Zusammenfassung gleichgearteter Formatinhalte nach irgendeinem System), so empfiehlt es sich, die Formate vorher in der gewünschten Reihenfolge vorzusortieren. Dabei können die

einzelnen Formate an beliebiger Stelle im Programm stehen, sie werden in jedem Fall in der Reihenfolge ihres Auftretens an den Schluß des Programmes sortiert.

Die neuen Nummern sind grundsätzlich vierstellig (zwischen 1000 und 9999) vorgesehen - insgesamt 9000 Formatnummern. Die z.Z. vorgesehene Maximalzahl von 200 Formatnummern wird im allgemeinen ausreichen, kann aber im Bedarfsfall durch Umdimensionierung vergrößert werden (vgl. Ziffer 1).

Für den Normfall sind die 1. und letzte Formatnummer (N_O und N_Z) auf:

$$N_O = 1000$$

$$N_Z = 9990$$

standardisiert. Bei Bedarf können andere (vierstellige) Werte über Vorlaufkarten eingegeben werden (s. Ziffer 9).

Der Normabstand D aufeinanderfolgender Nummern ist auf

$$D = 10$$

standardisiert. Sollte der vorhandene bzw. vorgegebene Bereich zwischen 1. und letzter Nummer wider Erwarten nicht ausreichen, so wird nach den gleichen Regeln wie bei den Statementnummern der Abstand automatisch verringert (vgl. Ziffer 2).

4. Labelung

Für die Spalten 73-76 ist ein vierstelliger Labelname vorgesehen, bestehend aus beliebigen Zeichen, die in A-Spezifikation (A4) über Vorlaufkarte eingegeben werden. Die Spalten 77-80 erhalten eine Numerierung in aufsteigender Folge, deren Anfang, Ende und Differenz wie folgt standardisiert sind:

$$N_O = 0$$

$$N_Z = 9999$$

$$D = 10$$

Bei Bedarf kann eine andere Anfangsnummer und Differenz über Vorlaufkarte eingegeben werden (s. Ziffer 9). Im Gegensatz zu den Regeln bei den Statement- und Formatnummern bleibt die vorgegebene Differenz konstant zwischen allen Labelnummern erhalten.

5. Erzeugung von (gewollten) Zahlenzwischenräumen durch Einfügen von Leeranweisungen und -formaten

Falls zwischen einzelnen Programnteilen oder Statementblöcken größere Zahlenabstände, als vorgesehen, erwünscht sind, kann dies durch vorheriges Einfügen entsprechender Leeranweisungen oder -formate mit beliebiger Numerierung erreicht werden, die anschließend aus dem neuen Programm wieder zu entfernen sind.

6. Änderung einzelner Zeichen (Umschreiben von Codes)

Aus historischen Gründen war das Programm ursprünglich auch für die gleichzeitige Umwandlung des alten Sonderzeichencodes konzipiert. Es enthält daher noch die Möglichkeit, bis zu 6 Zeichen in beliebige neue umzuwandeln. Die zu ändernden Zeichen werden über Vorlaufkarte eingegeben (s. Ziffer 9). Diese Programmeigenschaft wird heute in der Praxis kaum noch eine Rolle spielen.

7. Änderung von H-Formatspezifikationen in Hochkomma-Spezifikationen

Im Normfall werden die einzelnen Formatspezifikationen unverändert übertragen. Bei Bedarf können jedoch H-Spezifikationen in Hochkomma-Spezifikationen umgewandelt werden. Das entsprechende Steuerzeichen wird über Vorlaufkarte eingegeben (s. Ziffer 9).

8. Setzen von Marken

Bei Bedarf können in das neue Programm standardisierte arithmetische Anweisungen der Form:

MARKE = zzzzz,

eingebaut werden, wobei zzzz eine vierstellige Zahl ist, die mit der Labelnummer des betreffenden Statements übereinstimmt. Die Verwendung der Variablen MARKE ist somit stets identisch mit der Verwendung der entsprechenden Labelnummer (z.B. Ausdruck über WRITE oder CALL ERRSET).

Das Setzen, Löschen oder Ändern der Marken sowie der gewünschte Abstand der Label, an denen Marken gesetzt werden sollen, wird über Vorlaufkarte eingegeben (s. Ziffer 9).

Im Normfall werden keine neuen Marken gesetzt und die im alten Programm vorhandenen unverändert übernommen.

Anmerkung zum Verwendungszweck der Variablen "MARKE"

Die Einfügung dieser Eigenschaft hat (aus gegebenen Anlässen) ebenfalls historische Gründe. Mit ihrer Hilfe ist es möglich, beim Auftreten unerwarteter, nicht regelmäßig wiederkehrender Fehler z.B. über CALL ERRSETT automatisch die Labelnummer, nach der der Fehler aufgetreten ist, ausschreiben zu lassen. Auf diese Weise erspart man die sonst notwendigen Fehlersuchroutinen, die zu Lasten des Programmumfanges und Zeitablaufes gehen und bei unerwarteten Fehlern meistens gerade nicht zur Hand sind, während diese Eigenschaft jederzeit funktionsfähig ist. Darüber hinaus sind weitere Anwendungsmöglichkeiten denkbar, die im Einzelfall zu beurteilen sind.

9. Vorlaufkarten zur Eingabe der Eingangsdaten

Vorlaufkarten sind nur dann erforderlich, wenn Abweichungen von den standardisierten Eingangsdaten erwünscht sind.

Bei Ausführung des Programmes werden zu Beginn die Bedeutungen der einzelnen Eingangsdaten nochmals ausgedruckt, so daß man bei Änderungsabsichten sofort die entsprechenden Hinweise zur Hand hat und nicht erst in Kommentaren nachzuschlagen braucht. Zur Art der Eingabe vergleiche Anhang d) 1.

c) Äußere Form der neuen Anweisungen ("Programmkosmetik")

1. Kommentarstatements

Kommentarstatements mit C in Spalte 1 werden unverändert übernommen. Sofern es sich um Anweisungen mit vorgesetztem C handelt, die man gelegentlich zur besonderen Verwendung oder anderen Gründen im Programm beläßt, unterliegen diese zusätzlich den gleichen Regeln wie die entsprechenden Anweisungen unter Ziffer 2. ff.

2. Linksbündiges Schreiben der Anweisungen und rechtsbündiges Schreiben der Statement- und Formatnummern

Alle Programmzeilen (mit Ausnahme der Kommentare) werden grundsätzlich linksbündig, beginnend in Spalte 7 geschrieben. Die Statement- und Formatnummern werden grundsätzlich rechtsbündig, endend in Spalte 5, geschrieben.

3. Einsparen von Abständen (Blanks)

Arithmetische Anweisungen werden grundsätzlich unverändert - unter Beibehaltung der Blanks - übernommen, da die Blanks häufig mit Absicht zur besseren Übersicht komplizierter mathematischer Ausdrücke eingeführt sind. Im übrigen werden (überflüssige) Blanks beiderseits von Trennzeichen grundsätzlich eingespart.

4. Fortsetzungskarten

Bei der Neugestaltung des Textes treten häufig Verkürzungen oder Verlängerungen auf. Unter Umständen bedeutet dies eine Anfügung neuer oder Einsparung alter Fortsetzungskarten. Das Programm sorgt automatisch für die richtige Fortsetzung des Textes. Zusätzlich wird bei Veränderungen an der Nahtstelle von Fortsetzungskarten vorsichtshalber eine entsprechende Warnung ausgedruckt, so daß der richtige Anschluß überprüft werden kann.

Fortsetzungskarten erhalten grundsätzlich die laufenden Nummern 1-9 in Spalte 6. Bei weiteren Karten werden die Ziffern durch * ersetzt.

5. I/O-Anweisungen

Diese werden grundsätzlich - unter Einsparung von überflüssigen Blanks - wie folgt geschrieben:

READ (N,zzzz) Liste der Variablen

WRITE (N,zzzz) Liste der Variablen

Die Zahl oder Variable N bedeutet die aus dem alten Programm unverändert übernommene Angabe der I/O-Einheit, zzzz ist die neue, aus 4 Ziffern bestehende Formatnummer.

Die Liste der Variablen wird ohne Blanks geschrieben (vgl. 3). Die heute nur noch selten verwendeten I/O-Anweisungen

- a) READ n, Liste
- b) WRITE n, Liste
- c) PUNCH n, Liste

werden grundsätzlich wie folgt übersetzt:

- a) READ (5,zzzz) Liste (ohne Blanks)
- b) WRITE (6,zzzz) Liste (" ")
- c) WRITE (7,zzzz) Liste (" ")

6. IF-Anweisungen

Sie werden wie folgt geschrieben:

IF (Text) Anweisung

Der Text in der Klammer wird unverändert übernommen, der Text nach der Klammer unterliegt den gleichen Regeln wie die entsprechende Anweisung. Dreierverzweigungen erhalten die Form

IF (arithm. Ausdruck) zzz,zzz,zzz

7. GOTO- und Computet-GOTO-Anweisungen

Sie werden wie folgt geschrieben:

- a) GOTO zzz
- b) GOTO (zzz,zzz,...,zzz),N

Die Ziffern in der Klammer werden ohne Blanks aneinandergereiht, die Integer-Variable N unverändert übernommen.

8. Weitere Anweisungen oder Anweisungsbestandteile

Richtig behandelt werden ferner folgende Fälle:

<u>Anweisung</u>	<u>Schreibweise</u>
DO-Anweisungen	DO zzz N=N1,N2,N3
END in I/O-Anweisungen	 (N,zzzz,END=zzz) Liste
&zzz in CALL-Anweisungen	CALL ... (....,&zzz)

9. Beispiele

Im folgenden werden einige Beispiele für die Übersetzung von alten Anweisungen in neue gegeben:

	<u>alte Anweisung</u>	<u>neue Anweisung</u>
1	READ (N,5) A,B	100 READ (N,1000) A,B
2	WRITE(M,6) A, B	110 WRITE (M,1010) A,B
	READ 7, A, B	READ (5,1020) A,B
100	PUNCH 8, A, B	120 WRITE (7,1030) A,B
	WRITE9, A, B	WRITE (6,1040) A,B
1000	IF(A =B)1, 2, 3	130 IF (A =B) 100,110,140
3	IF (A .EQ. B) C=333.	140 IF (A .EQ. B) C=333.
	X = A+B(N)	X = A+B(N)
	GO TO 2	GOTO 110
	GOTO(1, 2,3) , K	GOTO (100,110,140),K
5	FORMAT (1H1)	1000 FORMAT (1H1) oder
		1000 FORMAT ('1') (bei Bedarf)
	DO2 I=1,2	DO 110 I=1,2
	READ(1,5,END = 3)	READ (1,1000,END=140)
	CALL UP (N,& 2)	CALL UP (N,&110)
C 8	X=Y	C 150 X=Y
C	DIES IST TEXT	C DIES IST TEXT

10. Fehlermitteilungen und Warnungen, Abbruch der Durchführung

Bei falschen Eingaben über Vorlaufkarten, nicht Durchführbarkeit wegen Überschreitung der verfügbaren Bereiche werden entsprechende Fehlermitteilungen ausgedruckt und das Programm abgebrochen. Dies gilt u.a. bei Eingabe von:

- nicht-dreistelligen Anfangs- und Endnummern der Statements,
- nicht-vierstelligen Anfangs- und Endnummern der Formate,
- nicht hinreichendem Spielraum zur Unterbringung der vorhandenen Statementnummern (z.B. Unterbringung von mehr als 50 Statementnummern in einen vorgegebenen Bereich zwischen 200 und 240).

Bei Nichtauffindbarkeit von undefinierten Statement- oder Formatnummern (nur möglich bei fehlerhaften Programmen!), bei Änderungen an der Nahtstelle von Fortsetzungskarten (Überschreitung oder Unterschreitung des ursprünglichen Zeilenendes), bei fehlerhaften Steueranweisungen (nur möglich in fehlerhaften Programmen!) (z.B. IF (A=B) 1,2) u.a.m. wird die Übersetzung so weit wie möglich richtig durchgeführt, die fehlenden, unsicheren bzw. falschen Angaben werden durch Ausdrucken einer entsprechenden Warnung bekannt gegeben, ggf. die erforderlichen Blanks zum Einsetzen der richtigen Angaben vorgesehen und im übrigen das Programm fortgesetzt. Erforderliche Korrekturen können nach Prüfung der Fehlermitteilung oder Warnung von Hand nachgeholt werden.

d) Anhang

Beispiel eines übersetzten Programmes in Originalform und Neuform

Im folgenden wird das Beispiel einer Programmübersetzung gegeben. Das Originalprogramm enthält absichtlich einige Fehler, die bei einem richtigen Programm nicht vorkommen können.

1. Anordnung der Eingangsdaten über Vorlaufkarten

```

LABELBEZ.   LABL
1.LABEL-NR.    0
LABELODIFF.   10

ZU AENDERNDE ZEICHEN. ALT:  *%<%
                        NEU:  =+)(
                        ANZ.:  4
STUEERZ.F.MARKIERUNG:      0
UMSCHREIBEN H-SPEZIFIK.:   1
1. STATEMENTNUMMER:        100
LETZTE STMTNUMMER:         999
1. FORMATNUMMER:           1000
LETZTE FORMATNUMMER:       9999

```

2. Programmausführung

Im folgenden ist beispielhaft ein übersetztes Programm in Original- und Neufassung wiedergegeben. Dabei sind zur besseren Übersicht die (in Wirklichkeit nacheinander ausgedruckten) beiden Teile synoptisch nebeneinander gesetzt.

Das wiedergegebene Programm hat keinen inneren logischen Zusammenhang. Die einzelnen Statements wurden vielmehr unter dem Gesichtspunkt der Vielseitigkeit ausgewählt, derart daß möglichst viele Fälle und Besonderheiten behandelt werden. Insbesondere wurden nochmals die in Abschn. c) Ziffer 9. aufgeführten Beispiele in das Programm aufgenommen; zusätzlich wurden einige fehlerhafte Statements eingeschoben, um auch deren Behandlung bei der Übersetzung ansehen zu können.

Originalfassung		LFD.NR.
		STMT FORMT
1	READ \$5,396< N , M , K	1
2	WRITE(M,B) A,B	2
100	PUNCH 8, A, B	3
1000	IF (A -B) 1, 2, 3	4
	IF (A .NE.C) GOTO 2	5
	X = A+B(N)	6
	GO TO 2	7
	GOTO(1, 2,3) , K	8
3	DO5 I=1,2100	9
	READ(1,5,END = 4) A,B	10
	N#ASB	11
	CALL UP (N,& 2)	12
5	CONTINUE	13
C 210	X=Y	14
C	X#A*SB&C<	15
	DIES IST EIN KOMMENTAR	16
	IF (A-B) 2,3,	17
		18
		19
540	GOTO (2 , 3 , 9 , 9 ,55,12	20
	WRITE (5,1010) A,B,C,D,E,F,G,H,I,J,K,L,M,N,O,P,Q,R,S,T,U,V	21
	1,W,X,Y,Z	22
1010	FORMAT (5E10.3)	23
570	WRITE(1,6)A,B,C,D,E,F,G,H,I,J,K,L,M,N,O,P,Q,R,S,T,U,V,W,X,Y,Z,A,B,	24
	1C,D	
	WRITE(5,6) A , B , C , D , E , F , G H , I , J , KL	25
3M	N ,	26
4	RETURN	27
8	FORMAT (13Hvariable A,B:, 2F9.2)	2
396	FORMAT (2I4, 4X, 15)	3
5	FORMAT (F6.2, F7.3)	4
7	FORMAT (F6.2, F7.3)	5
9	FORMAT (13Hvariable A,B:, 2F9.2)	6
1200	FORMAT (92HDIES IST EIN WILLKUEHLICH ZUSAMMENGESTELLTES PROGR	7
	1AMM OHNE LOGISCHEN ZUSAMMENHANG./ 120HBEI DER ZUSAMMENSTELLUN	8
	26 DER EINZELNEN STATEMENTS WURDE WERT DARAUF GELEGT, MOEGLICHT VI	9
	3ELE BESONDERHEITEN ZU ERFASSEN./ 6	10
	45H TIEFERER SINN ODER AUSFUEHRBARKEIT SIND NICHT DARIN ZU SUCHEN	11
	5./ 64HDIES ERGIBT SICH AUCH DARAUS, DASS EINIGE FEHLER EINGEBAUT S	12
	6IND./ * DIE IN EINEM AUSFUEHRBAREN PROGRAMM NICHT MOEGLICHT SIND.')	13
	END	28

Neufassung		LFD.NR.
		STMT FORMT
C	STATEMENTS NEU NUMERIERT AM 13. 9. 74	
	READ (5,1020) N,M,K	LABL 0 1
100	READ (N,1030) A,B	LABL 10 2
110	WRITE (M,1010) A,B	LABL 20 3
	READ (5,1040) A,B	LABL 30 4
120	WRITE (7,1010) A,B	LABL 40 5
130	IF (A -B) 100,110,140	LABL 50 6
	IF (A .NE.C) GOTO 110	LABL 60 7
	X = A+B(N)	LABL 70 8
	GOTO 110	LABL 80 9
	GOTO (100,110,140) , K	LABL 90 10
140	DO 150 I=1,2100	LABL 100 11
	READ (1,1030,END=210) A,B	LABL 110 12
	N=A+B	LABL 120 13
	CALL UP (N,& 2)	LABL 130 14
150	CONTINUE	LABL 140 15
C 160	X=Y	LABL 150 17
	1=A*(B+C)	LABL 160 17
C	DIES IST EIN KOMMENTAR	LABL 170 18
	ZUORDN. NICHT DURCHFUEHRT BEI STATEMENT:	
	IF (A-B) 110,140,	LABL 180 19
	STMT-NR. NICHT AUFFINDBAR BEI ALTER NR. 9	
	STMT-NR. NICHT AUFFINDBAR BEI ALTER NR. 9	
	STMT-NR. NICHT AUFFINDBAR BEI ALTER NR. 55	
	STMT-NR. NICHT AUFFINDBAR BEI ALTER NR. 12	
	170 GOTO (110,140,009,009,055,012,	LABL 190 20
	WRITE (5,1000) A,B,C,D,E,F,G,H,I,J,K,L,M,N,O,P,Q,R,S,T,U,V,W,X,Y,Z	LABL 200 22
1	STMT-NR. NICHT AUFFINDBAR BEI ALTER STMT-NR: 6	
	180 WRITE (1,0006) A,B,C,D,E,F,G,H,I,J,K,L,M,N,O,P,Q,R,S,T,U,V,W,X,Y,Z	LABL 210 24
	1,A,B,C,D	LABL 220 24
	STMT-NR. NICHT AUFFINDBAR BEI ALTER STMT-NR: 6	
	WRITE (5,0006) A,B,C,D,E,F,G,H,I,J,K,L,M,N,	LABL 230 26
	190 RETURN	LABL 240 27
1000	FORMAT (5E10.3)	LABL 250 1
1010	FORMAT (*variable A,B:, 2F9.2)	LABL 260 2
1020	FORMAT (2I4,4X,15)	LABL 270 3
1030	FORMAT (F6.2,F7.3)	LABL 280 4
1040	FORMAT (F6.2,F7.3)	LABL 290 5
1050	FORMAT (*variable A,B:, 2F9.2)	LABL 300 6
1060	FORMAT (92HDIES IST EIN WILLKUEHLICH ZUSAMMENGESTELLTES PROGRAMM OH	LABL 310 13
	1NE LOGISCHEN ZUSAMMENHANG./ 13HBEI DER ZUSAMMENSTELLUNG DER EINZELN	LABL 320 13
	2EN STATEMENTS WURDE WERT DARAUF GELEGT, MOEGLICHT VIELE BESONDERH	LABL 330 13
	3EITEN ZU ERFASSEN./ * TIEFERER SINN ODER AUSFUEHRBARKEIT SIND N	LABL 340 13
	4ICHT DARIN ZU SUCHEN./ 13HDIES ERGIBT SICH AUCH DARAUS, DASS EINIGEL	LABL 350 13
	5 FEHLER EINGEBAUT SIND,/' DIE IN EINEM AUSFUEHRBAREN PROGRAMM N	LABL 360 13
	6HT MOEGLICHT SIND.')	LABL 370 13
	END	LABL 380

ENDE DER AUSFUEHRUNG

.6 Werkstätten und Verwaltung

R. Tzschaschel

Abb. 4.6/1 gibt einen zusammenfassenden Überblick über die im Berichtsjahr geleisteten Arbeiten des Elektroniklabors und der Werkstatt. Im besondern soll hier gezeigt werden, wie sich die Arbeiten prozentual auf die einzelnen Gruppen der ZST aufteilen (dabei wurden besondere Schwerpunkte durch Schraffur herausgehoben).

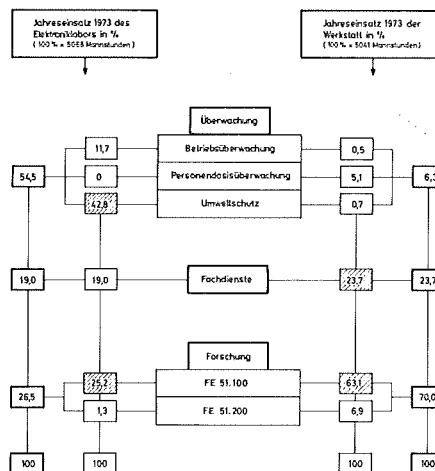


Abb. 4.6/1: Einsatz von Elektroniklabor und Werkstatt im Jahre 1973

.6.1 Elektroniklabor

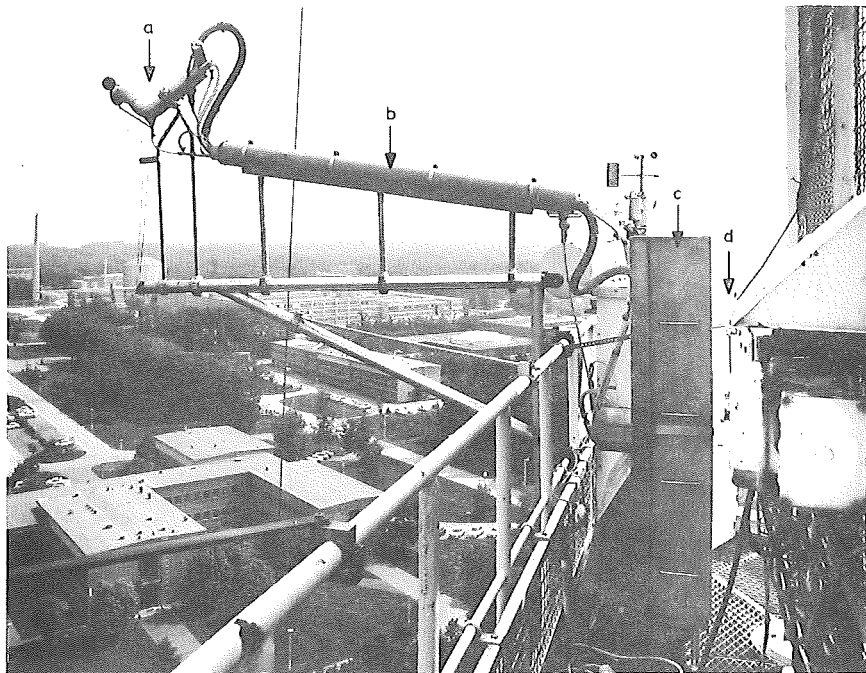
Das Elektroniklabor war wie im Vorjahre schwerpunktmäßig für Entwicklungsarbeiten im Umweltschutz und zwar mit insgesamt 68 % seiner Arbeitskapazität eingesetzt. Dabei entfallen etwa 43 % auf Arbeiten für den Überwachungsbereich dieses Gebietes, wobei es sich im einzelnen um die an anderer Stelle referierten Arbeiten zur Fernübertragung von Emissionswerten (Abschn. 3.2.2; S.) und zur Zwischenspeicherung schnell anfallender Turbulenzmeßwerte des meteorologischen Turmes (Abschn. 3.2.2; S.) handelt. 25 % der Arbeiten entfallen auf das Forschungsvorhaben FE 51.100. Hierzu gehören die laufenden Servicearbeiten an der Elektronik des umfangreichen Probennahmernetzes, verbunden mit dem Bau neuer Funkwirkempfänger, die wegen der bisher ständigen Erweiterung des Probennahmernetzes erforderlich waren.

(J. Carlebach, F.J. Gasper, A. Oberemm, P. Steinbusch)

.6.2 Werkstatt

In der Institutswerkstatt zeigt sich mit 63 % ein ausgeprägter Arbeitsschwerpunkt zur Instrumentierung des Forschungsvorhabens FE 51.100. Um die geplante Simultanemission zweier Nuklide durchführen zu können, mußte ein zweiter Aerosolgenerator entwickelt werden. Abb. 4.6/2 zeigt das auf dem meteorologischen Turm installierte Instrument, welches in zwei getrennten

Gesamtansicht



Teilansichten

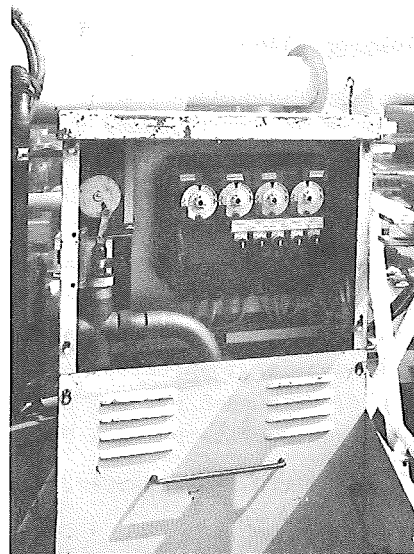
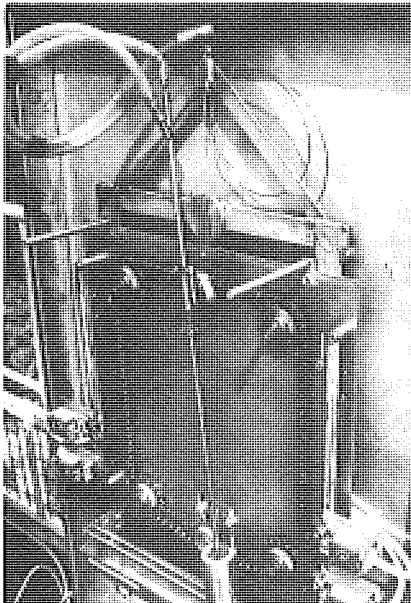


Abb. 4.6/2: Aerosolgenerator mit Zweistoffdüse, montiert auf der Plattform des meteorologischen Turmes
 (a: Düsengenerator; b: Leitungszuführung;
 c: Flaschenwechsellvorrichtung; d: Steuerteil)

Laborberichten (U 1/72 und U 1/73) bereits eingehend beschrieben worden ist. Mit dem Bau neuer Probenahmestationen zur Instrumentierung eines Hubschraubers zwecks Messung des Vertikalprofils der Ausbreitung wurde begonnen (Abschn. 5.2.2; S.). Hinzu kommen Arbeiten zur Erweiterung und Instandhaltung des vorhandenen Probenahmernetzes.

(F. Birx, D. Büttner, H.W. Gellissen, H.G. Körffer, W. Maaßen, H. Wirtz)

6.3 Verwaltung

Da sich die bisherige Gliederung der Institutsverwaltung in zwei Bereiche als zweckmäßig erwiesen hatte, wurden auch im Berichtsjahr die Verwaltungsarbeiten nach diesem Schema durchgeführt. Alle Personalangelegenheiten und auch sonstige vertrauliche Dinge werden von der allgemeinen Verwaltung bearbeitet. Hinzu kommen neben der Erledigung des gesamten Schriftwechsels, des Postwesens u.a. die Bearbeitung allen wissenschaftlichen Schrifttums, d.h. die Anfertigung druckfertiger Vorlagen für Veröffentlichungen in Fachzeitschriften, als Jül-Reports oder als ZST-interne Berichte. Der Sachverwaltung obliegt Verwaltung und Ausgabenkontrolle der jährlich zugewiesenen Mittel einschließlich der Bearbeitung des Bestellwesens und aller damit zusammenhängender Dinge wie Terminverfolgung, Wareneingangskontrolle, Reklamationen u.a.. Der im Zusammenhang mit dem Gerätedienst stehende Verwaltungsaufwand ist erheblich und erfordert besondere Sorgfalt in der Durchführung. Nur eine exakte Verfolgung des Terminablaufs von Wartung, Pflege, Kalibrierung und Reparatur der in den Instituten der KFA eingesetzten Strahlenschutzmeßgeräte garantiert ihre Brauchbarkeit im Sinne der Feststellung rechtserheblicher Meßwerte.

(W. Boix, J. Hilverling, H. Kick, G. Liedgens, H. Schmitz, S. Schnell)

5. FORSCHUNG UND ENTWICKLUNG

Ausbreitung von Schadstoffen in der Atmosphäre und Strahlenbelastung (FE-Vorhaben 51.100)

K.J. Vogt, H. Geiß, K. Heinemann, M. Horbert, H. Nordsieck, G. Polster,
F. Rohloff, W. Wessels

5.1 Abgrenzung und Perspektiven

Entsprechend dem "Programm für die Umweltforschung in der KFA 1972-1975" stellt sich das Vorhaben "Ausbreitung von Schadstoffen in der Atmosphäre und Umweltbelastung" als Teil des Unterprogramms "Regionale und globale Ausbreitung von Schadstoffen in der Biosphäre" dar und läßt sich in 3 Themenkomplexe gliedern, deren Zielsetzungen im folgenden kurz umrissen werden sollen:

a) Ausbreitungsuntersuchungen zum Studium des Zusammenhanges zwischen Emissionsmenge und Immissionskonzentration

Das Ausbreitungsverhalten von Abluftfahnen wird mit Tracerexperimenten und meteorologischen Untersuchungen der Turbulenz studiert:

In den Feldversuchen wird am meteorologischen Turm der KFA in 20 bis 120 m Höhe ein markiertes Aerosol freigesetzt und seine bodennahe Verteilung unter den verschiedenen Wetterbedingungen mit einem Netz von Probennahmestationen bis zu 10 km Quelldistanz untersucht. Der horizontale Ausbreitungsparameter läßt sich experimentell aus der azimutalen Tracerverteilung ermitteln, der vertikale Ausbreitungsparameter kann über die üblicherweise verwendete Ausbreitungsgleichung, die eine gaußförmige Verteilung auch mit der Höhe postuliert, berechnet werden. Es ist vorgesehen, mit Hilfe von Hubschraubern auch die Vertikalverteilung der Aerosolkonzentration direkt zu messen und damit das Ausbreitungsmodell zu überprüfen. Zur Untersuchung der Abhängigkeit der Ausbreitungsparameter von der Emissionshöhe sollen simultan verschiedene Tracer in zwei Höhen freigesetzt werden. Die bisher für labile und neutrale Schichtungen gefundenen Ausbreitungsparameter übersteigen die in der Literatur angegebenen Werte, die über ebenem Gelände geringer Bodenrauigkeit gemessen wurden, erheblich. Über bewaldetem und bebautem Gelände, wie es unter den Jülicher Versuchsbedingungen vorliegt, erhält man eine verstärkte Durchmischung. Die Maxima der Verteilungskurven rücken infolgedessen an den Emittenten heran und erreichen höhere Absolutwerte.

Unter gewissen Voraussetzungen lassen sich die Ausbreitungsparameter auch aus den horizontalen und vertikalen Windrichtungsschwankungen ermitteln. Zur Ergänzung der Tracerexperimente werden daher in verschiedenen Höhen Turbulenzmessungen mit Vektorwindfahnen durchgeführt. Diese Methode erlaubt eine relativ schnelle und wenig aufwendige Bestimmung der Ausbreitungsparameter, erfordert allerdings eine Absicherung der Ergebnisse, insbesondere hinsichtlich der Abhängigkeit von der Quelldistanz, durch die Tracerexperimente.

Die in Jülich für einzelne Wetterlagen gefundenen Ausbreitungsparameter für Kurzzeitemissionen lassen sich prinzipiell auf andere Standorte ähnlicher Bodenrauigkeit übertragen. Standortabhängig ist jedoch die Häufigkeitsverteilung der Windrichtungen und -geschwindigkeiten sowie der die meteorologischen Ausbreitungsverhältnisse charakterisierenden Diffusionskategorien, die in die zusammengesetzten Langzeitverteilungsfunktionen eingehen. Wegen der Notwendigkeit, die meteorologische Häufigkeitsstatistik für jeden Standort zu kennen, werden in Jülich langzeitige klimatologische Beobachtungen durchgeführt. Außerdem laufen Untersuchungen zur adäquaten Bestimmung der Diffusionskategorien. Drei bereits auf der Grundlage der Pasquillschen Vorstellungen entwickelte alternative Bestimmungsverfahren haben sich bisher für die Klassifikation der Ausbreitungslagen über rauhem Gelände nicht hinreichend bewährt. Es wird daher angestrebt, Turbulenzmessungen mit Vektorwindfahnen für die Ermittlung der Diffusionskategorien heranzuziehen.

b) Untersuchung der Ablagerung von Luftbeimengungen

Durch Ablagerung auf dem Boden bzw. auf Pflanzen können luftgetragene Schadstoffe in die Nahrungskette eingehen und dadurch zu einer Gefährdung des Menschen führen. Während sich Aerosole hauptsächlich durch den Trägheitseffekt (Turbulenzabscheidung) und den Diffusionseffekt ablagern, sind bei den reaktiven Gasen Adsorptionseffekte maßgebend. Ohne Berücksichtigung der physikalischen bzw. chemischen Prozesse läßt sich die trockene Ablagerung am Boden durch die Ablagerungsgeschwindigkeit (Falloutkonstante) beschreiben, die als Verhältnis der Flächenbelegung auf dem Boden zur (zeitintegrierten) Konzentration in der Luft gemessen wird.

Außer von der Beschaffenheit der Ablagerungsfläche hängt die Falloutkonstante von den meteorologischen Bedingungen, insbesondere von den Turbulenzverhältnissen ab. Die Messung der Aerosolablagerung wurde daher zusammen mit den Ausbreitungsuntersuchungen durchgeführt. Bei den bisherigen Experimenten wurden Partikelgrößen bis zu einigen μm verwendet. In späteren Versuchen soll die Abhängigkeit der Falloutkonstanten vom Partikeldurchmesser untersucht werden. Aerosolspektrometrische Analysen sollen eine evtl. Veränderung der Größenverteilung des Aerosols auf dem Transportweg überprüfen.

Da J 131 ein für viele kerntechnische Anwendungen kritisches Nuklid ist, das über die Kuhmilch zu einer Strahlengefährdung hauptsächlich der Kinder führen kann, ist die Messung der Jodablagerung auf Gras ein weiterer Schwerpunkt. Während bei Kenntnis des natürlichen Jod-Backgrounds die Falloutkonstante von gasförmigen elementarem Jod in Abhängigkeit von den meteorologischen Parametern, von der Flächendichte des Grases usw. in Feldversuchen gemessen werden kann, erfordern die Ablagerungsuntersuchungen der ebenfalls wichtigen organischen Jodverbindungen (Methyljodid) wegen der weit schwächeren Adsorption hohe Konzentrationen und können daher nur unter Verzicht auf die natürlichen meteorologischen

Bedingungen in geschlossenen Systemen durchgeführt werden. Da die Fall-outkonstante für Jod sehr stark von der chemischen Form abhängt, sind für die Beurteilung der Umgebungsgefährdung durch Jodemissionen Untersuchungen über chemische Umwandlungen der Jodverbindungen auf dem Transportweg vorgesehen.

Die Ablagerungsexperimente sollen künftig auf wichtige nichtradioaktive Schadstoffe wie Blei ausgedehnt werden.

c) Anwendung der Ausbreitungsrechnung auf Umweltschutzprobleme

Mit den Resultaten der Ausbreitungs- und Ablagerungsuntersuchungen lassen sich mit der Ableitung konventioneller oder radiologischer Schadstoffe verbundene Umweltschutzprobleme behandeln. Ausgehend von den zulässigen Emissionsgrenzwerten können die maximalen Emissionsstärken bzw. die zur Freisetzung bestimmter Schadstoffmengen erforderlichen Schornsteinmündesthöhen berechnet werden. Entsprechend läßt sich die mit vorgegebenen Emissionsmengen verbundene Umweltkontamination ermitteln.

Die den Zusammenhang zwischen Emissionen und Umweltbelastungen darstellenden Ausbreitungsgleichungen werden für alle in der Praxis vorkommenden Emissionsbedingungen und Wetterlagen ausgewertet. Die Resultate werden in Form von Parameterdarstellungen und Nomogrammen als Planungshilfsmittel für Abluftanlagen bzw. zur Berechnung von Umweltrisiken bereitgestellt. Mit dem gleichen Instrumentarium lassen sich durch Überlagerung der Einzelbeiträge auch Mehrquellenprobleme behandeln und weiträumige regionale Kontaminationen studieren.

Eine weitere vorgesehene Anwendung ist die vergleichende systemanalytische Untersuchung der Umweltauswirkungen verschiedener Industrien und Techniken (z.B. Energieerzeugung aus fossilen und nuklearen Brennstoffen).

Für die besonders schwer erfaßbaren, austauscharmen Wetterlagen (Smoglagen) wird ein Verfahren zur Bestimmung der Diffusionskoeffizienten aus den Meßdaten der Vektorwindfahnen und der Radiosondenaufstiege des Deutschen Wetterdienstes entwickelt, das die Auswirkungen der Boden- und Höheninversionen, sowie die turbulente Diffusion in der Inversionsunter-schicht berücksichtigt. Damit können austauscharme Wetterlagen nach den theoretischen Ansätzen für die Flächenquelle quantitativ analysiert werden. Bei der Entwicklung großer Energieerzeugungseinheiten (Hochtemperaturreaktoren u.ä.) sollen zukünftig große Trockenkühltürme zur Abführung der Abwärme eingesetzt werden. Bei der Abgabe großer Wärmemengen ist dabei eine Beeinflussung des Klimas der Umgebung möglich, deren Größe vor dem endgültigen Einsatz zumindest abgeschätzt werden sollte. Dazu sollen Studien zur Klärung der verschiedenen möglichen Einflüsse durchgeführt werden.

Das Forschungsvorhaben wird von der Zentralabteilung Strahlenschutz (Gruppe Umweltschutz) unter Mitwirkung des Zentralinstituts für Analytische Chemie (im Zusammenhang mit der Ausmessung der Ablagerungsproben) durchgeführt.

Das Forschungsvorhaben wird seit 1970 von der Association EURATOM-C.E.A. gefördert. Die Zusammenarbeit mit der Association bezieht sich in erster Linie auf die Ablagerungsuntersuchungen.

5.2 Stand der Untersuchungen und weitere Planungen

Über Ablauf und Stand der Untersuchungen unterrichten die letzten Jahres- und Zwischenberichte (1) (2) (3). Im folgenden soll eine kurze Zusammenfassung der Ergebnisse und eine Beschreibung der Konzeption zukünftiger Untersuchungen gegeben werden. Darüber hinaus berichten zwei weitere Beiträge über die Vorbereitungen der Vertikalverteilungsmessungen mit Hub-schrauber und über meteorologische Untersuchungen auf dem Gebiet der vertikalen Windprofile und ihres Zusammenhangs mit der Turbulenzstruktur und der Diffusionskategorie.

5.2.1 Ergebnisse der Ausbreitungsuntersuchungen

Die in den Vorjahren begonnenen Ausbreitungsuntersuchungen mit radioaktiv markierten Abluftfahnen wurden 1973 mit elf Experimenten - sechs Versuche mit 50 m und 5 Versuche mit 100 m Emissionshöhe - fortgesetzt. In einem weiteren Experiment wurden zwei verschiedene Tracer simultan emittiert. Dabei verlief die Erprobung eines Aerosolgenerators mit Zweistoffdüse erfolgreich. Insgesamt liegen somit 27 Versuche mit 50 m und 10 Versuche mit 100 m Emissionshöhe vor. Um in Zukunft auch Wetterlagen mit starken Windrichtungsschwankungen erfassen zu können, wurde das Meßnetz für die Versuche im Berichtsjahr 1973 nach Norden erweitert. Dadurch war es 1973 schon möglich, Südwestlagen mitzuerfassen und somit mehr labile bis stark labile Wetterlagen der Diffusionskategorien C und B als bisher zu untersuchen.

Aus den gemessenen bodennahen Konzentrationsverteilungen wurden die Ausbreitungsparameter σ_y und σ_z für das statistische Modell der Ausbreitung von Fremdstoffen in der Atmosphäre mit unterschiedlichen Ansätzen für die Entfernungsabhängigkeit der Parameter $\sigma_y(x)$ und $\sigma_z(x)$ und nach verschiedenen mathematischen Methoden ermittelt. Die nach den verschiedenen Auswertemethoden berechneten Konzentrationsverteilungen wurden untereinander und mit denen, deren Ausbreitungsparameter aus Vektorwindfahnenmessungen bestimmt wurden, verglichen. Danach liefert das sogenannte Simultanverfahren mit dem dafür entwickelten Computerprogramm die besten Näherungen im Sinne des kleinsten quadratischen Fehlers. Die Abweichung der berechneten von den gemessenen Werten ist geringer als bei vergleichbaren Literaturwerten (83 % der berechneten Werte unterscheiden sich bis zu einem Faktor 3 von den Meßwerten). Die Profilauswerteverfahren haben dagegen bei den Ver-

gleichen etwas größere quadratische Fehler erbracht. Die mit den aus Vektorwindfahnenmessungen ermittelten Parametern durchgeführte Berechnung der Konzentrationsverteilungen ergibt beim Vergleich mit den gemessenen Verteilungen einen mittleren quadratischen Fehler, der nicht größer als der der Profilauswerteverfahren ist. Das unterstreicht die Bedeutung dieser Messungen für die allgemeinere Anwendung des hier verwendeten Ausbreitungsmodells.

Die durch diese Berechnungen erzielten Ergebnisse untermauern die These, daß sich das Pasquillsche System nur sehr bedingt auf Gebiete mit großer Bodenrauigkeit anwenden läßt. Denn die Maxima der Luftkonzentration rücken infolge stark erhöhter Turbulenz und einer stärkeren Durchmischung erheblich näher an die Quelle heran, als nach Pasquill zu erwarten wäre. Gerade bei den am häufigsten auftretenden Wetterlagen mit der Diffusionskategorie D liegt das Maximum der Konzentration bei unseren Messungen nur bei einem Fünftel der nach Pasquill berechneten Quelldistanz. Dieses Ergebnis wird durch Windfluktuationmessungen mit Vektorwindfahnen bestätigt. Da auch die absolute Höhe der Konzentrationsmaxima von den Literaturwerten erheblich abweicht, müssen Konsequenzen für die Erstellung von Emissionskriterien für Schadstoffe sowie die Schornsteinmindesthöhenberechnung gezogen werden. Ferner erscheint eine Überarbeitung des Pasquillschen Systems der Diffusionskategorien mit den dort zugeordneten Standardabweichungen im Hinblick auf eine Einbeziehung der Geländestruktur notwendig.

5.2.2 Planung von Vertikalverteilungsmessungen

Zur Ergänzung der mit einem horizontalen Meßfeld durchgeführten Ausbreitungsexperimente ist geplant, an mindestens ein oder zwei Aufpunkten auch die Vertikalverteilung der emittierten Abluftfahne zu erfassen. Um in dem vorhandenen Meßsektor je nach Ausbreitungsrichtung und Diffusionskategorie einen optimalen Standort auswählen zu können, wurde als Meßträger ein stationär schwebender Hubschrauber vorgesehen. An einem frei herabhängenden Stahlseil sollen unter Berücksichtigung eines ausreichenden Sicherheitsabstandes zur Verhinderung einer turbulenten Zusatzstörung durch den Rotor (4) (5) mehrere Probenahmestationen in wählbaren Abständen installiert werden. Die bisherigen Ausbreitungsexperimente lassen erwarten, daß etwa 10 Stationen über eine Höhe von maximal 250 m verteilt das zu erwartende Vertikalprofil ausreichend beschreiben könnten (Abb. 5.2/1).

Da in der Durchführung solcher Experimente bisher noch keinerlei Erfahrung bestand, mußten sowohl das Flugverhalten des Meßträgers als auch die Anforderungen an die Stabilität der Meßstationen in geeigneten Flugversuchen geklärt werden, die im September 1973 stattfanden. Ausgehend von diesen Versuchsergebnissen konnte mit der Entwicklung eines für die Experimente geeigneten Meßsystems begonnen werden. Gewisse Schwierigkeiten bereitete die Auslegung der Probenahmestationen, da insbesondere die Anforderungen an das Gewicht, die äußeren Abmessungen und die Stromversorgung (einschl. der Ansteuerung) gelöst werden mußten. Nach dem Bau einer ersten Teststation

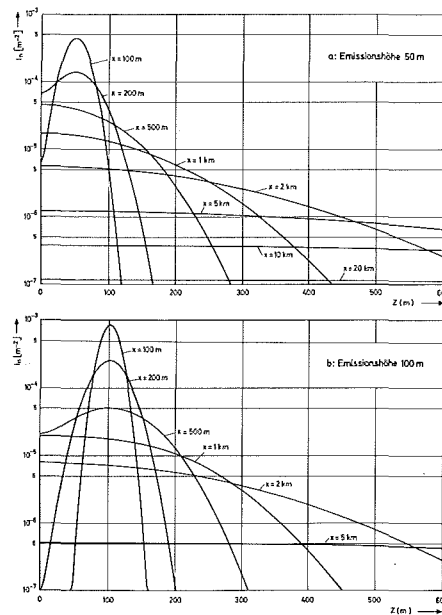


Abb. 5.2/1: Vertikalverteilung der Abluftfahne in Abhängigkeit von der Quelldistanz (Diffusionskategorie D) für Emissionshöhen von a) 50 m und b) 100 m

ergab sich die in den Abb. 5.2/2 und 5.2/3 dargestellte endgültige Ausführung: Das Gehäuse des Probenahmegerätes besteht aus einem Stahlblechzylinder von 26 cm Durchmesser und 63 cm Länge. Auf dem oberen Deckel sind der Lufteinlauf mit dem Filterhalter, die einzelnen Bedienungselemente und der Außenanschluß für die Fernsteuerung befestigt. An der Unterseite dieses Deckels befindet sich die elektrische Schaltanlage, das Gebläse (Autostaubsauger) und daran anschließend ein Flügelradanemometer. Die für die Stromversorgung des Gebläses notwendige Batterie steht stoßgeschützt auf dem Boden des konzentrisch aufgehängten Blechzylinders. Die angesaugte Luft kann die Kammer durch seitliche Entlüftungslöcher verlassen.

Filter und Gebläsemotor entsprechen den Probenahmestationen des horizontalen Meßfeldes, während zur Durchsatzmessung aus Gewichts- und Raumgründen ein Flügelradanemometer eingebaut wurde. Dieses Anemometer betätigt über ein Untersetzungsgetriebe einen Mikroschalter, der einen elektromechanischen Zähler im Deckel der Apparatur ansteuert. Der Gebläsemotor wird wegen der hohen Schaltleistung über ein Relais betrieben, das mit Hilfe eines Umschalters entweder über die Batterie des Gerätes oder durch eine Fremdspannung vom Hubschrauber aus angesteuert werden kann (Abb. 5.2/4). Zur Stromversorgung dient eine Flugzeugbatterie (Varta: 12 V, 22 Ah), die den erhöhten mechanischen Ansprüchen gerecht wird und eine ununterbrochene Betriebsdauer von ca. 1,5 h gewährleistet. Das Gewicht der gesamten Meßkammer beträgt 19 kg.

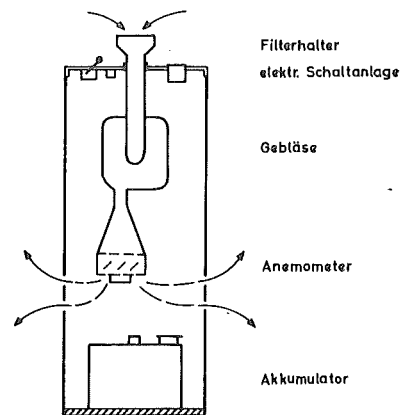


Abb. 5.2/2: Schematischer Aufbau einer Probenahmestation

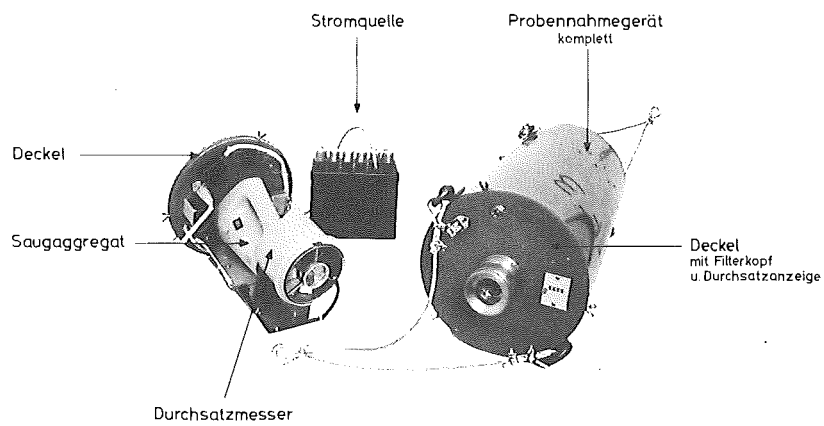
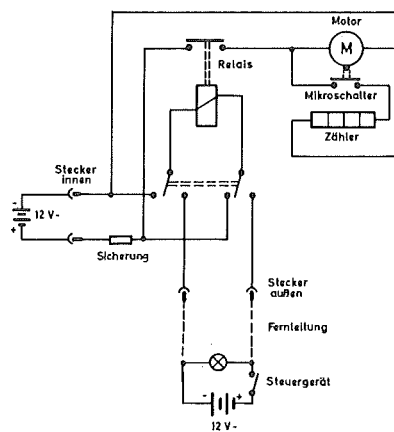
Abb. 5.2/3: Probenahmestation
(rechts: Gerät komplett)
(links: Meßeinsatz)

Abb. 5.2/4: Schaltplan der Probenahmestation

In Abb. 5.2/5 ist die Kennlinie des Durchsatzmessers aufgenommen worden. Die gemessenen Zählimpulse sind über dem durch verschiedene Strömungswiderstände variierten Durchsatz aufgetragen. Die Kennlinie zeigt das für diese Anemometer typische asymptotische Verhalten im unteren und oberen Drehzahlbereich. Der Arbeitspunkt ($25 \text{ m}^3/\text{h}$) liegt bereits im linearen Bereich, so daß kleine Durchsatzänderungen durch Filterdicke, Beaufschlagung oder nicht konstante Motorleistung ohne Bedeutung sind.

Nach dem derzeitigen Versuchskonzept sollen an einem Seil 10 Stationen befestigt werden. Die Bestückung eines weiteren Seiles zur Messung der Vertikalverteilung an einem zweiten Aufpunkt ist vorgesehen. Alle Stationen können in wählbaren Abständen montiert und über eine gemeinsame Steuerleitung vom Hubschrauber aus geschaltet werden. Das Gesamtgewicht der Meßanlage beträgt ca. 300 kg. Dies führt zu der Überlegung, inwieweit das Seil durch die Queranströmung des horizontalen Windfeldes ausgelenkt werden kann. Bei einem Widerstandsbeiwert der einzelnen Meßzylinder von 0,4 ergibt sich für das 300 m lange Seil eine Auslenkung von ca. 35 m bei starkem Wind (Log.-Normal-Verteilung) und von ca. 10 m bei schwachen Windlagen. Diese Werte lassen sich durch Ballastaufnahme der unteren Kammer verbessern.

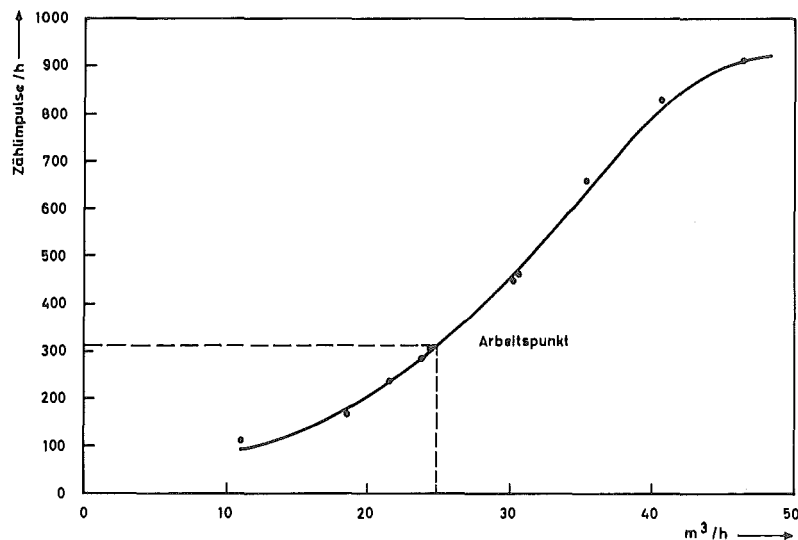


Abb. 5.2/5: Durchsatzkennlinie des Probenahmegerätes für den Hubschraubereinsatz

5.2.3 Experimentelle und theoretische Untersuchungen von Windprofilen

Einleitung

Zur Charakterisierung der atmosphärischen Stabilität bei der Ausbreitung von Schadstoffen wurden bisher Parameter verwendet, die die Form des Geländes, über dem die Ausbreitung erfolgt, nicht berücksichtigten. Die bei der Berechnung der Diffusionskategorien verwendeten meßbaren Größen waren u.a. Temperaturgradient, Windgeschwindigkeit und/oder Strahlungsbilanz (Pasquill, Klug), Windrichtungsschwankungen (Brookhaven) und synoptische Beobachtungen sowie für die Jahreszeit charakteristische Daten wie z.B. die Sonnenhöhe (Klug, Pasquill).

Die Ergebnisse unseres Forschungsvorhabens "Ausbreitung von Schadstoffen in der Atmosphäre und Umweltbelastung" (1) zeigen jedoch gegenüber den bisher allgemein verwendeten Pasquillschen Parametern eine so deutliche Abweichung, daß genauere Untersuchungen zur Neueinteilung der Diffusionskategorien bzw. zusätzliche Definitionsgrößen notwendig werden.

1. Allgemeine Vorbemerkungen zum Windprofil

Die zeitlich gemittelte horizontale Windgeschwindigkeit als Funktion der Höhe sowie deren Abhängigkeit von der Bodenrauigkeit, turbulenten Transportgrößen und der thermischen Schichtung war und ist für die Meteorologie von großem Interesse. Da die Ausbreitung im wesentlichen ein turbulenter Vorgang ist, liegt es nahe, die für die Beschreibung des Windprofils notwendigen (und hinreichenden) Parameter zur Charakterisierung des turbulenten Zustandes der Ausbreitungsschicht heranzuziehen. Diese Parameter sind die Rauigkeitslänge, die ein Maß für die Rauigkeit des Geländes ist, die Schubspannungsgeschwindigkeit u_* , die die Größe des vertikalen Gradienten der Windgeschwindigkeit beschreibt sowie der turbulente Wärmefluß q_0 in vertikaler Richtung, ferner Temperaturgradient $\partial T / \partial z$ und Gradient der potentiellen Temperatur $\partial \theta / \partial z$. Aus den hydrodynamischen Bewegungsgleichungen für die zeitliche Änderung der kinetischen Turbulenzenergie lassen sich folgende Abhängigkeiten von den turbulenten Schwankungen u', v', w' der Windgeschwindigkeiten, der Temperaturschwankungen T' sowie der Dichte angeben:

$$\{1\} \quad u_* = - \left(\frac{\overline{\rho u' w'}}{\bar{\rho}} \right)^{1/2}$$

$$\{2\} \quad q_0 = c_p \overline{\rho w' T'} = - \bar{\rho} c_p K_H \left(\frac{\partial \bar{T}}{\partial z} + \Gamma \right)$$

K_H = turbulenter Diffusionskoeffizient für Wärme

c_p = spezifische Wärme von Luft bei konstantem Druck

Γ = trocken-adiabatischer Temperaturgradient

Prinzipiell ist es also möglich, aus der Messung der turbulenten Schwankungen der Geschwindigkeit und Temperatur die Größen u_* und q_0 zu bestimmen. Andererseits stehen nur in den seltensten Fällen genügend empfindliche Geräte zur Turbulenzmessung zur Verfügung, so daß man u_* und q_0 aus dem Windprofil entnehmen muß. Eine weitere Schwierigkeit besteht in der Ermittlung des Parameters z_0 . (z_0 ist die Höhe, in der bei adiabatischer Schichtung die Windgeschwindigkeit null wird).

In der Vergangenheit sind verschiedene analytische Ansätze zur Beschreibung der Höhenabhängigkeit des Windprofils gemacht worden, deren theoretische Herleitung jedoch über den Rahmen dieses Berichts hinausgehen würde.

2. Analytische Ansätze für die Höhenabhängigkeit der Windgeschwindigkeit

Viele Herleitungen benutzen die sogenannte Mischungsweg-Hypothese. Der Mischungsweg l gibt hiernach die Größe der Wirbel an, die eine Durchmischung der Prandtl-Schicht bewirken. Der Gradientenansatz für das Windprofil führt dann zu folgender Differentialgleichung:

$$\{3\} \quad \frac{du}{dz} = \frac{u_*}{l(z)}$$

Für die Prandtl-Schicht wird u_* als höhenunabhängig angenommen. Mit der Randbedingung $u(z_0) = 0$ erhält man:

$$\{4\} \quad u(z) = u_* \int_{z_0}^z \frac{1}{l(z)} dz$$

Je nach Wahl des Mischungsweges ergeben sich unterschiedliche Höhenabhängigkeiten für $u(z)$. Ein für beliebige thermische Schichtung geltender Ansatz von Deacon (6) lautet:

$$\{5\} \quad l(z) = k_1 z^\beta$$

Daraus folgt durch Integration:

$$\{6\} \quad u(z) = \frac{u_*}{k_1} \frac{1}{1-\beta} \left\{ \left(\frac{z}{z_0} \right)^{1-\beta} - 1 \right\}$$

Für $\beta=1$ erhält man das sogenannte log-Profil:

$$\{7\} \quad u(z) = \frac{u_*}{k} \ln \left(\frac{z}{z_0} \right)$$

Es beschreibt das Windprofil bei adiabatischer Schichtung. Monin und Obukhov (1954) geben einen anderen Ansatz, der aus einem logarithmischen und einem linearen Anteil besteht:

$$\{8\} \quad u(z) = \frac{u_*}{k} \left\{ \ln \frac{z}{z_0} + \beta \frac{z-z_0}{L} \right\}$$

Für $L \rightarrow \infty$ geht dieser Ausdruck in das Profil (7) über. Der Parameter L wird als Stabilitätslänge bezeichnet und hängt mit der Schubspannung u_* und dem vertikalen turbulenten Wärmefluß q_0 wie folgt zusammen:

$$\{9\} \quad L = - u_*^3 \frac{c_p \cdot \bar{\rho}}{g \cdot q_0} \bar{T}$$

g : = Erdbeschleunigung

c_p : = spezifische Wärme von Luft bei konstantem Druck

$\bar{\rho}$: = mittlere Dichte der Luft

$\bar{T}$: = Mitteltemperatur der betrachteten Schicht ($^{\circ}\text{K}$)

Die bisherigen Ansätze sind theoretisch zu begründen. Häufig werden jedoch empirische Formeln verwendet, die es erleichtern, gemessene Profile anzupassen.

$$\{10\} \quad u(z) = u(z_1) \left(\frac{z}{z_1} \right)^q$$

$$\{11\} \quad u(z) = u(z_1) \left(\frac{z-d}{z_1-d} \right)^P$$

$$\{12\} \quad u(z) = \frac{u_*}{k} \ln \frac{z-d}{z_0}$$

Über sehr rauhem Gelände (mit Bäumen oder Gebäuden) gelingt es häufig durch Einführung einer Nullpunktverschiebung d , die Meßergebnisse besser anzupassen. In Gl. {11} entspricht d dann nicht einer Rauigkeitslänge, wie sie in Gl. {7} definiert wurde. Ferner wird noch folgende Form verwendet:

$$\{13\} \quad u(z) = \frac{u_*}{k} \ln \frac{z-d+z_0}{z_0}$$

Der Mischungsweg wurde hier also in der Form

$$\{14\} \quad l(z) = k(z+z_0)$$

angesetzt, aus der Überlegung, daß eine konstante Durchmischung auch noch im Bereich $z < z_0$ vorhanden sein kann.

3. Experimentelle Untersuchungen

Am meteorologischen Turm der KFA werden in acht Höhen zwischen 2 m und 120 m zehnmündliche Mittelwerte der Windgeschwindigkeit gemessen. Die Mittelwerte werden auf Lochstreifen gespeichert und auf Magnetband gebracht. Routinemäßig werden Stunden- und Halbtagsmittelwerte gebildet und ebenfalls auf Magnetband gespeichert. Ferner werden ebenfalls routinemäßig Stundenmittel des Temperaturgradienten zwischen 20 und 120 m, Stundenmittel der horizontalen und vertikalen turbulenten Windschwankungen mit Hilfe von Vektorwindfahnenmessungen sowie Hauptwindrichtung in 30°-Sektoren gemessen und auf Magnetband gespeichert. Die Abb. 5.2/6 zeigt einige typische Profile für stark labile, adiabatische und stabile Schichtungen. In allen Fällen ist eine Aufteilung des Profils in einen unteren Teil zwischen 2 und 20 m sowie einen oberen Teil zwischen 30 und 120 m festzustellen. Bei allen weiteren Untersuchungen wurden diese Profile getrennt behandelt. Folgende Fragestellungen waren von Interesse:

- 1) Bestimmung der Rauigkeitslänge z_0 (gegebenenfalls Bestimmung der Nullpunktverschiebung d)
- 2) Bestimmung der Schubspannungsgeschwindigkeit u_* sowie der Monin - Obhukov - Länge und des turbulenten Wärmeflusses q_0 .
- 3) Untersuchung der Korrelationen zwischen dem Exponenten p des Potenzansatzes in Gl. {11} und dem Temperaturgradienten ΔT .

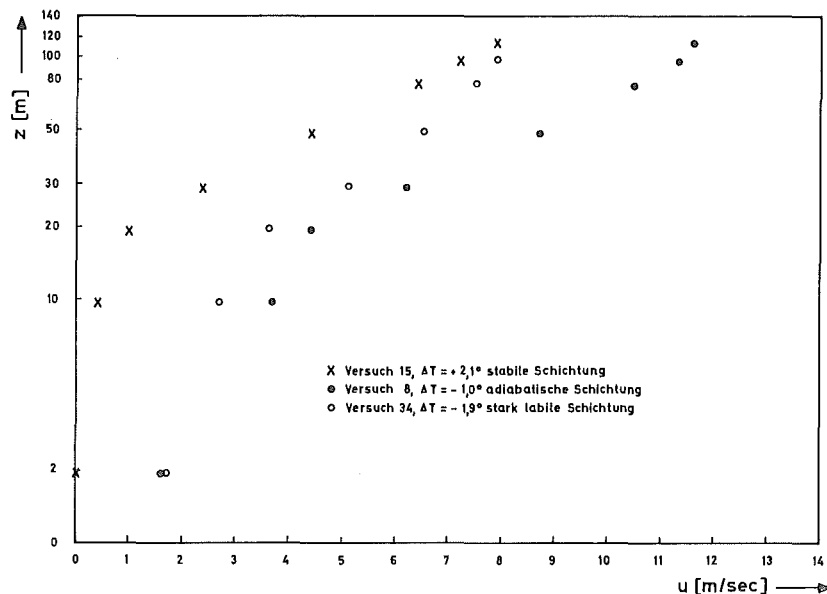


Abb. 5.2/6: Windgeschwindigkeit u als Funktion der Höhe z für verschieden geschichtete Atmosphäre

zu 1): Die Bestimmung der Rauheitslänge z_0 bereitet über Gelände mit starker Rauigkeit und großer Inhomogenität wie in der Umgebung der KFA (Bebauung, Wald und Lichtungen wechseln sich ab) große Schwierigkeiten. Mit Hilfe einer Ausgleichsrechnung wurden für verschiedene Windrichtungen und Windgeschwindigkeiten sowie aus den Windprofilmessungen die z_0 für Sommer- und Wintermonate berechnet. Für Temperaturgradienten im Bereich $-2,0 \leq \Delta T \leq +8,0$ wurden im Abstand von jeweils $0,1^\circ\text{C}$ Mittelwerte und Streuung der z_0 gebildet (Tabelle 5.2/1). Es konnten keine eindeutigen Windrichtungs- und Windgeschwindigkeitsabhängigkeiten ermittelt werden, auch die Einflüsse von Sommer und Winter lagen innerhalb der Streubreiten. Angesichts des noch zu geringen Datenmaterials (es wurden ca. 3500 Stundenmittelwerte verwendet), können sich noch Änderungen ergeben. Abb. 5.2/7 zeigt die Abhängigkeit des Parameters z_0 vom Temperaturgradienten. Definitionsgemäß ist z_0 nur im Falle der adiabatischen Schichtung mit der Rauheitslänge zu identifizieren. Gerade im Bereich des entsprechenden Temperaturgradienten ($-1,0 \leq \Delta T \leq -0,5$) ist jedoch der Anstieg von z_0 am stärksten. Zur weiteren Rechnung wurde für z_0 der Mittelwert von z_0 zwischen $-1,0^\circ\text{C}/100\text{ m}$ und $-0,5^\circ\text{C}/100\text{ m}$ genommen. Es ergab sich $z_0 = 7,9 \pm 1,4\text{ m}$ für das Profil oberhalb der Baumgrenze (30 - 120 m). Bei der Berechnung muß ferner beachtet werden, daß die Gl. {7} erst oberhalb $z > 10 \cdot z_0$ exakt gültig ist. Betrachtet man z_0 nicht als Rauheitslänge sondern als stabilitätsabhängigen Parameter und bildet für verschiedene Temperaturgradienten Mittelwerte, so ergeben diese Werte bei Korrelation mit den Fluktuationen σ_A und σ_E einen Korrelationskoeffizienten von $r_{\sigma_A} = -0,957$ bzw. $r_{\sigma_E} = -0,964$, d.h. zwischen diesen Größen besteht eine σ_A eindeutige Beziehung (Abb. 5.2/8 und Abb. 5.2/9). Weitere Untersuchungen müssen ergeben, ob z_0 in dieser Form ein Maß für den turbulenten Zustand der Atmosphäre darstellen kann. Für die Schubspannungsgeschwindigkeit konnte keine Abhängigkeit vom Temperaturgradienten ermittelt werden. Die Einführung einer Nullpunktverschiebung d erbrachte keine Verbesserung der Anpassung.

zu 2): Mit dem so berechneten z_0 werden nach Gl. {8} u. {9} turbulente Wärmeflüsse ermittelt. Wegen der starken Störung der Prandtl-Schicht können nur Größenordnungen ermittelt werden. Abb. 5.2/10 zeigt den Tagesgang der Strahlungsbilanz sowie den Wärmestrom für den 1.9.1973. Die Untersuchungen ergaben, daß ein Fehler von 15 % für z_0 , je nach Wetterlage eine Änderung der q_0 um einen Faktor 1,5 bis 2,5 bewirkt. Wie die Abbildung zeigt, wird der Verlauf der Strahlungsbilanz qualitativ gut wiedergegeben und liegt quantitativ innerhalb derselben Größenordnung. Eine Auswertung der Ausbreitungsversuche zeigt in Tab. 5.2/2, daß die aus dem Windprofil ermittelten Werte für q_0 im allgemeinen niedriger liegen als der gemessene Wert der Strahlungsbilanz. Ein qualitativer Zusammenhang mit Vektorwindfahnenmessungen ist erkennbar, jedoch müssen hier noch genauere Messungen durchgeführt werden.

Tabelle 5.2/1
Mittelwert und Streuung
von z_0

ΔT [°C/100m]	z_0 [m]	Δz_0 [m]
-2.0	2.1633	1.4262
-1.8	2.4624	1.1841
-1.6	3.0576	1.9382
-1.5	3.0329	1.7186
-1.3	3.6748	1.8283
-1.1	4.2440	2.3183
-1.0	5.9340	2.3936
-0.9	6.7562	3.0911
-0.8	8.1541	3.4070
-0.7	7.3548	2.7805
-0.6	9.2914	3.4345
-0.5	9.5834	3.6984
-0.4	11.4588	4.5481
-0.3	11.1853	4.3439
-0.2	12.5794	3.9889
-0.1	13.3423	5.3022
-0.0	14.6929	4.2636
0.1	14.8419	4.6521
0.2	13.6419	4.1621
0.3	13.9355	4.5510
0.4	15.2724	5.2193
0.5	16.4098	4.4595
0.6	14.5678	6.6873
0.7	15.3717	5.0203
0.8	12.9482	4.9479
0.9	15.1059	5.3533
1.0	13.7003	6.2073
1.1	15.0518	6.0806
1.2	14.5462	3.8561
1.3	15.7879	6.4652
1.4	17.1731	5.4027
1.5	17.1405	6.3014
1.6	18.1662	8.3545
1.7	15.8151	6.1909
1.8	15.9435	1.8023
1.9	17.1043	4.4054
2.0	16.6168	3.2758
2.1	15.9565	7.3502
2.2	12.9439	5.4139
2.3	20.3408	4.1325
2.4	18.0394	6.4317
2.5	13.6853	2.7926
2.6	22.2342	4.8264
2.7	17.1957	4.1585
2.8	16.4337	3.1240
2.9	17.0341	6.0040
3.0	14.6464	4.7951
3.1	11.5781	5.9314
3.2	17.1013	3.5643
3.3	18.9740	7.0202
3.4	19.4058	6.1919
3.5	15.9862	3.8021
3.7	21.3618	6.8875
3.8	15.8678	5.2784
3.9	23.8170	4.3411
4.0	17.9916	2.5690
4.1	22.2564	0.0000
4.2	15.6367	3.1968
4.3	17.5139	5.6761
4.4	14.8662	9.4336
4.5	36.3238	0.0000
4.6	20.1365	2.5673
4.7	15.4303	7.0728
4.8	36.4597	0.0000
4.9	26.6270	6.1079
5.3	20.3497	7.4722
5.4	18.5799	6.7175
5.7	28.3263	0.0000
5.9	21.6694	0.0000

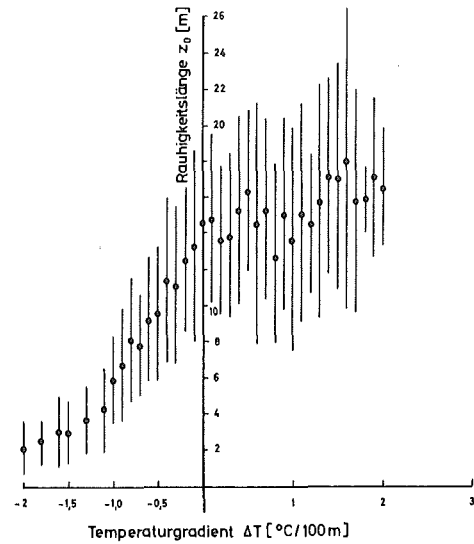


Abb. 5.2/7: z_0 in Abhängigkeit vom Temperaturgradient

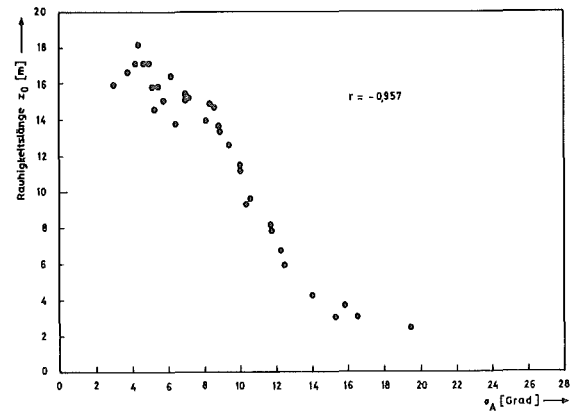


Abb. 5.2/8: Horizontale Fluktuationen der Windgeschwindigkeit σ_A

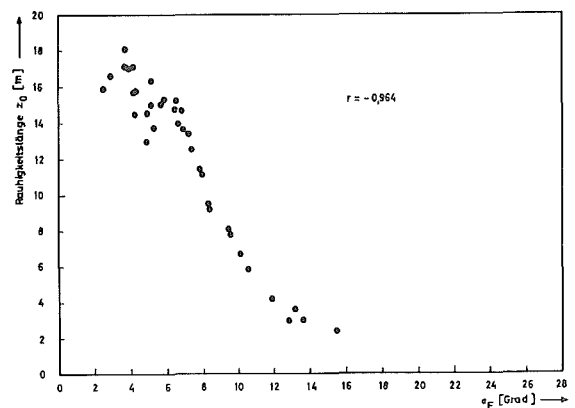


Abb. 5.2/9: Vertikale Fluktuationen der Windgeschwindigkeit σ_E

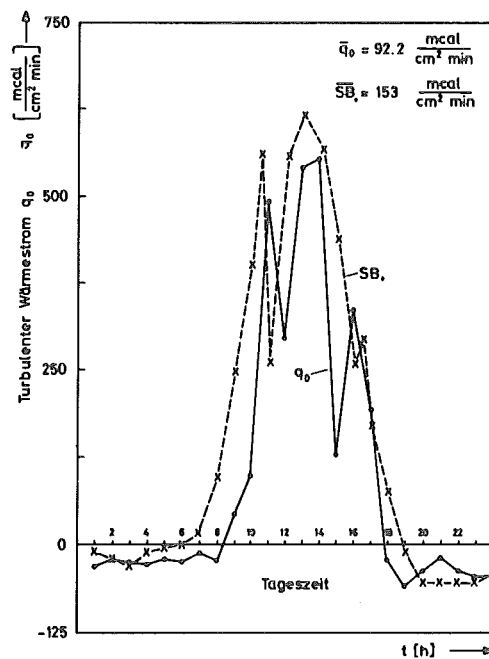
Abb. 5.2/10: Tagesgang des Wärmestromes q_0 am 1. Sept. 1973

Tabelle 5.2/2

Gesamtübersicht über alle ausgewerteten Ausbreitungsversuche

Versuch	Strahlungs- bilanz	q_0	Versuch	Strahlungs- bilanz	q_0	Versuch	Strahlungs- bilanz	q_0
1	0,11	-0,004	15	-0,07	-0,034	29	0,75	1,03
3	0,70	0,318	16	0,13	0,226	30	0,17	0,002
4	0,38	0,126	17	0,06	0,049	31	-0,02	-0,004
5	0,36	0,145	18	0,06	0,017	32	0,55	0,146
6	0,32	0,268	19	0,09	0,108	33	0,37	0,211
7	0,16	-0,028	20	-0,02	-0,005	34	0,51	0,348
8	0,24	0,359	21	0,30	0,102	35	0,25	0,245
10	0,25	0,304	22	0,32	0,217	36	0,26	0,577
11	0,16	0,397	24	0,05	-0,067	37	0,05	0,25
12	0,14	0,195	25	0,08	0,320	38	0,15	0,211
13	0,65	0,338	27	0,27	1,386	39	0,17	0,268
14	0,04	0,164	28	0,51	0,169			

zu 3): Bei der Ermittlung des Parameters p in Gl. {11} wurde von einer mittleren Baumhöhe $d = 20$ m ausgegangen, d.h. in dieser Höhe wird die Windgeschwindigkeit null. Über geschlossenem Waldgelände kann man ohne Beschränkung der Allgemeinheit diese Annahme machen. Der Wert für d ergab sich als Mittelwert, für den die Summe der mittleren quadratischen Fehler der untersuchten Einzelprofile minimal wurde. Die Fehlersumme unterschied sich nicht wesentlich von der, die bei $z_0 = 8,0$ m das log-lin-Profil liefert. Den Zusammenhang zwischen den Temperaturgradienten ΔT und p für verschiedene Windrichtungen zeigen die Abb. 5.2/11, 12 und 13. Eine lineare Korrelationsrechnung für 12 verschiedene Windrichtungssektoren ergibt für Südlagen einen Koeffizienten $r > 0,8$. Ob und wie stark bei diesem Turmeinflüsse in Betracht gezogen werden müssen, geht aus den Untersuchungen nicht hervor. Ohne Berücksichtigung der Windrichtung ergibt sich bei linearer Korrelation für 1286 ausgewertete Stundenmittel der Profile ein Koeffizient von $r = 0,726$, d.h. es ist eine eindeutige Beziehung zwischen der Schichtung und der Form des Profils herstellbar. Für den Fall der trockenadiabatisch geschichteten Atmosphäre erhält man $p = 0,25$. Die Streuung der p -Werte nimmt mit der Stabilität erheblich zu.

Eine Abhängigkeit läßt sich auch zwischen p und den Windgeschwindigkeitsfluktuationen σ_A bzw. σ_E feststellen. Die entsprechenden Korrelationen liegen bei $r_{\sigma_A} = -0,648$ bzw. $r_{\sigma_E} = -0,638$. Die Abbn. 5.2/14 und 5.2/15 zeigen den Zusammenhang zwischen p und σ_A bzw. σ_E für die Windrichtung 90° .

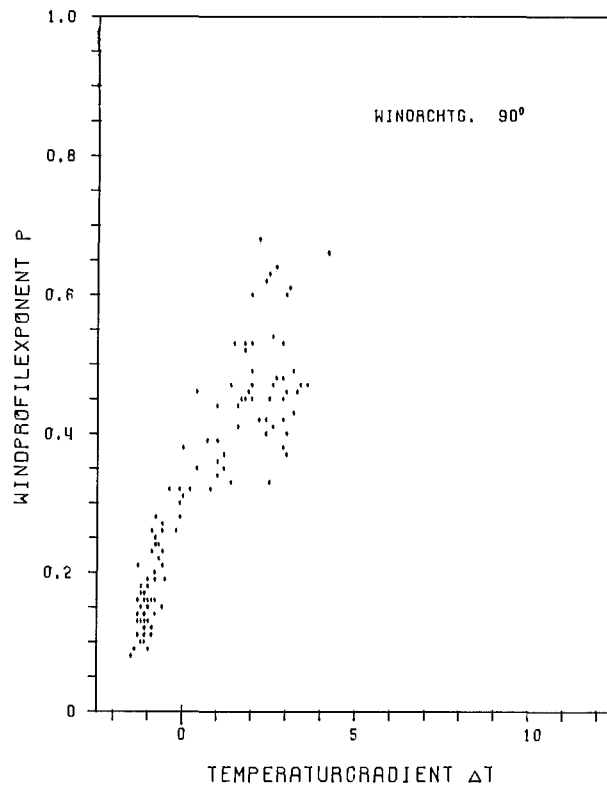


Abb. 5.2/11: Abhängigkeit des Windprofilexponenten p vom vertikalen Temperaturgradienten ΔT für eine Windrichtung von 90°

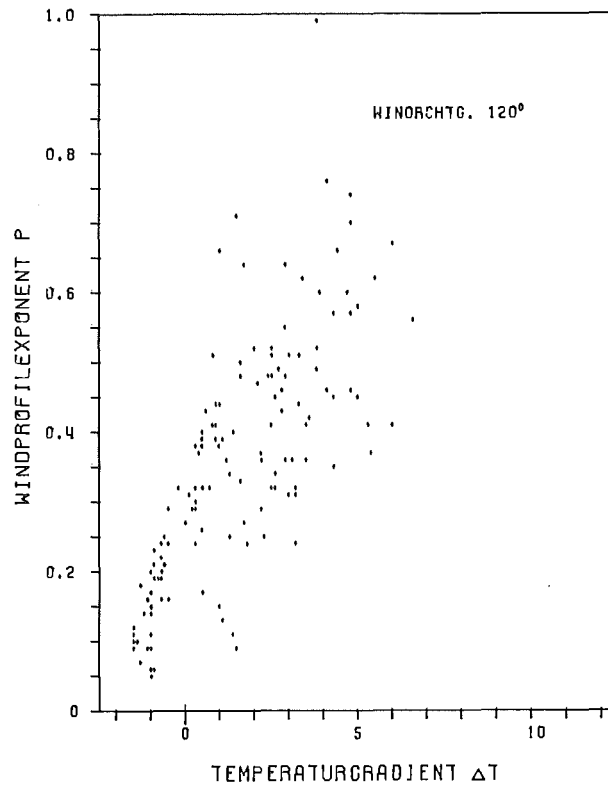


Abb. 5.2/12: Abhängigkeit des Windprofilexponenten p vom vertikalen Temperaturgradienten ΔT für eine Windrichtung von 120°

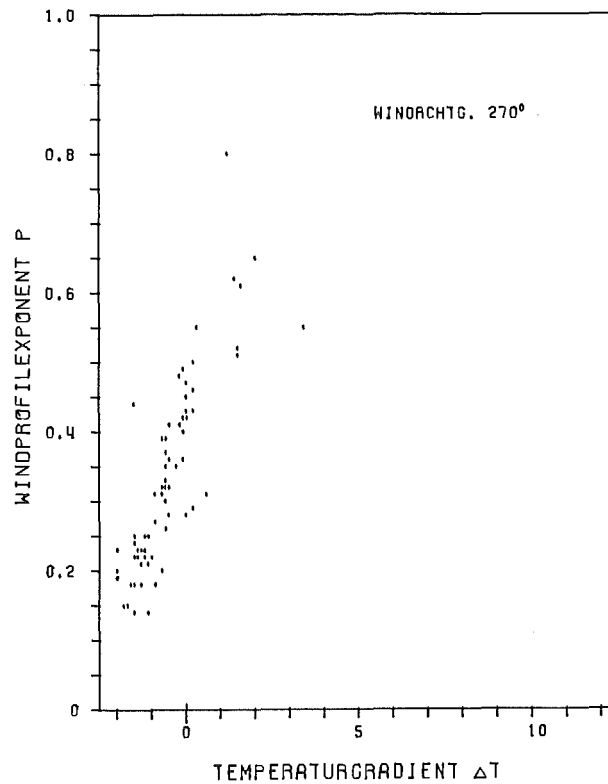


Abb. 5.2/13: Abhängigkeit des Windprofilexponenten p vom vertikalen Temperaturgradienten ΔT für eine Windrichtung von 270°

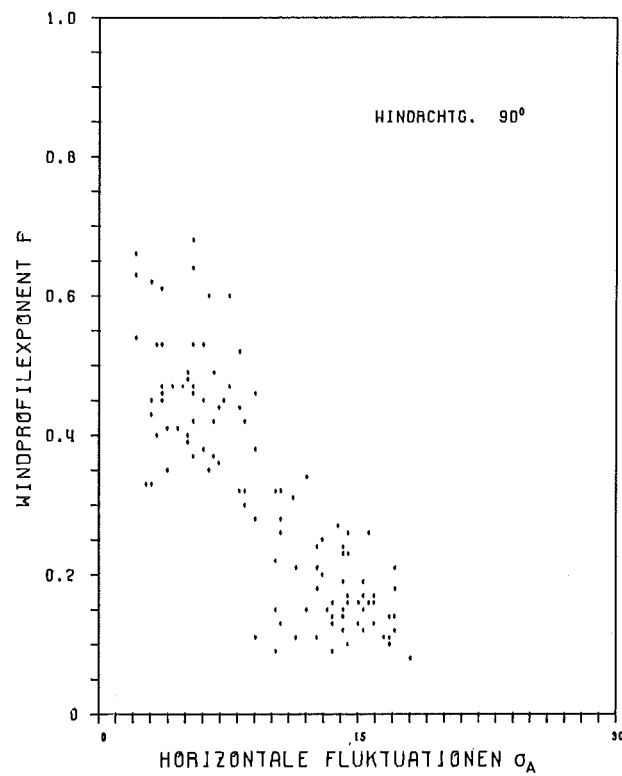


Abb. 5.2/14: Abhängigkeit des Windprofilexponenten p von den horizontalen Windschwankungen σ_A

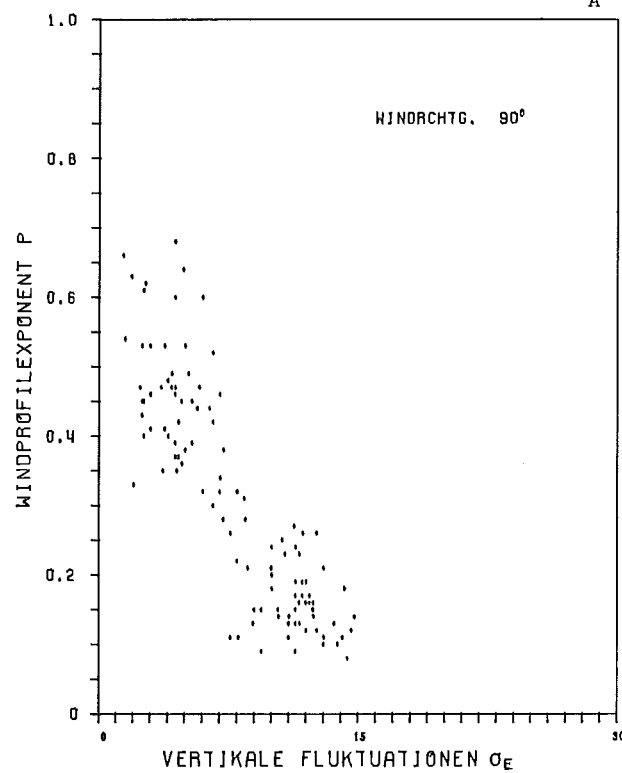


Abb. 5.2/15: Abhängigkeit des Windprofilexponenten von den vertikalen turbulenten Windschwankungen σ_E

Zusammenfassung

Aus den Stundenmittelwerten von gemessenen Windgeschwindigkeiten wurden für die Bodenrauigkeit sowie die Schichtung charakteristische Parameter mit Hilfe von verschiedenen analytischen Ansätzen für das Windprofil ermittelt. Es ließ sich ein eindeutiger Zusammenhang zwischen dem (stabilitätsabhängigen) Parameter z_0 und den Windfluktuationen σ_A bzw. σ_E ermitteln. Danach können zur Charakterisierung einer Schichtung die aus einem gemessenen Windprofil ermittelten Werte von z_0 dienen. Tagesgang sowie Größe und Richtung des turbulenten Wärmestromes im Bereich zwischen 30 und 120 m wurden ermittelt und mit gemessenen Strahlungsbilanzen verglichen. Qualitativer Verlauf und Größenordnungen stimmten überein. Zur Überprüfung der so gewonnenen Ergebnisse werden in nächster Zeit Feinstrukturmessungen der turbulenten Größen mit neuartigen Hitzdrahtanemometern in der ZST durchgeführt, so daß sich der Wärmestrom q_0 und die Schubspannungsgeschwindigkeit u_* experimentell ermitteln lassen.

5.2.4 Über ein statistisches Modell der Ausbreitung von Aerosolen unter der Berücksichtigung einer höhenabhängigen Windgeschwindigkeit

In der Ausbreitungstheorie ist bereits ein statistisches Modell bekannt, welches jedoch nicht die Abhängigkeit der Windgeschwindigkeit mit der Höhe berücksichtigt. Dieses Modell nach Pasquill besteht aus einer mehrdimensionalen Gaußverteilung, in der über die Translationsgeschwindigkeit t integriert wird, allerdings mit gewissen Vereinfachungen. In dieses Modell werden ortsabhängige Parameter σ eingeschrieben, deren Ortsabhängigkeit im Rahmen einer statistischen Theorie nicht begründet ist. Hier wird ein Modell beschrieben, welches die höhenabhängige Windgeschwindigkeit berücksichtigt.

In der vorliegenden Arbeit werden drei Annahmen gemacht.

1. Ein Element einer Ausbreitung, z.B. eine kleine Wolke radioaktiver Kontamination, kann durch eine Gaußverteilung beschrieben werden. Genauer gesagt soll die Wahrscheinlichkeit, ein radioaktives Teilchen an einem bestimmten Ort zu finden, durch eine Funktion der Art

$$\{1\} \quad p_s(x) = \frac{e^{-\frac{(x-x_0)^2}{2\sigma^2}}}{\sqrt{2\pi\sigma^2}}$$

beschrieben werden, worin x_0 der wahrscheinlichste Ort ist und σ die Varianz.

2. Die zeitliche Veränderung einer Verteilung kann durch die Überlagerung einer weiteren statistischen Verteilung beschrieben werden. Also

$$\{2\} \quad p_u(x') = \int p_q(x'-x) p_s(x) dx$$

mit

$$\{3\} \quad p_q(x'-x) = \frac{e^{-\frac{(x'-x)^2}{2q^2}}}{\sqrt{2\pi q^2}}$$

Hier hat p_u dieselbe mathematische Form wie p_s , stellt also eine neue Gaußverteilung dar. Die angewandte Methode wird also sein, jede Gaußverteilung aus abzählbar vielen infinitesimalen Gaußverteilungen aufzubauen.

3. Es wird angenommen, daß sich der Einfluß des Windes als eine horizontale Translation beschreiben läßt, wobei der Betrag der Translation von der Höhe abhängen darf.

Methode

Wir benutzen den bekannten Satz, daß eine Integration der Art der Gleichung {2} sich als eine einfache Multiplikation der Fourierintegrale beschreiben läßt, weiter, daß, weil diese Fourierintegrale Exponentialform haben, sie sich als eine einfache Addition der Exponenten beschreiben lassen.

Sei also in zweidimensionaler Schreibweise

$$\{4\} \quad p(x_1, x_2) = \frac{\sqrt{|Q|}}{2\pi} \cdot e^{-\frac{1}{2}(\vec{y}-\vec{a})' \{Q\} (\vec{y}-\vec{a})},$$

worin jetzt Q der Allgemeinheit halber als nicht notwendig diagonale Matrix angenommen wird, so wird die durch

$$\{5\} \quad \varphi(\vec{t}) = \int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} p(x_1, x_2) e^{i(\vec{t} \vec{y})} dx_1 dx_2$$

definierte Fouriertransformierte

$$\{6\} \quad \varphi(t_1, t_2) = \exp\left(-\frac{1}{2} \vec{t}' Q^{-1} \vec{t} + i(\vec{a} \vec{t})\right)$$

Schreibt man eine Überlagerungsverteilung

$$\{7\} \quad p(x'_1 - x_1, x_2 - x_2) = \frac{\sqrt{|S|}}{2\pi} e^{-\frac{1}{2}(\vec{y}' - \vec{y} - \vec{b})' \{S\} (\vec{y}' - \vec{y} - \vec{b})}$$

an, so wird deren Transformierte

$$\{8\} \quad \varphi(t_1, t_2) = \exp\left(-\frac{1}{2} \vec{t}' S^{-1} \vec{t} + i(\vec{a} \vec{t})\right)$$

und man erhält als überlagerte Wahrscheinlichkeit

$$\begin{aligned} \{9\} \quad p(x'_1, x'_2) &= \iint p(x'_1 - x_1, x'_2 - x_2) p(x_1, x_2) dx_1 dx_2 \\ &= \frac{\sqrt{|U|}}{2\pi} e^{-\frac{1}{2}(y' - \vec{c})' \{U\} (y' - \vec{c})} \end{aligned}$$

mit der Fouriertransformierten

$$\{10\} \quad \varphi(t_1, t_2) = \exp\left(-\frac{1}{2} \vec{t}' U^{-1} \vec{t} + i(\vec{c} \cdot \vec{t})\right)$$

worin die Tensorbeziehungen gelten:

$$\{11\} \quad \vec{c} = \vec{a} + \vec{b}$$

$$\{12\} \quad U^{-1} = Q^{-1} + S^{-1}$$

Einen einfachen Beweis dieser Beziehung kann man durch eine Ausintegration der Formel {9} mit der Methode der quadratischen Ergänzung bekommen.

Die Höhenabhängigkeit der Windgeschwindigkeit

Führt man in {7} eine höhenabhängige Windgeschwindigkeit ein, so kann man schreiben

$$\begin{aligned} p(x_1' - x_1, x_2' - x_2, x_1, x_2) &= \frac{\sqrt{|S|}}{2\pi} \cdot \\ \{13\} \quad &\exp\left\{-\frac{1}{2}\left(q_{11}(x_1' - x_1 - u_2 x_2)^2 + 2q_{12}(x_1' - x_1 - u_2 x_2)(x_2' - x_2 - u_1 x_1) \right.\right. \\ &\left.\left. + q_{22}(x_2' - x_2 - u_1 x_1)^2\right)\right\} \end{aligned}$$

Diese Verteilung läßt sich nicht mehr nach Fourier integrieren, da sie von vier Parametern (x_1, x_2, x_1', x_2') abhängt. Jedoch läßt sich die Integration {9} nach der Methode der quadratischen Ergänzung durchführen. Das Ergebnis, welches mit einer Formac-Rechnung errechnet wurde, lautet:

$$\{14\} \quad \left. \begin{aligned} c_1 &= a_1 + u_2 a_2 \\ c_2 &= a_2 + u_1 a_1 \end{aligned} \right\} \vec{c} = r \cdot \vec{a}$$

$$\{15\} \quad c_2 = a_2 + u_1 a_1$$

$$\{16\} \quad U^{-1} = r^* S^{-1} r + Q^{-1}$$

worin die Matrixen r und r^*

$$(17) \quad r^* = \begin{Bmatrix} 1 & u_2 \\ u_1 & 1 \end{Bmatrix} \quad r = \begin{Bmatrix} 1 & u_1 \\ u_2 & 1 \end{Bmatrix}$$

sind.

Aufbau einer integralen Verteilung

Eine endliche Verteilung kann man durch fortgesetzte Summation über {16} erreichen. Mehrmalige Anwendung ergibt

$$(18) \quad U_2^{-1} = r^* r^* S^{-1} r r + r^* Q^{-1} r + Q^{-1}$$

$$U_m^{-1} = (r^*)^m S^{-1} r^m + (r^*)^{m-1} Q^{-1} r^{m-1} \dots Q^{-1}$$

Mit $u_1 = 0, s_{12} = q_{12} = 0, u_2 = u$ erhält man $(S^{-1} = Q^{-1})$

$$(19) \quad (r^*)^m = \begin{Bmatrix} 1 & mu \\ 0 & 1 \end{Bmatrix} \quad r^m = \begin{Bmatrix} 1 & 0 \\ mu & 1 \end{Bmatrix}$$

$$(20) \quad S^{-1} = \begin{Bmatrix} \frac{1}{s_{11}} & 0 \\ 0 & \frac{1}{s_{22}} \end{Bmatrix}$$

und für m Summanden

$$(21) \quad U^{-1} = \begin{Bmatrix} \frac{n}{s_{11}} + \sum_{m=0} \frac{m^2 u^2}{s_{12}} & \sum_{m=0} \frac{mu}{s_{22}} \\ \sum \frac{mu}{s_{22}} & \frac{u}{s_{11}} \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} \frac{t}{s_{11}} + \frac{u^2 t^3}{2s_{12}} & \frac{u t^2}{2s_{12}} \\ \frac{ut}{2s_{12}} & \frac{t}{s_{22}} \end{Bmatrix}$$

Hierin ist die Summation in eine Zeitintegration umgeformt worden.

Die $S_{v\mu}$ sind somit Varianzzunahmen pro Zeiteinheit. Schreibt man noch

$$S_{11} = \frac{1}{\sigma_x^2} \quad \text{und} \quad S_{22} = \frac{1}{\sigma_z^2}$$

und invertiert die Matrix {21} so wird mit $x = ut$

$$\begin{aligned} u_{11} &= \frac{1}{\sigma_x^2 t} \frac{1}{1 + \frac{\sigma_z^2 x^2}{\sigma_x^2 12}} = \frac{1}{\sigma_x^2 t} \\ \{22\} \quad u_{22} &= \frac{1}{\sigma_z^2 t} \frac{1 + \frac{\sigma_z^2 x^2}{\sigma_x^2 3}}{1 + \frac{\sigma_z^2 x^2}{\sigma_x^2 12}} = \frac{1}{\sigma_z^2 t} \\ u_{12} &= -\frac{1}{2} x u_{11} = -\frac{1}{2 t \sigma_x^2} \frac{x}{1 + \frac{\sigma_z^2 x^2}{\sigma_x^2 12}} = -\frac{1}{2} \frac{x}{\sigma_x^2} t \end{aligned}$$

Die Determinante wird

$$\{23\} \quad u_{11} \cdot u_{22} - u_{12}^2 = \frac{1}{\sigma_x^2 \sigma_y^2 t^2 \left(1 + \frac{\sigma_z^2 x^2}{\sigma_x^2 12}\right)}$$

Durchführung der Zeitintegration

Die Werte aus Gleichung {22} sind in Gleichung {4} einzusetzen und über die Zeit t ist zu integrieren. Diese Aufgabe wird dadurch vereinfacht, daß die Zeitabhängigkeit der langsam mit der Zeit variablen Faktoren vernachlässigt wird. Die Windgeschwindigkeit wird im einfachsten Fall angesetzt als

$$\{24\} \quad \hat{U} = u_0 + uz$$

Die dreidimensionale Verteilung wird

$$\{25\} \quad p(x, y, z) = \frac{Q}{(\sqrt{2\pi})^3 \sigma_x \sigma_y \sigma_z \sqrt{1 + \frac{\sigma_z^2 x^2}{\sigma_x^2 12}}} \int e^{-\alpha} \frac{dt}{t^{3/2}}$$

worin

$$\{26\} \quad \alpha = \frac{(x-u_0-uHt)^2}{2\bar{\sigma}_x^2 t} - \frac{x(x-u_0-uHt)(z-H)}{2\bar{\sigma}_x^2 t} + \frac{(z-H)^2}{2\bar{\sigma}_z^2 t} - \frac{y^2}{\sigma_y^2 t}$$

Die Integration wird mit der Substitution

$$\{27\} \quad k = \frac{1}{\sqrt{t}} \quad dk = -\frac{1}{2} \frac{dt}{t^{3/2}}$$

durchgeführt und die Beziehung

$$\{28\} \quad \int_0^\infty e^{-k^2 a^2 - \frac{b^2}{k^2}} dk = \frac{\sqrt{\pi}}{2a} e^{-2ab}$$

benutzt.

Addiert man noch einen Schattenterm hinzu, so wird endgültig

$$\{29\} \quad p(x,y,z) = \frac{Q \cdot e^{\frac{x(u_0+\bar{u})}{2\bar{\sigma}_x^2}} \cdot e^{-\sqrt{\frac{x^2}{\bar{\sigma}_x^2} + \frac{y^2}{\sigma_y^2} + \frac{H^2}{\bar{\sigma}_z^2}} \cdot \sqrt{\frac{u_0\bar{u}}{\bar{\sigma}_x^2}}}}{\pi \cdot \sigma_x \sigma_y \sigma_z \sqrt{1 + \frac{\sigma_z^2 x^2}{\sigma_x^2 12}} \sqrt{\frac{x^2}{\bar{\sigma}_x^2} + \frac{y^2}{\sigma_y^2} + \frac{H^2}{\bar{\sigma}_z^2}}}$$

mit $\bar{u} = uH + u_0$

Diese Verteilung ist wesentlich keine Gaußverteilung mehr. Weiter fällt auf, daß bei der Zeitintegration im Gegensatz zum reinen Gauß-Ansatz die Varianz der Verteilung in der x-Richtung σ_x nicht mehr herausfällt.

Im Grenzwert für kleine y und große x, d.h. $x \gg H$ kann man die Formel {29} entwickeln und bekommt

$$p(x,y,z) \sim \frac{Q}{\pi \sigma_y \sigma_z x}$$

dies ist ein Wert, der auch als Grenzwert der zeitintegrierten Gaußverteilung folgt.

Erste Versuche, den hier gewonnenen Formalismus auf die Meßwerte der Ausbreitungsversuche anzuwenden, sind bereits unternommen worden. Es bedarf jedoch weitergehender eindringlicher Untersuchungen, um die Brauchbarkeit der hier entwickelten Theorie zu beweisen.

.2.5 Ein neues Verfahren zur Filterauswertung bei den Ausbreitungsversuchen

Zur Messung der bodennahen Konzentrationsverteilung werden seit einiger Zeit die Filterauswertungen in mehr als zwei Durchläufen ausgemessen. Die etwa 13 Meßwerte je Probe erlauben nunmehr eine statistische Aussage über die Güte des ermittelten Probenwertes als Funktion der Korrelation der Meßwerte mit der Auswertezeit.

1. Berechnung des Thoriumwertes

Sei n_0 der Nulleffekt des Meßgeräts und t_v die Zeit nach der Probennahme, so werden die Zählraten

$$\{1\} \quad y_v = y_0 e^{-\lambda_T t_v} + n_0$$

worin $\lambda_T = 10.899E-04$ die Zerfallskonstante des Thoriums ist. y_0 und n_0 lassen sich aus der Bedingung bestimmen, daß der quadratische Fehler

$$\{2\} \quad Q = \sum_v (y_v - y_0 e^{-\lambda_T t_v} - n_0)^2$$

ein Minimum wird. Dies läßt sich aus der partiellen Differentiation aus Q nach y_0 bzw. n_0 und Nullsetzen des Differentialquotienten gewinnen.

$$\frac{\partial Q}{\partial y_0} = 0; \quad \frac{\partial Q}{\partial n_0} = 0$$

führt zu dem System linearer Gleichungen

$$\begin{aligned} n_0 \sum_v e^{-\lambda_T t_v} + y_0 \sum_v e^{-2\lambda_T t_v} &= \sum_v y_v e^{-\lambda_T t_v} \\ \{3\} \quad n_0 M + y_0 \sum_v e^{-\lambda_T t_v} &= \sum_v y_v \end{aligned}$$

mit der Lösung

$$\{4\} \quad n_0 = \frac{\sum_v y_v e^{-\lambda_T t_v} \sum_v e^{-\lambda_T t_v} - \sum_v y_v \sum_v e^{-2\lambda_T t_v}}{D}$$

$$\{5\} \quad y_0 = \frac{\sum_v e^{-\lambda_T t_v} \sum_v y_v - M \sum_v y_v e^{-\lambda_T t_v}}{D}$$

worin M die Zahl der Versuche und

$$\{6\} \quad D = - \left(M \sum_v e^{-2\lambda_T t_v} - \left(\sum_v e^{-\lambda_T t_v} \right)^2 \right)$$

die Determinante des Gleichungssystems ist.

2. Berechnung der Ausbreitungswerte

Für die N Probenahmestationen liegen jeweils M Meßwerte für verschiedenen Zeiten t_μ vor. Wird der Index für die Stationen der Einfachheit halber weggelassen, so bestimmt sich die Zählrate für das Zeitelement μ zu

$$\{7\} \quad \hat{y}_\mu = y_\mu - (y_0 e^{-\lambda_T t_\mu} + n_0) = \hat{y}_0 \cdot e^{-\lambda_c t_\mu}$$

wobei von der gemessenen Zählrate y_μ jeweils der Thoriumuntergrund abgezogen wird. Die Berechnung von $\hat{y}_0$ erfolgt nun über eine gewichtete Mittelung der verschiedenen Meßwerte zu

$$\{8\} \quad \hat{y}_0 = \frac{\sum_{v=1}^N \hat{y}_v y_v \cdot e^{\lambda_c t_v}}{\sum_{v=1}^N \hat{y}_v}$$

Hier wird jeder Summand $\hat{y}_v e^{\lambda_c t_v}$ mit einem Gewicht $\hat{y}_v / \sum \hat{y}_v$ versehen, welches bewirkt, daß die großen Zählraten mit einem großen Gewicht in die Auswertung eingehen und umgekehrt.

3. Berechnung der Korrelation

Die Güte der so gewonnenen statistischen Auswertung läßt sich mit Hilfe der Korrelation beurteilen. Diese ist für die Meßwerte $\hat{y}_v$ und die theoretischen Werte $\hat{y}_v e^{-\lambda_c t_v}$ gleich

$$\{9\} \quad r = \frac{M \sum_v \hat{y}_v \hat{y}_0 e^{-\lambda_c t_v} - \sum_v \hat{y}_v \sum_v y_0 e^{-\lambda_c t_v}}{\sqrt{[M \sum_v \hat{y}_v^2 - (\sum_v \hat{y}_v)^2][M \sum_v (\hat{y}_0 e^{-\lambda_c t_v})^2 - (\sum_v \hat{y}_0 e^{-\lambda_c t_v})^2]}}$$

4. Praktische Berechnungen

Pro Versuch liegen im Durchschnitt Meßwerte für etwa 60 Probenahmestationen vor. Rund 2/3 dieser Meßwerte lassen sich so gut auswerten, daß die Korrelation besser als 0,95 ist. Immer dann, wenn die Meßwerte selbst in der Nähe des Thoriumeffekts liegen, wird die Korrelation schlecht, es liegt dann kein signifikanter Meßwert vor. Für die weiteren Berechnungen werden alle Meßergebnisse mit einer Korrelation besser als 0,95 mitgenommen.

Das Programm liegt mit einer ausführlichen technischen Beschreibung als Rechenprogramm Nr. 11/73 in der Programmbibliothek der ZST vor.

5.2.6 Ergebnisse der Ablagerungsuntersuchungen von Jod auf Vegetation

An der radiologischen Umweltbelastung durch kerntechnische Anlagen kann elementares Jod (J^{131}) nach der Ablagerung auf Gras oder Klee und Aufnahme vom Menschen mit der Kuhmilch den größten Anteil haben. Die aus diesem Grunde begonnenen Freilandexperimente zur Ablagerung und Desorption von elementarem Jod auf Vegetation mit inaktivem Jod wurden fortgesetzt (2), (3). Neben dem Einfluß der biologischen Qualität (B) und der Massenbelegung (D) des Bodens mit Gras bzw. Klee auf die Ablagerungsgeschwindigkeit v_g wurde vor allem ihre Abhängigkeit von einem meteorologischen Parameter (M) untersucht, der von den Größen relative Feuchte (F), Windgeschwindigkeit u, Schubspannungsgeschwindigkeit u_* oder der Stabilität der Atmosphäre bestimmt werden kann. Mit dem empirischen Ansatz

$$M = u_* (1 + b \cdot F)$$

bzw.

$$v_g = c \cdot B \cdot D \cdot M \quad ; \quad c = \text{Proportionalitätskonstante}$$

konnten alle bisherigen Experimente beschrieben werden mit Ausnahme eines Nachtversuchs. Für die biologische Qualität des Grases ergeben sich zwei signifikant unterschiedliche Werte, einen für die Monate Juni, Juli und August und einen zweiten für die übrige Wachstumsperiode.

Der in der Literatur (7) diskutierte Einfluß des Öffnungszustandes der für den Gasaustausch der Pflanze wesentlichen Spaltöffnungen (Stomata), die u.a. in der Dunkelheit geschlossen und bei Licht geöffnet sind, auf die Ablagerungsgeschwindigkeit, konnte durch vergleichende Tag- und Nachtmessung bisher nicht bestätigt werden. Die Abhängigkeit der Ablagerungsgeschwindigkeit von der relativen Feuchte, wie z.B. von Barry und Chamberlain (8) für Bohnenblätter experimentell bestimmt und auch bei der Beschreibung unserer Versuche benutzt wurde, wird durch den Öffnungszustand der Stomata erklärt.

Die von uns gemessene Ablagerung von elementarem Jod auf Klee erwies sich als maximal um den Faktor fünf größer als auf Gras. Die Untersuchungen der Abnahme der auf Vegetation abgelagerten Jodmenge zeigte, daß die biologische Halbwertszeit sowohl für Gras als auch für Klee vier bis acht Tage beträgt. Es konnte keine Beeinflussung der Desorptionsgeschwindigkeit durch Sonnenschein oder Niederschläge festgestellt werden. Hingegen wurde bei nach der Kontamination abgeschnittenem Gras weder bei Sonneneinstrahlung noch bei Dunkelheit eine Abnahme des Jodgehalts des Grases gefunden. Daraus muß man folgern, daß die Desorption des Jods von den Vorgängen in der lebenden Pflanze wie z.B. Nahrungsaufnahme und Gasaustausch abhängig ist.

Neben dem elementarem Jod wird in der Regel Methyljodid aus kerntechnischen Anlagen freigesetzt, das eine wesentlich geringere Ablagerungsgeschwindigkeit als elementares Jod hat und damit auch entsprechend weniger mit der Milch aufgenommen wird. Um zu untersuchen, ob für Methyljodid u.U. wegen der geringen Ablagerungsgeschwindigkeit die Inhalation anstelle der Ingestion kritischer Belastungspfad wird, wurde in einem geschlossenen System mit Radiojod das Verhältnis der Ablagerungsgeschwindigkeiten von elementarem Jod und Methyljodid auf Gras gemessen. Die Experimente ergaben einen Unterschied in den Falloutkonstanten von zwei Größenordnungen. Die von uns gemessenen Werte für Methyljodid liegen im oberen Bereich der in der Literatur angegebenen Ablagerungsgeschwindigkeiten. Daher bleibt zu prüfen, ob bei der Freisetzung des Methyljodids während des Experiments nicht auch Jod in anderer chemischer Form in Spuren emittiert worden ist und infolge seiner größeren Falloutkonstanten zu einer Überschätzung der Methyljodidablagerung geführt hat.

Das Forschungsvorhaben wurde von der Association EURATOM-C.E.A. gefördert. Die chemischen Analysen für die Ablagerungsversuche wurden im Zentralinstitut für Analytische Chemie durchgeführt.

5.2.7 Konzeption zur Messung der Ablagerung von Aerosolen

Zur Ergänzung der bereits seit einiger Zeit durchgeführten Ablagerungsuntersuchungen von Jod auf Gras, Klee und andere Grenzflächen soll mit Förderung von EURATOM die Behandlung dieser Problematik auch auf definierte Test- und Schwermetall-Aerosole ausgedehnt werden. Da dieses Gebiet jedoch durch den komplexen Zusammenhang von Aerosolbeschaffenheit (Größe, chemische und physikalische Zusammensetzung), biologischen Fragen (Art und biologischer Zustand der Vegetation) und den verschiedensten klimatologischen Faktoren sehr weit gespannt ist, werden die Versuche vorerst auf Blei und auf das bei den Ausbreitungsversuchen verwendete radioaktive Kupfersulfat beschränkt. Dabei soll das Blei in der für die Umwelt relevanten Form von Motorabgasen freigesetzt werden, während das Kupfersulfat wegen seiner relativ leichten Nachweisbarkeit als in seiner Größe veränderliches Testaerosol Verwendung finden wird. Zur Vorbereitung der für 1974 geplanten Feldversuche wurde für die Ablagerung von Bleiverbindungen folgendes Konzept entwickelt:

Die Emission von Bleiverbindungen beim Verbrennungsvorgang im Otto-Motor ist ausschließlich darauf zurückzuführen, daß zur Erhöhung der Klopfestigkeit dem verwendeten Treibstoff Blei-Alkyle (Bleitetraäthyl und Bleitetramethyl) in der Größenordnung von 0,2 - 0,4 g Pb/l zugesetzt werden müssen. Die weiteren Zusätze von Äthylendichlorid und Äthylendibromid führen dazu, daß in den Motorabgasen das Blei im wesentlichen als Bleichlorid und Bleibromid emittiert wird. In geringeren Mengen ist in diesen Abgasen auch Bleioxid und Bleisulfat enthalten. Der Anteil der ursprünglich zugegebenen Blei-Alkyle am Bleigehalt der Abluft dürfte bei etwa 5 - 8 % liegen.

Die Aerosolgröße von etwa 70 % der emittierten Bleiverbindungen liegt in dem Bereich von 0,01 - 10 μ , wobei im Maximum eine Größe von 0,5 - 0,7 μ gegeben sein dürfte. Das Spektrum dieser Teilchen hängt allerdings nicht unerheblich vom Verbrennungsprozeß, von der Auspuffanlage oder von eventuell vorhandenen Filtereinsätzen ab. Im primären Zustand ist das Aerosol noch recht monodispers (ca. 0,01 μ) verteilt. Erst später erfolgt eine Adsorption an größere Partikel, vor allen Dingen an Carbonaten.

Bei der Durchführung von Ablagerungsversuchen muß der Motor wesentlich höhere Bleimengen als bei Normalbetrieb emittieren, um auf der Versuchsfäche innerhalb einer realistischen Versuchsdauer eine deutlich über dem Nulleffekt liegende Ablagerung zu erreichen. Zur Abschätzung der erforderlichen Bleiemission wurde im August 1973 auf dem Versuchsgelände die Bleikonzentration sowohl in der Luft als auch in der Trockenmasse des Grases untersucht. Es ergaben sich folgende Werte

in Luft: $0,21 \pm 0,01 \text{ } \mu\text{g Pb/m}^3$
 in Gras: $3,0 \pm 0,6 \text{ ppm}$

Dies entspricht sehr gut den aus der Literatur bekannten Werten für verkehrsarme Gebiete (9). Für eine brauchbare Analyse sollte mindestens etwa der 5-fache Betrag, d.h. 15 ppm, abgelagert werden. Bei einer angenommenen Ablagerungsgeschwindigkeit von 0,01 m/sec. ergibt sich für die erforderliche Immissionsbelastung der bodennahen Atmosphäre ein Wert von $0,3 \text{ g/m}^3 \cdot \text{sec}$. Geht man ferner davon aus, daß bei den o.g. Aerosolspektren der Anteil der sedimentierenden Teilchen sehr gering ist, so läßt sich über die Ausbreitungsgleichung für mittlere Wetterlagen und für einen gleichen Versuchsaufbau wie bei den Joduntersuchungen eine Quellstärke von 35 g Blei pro Versuch ausrechnen. Wenn man den Anteil des Antiklopfmittels im Treibstoff auf ca. 5 % erhöht, was ohne zu starke Veränderung des Grundgemischs möglich ist, ergibt sich für den gesamten Versuch eine Mindesttreibstoffmenge von ca. 2 Litern. Diese Menge würde einer Emissionsdauer von etwa 15 Minuten entsprechen, so daß bei einer möglichen Verlängerung der Emission genügend Spielraum zur Änderung der Versuchskonzeption besteht. Die chemischen Analysen der Luftfilter und Grasproben sollen im ZAC durchgeführt werden.

Ausgehend von den Ausbreitungsexperimenten ist ferner geplant, radioaktiv markiertes Kupfersulfat als Testaerosol für die Ablagerung zu verwenden. Dabei spielt die vorhandene Erfahrung in der Erzeugung dieser Aerosole als auch die leichtere Nachweisbarkeit der in der Luft und im Gras erzeugten Konzentrationen eine ausschlaggebende Rolle. Die Anzahl der Versuche kann so gesteigert werden, um dem statistischen Bedarf bei der Untersuchung der Ablagerung der verschiedenen Spektren an den bereits erwähnten Grenzflächen gerecht zu werden.

Die Erzeugung der erforderlichen Aerosole soll nach den bisherigen Vorversuchen mit einer Zweistoffdüse erfolgen. Als problematisch zeigte es sich jedoch, eine geeignete Methode zur Herstellung monodisperser Aerosole oder wenigstens variabler Spektren zu finden, die in ihrer Größe veränderlich und reproduzierbar sind. Die bisherigen Versuche lassen jedoch eine befriedigende Lösung dieses Problems erwarten. Die Bestimmung und Kontrolle der erzeugten Spektren wird mit Hilfe eines Royko-Partikelzählers (Modell 225) durchgeführt. Dieses Spektrometer arbeitet nach dem Streulichtverfahren und ist in der vorhandenen Ausführung auch bei hohen Aerosolkonzentrationen ohne zu hohe Koinzidenzverluste verwendbar.

Die Auswertung der Luftfilterproben erfolgt wie bei den Ausbreitungsversuchen durch Messung der β -Strahlung während die Gras- oder anderen Vegetationsproben γ -spektrometrisch untersucht werden müssen. Dieser Umstand erfordert aber eine höhere Mindestkonzentration der Ablagerung und führt unter den oben erwähnten klimatologischen Bedingungen zu einer Quellstärke von bis zu 50 mCi/Versuch. Die hierfür notwendige Ausnahmegenehmigung wurde bereits erteilt, so daß im Jahre 1974 mit dem Beginn der eigentlichen Versuchsserie gerechnet werden kann.

(A. Genswein, K.H. Schneider, F. Schneiders)

Literatur:

- (1) K.J. Vogt, H. Geiß, H. Nordsieck, G. Polster, F. Rohloff
Untersuchungen zur Ausbreitung von Abluftfahnen in der
Atmosphäre
Jül-998-ST (Juli 1973)
- (2) K.J. Vogt, K. Heinemann, W. Matthes, G. Polster,
M. Stoeppler und L. Angeletti
Untersuchungen zur Ablagerung von elementarem und organisch
gebundenem Jod auf Gras
Jül-999-ST (Juli 1973)
- (3) K.J. Vogt, H. Geiß, K. Heinemann, M. Horbert, W. Matthes,
H. Nordsieck und G. Polster
Untersuchungen zur atmosphärischen Ausbreitung und
Ablagerung von Schadstoffen
Januar 1974

- (4) J.V. Hales, D.R. Dickson, D.F. Wainer
Instrumentation to measure the vertical Transport of Heat
by Eddies from a Helicopter. Technical Report No.1
Department of Meteorology, University of Utah, Salt
Lake City 1960

- (5) D.L. Randall
The Helicopter as a Meteorological Tool. Bulletin American
Meteorological Society
Vol. 33, No. 10, December 1952

- (6) E.L. Deacon
Vertical Diffusion in the Atmosphere
Quart. J.Roy.Meteor.Soc. 75 (1949), S. 89-103

- (7) D.R. Adams, P.G. Voillequé
Effect of Stomatal Opening on the Transfer of
 $^{131}\text{J}_2$ from Air to Grass
Health Physics 21 (1971) 771

- (8) P.J. Barry, A.C. Chamberlain
Deposition of Iodine onto Plant Leaves from Air
Health Physics 9 (1963) 1149

- (9) Der atmosphärische Bleigehalt in der europäischen Gemeinschaft
(Jahresbericht für die Zeit vom April 1971 bis März 1972).
Kommission der Europäischen Gemeinschaft EUR 4982 d,e,f,i,n.

6. FORSCHUNG UND ENTWICKLUNG

Weiterentwicklung von Strahlenschutzmethoden6.1 Untersuchungen an Kugelmoderatorodosimetern*)

M. Heinzelmann, F. Rohloff, H. Schüren, F. Sommer**)

Die systematische Überprüfung der im Strahlenschutz zur Bestimmung der Neutronendosis häufig verwendeten Dosimeter mit Kugelmoderator nach Bonner (1) wurde fortgesetzt. Dieser Dosimetertyp ist mehrfach modifiziert worden, ohne daß hinreichend geprüft wurde, wie eine Änderung des Detektors im Moderatormittelpunkt oder der Detektorzuführung die Eigenschaften der Kugelmoderatorodosimeter ändert. In einer vorangehenden Arbeit war schon gezeigt, daß ein Lichtleiter die Empfindlichkeit besonders bei Kugelmoderatoren kleinen Durchmessers stark verkleinern kann (2).

Einfluß des Detektors im Moderatormittelpunkt

Relative Werte der Empfindlichkeit von Kugelmoderatorodosimetern wurden für 3 verschiedene Detektoren im Moderatormittelpunkt für 4 verschiedene Neutronenquellen gemessen. Als Detektoren im Moderatormittelpunkt wurden 3 LiJ-Szintillatoren ausgewählt:

- ^6LiJ (Eu)-Kristall, 4 mm $\emptyset$ x 4 mm
- LiJ (Eu)-Kristall, 1/2" $\emptyset$ x 1/2", Lithium zu 7,52 % als ^6Li ,
92,48 % als ^7Li
- ^6LiJ (Eu)-Kristall, 1/2" $\emptyset$ x 1/2"

Eine 10 Ci Am-Be-Quelle (Mittlere Neutronenenergie $\bar{E} = 4,2$ MeV) und eine 3 Ci Am-Li-Quelle ($\bar{E} = 0,5$ MeV) wurden benutzt. Für Messungen bei anderen Neutronenenergien wurde nach einem Vorschlag von Mijnheer (3) die Am-Be-Quelle noch im Mittelpunkt eines zylinderförmigen Polyäthylenmoderators angebracht. Dieser Zylinder konnte zusätzlich mit einem 0,5 mm dicken Cadmiumblech und einem 2 mm dicken Indiumblech umgeben werden. Die Empfindlichkeit der Kugelmoderatorodosimeter für Neutronen, die durch die Resonanzen des Indiums absorbiert werden ($\bar{E} = 1,84$ eV), wurde aus der Differenz der Zählraten der Messung mit Cadmium- und Indiumblech und der Messung nur mit Cadmiumblech um den Polyäthylenzylinder bestimmt. Die entsprechende Differenz der Messungen ohne und mit Cadmiumblech lieferte die Empfindlichkeit der Kugelmoderatorodosimeter für thermische Neutronen.

*) Die Arbeit wurde unter Vertrag Nr. 065-72-1 PSTC von der Kommission Europäischer Gemeinschaften gefördert.

**) Gastmitarbeiter

Die Messungen wurden in 15 m Höhe am Bestrahlungsmast der Zentralabteilung Strahlenschutz möglichst streufrei ausgeführt (Abb. 6.1/1). Der Abstand Neutronenquelle-Moderatormittelpunkt betrug 0,5 m. Für die Messungen mit der Am-Be-Quelle und der Am-Li-Quelle ist der Einfluß gestreuter Neutronen zu vernachlässigen (4). Für die Messungen mit der Am-Be-Quelle im zylindrischen Polyäthylenmoderator wurde der Anteil gestreuter Neutronen zu kleiner als 10 % abgeschätzt.

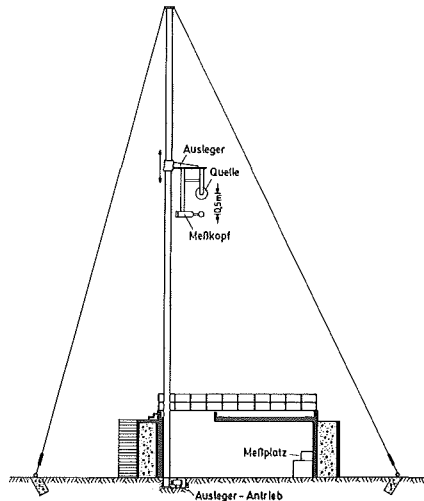


Abb. 6.1/1: Schematische Darstellung der Versuchsanordnung am Bestrahlungsmast

Das Verhältnis der Empfindlichkeit der Kugelmoderatorodosimeter für die 2 Detektoren im Kugelmittelpunkt, die sich am meisten in ihrer Empfindlichkeit unterscheiden, ist in Tabelle 6.1/1 angegeben. Die Werte für thermische Neutronen und für Neutronen der Energie 1,84 eV sind in dieser Tabelle für Moderatororkugeln von 7" und 10" Durchmesser in Klammern gesetzt, denn diese Werte werden aus einer kleinen Differenz großer Zahlen gewonnen und sind mit einem großen Fehler behaftet. Das Ergebnis ist teilweise nur 1 % der Werte der einzelnen Summanden, und die Apparatur ist nicht so stabil, daß solche Werte sinnvoll angegeben werden können. Durch den Szintillator von 1/2" $\varnothing$ x 1/2" wird die Empfindlichkeit verglichen mit den Szintillator von 4 mm $\varnothing$ x 4 mm für die Moderatororkugeln von 5" bis 10" Durchmesser unabhängig von der Neutronenenergie im Mittel um den Faktor 8,79 erhöht. (Die eingeklammerten Werte in Tabelle 6.1/1 sind hierbei nicht berücksichtigt.) Für die 3" Moderatororkugel ist die Empfindlichkeitsänderung geringfügig und für die 2" Moderatororkugel deutlich größer. Die Messung mit der 2" Moderatororkugel und der Am-Be-Quelle zeigt, verglichen mit Messungen bei anderen Neutronenenergien, daß die Empfindlichkeitsänderung durch den Szintillator im Kugelmittelpunkt auch stark energieabhängig ist.

Tabelle 6.1/1: Verhältnis der Zählrate eines Kugelmoderatorodosimeters mit einem ^6LiJ -Szintillator von 1/2" Durchmesser und 1/2" Höhe zu der eines entsprechenden Dosimeters mit einem ^6LiJ -Szintillator von 4 mm Durchmesser und 4 mm Höhe.

Moderatordurchmesser \ Neutronenquelle	2"	3"	5"	7"	10"
Am-Be-Quelle in Polyäthylenzylinder	10,02	9,41	8,71	8,62	8,68
Am-Be-Quelle in Polyäthylenzylinder, der mit Cadmium umgeben ist	9,02	9,57	8,67	8,87	8,79
Am-Li	10,05	9,25	8,72	8,64	8,94
Am-Be	15,9	9,96	8,86	8,68	8,89
therm. Neutronen	9,02	8,99	9,33	(1,88)	(3,08)
1,84 eV Neutronen	10,71	11,47	8,63	(10,3)	(11,23)

In der älteren Arbeit (2) war mit einer Discrete-ordinate-Methode für die Kugelmoderatorodosimeter von 3" und 10" Durchmesser gezeigt worden, daß die Energieabhängigkeit dieser Dosimeter praktisch unabhängig vom Detektor im Kugelmittelpunkt ist. Die berechneten Empfindlichkeiten zeigten aber eine unterschiedliche Energieabhängigkeit im Vergleich mit den Ergebnissen anderer Autoren (5). Mit einer neuen Monte-Carlo-Methode wurden die Rechnungen des Vorjahres wiederholt für die Dosimeter mit Moderatorkugeldurchmesser von 2", 3" und 5".

Ein vereinfachtes Monte-Carlo-Programm berechnet dabei die Empfindlichkeit verschiedener Detektoren. Es besteht aus zwei Teilprogrammen. Im ersten Teilprogramm werden die Neutronenschicksale bis zum Auftreffen auf eine fiktive Kugelschale verfolgt. Im zweiten Teilprogramm werden die verschiedenen Detektoren mit den Zwischenergebnissen des ersten Teilprogramms berechnet. Im thermischen Bereich wird mit dem Modell einer Maxwell-Verteilung gerechnet.

Die Ergebnisse für die 3" Moderatorkugel sind gleichzeitig mit den Werten nach Awschalom (5) in Abbildung 6.1/2 dargestellt. Die älteren Rechnungen (2) werden insoweit bestätigt, daß für die 3" und 5" Moderatorkugel praktisch keine Energieabhängigkeit der Empfindlichkeit vom Detektor im Moderatormittelpunkt vorhanden ist. Ein Vergleich mit den Rechnungen von Awschalom zeigt aber, daß die eigenen Rechnungen etwa 20 - 30 % kleinere Werte der Empfindlichkeit für die 3" und 5" Moderatorkugel liefern, die Empfindlichkeit als Funktion der Neutronenenergie aber sehr gut parallel zu den Werten von Awschalom verläuft. Die Empfindlichkeit der Kugelmoderatorodosimeter wird durch einen Detektor mit 0,727 cm Radius im Vergleich zu einem Detektor mit 0,23 cm Radius um etwa den Faktor 8 erhöht. (Ein kugel-

förmiger Detektor mit dem Radius 0,727 cm entspricht einem zylindrischen Detektor von $1/2'' \varnothing \times 1/2''$, und ein ebensolcher Detektor mit dem Radius 0,23 cm entspricht einem von $4 \text{ mm } \varnothing \times 4 \text{ mm}$).

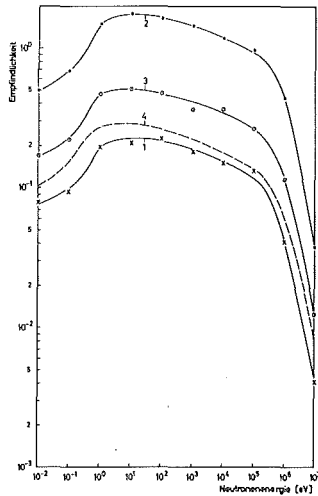


Abb. 6.1/2: Rechenwerte der Empfindlichkeit der 3" Moderatorkugel mit verschiedenen Detektoren im Moderatormittelpunkt

- 1 - ^6LiJ -Szintillator, 0,23 cm Detektorradius
- 2 - ^6LiJ -Szintillator, 0,727 cm Detektorradius
- 3 - ^3He -Zählrohr, 0,51 cm Detektorradius, Fülldruck 8 bar ^3He
- 4 - Werte von Awschalom (5) zum Vergleich. Detektor wie bei Kurve 1

Die Ergebnisse für die 2" Moderatorkugel sind anders (Abb. 6.1/3). Im Energiebereich von 10^{-2} bis 10^5 eV steigt das Verhältnis der Empfindlichkeit der Moderatorkugel mit LiJ-Szintillator von 0,727 cm Radius zur Empfindlichkeit der Moderatorkugel mit einem Detektor von 0,23 cm Radius systematisch von 7,3 auf 8,6. Für die höheren Neutronenenergien ist der statistische Fehler der Rechenwerte mit dem kleinen Szintillator für genauere Angaben zu groß, obwohl für jeden Meßpunkt in der Monte-Carlo-Rechnung 10^5 Schicksale berücksichtigt wurden. Die Energieabhängigkeit der Empfindlichkeit ist für die 2" Kugel auch nicht mehr parallel zu den Rechnungen von Awschalom.

Sanna (6) hat die Empfindlichkeit von Kugelmoderator-dosimetern neu berechnet, und er berücksichtigt ebenfalls verschiedene Detektoren im Moderatormittelpunkt. Die neuen Werte unterscheiden sich nur geringfügig von älteren Rechenergebnissen (7). Für die 5" Moderatorkugel und Neutronenenergien unter 10 MeV stimmen beide Rechnungen mit Ausnahme eines Energiebereichs besser als 20 % überein. Sanna erhält für die 2" Moderatorkugel eine deutliche Abhängigkeit der Empfindlichkeit von der Art des Detektors im Moderatormittelpunkt. Für thermische Neutronen ist ein $1/2'' \varnothing \times 1/2''$ ^6LiJ -Szintillator um den Faktor 6 empfindlicher als ein $4 \text{ mm } \varnothing \times 4 \text{ mm}$ Szintillator.

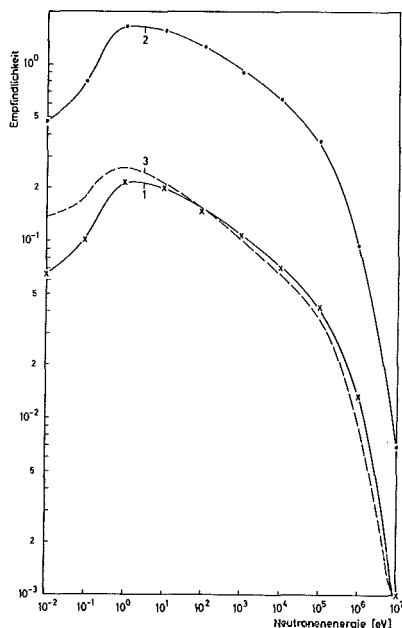


Abb. 6.1/3: Rechenwerte der Empfindlichkeit der 2" Moderatorkugel mit verschiedenen Detektoren im Moderatormittelpunkt
 1 - ^6LiJ -Szintillator, 0,23 cm Detektorradius
 2 - ^6LiJ -Szintillator, 0,727 cm Detektorradius
 3 - Werte von Awaschalom (5) zum Vergleich. Detektor wie bei Kurve 1

Dieser Faktor nimmt mit der Neutronenenergie langsam zu, erreicht bei 10^5 eV den Wert von ungefähr 8,6 und bei 10^7 eV etwa den Wert 10.

Mc Guire (7) folgert aus einer Testrechnung, daß für verschiedene ^6LiJ -Szintillatoren im Moderatormittelpunkt die Empfindlichkeit unabhängig von der Neutronenenergie dem Quadrat des Detektorradius proportional ist. Für die hier benutzten ^6LiJ -Szintillatoren würde das bedeuten, daß die Kugelmoderatoren mit dem 1/2" $\emptyset$ x 1/2" ^6LiJ -Szintillator um den Faktor 9,8 empfindlicher sind als die Detektoren von 4 mm $\emptyset$ x 4 mm. Die Messungen (Tab. 6.1/1) zeigen für Moderatorkugeln von 5" Durchmesser und mehr, daß das Verhältnis der Zählraten mit dem Szintillator von 1/2" $\emptyset$ x 1/2" um den Faktor 8,79 größer ist, als mit dem Szintillator von 4 mm $\emptyset$ x 4 mm. Die Meßwerte liegen zwischen den Angaben von Mc Guire und den eigenen Rechenergebnissen. Eine Entscheidung kann nicht getroffen werden, da die Angaben der Szintillatordimensionen vom Hersteller stammen und bei den stark hygroskopischen, gekapselten Szintillatoren nicht nachgemessen werden können. Wären z.B. die Dimensionen des 1/2" $\emptyset$ x 1/2" Szintillators um 10 % kleiner als angegeben, so wäre das Verhältnis der Quadrate der Radien des größeren und kleineren Szintillators gleich 7,94, ein Wert, der kleiner ist als die Meßwerte in Tabelle 6.1/1.

Die Messungen und Rechnungen liefern im Gegensatz zur Abschätzung von Mc Guire für die Moderatorkugeldurchmesser von 3" und 2" andere Empfindlichkeitsverhältnisse bei verschiedenem Detektor im Kugelmittelpunkt als für die größeren Moderatorkugeln. Die Änderung dieses Verhältnisses (Tab. 6.1/1)

für die 2" Moderatorkugel und die Am-Be-Quelle verglichen mit den Werten für andere Neutronenquellen ist größer als nach den eigenen Rechnungen und den Ergebnissen von Sanna (6) zu erwarten ist. Eventuell macht sich bei der Messung ein Einfluß des Lichtleiters bemerkbar, der, wie im nächsten Abschnitt gezeigt wird, auch von den Dimensionen des Detektors abhängen kann.

Auch Alejnikov (8) und Roßbander (9) stellten fest, daß bei Wechsel des Detektors im Moderatormittelpunkt die 2" Moderatorkugel sich anders verhält als Moderatorkugeln größeren Durchmessers. Aber während diese Autoren ihr Ergebnis mit der anderen Konstruktion des Szintillators bzw. den anderen Eigenschaften der Neutronenquelle zu erklären versuchen, wird hier deutlich, daß diese Änderung durch die andere Größe des Szintillators bedingt und außerdem energieabhängig ist.

Einfluß der Detektorzuführung

In einer vorhergegangenen Untersuchung (2) wurde gezeigt, daß der Lichtleiter die Empfindlichkeit der Kugelmoderatorodosimeter für kleine Kugeldurchmesser stark verkleinern kann. Der Einfluß des Lichtleiters auf die Empfindlichkeit wurde bestimmt durch Aktivierung einer Indiumfolie in einer Moderatorkugel mit Lichtleiter und anschließender Aktivierung unter denselben Versuchsbedingungen mit der Ausnahme, daß der Lichtleiter durch einen Polyäthylenstopfen ersetzt war. Die Untersuchungen wurden für 2 Lichtleitermaterialien, Plexiglas und Quarz, und 2 Lichtleiterdurchmesser ausgeführt. Für große Moderatorkugeln war der Einfluß des Lichtleiters auf die Empfindlichkeit von Kugelmoderatorodosimetern gering. In den weiteren Messungen wurde geprüft, wie groß der Einfluß der Detektorzuführungen maximal werden kann. Nimmt man an, daß die Detektorzuleitung wenig Neutronen absorbiert, dann ist der maximale Einfluß der Detektorzuführung gegeben, wenn gar kein Moderatormaterial an dieser Stelle vorhanden ist. Meßergebnisse für die Neutronen einer Am-Be-Quelle und für eine Bohrung sind in Tabelle 6.1/2 dargestellt.

Für die Moderatorkugel von 7" Durchmesser wurden zusätzliche Messungen durchgeführt (Tab. 6.1/3). Es wurden der Einfluß einer größeren Bohrung im Moderator, der Einfluß bei Bestrahlung mit Neutronen anderer Energie und die Abhängigkeit von der Dicke des Detektors im Moderatormittelpunkt gemessen. Die Dicke des Detektors wurde geändert, indem 5 Indiumfolien hintereinanderliegend gleichzeitig aktiviert wurden.

Für einen dickeren Detektor ist die Verringerung der Aktivität durch die Bohrung deutlich geringer. Die andere Neutronenenergie beeinflusst das Ergebnis nur wenig.

Es gibt Messungen mit Kugelmoderatorodosimetern, wo ein Multiplier bis in den Kugelmittelpunkt in Kontakt mit dem Szintillator gebracht wird (10). Deswegen sind in Tabelle 6.1/3 auch Messungen mit einem Multiplier in der Bohrung des Kugelmoderators aufgeführt. Der Multiplier verringert die Aktivität der Indiumfolien verglichen mit einer Messung ohne Multiplier in der Bohrung.

Tabelle 6.1/2 und 6.1/3 zeigen, daß durch die Bohrung in den Kugelmoderatoren die Aktivierung durch die thermischen Neutronen mehr beeinflusst wird als die Aktivierung durch epithermische Neutronen.

Tabelle 6.1/2: Empfindlichkeitsänderung von Kugelmoderatorodosimetern für die Neutronen einer Am-Be-Quelle durch eine Bohrung von 22 mm Durchmesser. Gemessen wird die Aktivität von Indiumfolien

Moderator- kugeldurch- messer	Aktivität mit Bohrung Aktivität in der Vollkugel		
	Gesamtakti- vierung	Aktivierung durch thermische Neu- tronen	Aktivierung durch epitherm. Neu- tronen
2"	0,476	0,403	0,608
3"	0,608	0,569	0,743
5"	0,805	0,790	0,910
7"	0,854	0,846	0,942
8"	0,860	0,855	0,950
10"	0,885	0,884	0,936

Tabelle 6.1/3: Beeinflussung der Aktivität von Indiumfolien im Mittelpunkt der 7" Moderatorkugel durch eine Bohrung in die Kugel

Neutronen- quelle	Zahl d. Indium- folien	Durchmesser d. Bohrung (mm)	Aktivität mit Bohrung Aktivität in der Vollkugel		
			Gesamt- aktivie- rung	Aktivierung durch therm. Neutronen	Aktivierung durch epitherm. Neutronen
Am-Be	1	22	0,854	0,846	0,942
Am-Be	1	28,5	0,778	0,769	0,909
Am-Be	1	28,5*	0,681	0,660	0,920
Am-Be	5	28,5*	0,762	0,754	0,900
Am-Li	1	22	0,842	-	-
Am-Li	1	28,5	0,799	-	-
Am-Li	1	28,5*	0,705	-	-

* Bei diesen Messungen war in der Bohrung ein Photomultiplier.

Richtungsabhängigkeit der Kugelmoderatorordosimeter

In der Literatur wird behauptet, Dosimeter mit Kugelmoderator seien isotrop (11). Diese Behauptung wurde mit verschiedenen Neutronenquellen und für verschiedene Lichtleiter überprüft. Es wurden Plexiglas- und Quarzlichtleiter von 12 bzw. 16 mm Durchmesser verwendet mit einer 2 mm dicken Aluminiumhülle. Ein Teil der Meßwerte sind für die dünneren Lichtleiter in den Abbildungen 6.1/4 und 6.1/5 dargestellt. Der Lichtleiter ragt unter dem Winkel von 180° aus der Moderatorokugel. Die Kurven sind symmetrisch. Die Anzeigen für eine Einfallsrichtung der Neutronen unter dem Winkel α ist gleich der Anzeige für eine Einfallsrichtung von $360^\circ - \alpha$. Die Kugelmoderatorordosimeter zeigen für die Neutronen der Am-Be-Quelle recht gut richtungsunabhängig an. Die Abweichungen betrugen mit Plexiglaslichtleiter maximal 11 % und mit Quarzlichtleiter maximal 24 %. Für Neutronen kleinerer Energie wird die Anzeige stark richtungsabhängig. Eine 10" Moderatorokugel mit Quarzlichtleiter ist für die Neutronen einer Am-Li-Quelle bei größeren Einfallsrichtungen bis zu 73 % überempfindlich. Für niedrigere Neutronenenergien konnte leider mit der 10" Moderatorokugel die Richtungsabhängigkeit nicht mehr gemessen werden. Messungen bei thermischen Energien wie sie im ersten Abschnitt dieser Arbeit durchgeführt wurden, sind bei der 10" Moderatorokugel mit einem so großen statistischen Fehler behaftet, daß keine klare Aussage möglich ist. Mit der 10" Moderatorokugel, Quarzlichtleiter und noch niedrigeren Neutronenenergien als 0,5 MeV (Neutronen der Am-Li-Quelle) ist eine noch größere Richtungsabhängigkeit zu erwarten, da der Quarzlichtleiter einen schlechten Moderator innerhalb der Kugel darstellt. Die Kugel ist an dieser Stelle durchlässiger für Neutronen geringer Energie. Bei der 2" Moderatorokugel und niedrigeren Neutronenenergien wird ebenfalls eine starke Überempfindlichkeit für Neutronen, die unter großem Einfallswinkel auf die Kugel treffen, gemessen.

Die Messungen belegen wieder eindrücklich, daß die Empfindlichkeit von Kugelmoderatorordosimetern nicht kritiklos aus Rechenwerten übernommen werden darf. Besonders für kleine Moderatorokugeldurchmesser verhalten sich die Kugeln anders als die Rechnungen erwarten lassen.

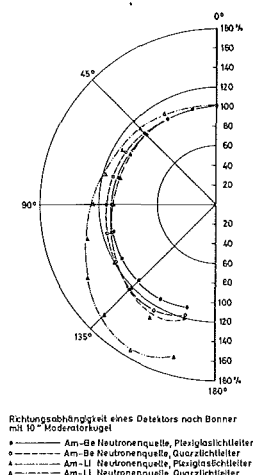


Abb. 6.1/4: Richtungsabhängigkeit eines Detektors nach Bonner mit 10" Moderatorokugel

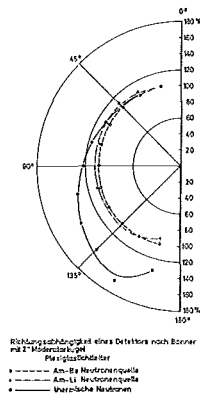


Abb. 6.1/5: Richtungsabhängigkeit eines Detektors nach Bonner mit 2'' Moderatorkugel

Literatur:

- (1) R.L. Bramblett, R.I. Ewing und T.W. Bonner, Nucl. Instrum. Meth. 9, 1 (1960)
- (2) F. Rohloff und M. Heinzelmann, in: Neutron Monitoring for Radiation Protection Purposes, Vol. 1, p 269, IAEA, Wien 1973
- (3) B.J. Mijnheer, Standard Flux and Standard Moderating Counters for Neutron Fluence Measurements, Dissertation, Amsterdam 1971
- (4) M. Heinzelmann, F. Rohloff und H. Schüren, Atomkernenergie 19, 312 (1972)
- (5) M. Awaschalom, Neutron Monitoring, p. 289 IAEA, Vienna 1967
- (6) R.S. Sanna, HASL-267 (1973)
- (7) St.A. Mc Guire, LA-3435 (1965)
- (8) V.E. Alejnikov, V.A. Archipov und M.M. Komockov, JINR-P 16-4480 (1969)
- (9) W. Roßbänder, Isotopenpraxis 8, 72 (1972)
- (10) J.W. Leake, AERE-M 1564 (1965)
- (11) D. Nachtigall und G. Burger, in: F.H. Attix: Topics in Radiation Dosimetry, Supplement 1, p 385, New York, London 1972

6.2 Bestimmung der Äquivalentdosis hochenergetischer Neutronen mit Spaltfragmentdosimetern hinter einer Zyklotronabschirmung*)

M. Heinzelmann, H.J. Probst**), H. Schüren

Einleitung

Im Isochronzyklotron der KFA kann ein Deuteronenstrahl auf maximal 90 MeV beschleunigt werden. Die beim Aufprall auf Absorbermaterial entstehenden Neutronen haben ein breites Spektrum. Bei dünnen Targets liegt das Maximum des Neutronenspektrums bei der halben Deuteronenenergie. Es entstehen aber auch noch Neutronen mit erheblich höheren Energien. Die primär entstehenden Neutronen werden in der Abschirmung moderiert, und hinter der Abschirmung sind Neutronen von thermischen Energien bis über 80 MeV zu erwarten. Die Äquivalentdosisleistung der Neutronen hinter der Abschirmung wurde mit einem Dosimeter mit 12" Moderatorkugel nach Bonner (1) und mit einem 4-Kugel-Verfahren nach Nachtigall und Rohloff (2) gemessen. Das Dosimeter mit 12" Moderatorkugel mißt die Äquivalentdosisleistung von thermischen Energien bis etwa 10 MeV. Das 4-Kugel-Verfahren mißt bis auf einen Faktor 2 genau, unabhängig von der Neutronenenergie, von thermischen Energien bis 50 MeV die Äquivalentdosisleistung. Das Verhältnis der Anzeige des 4-Kugel-Verfahrens zur Anzeige mit der 12" Moderatorkugel war an mehreren Stellen hinter der Abschirmung und zu verschiedenen Zeiten nahezu konstant. Mit dem 4-Kugel-Verfahren wurde eine um 60 - 80 % höhere Äquivalentdosisleistung gemessen. Diese Messungen schließen einen großen Anteil von Neutronen mit Energien oberhalb 10 MeV im Spektrum nicht aus. Da das 4-Kugel-Verfahren nur Neutronen mit Energien bis zu 50 MeV mißt, hinter der Abschirmung aber noch Neutronen mit höheren Energien vorhanden sein können, ist nicht ausgeschlossen, daß der Anteil der Äquivalentdosisleistung mit Neutronen von mehr als 10 MeV Energie noch höher ist, als die bisherigen Messungen vermuten lassen. Der Anteil hochenergetischer Neutronen an der gesamten Äquivalentdosis wurde an einer Stelle unabhängig vom 4-Kugel-Verfahren mit Spaltfragmentdosimetern bestimmt. Es wurden Dosimeter mit Thorium und Wismut benutzt (3) (4). Die Schwelle der Thoriumspaltung liegt für Neutronen bei 1,3 MeV, der Wismutspaltung bei etwa 20 MeV. Wegen der geringen Empfindlichkeit der Bi-Spaltfragmentdosimeter mußte als Bestrahlungsort eine Stelle höherer Dosisleistung ausgewählt werden. Hochenergetische Neutronen sind vor allem hinter der Abschirmung in Verlängerung der Richtung des primären Deuteronenstrahls zu erwarten. Eine geeignete Stelle war in der Nordhalle des Zyklotrongebäudes hinter dem Faradaybecher der Streukammer D und einer leichten, zusätzlichen Abschirmung. An dieser Stelle ist früher die Äquivalentdosisleistung der Neutronen mit dem 4-Kugel-Verfahren und der 12" Moderatorkugel gemessen worden. Das Verhältnis der Anzeigen

*) Die Arbeit wurde unter Vertrag Nr. 065-72-1 PSTC von der Kommission Europäischer Gemeinschaften gefördert

**) KFA - IKP

beider Dosimeter betrug 1,7 wie an anderen Punkten hinter der Abschirmung. Da an dieser Stelle die Äquivalentdosisleistung sehr hoch war, ist die Abschirmung nach der Messung mit den Kugelmoderator-dosimetern um 1,5 m Beton vergrößert worden, am alten Meßpunkt ist aber noch ein Spalt in der Abschirmung, so daß die Spaltfragmentdosimeter dort angebracht werden konnten.

Messung und Auswertung

Gemessen wurde mit 5 Th- und 2 Bi-Spaltfragmentdosimetern. Die Th-Spaltfragmentdosimeter befanden sich zwischen den Bi-Spaltfragmentdosimetern. Für eine Messung waren die Dosimeter mehrere Wochen in der Abschirmung befestigt. Die reine Bestrahlungszeit in Streukammer D, bei der Deuteronen von 80 MeV Energie in Graphit abgebremst wurden, ist aber erheblich kleiner. Insgesamt wurde mit etwa 200 $\mu\text{A}\cdot\text{h}$ bestrahlt. Die Isolatorfolie zum Spurnachweis auf den Thoriumdosimetern wurde während der Versuche zwischendurch gewechselt, um zu hohe Spurenzahlen auf diesen Dosimetern zu vermeiden. Trotzdem war die Spurenzahl auf diesen Dosimetern für eine automatische Auswertung nach der Methode von Cross und Tommasino (5) zu hoch. Die Spuren mußten nach dem Ätzen unter dem Mikroskop ausgezählt werden. Bei zu verschiedenen Zeiten durchgeführten Messungen mit Th- und Bi-Spaltfragmentdosimetern war der Mittelwert des Verhältnisses der Spurenzahl auf den Bi-Dosimetern zum Mittelwert auf den Th-Dosimetern nur um 18 % verschieden. Es wurde der hier durchgeführten Auswertung die Messung zugrunde gelegt, wo die mittlere Spurenzahl auf den Bi-Dosimetern relativ zur Spurenzahl auf den Th-Dosimetern größer war.

Die mittlere Spurenzahl auf den beiden Bi-Spaltfragmentdosimetern betrug $N_{\text{Bi}} = 307 \pm 73$. Die Abweichung der Einzelmessung vom Mittelwert ist größer als der statistische Fehler. Die Äquivalentdosis braucht aber nicht am Ort beider Dosimeter genau gleich gewesen zu sein. Die mittlere Spurenzahl auf den Th-Dosimetern betrug bei Auswertung unter dem Mikroskop $51100 \pm 8,3 \%$. Diese Zahl wurde umgerechnet auf die Spurenzahl, die man bei automatischer Auswertung erhalten hätte unter Berücksichtigung von Zählverlusten bei der Auswertung unter dem Mikroskop. Die Bestimmung der Spurenzahl war nämlich erschwert, da versucht worden war, die Folien vorher automatisch nach der Methode von Cross und Tommasino (5) auszuwerten. Dabei blieben Reste verdampften Aluminiums auf der Folie zurück. 51100 Spuren unter dem Mikroskop entsprechen $N_{\text{Th}} = 27700$ Spuren bei automatischer Auswertung.

Zur Bestimmung der Fluenz schneller Neutronen aus den Spuren der Spaltfragmentdosimeter wird noch eine zusätzliche Kalibrierbestrahlung mit Neutronen einer Am-Be-Quelle (mittlere Neutronenenergie 4,4 MeV) durchgeführt.

Die Fluenz der Neutronen bestimmt sich aus der Spurenzahl der Wismut-Spaltfragmentdosimeter nach der Gleichung

$$\{1\} \quad \phi_{\text{Bi}} = \frac{N_{\text{Bi}} \cdot \sigma'_{\text{Th}} \cdot \phi'_{\text{Th}} \cdot F_{\text{Th}} \cdot K_{\text{Th}} \cdot R \cdot K_{\text{g}}}{N'_{\text{Th}} \cdot \bar{\sigma}_{\text{Bi}} \cdot F_{\text{Bi}} \cdot A_{\text{Bi}}}$$

Dabei ist:

ϕ_{Bi} = Fluenz aus der Spurenzahl des Bi-Spaltfragmentdosimeters berechnet

N_{Bi} = Spurenzahl des Bi-Spaltfragmentdosimeters

ϕ'_{Th} = Fluenz bei der Kalibrierbestrahlung mit der Am-Be-Quelle

σ'_{Th} = Wirkungsquerschnitt der Thoriumspaltung für Neutronen der Am-Be-Quelle

N'_{Th} = Spurenzahl des Th-Spaltfragmentdosimeters bei der Kalibrierbestrahlung mit der Am-Be-Quelle

$\bar{\sigma}_{\text{Bi}}$ = Mittlerer Wirkungsquerschnitt für die Wismutspaltung, der für verschiedene Neutronenspektren (Tabelle 6.1/1) aus den Werten für σ (p,f) von Khodai-Joopari (6) berechnet wurde. Für Neutronenenergien über 50 MeV wurde σ (p,f) interpoliert mit Hilfe eines Wertes für σ (p,f) bei 156 MeV (7). Für die Wismutspaltung mußten Werte σ (p,f) herangezogen werden, da Angaben über σ (n,f) mit genügender Genauigkeit in der Literatur fehlen.

F_{Th} = Fläche des Th-Spaltfragmentdosimeters

F_{Bi} = Fläche des Bi-Spaltfragmentdosimeters

K_{Th} = Dickenkorrektur für die Th-Spaltfragmentdosimeter. Die Thoriumschicht auf diesen Dosimetern ist kleiner als die Reichweite der Spaltfragmente. K_{Th} ist das Verhältnis der Empfindlichkeit des Th-Spaltfragmentdosimeters zur Empfindlichkeit eines Th-Spaltfragmentdosimeters gleicher Fläche mit dicker Thoriumschicht. K_{Th} wurde experimentell bestimmt.

R = Reichweitenkorrektur. Die Reichweite der Spaltfragmente der Wismutspaltung ist kleiner als die der Thoriumspaltung. Diese Korrektur wird hier vernachlässigt ($R = 1$).

K_{g} = Korrekturfaktor für unterschiedliche Ätzzeit der Dosimeter. Die Empfindlichkeit bei automatischer Auswertung hängt von der Ätzzeit ab. Die Bi-Spaltfragmentdosimeter dürfen nur kürzere Zeit geätzt werden, da sonst Spuren von Rückstoßkernen gezählt werden (4).

A_{Bi} = Asymmetriekorrektur. Bei hohen Neutronenenergien werden im Laborsystem mehr Spaltfragmente in Vorwärts- als in Rückwärtsrichtung ausgesandt. Es wird hier auf den Mittelwert der Spurenzahl bei Bestrahlung der Dosimeter auf die Vorder- bzw. Rückseite umgerechnet. Bei Th-Spaltfragmentdosimetern braucht diese Korrektur nicht angewandt zu werden. Von den 5 Dosimetern hinter der Abschirmung waren auch 2 von rückwärts bestrahlt, die die gleiche Spurenzahl wie die anderen Dosimeter zeigten. A_{Bi} für die Wismutspaltung ist aus Bestrahlungen in der Nähe des Deuteronenstrahles gewonnen (4).

Die Äquivalentdosis der Neutronen berechnet sich aus der Fluenz, die aus der Spurenzahl des Bi-Spaltfragmentdosimeters bestimmt wurde.

$$\{2\} \quad D_{Bi} = \bar{d}_e \cdot \phi_{Bi}$$

Dabei ist $\bar{d}_e$ der mittlere Fluenz-Äquivalentdosis-Konversionsfaktor, der für die verschiedenen Spektren berechnet wurde mit den Werten für d_e aus den NCRP Empfehlungen (8)(Tabelle 6.2/1).

Aus der Spurenzahl des Bi-Spaltfragmentdosimeters läßt sich die Spurenzahl des Th-Spaltfragmentdosimeters berechnen für die verschiedenen Neutronenspektren:

$$\{3\} \quad N_{Th}^{Bi} = \frac{N_{Bi} \cdot \phi_{Th} \cdot F_{Th} \cdot K_{Th} \cdot R \cdot K_A \cdot \bar{\sigma}_{Th}}{\phi_{Bi} \cdot F_{Bi} \cdot A_{Bi} \cdot \bar{\sigma}_{Bi}}$$

Die Symbole haben dieselbe Bedeutung wie in Gleichung {1}. Es ist $\phi_{Th} = \phi_{Bi}$, da beidemale das gleiche Spektrum vorausgesetzt wird. $\bar{\sigma}_{Th}$ wurde für die einzelnen Spektren berechnet. Bis zu 37 MeV liegen Werte für $\sigma(n,f)$ von Pankratov (9) vor. Zu höheren Energien wurde mit Hilfe der Werte von Goldanski (10) bei 84 und 120 MeV interpoliert (Tabelle 6.2/1).

Die nach Gleichung {3} berechneten Spurenzahlen sind im allgemeinen erheblich kleiner, als die auf den Th-Spaltfragmentdosimetern gemessenen Spurenzahlen N_{Th} (Tabelle 6.2/2). Zur Berechnung der Äquivalentdosis wurde der Einfachheit halber angenommen, daß die Neutronen, die diese überzähligen Spuren erzeugt haben, das Spektrum der Neutronen der Am-Be-Quelle besitzen. Die Äquivalentdosis der Neutronen, die diese restlichen Spuren (Index R) erzeugt haben, ist dann:

$$\{4\} \quad D_{Th,R} = \frac{N_{Th} - N_{Th}^{Bi}}{N_{Th}'} D_{Th}'$$

Tabelle 6.2/1

Mittelwerte der Wirkungsquerschnitte und des Fluenz-Äquivalentdosis-Konversionsfaktors für verschiedene Spektren

Spektrum $\varphi(E)$	Energiebereich zur Mittelwertbildung [MeV]	$\bar{\sigma}_{Bi} \cdot 10^{26}$ [cm ²]	$\bar{\sigma}_{Th} \cdot 10^{24}$ [cm ²]	$\bar{d}_e \cdot 10^5$ [mrem cm ²]
Monoenergetisch	50	3,95	1,04	8,17
Monoenergetisch	40	1,10	1,05	7,90
Monoenergetisch	30	0,095	0,87	7,60
Monoenergetisch	25	0,0095	0,84	7,40
$\varphi(E) = \text{const.}$	2 - 50	0,627	0,704	6,59
$\varphi(E) = \text{const.}$	20 - 50	0,979	0,937	7,71
$\varphi(E) \sim \frac{1}{E}$	2 - 50	0,187	0,369	4,99
$\varphi(E) \sim \frac{1}{E}$	2 - 40	0,0496	0,330	4,83
$\varphi(E) \sim \frac{1}{E^{3/2}}$	2 - 50	0,0705	0,227	4,43
$\varphi(E) \sim \frac{1}{E^{3/2}}$	2 - 40	0,0207	0,210	4,26
$\varphi(E) \sim \frac{1}{E^2}$	2 - 50	0,0203	0,143	3,96
$\varphi(E) \sim \frac{1}{E^2}$	2 - 40	0,00604	0,137	3,92
Serberspektrum* mit $E_d = 60$ MeV	2 - 60**	0,564	0,850	7,32
Serberspektrum* mit $E_d = 80$ MeV	2 - 80**	1,80	0,965	7,60

Anmerkungen zu Tabelle 6.2/1:

* Serberspektrum: $(E) \sim \frac{B \cdot E_d}{((E - 0,5E_d)^2 + BE_d)^{3/2}}$,

E_d = Deuteronenenergie, B = 2,225 MeV Bindungsenergie des Deuterons

** Neutronen mit höheren Energien wurden vernachlässigt, denn ihr Anteil am Gesamtspektrum ist gering, und die Berücksichtigung dieser Neutronen würde in Tabelle 6.2/2 nur noch kleinere Werte für die Äquivalentdosis hochenergetischer Neutronen liefern.

Dabei sind D'_{Th} und N'_{Th} die Werte der Kalibrierbestrahlung mit der Am-Be-Quelle.

Die gesamte Äquivalentdosis ist

$$\{5\} \quad D = D_{Th,R} + D_{Bi}$$

Die nach den Gleichungen {1} bis {5} berechneten Daten stehen für verschiedene Spektren in Tabelle 6.2/2. In der letzten Spalte ist noch das Verhältnis der Äquivalentdosis aller Neutronen mit Energien oberhalb 2 MeV zur Äquivalentdosis D_{10} der Neutronen von 2 bis 10 MeV angegeben. Ideale Dosimeter für Neutronen von 0 - 50 MeV und 0 - 10 MeV liefern ein noch kleineres Verhältnis, da Neutronen von 0 - 2 MeV in Tabelle 6.2/2 nicht berücksichtigt sind, diese Neutronen aber außerhalb der Abschirmung zu einem nicht vernachlässigbaren Anteil vorhanden sind. Die Werte der letzten Spalte von Tabelle 6.2/2 können verglichen werden mit dem Verhältnis der Anzeige des 4-Kugel-Verfahrens zur Anzeige der 12" Moderatorokugel.

Diskussion

Aus Zeile 3 und 4 der Tabelle 6.2/2 folgt, daß monoenergetische Neutronen zwischen 25 und 30 MeV das gleiche Verhältnis der Spurenzahlen auf den Th- und Bi-Dosimetern erzeugen würden, wie es hinter der Abschirmung des Zyklotrons gemessen wurde. Monoenergetische Neutronen können aber nicht am Meßort vorhanden gewesen sein, denn die entstehenden Neutronen sind nicht monoenergetisch, und diese wurden in der Abschirmung moderiert. In Tabelle 6.2/2 fällt auf, daß unabhängig vom Neutronenspektrum die gesamte Äquivalentdosis fast konstant ist. Der Äquivalentdosisanteil für Neutronen mit Energien oberhalb 10 MeV wird höher, wenn weniger Neutronen mit noch höheren Energien (z.B. oberhalb 40 MeV) vorhanden sind. Da die benutzten Spektren sehr unterschiedlich sind und da für alle verschiedenen Spektren das gleiche Ergebnis gilt, kann man schließen, daß der Anteil der Neutronen mit Energien oberhalb 10 MeV an der Äquivalentdosis gering ist. Neutronen oberhalb 50 MeV sind praktisch nicht vorhanden. Eine Messung mit dem 4-Kugel-Verfahren, daß nur bis zu 50 MeV Neutronenenergie geeignet ist, ist berechtigt.

Das Bi-Spaltfragmentdosimeter ist zu genauen Aussagen über das Spektrum wenig geeignet, da sich der Wirkungsquerschnitt im interessierenden Energiebereich zu stark ändert. Die Aussage, daß nur wenig hochenergetische Neutronen vorhanden sind, kann aber gezogen werden. Die Korrekturfaktoren in Gleichung {1} beeinflussen das Endergebnis nur wenig. Erheblich könnte der Anteil hochenergetischer Neutronen an der gesamten Äquivalentdosis nur dann sein, wenn die benutzten Werte von $\sigma(p,f)$ sich vom tatsächlichen Wirkungsquerschnitt für Neutronen unterscheiden.

Tabelle 6.2/2

Äquivalentdosis der Neutronen unter Annahme verschiedener Spektren

$\varphi(E)$	Energiebereich zur Mittelwertbildung [MeV]	D_{Bi}^{**} [rem]	$N_{Th}^{Bi^{**}}$	$\frac{N_{Th}^{Bi^{**}}}{N_{Th}}$ [%]	$D_{Th,R}^{**}$ [rem]	D^{**} [rem]	$\frac{D^{**}}{D_{10}}$
Monoenergetisch*	50	0,58	406	1,5	122	123	1,01
Monoenergetisch*	40	2,0	1470	5,3	117	119	1,02
Monoenergetisch*	30	22,2	14100	51	60,5	82,7	1,37
Monoenergetisch	25	217	136000	490	< 0	< 217	-
$\varphi(E)=const.^{*}$	2 - 50	2,9	1730	6,3	116	119	1,02
$\varphi(E)=const.^{*}$	20 - 50	2,2	1480	5,3	117	119	1,02
$\varphi \sim \frac{1}{E}^*$	2 - 50	7,4	3040	11	110	117	1,03
$\varphi \sim \frac{1}{E}^*$	2 - 40	27,2	10200	36,8	77,9	105	1,15
$\varphi \sim \frac{1}{E^{3/2}}^*$	2 - 50	17,5	4950	17,8	101	119	1,05
$\varphi \sim \frac{1}{E^{3/2}}^*$	2 - 40	57,2	15600	56,3	54	111	1,16
$\varphi \sim \frac{1}{E^2}^*$	2 - 50	54,5	10900	39,2	75,1	130	1,06
$\varphi \sim \frac{1}{E^2}$	2 - 40	181	34900	126	< 0	< 181	-
Serberspektrum* $E_d=60$ MeV	2 - 60	3,6	2320	8,4	113	117	1,03
Serberspektrum* $E_d=80$ MeV	2 - 80	1,17	822	3,0	119	120	1,01

Anmerkungen zu Tabelle 6.2/2

* Zur Berechnung der Werte in Spalte 6 - 8 wurden noch zusätzlich schnelle Neutronen mit dem Spektrum der Neutronen einer Am-Be-Quelle angenommen.

** Erklärung der Abkürzungen:

D_{Bi} = Äquivalentdosis allein aus der Spurenzahl des Bi-Spaltfragmentdosimeters berechnet

N_{Th}^{Bi} = Spurenzahl des Th-Spaltfragmentdosimeters berechnet aus der Spurenzahl des Bi-Spaltfragmentdosimeters

N_{Th} = tatsächliche Spurenzahl des Th-Spaltfragmentdosimeters

$D_{Th,R}$ = Äquivalentdosis berechnet aus der Spurenzahl $N_{Th} - N_{Th}^{Bi}$ für Am-Be-Neutronen

D = $D_{Bi} + D_{Th,R}$

D_{10} = Äquivalentdosis der Neutronen mit Energien von 2-10 MeV

Aus den Messungen hinter der Abschirmung mit dem 4-Kugel-Verfahren und mit der 12" Moderatorkugel war eine große Zahl hochenergetischer Neutronen nicht auszuschließen. Das würde aber den Messungen mit den Spaltfragmentdosimetern widersprechen. Für die höhere Anzeige des 4-Kugel-Verfahrens gibt es aber unter der Annahme, daß viele Neutronen im Energiebereich von 2 - 10 MeV vorhanden sind, eine Erklärung. Das 4-Kugel-Verfahren mißt im Bereich von 0 - 50 MeV für Neutronen jeder Energie auf den Faktor 2 genau die Äquivalentdosisleistung. Dosimeter mit Moderatorkugeln werden bei hohen Neutronenenergien stark unterempfindlich. Um im Energiebereich von 24 - 48 MeV mindestens 50 % der Äquivalentdosisleistung anzuzeigen, ist das 4-Kugel-Verfahren im Energiebereich von 3 - 6 MeV um den Faktor 2 überempfindlich. Das 4-Kugel-Verfahren wird mit Neutronen einer Am-Be-Quelle so kalibriert, daß für diese Neutronen die Anzeige um den Faktor 2 zu hoch ist (11). Da die 12" Moderatorkugel im Energiebereich von 3 - 6 MeV recht genau die Äquivalentdosis anzeigt, kann die höhere Anzeige beim 4-Kugel-Verfahren durch die Art der Kalibrierung erklärt werden. Das 4-Kugel-Verfahren ist aber keineswegs schlechter als andere Methoden zur Äquivalentdosisbestimmung. Die gebräuchlichen Neutronendosimeter im Strahlenschutz für Neutronen mit Energien von 0 - ca. 10 MeV zeigen alle in bestimmten Energiebereichen um den Faktor 2 zu hoch an (teilweise erheblich mehr). Die Überempfindlichkeit liegt aber für diese Dosimeter im Energiebereich intermedärer Neutronen. Ungünstig für den Vergleich des 4-Kugel-Verfahrens mit der 12" Moderatorkugel ist, daß offenbar hinter der Zyklotronabschirmung viele Neutronen im Energiebereich von 2 - 10 MeV vorhanden sind.

Wie weit die an dem einen Meßpunkt gewonnenen Ergebnisse sich auf andere Punkte der Abschirmung übertragen lassen, konnte wegen zu geringer Intensität mit Spaltfragmentdosimetern nicht nachgeprüft werden.

Literatur:

- (1) R.L. Bramblett, R.L. Ewing, T.W. Bonner,
Nucl.Instrum.Meth. 9 (1960) 1
- (2) D. Nachtigall, F. Rohloff,
Nucl.Instrum.Meth. 50 (1967) 137
- (3) M. Heinzelmann, H. Schüren,
in EUR 4896 (1972) p. 315
- (4) M. Heinzelmann, H. Schüren,
in Jül-787-ST (1971) p. 162
- (5) W.G. Cross, L. Tommasino,
Radiat.Eff. 5, (1970) 85
- (6) A. Khodai-Joopari,
UCRL 16489 (1966)

- (7) M. Maurette, C. Stephan,
in Physics and Chemistry of Fission,
IAEA Wien (1965) p. 307
- (8) Protection Against Neutron Radiation,
Rep. No. 38, NCRP, Washington (1971)
- (9) V.M. Pankratov,
Atomnaya energiya 14 (1963) 177
- (10) V.I. Goldanskii, V.S. Pen'kina, E.Z. Tarumov,
Soviet Phys. JETP 2, (1956) 677
- (11) M. Heinzelmann,
Direct Information Strahlenschutz 6/67,
Atompraxis 13, (1967)

6.3 Automatischer Nachweis von Spuren durch schnelle Neutronen bei der nichtfotografischen Kernspurregistrierung

W. Haschke, M. Heinzelmann

Das automatische Auswertverfahren mit dem Funkenzähler nach Cross und Tommasino (1) bei der nichtfotografischen Kernspurregistrierung zeichnet sich durch besondere Einfachheit aus. Bisher konnte dieses Verfahren nur zur Zählung der Spuren von Spaltfragmenten und, weniger gut, von α -Teilchen angewandt werden. Es wurde versucht, den Funkenzähler auch zum Nachweis der Spuren von direkten Reaktionen der Neutronen mit den Atomen der benutzten Kunststoffolie zu verwenden. Die ersten Versuche wurden mit Neutronen von 14 MeV ausgeführt, da die durch Neutronen hoher Energie erzeugten Spuren schneller geätzt werden als die von Neutronen geringerer Energie (2) (3). Als Kunststoffolie zum Spurennachweis wurde Makrofol KG von 10 μ Dicke benutzt. Makrofol, eine Polycarbonatfolie, ist zum Nachweis der Spuren von α -Teilchen nicht so gut geeignet wie Folien aus Zellulosenitrat oder -acetat, zeichnet sich aber durch guten Nachweis der Spuren von Rückstoßkernen unter dem Mikroskop aus.

Nach der Neutronenbestrahlung wurden die Makrofolfolien in 35 % KOH bei 40°C geätzt. Die geätzten Folien wurden im Funkenzähler ausgewertet. Die zum Auswerten benutzte Fläche betrug 26 cm². Vor dem eigentlichen Zählen wurden im Funkenzähler die Spuren in den Folien bei 1100 V durchgeschlagen. Im Gegensatz zu den Spuren von Spaltfragmenten ließ sich bei den hier nachzuweisenden Spuren das Ende des Durchschlagens schlecht bestimmen, da auch nach längeren Wartezeiten immer noch durch neue Spuren einzelne Entladungen festgestellt wurden. Die Zeit zum Durchschlagen wurde deswegen für jedes Auswerten einheitlich auf 10 Minuten festgelegt. Anschließend wurde die Spurenzahl bei einer angelegten Spannung von 600 V ermittelt.

Eine Unterbrechung des Ätzzvorganges erhöhte deutlich die Spurenzahl. In Abbildung 6.3/1 sind Meßwerte wiedergegeben, wenn der Ätzprozeß nach 120 Minuten unterbrochen wird. Die Folien werden dann eine Stunde lang gewässert, getrocknet und am nächsten Tag weitergeätzt. In Abbildung 6.3/1 ist der statistische Fehler des Mittelwertes für das Auswerten von jeweils 7 Folien für jeden Meßpunkt angegeben. Für eine gesamte Ätzzeit von 220 Minuten deutet sich in Abbildung 6.3/1 ein kleines Plateau an.

Die Spurenzahl in Abhängigkeit von dem Zeitpunkt der Unterbrechung des Ätzens ist in Abbildung 6.3/2 dargestellt. Diese Abbildung zeigt den starken Anstieg der Spurenzahl durch Unterbrechung des Ätzens. Der genaue Zeitpunkt, wann der Ätzprozeß unterbrochen wird, ist nicht so wesentlich. Auf nicht bestrahlten Folien war die Spurenzahl etwa 1 % der Spurenzahl auf bestrahlten Folien.

Eine Wägung der Folien vor und nach dem Ätzen nach 240 Minuten Ätzzeit brachte einen Gewichtsverlust der Folien, die ohne Unterbrechung geätzt waren, von 37 % und einen Gewichtsverlust der Folien, bei denen die Ätzzeit nach 90 Minuten unterbrochen wurde, von 44,5 %. Durch die Unterbrechung des Ätzprozesses wird die Ätzgeschwindigkeit des Makrofol KG auf der gesamten Fläche und nicht nur längs der Kernspuren vergrößert. Die Unterbrechung erhöht nur deswegen die Spurenzahl auf den Folien, da es kaum möglich sein wird, Makrofol KG Folien von nur 10 μ Dicke bei 40°C noch viel länger als 240 Minuten ununterbrochen zu ätzen, ohne daß die Folien reißen. (Zum Vergleich: Zum Nachweis von Spaltfragmentspuren werden die Folien unter sonst gleichen Ätzbedingungen nur 75 Minuten lang geätzt.) Ein Reißen der Folien passiert schon bei den hier gewählten Ätzbedingungen von 240 Minuten in einigen Fällen. Die geätzten Folien haben, solange sie feucht sind, eine so geringe Festigkeit, daß die Wahrscheinlichkeit zu reißen schon durch längeres Wässern erhöht wird.

Bis jetzt ist es noch nicht gelungen, Spuren von direkten Reaktionen der Neutronen mit dem Folienmaterial mit ausreichender Genauigkeit reproduzierbar zu zählen. Werden mehrere mit gleicher Dosis bestrahlte Folien gleichzeitig geätzt, so ist der statistische Fehler des Mittelwertes gering (Abbildung 6.3/1). Im allgemeinen erhält man auch nach dem Ätzen an verschiedenen Tagen von mit gleicher Dosis bestrahlten Folien recht gut übereinstimmende Werte, aber es kommt vor, daß die Spurenzahl auf ganzen Gruppen gleichzeitig geätzter Folien um mehr als der Faktor 2 von dem Mittelwert der Spurenzahl abweicht, die beim vorhergehenden Ätzen gefunden wurde. Welche Faktoren diese Schwankungen hervorrufen, konnte nicht geklärt werden. Es liegt nicht daran, daß das Makrofol KG inhomogen ist, denn die gleichzeitig geätzten Folien, die gleiche Spurenzahl zeigen, sind aus ganz verschiedenen Stellen der ursprünglichen Folie herausgeschnitten. Unterschiedliche Luftfeuchtigkeit und Lagerungstemperatur konnte durch Lagern der Folien im Exsiccator bzw. im Trockenschrank ausgeschlossen werden. Die Reproduzierbarkeit wurde dadurch nicht verbessert. Eine Verbesserung der Reproduzierbarkeit läßt sich eventuell dadurch erreichen, daß mit

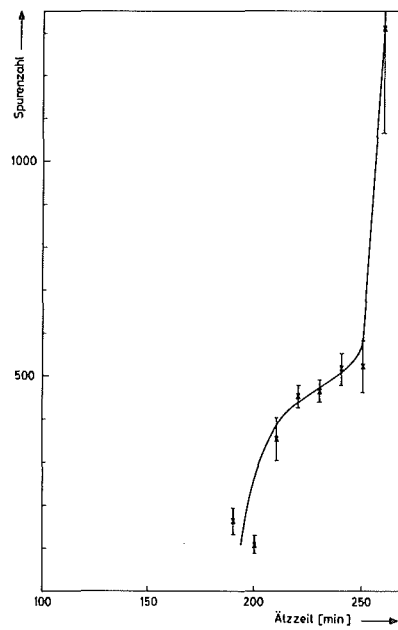


Abb. 6.3/1: Spurenzahl in Abhängigkeit von der Ätzzeit
(Ätzprozeß nach 120 min unterbrochen)

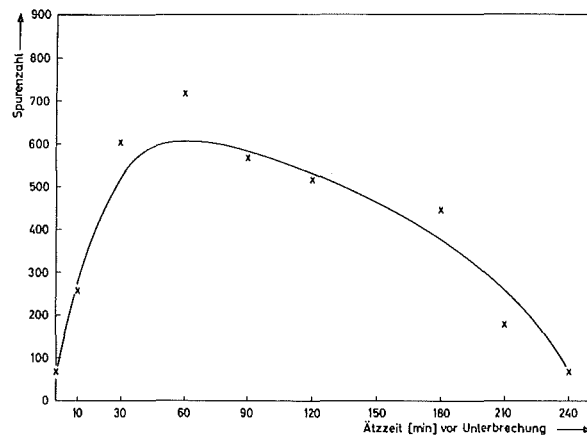


Abb. 6.3/2: Spurenzahl als Funktion der Zeit, nach der der
Ätzprozeß unterbrochen wurde (Gesamte Ätzzeit
für alle Folien 240 min)

Folien, die mit unbekannter Dosis bestrahlt wurden, gleichzeitig Folien, die mit bekannter Dosis bestrahlt wurden, geätzt werden und daß die Spurenzahl entsprechend normiert wird.

Eine Erhöhung der Ätzgeschwindigkeit durch Unterbrechung des Ätzprozesses wurde auch von Khan (4) bei Makrofol E festgestellt. Die Spurenzahlerhöhung für mikroskopische Auswertung bei Khan ist aber sehr viel geringer als hier bei Auswertung mit dem Funkenzähler gefunden wurde.

Folien, die nach Bestrahlung vor dem Ätzen bei 50°C im Trockenschrank gelagert waren, zeigten im Mittel eine um etwa 20 % geringere Spurenzahl, als Folien, die bei Zimmertemperatur gelagert waren. Diese geringere Spurenzahl hing nach mindestens 24-stündiger Lagerung im Trockenschrank nicht mehr von zusätzlicher Lagerung im Trockenschrank ab. Wägung der bei höherer Temperatur gelagerten Folien vor und nach dem Ätzen zeigte keine Änderung der Ätzgeschwindigkeit durch die Temperaturbehandlung. Falls dieses Fading allein durch die Temperatur bedingt sein sollte, bei 50°C ist in Makrofol eigentlich noch kein Fading zu erwarten, wäre die zeitliche Abhängigkeit etwa so, wie Somogyi (5) bei Makrofol E für den Spurdurchmesser gefunden hat. Kurzes Lagern bei erhöhter Temperatur ändert den Spurdurchmesser stark, bei längerer Lagerung wird aber keine weitere Verkleinerung des Spurdurchmessers festgestellt.

Literatur:

- (1) W.G. Cross und L. Tommasino,
Radiat.Eff. 5, 85 (1970)
- (2) M. Heinzelmann und H. Schüren, in:
Jül-787-ST, 162, (1971)
- (3) E. Piesch, in:
KFK 1365, 79 (1971)
- (4) H.A. Khan,
Nucl.Instrum.Meth. 113, 55 (1973)
- (5) G. Somogyi, in:
M. Nicolae, Proceedings of the 8th international
conference on nuclear photography and solid state
detectors, Bucharest 1972, p. 253

.4 Radiochemische Verfahren zur Bestimmung von α -Strahlern im Urin

R. Biehl unter Mitarbeit von D. Beyer und D. Merten

Zusammenfassung

In einer Literaturübersicht werden Verfahren zur Bestimmung der α -Aktivität in biologischen Proben beschrieben und die Ergebnisse von Überarbeitungen sowie praktischen Versuchen geschildert. Diese Kenntnisse ermöglichen eine Beurteilung verschiedener Verfahren zur Bestimmung der Nuklide Pa 231, Np 237, Pu 238/239, Am 241-243, Cm 242/243/244 im Urin.

Besonders geeignet sind Flüssigextraktionen der vier-sechswertigen Actiniden mit TIOA (Tri-isooctylamin) und der dreiwertigen Actiniden mit DDCP (Dibutyl N, N diethylcarbamyphosphonate).

Einleitung

Es wurde die Literatur seit etwa 1968 berücksichtigt, die sich mit der Anwendung der Verfahren auf die Ausscheidungsanalytik befaßt.

Die Verfahren zur Bestimmung der α -Aktivität in Urin (hier: Pa 231, Np 237, Pu 238/239, Am 241-243, Cm 242/243/244) lassen sich methodisch in vier Hauptanalysenschritte unterteilen:

1. Aufbereitung des Urins
2. Trennungsgang
3. Herstellung des Meßpräparats
4. Messung

Die ersten drei Punkte werden in einzelnen Kapiteln behandelt (dabei ist die Schilderung der Trennungsgänge für eine Beurteilung der Verfahren besonders wichtig).

Auf Punkt 4, die Messung der α -Aktivität, wird nicht näher eingegangen. Hierüber ist an anderer Stelle zu berichten.

1. Aufbereitung der Urine

(Trennung der anorganischen Salze von den organischen Bestandteilen und der wässrigen Phase des Urins).

1.1 Naßveraschung

Die Naßveraschung ist die gebräuchlichste Methode, Urine zur Analyse aufzubereiten. Das Einkochen und anschließende Veraschen einer über 24 Stunden gesammelten Urinprobe (ca. 1 l) ist aber sehr langwierig und erfordert viel Aufmerksamkeit. Daher wird man die Naßveraschung nur wählen, wenn weniger als 250 ml Urin eingesetzt werden.

1.2 Mitfällung an Calcium-Magnesium-Hydrogenphosphat

Ist eine 24 h-Probe zur Analyse einzusetzen, so ist die Mitfällung am Hydroxidniederschlag der anorganischen Urinmatrix die geeignete Methode. Nach dem Abtrennen der wässrigen Phase durch entsprechende Verfahren (Zentrifugieren, Filtrieren, Dekantieren) wird der nur noch geringe Anteil organischer Bestandteile durch Naßveraschung zerstört.

Nach (1) ist ein Erhitzen des Urins mit Salpetersäure auf 90°C über drei Stunden notwendig, um komplex gebundene Anteile bei metabolisierten Actiniden in eine Form zu überführen, die zur Mitfällung an Erdalkaliphosphaten geeignet ist.

1.3 Veraschung im Autoklaven

Über die Veraschung von Urin in Autoklaven ist in der Literatur kein Hinweis zu finden. Versuche mit einem kleinen Aufschlußautoklaven (s. Abb. 6.4/1) zeigten, daß die Veraschung des Urins auf diese Weise mit geringem Zeitaufwand möglich ist. Wegen der fehlenden Sicherheitseinrichtungen (Druckanzeige, Berstplattensicherung, Rührwerk, Regulierventil) ist das bei den Versuchen eingesetzte Gerät aber nur für die Veraschung von max. 35 ml Urin geeignet.

Es sollen Versuche mit einem anderen Fabrikat folgen, das optimale Sicherheitseinrichtungen bietet. Dabei ist es konstruktiv möglich, den Urin im Autoklaven mit einem gesteuerten Sauerstoffstrom zu begasen und so zu veraschen. Damit könnte man auf die bei manchen Trennungsgängen störende Salpetersäure verzichten. Die Veraschung im Autoklaven böte zusätzlich den Vorteil, daß flüchtige Nuklide leicht zu erfassen sind.

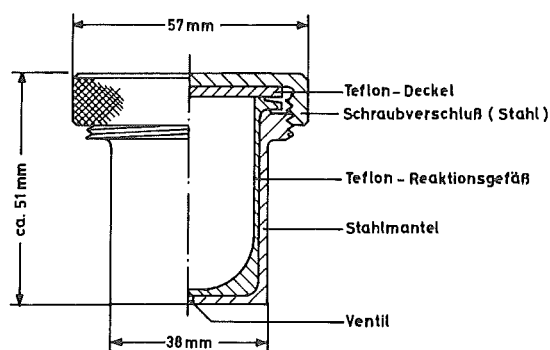


Abb. 6.4/1: Aufschlußautoklav

2. Trennungsgang

2.1 Mitfällungsverfahren

(Mitfällung als endgültiger Trennschritt zum meßfertigen Präparat).

In (2) wird als Träger Bariumsulfat benutzt, wobei aber hohe Calciumanteile den Analysengang stören sollen. Versuche, das Verfahren auf Urin anzuwenden, bestätigten dies. Der große Überschuß an Calcium- und Magnesiumsulfat bewirkt, daß nur sehr wenig der zu bestimmenden Actiniden an Bariumsulfat angelagert, bzw. die Bildung der Komplexe $K_2Ba[Me(SO_4)]_4$ gestört wird (zwei Versuche mit Am 241 ergaben Ausbeuten A*) von 1,6 bzw. 2,5 %. Die in (2) angegebenen Ausbeuten A_c^* von 99 % sind für die interessierenden Nuklide nur zu erreichen, wenn eine vorherige Abtrennung von Calcium und Magnesium erfolgt.

In (3, 4) ist ein Verfahren beschrieben, das zur Herstellung des Meßpräparats drei Mitfällungen benutzt:

1. Aufbereitung des Urins durch eine Calcium-Magnesium-Phosphatfällung
2. Abtrennung der Actiniden durch eine Wismutphosphatfällung
3. Umfällung mit Lanthanfluorid

Zwischen der 1. und 2. Mitfällung liegt eine Extraktion der Eisen(III)salze mit einem Gemisch von Amylalkohol und Diäthyläther. Der Lanthanfluoridniederschlag (0,2 mg La) wird in einem Platinmeßschälchen getrocknet, geglüht und gemessen. Wie in (4) beschrieben, ist dieses Verfahren für Protaktinium ungeeignet. Für Plutonium, Americium und Curium wurden Ausbeuten A von 29,9, 33,6 und 43,5 % ermittelt.

Eine Reihe weiterer Verfahren arbeitet nach dem gleichen Prinzip der Mitfällung an Lanthanfluorid (5,6,7). Im wesentlichen sind sie aber nur für die Bestimmung von Plutonium entwickelt. Einige dieser Autoren beschreiben Verbesserungen des Analysengangs. So kann beim Bariumsulfatverfahren nach dem Lösen der Actiniden vom Niederschlag mit DTPA (Diethylenetriaminepentaacetic acid) eine Elektrodeposition durchgeführt werden. Außerdem sind Möglichkeiten angegeben, die Actiniden untereinander zu trennen. Bei den Fluoridverfahren kann nach einer Extraktion des Niederschlags mit TTA (2-Thenoyltrifluoraceton) ebenfalls eine Elektrodeposition erfolgen.

*) A Gesamtausbeute

A_c Chemische Ausbeute

A_z Zählausbeute

2.2 Adsorptionsverfahren

Es ist nur ein Verfahren beschrieben, das den Effekt der Adsorption der Actiniden an Glas ausnutzt (1). Nach dieser Methode wird zur Zeit in überarbeiteter Form (8) die Routineüberwachung in der ZST durchgeführt. Auf die Schwierigkeiten dieses Verfahrens wird in (8) hingewiesen. Die in der Originalschrift (1) angegebene gute Reproduzierbarkeit (Fehler der Einzelwerte in (1): 3,5 - 4,5 %, in (8): 3,7 - 7,6 %), sowie die hohen Ausbeuten waren nicht zu erreichen. (In (1): Ausbeute A_c für Pu 90,2-, Am 81,7-, Cm 86,1-, Pa 88,1-, Np 84,9 %; in (8): Ausbeute A_c für Pu 54,8-, Am 71,6-, Cm 78,2-, Pa 33,4-, Np 58,4 %).

Nachteilig für dieses Verfahren ist bei gleichzeitiger Abtrennung mehrerer Nuklide die unterschiedliche Höhe der Ausbeuten. Zum Zeitpunkt der Überarbeitung dieses Verfahrens war kein weiteres Verfahren bekannt, das eine Bestimmung von Plutonium, Americium und Curium, aber auch von Neptunium und Protaktinium im Urin in einem Analysengang ermöglicht hätte.

2.3 Kunstharzionenaustauschverfahren

Zur Bestimmung einzelner Transuranelemente stehen einige Kunstharzionenaustauschverfahren zur Verfügung (9,10,11). Es ist aber in der gesichteten Literatur kein Harz angegeben, das alle Actiniden in einem vorliegenden Medium adsorbiert, während die ein- und zweiwertigen Kationen sowie die Anionen (vorwiegend PO_4^{3-}) nicht adsorbiert werden. Die Selektivität der Austauscher ist gegenüber den einzelnen Actiniden zu unterschiedlich. So adsorbieren basische Anionenaustauscher Thorium in der NO_3^- -Form, nicht aber in der Cl^- -Form. Dagegen wird Uran in der Cl^- -Form sehr gut adsorbiert und weniger gut in der NO_3^- -Form.

Ein Harz, das eventuell eine quantitative Trennung aller Actiniden von der Urinmatrix ermöglicht, ist der Kationenaustauscher "Chelex 100" (12). Die Affinität des Harzes nimmt von den Leichtmetallen zu den Schwermetallen sehr stark zu. Von den Actiniden ist in (12) nur UO_2^{2+} aufgeführt.

2.4 Flüssigionenaustauschverfahren

Der Ionenaustausch durch Flüssigextraktion ist die am meisten praktizierte Methode. Aber auch hier besteht die Schwierigkeit, ein Extraktionsmittel zu finden, das alle Actiniden erfaßt und nach Möglichkeit keine oder nur sehr wenige Begleitelemente extrahiert.

In (13, 14, 15) sind Trennungsgänge mit HDEHP (Di 2-äthylhexylphosphat und TTA (2-Thenoyl trifluoraceton) als Flüssigaustauscher angegeben. Alle Arbeiten enthalten Hinweise, daß die Trennung der Actiniden von Calcium schwierig ist und sehr viel Zeit beansprucht. In (14) und (15) wird darauf hingewiesen, daß die in (13) angegebenen hohen Ausbeuten nicht zu erreichen waren (Ausbeute A_c von Versuchen mit Am 241 in (13): 89 ± 6 %, in (14): 74 %; in (15): 30 ± 8 %).

Nach (16) werden die Actiniden aus salzsaurer Lösung mit Aliquat 336 extrahiert (Ausbeute A_c für Plutonium und Americium: $> 90 \%$).

Ebenfalls unter Verwendung eines technischen Amins (Alamine 336) wird in (17) die Bestimmung von Uran, Neptunium und Plutonium beschrieben (Ausbeuten A_c für U: $93,7 \pm 0,9 \%$; Np: $95,6 \pm 1,0 \%$; Pu: $96,5 \pm 1,0 \%$).

Nach (18, 19) ist die Bestimmung der Actiniden mit Flüssigionenaustauschern in zwei Gruppen unterteilt:

1. Abtrennung der 4-6-wertigen Actiniden Pu, U, Np, (Pa)
2. Abtrennung der 3-wertigen Actiniden Am, Cm, Cf, Bk, Es

Die Abbildung 6.4/2 zeigt das Trennungsschema.

Ausgehend von Urinasche erfolgt die Extraktion der höherwertigen Actiniden (Np, Pu, U, Pa) mit TIOA. Vom Lösen der Urinasche bis zu einer nahezu trägerfreien Lösung (angegeben sind nach der Analyse von 20 gespikten Urinen $1,5 \pm 0,5$ mg Rückstand), dauert die Analyse ca. 20 Minuten. Plutonium, Uran und Neptunium können durch einfache Einzelnextraktionen voneinander getrennt werden (Ausbeute A_c in (18) ermittelt durch 6 Plutoniumbestimmungen im Low Level-Bereich: 107% , bei einem Mittelwert: $0,29$ dpm, Maximalwert: $0,35$, Minimalwert: $0,26$).

Die Bestimmung von Protaktinium ist in (18, 19) nicht beschrieben. Ein orientierender Versuch mit Pa 231 ergab ausgehend von Urinasche eine Ausbeute A von $32,3 \%$ (beim Adsorptionsverfahren in (8): $16,7 \%$).

Zur Extraktion der dreiwertigen Actiniden (Am, Cm, Cf, Bk, Es) sind in (19) zwei Möglichkeiten angegeben:

1. Eine Extraktion mit DDCP
2. Eine Extraktion mit TIOA aus oxalsaurer Lösung

Die DDCP-Methode ist bereits in Einzelheiten ausgearbeitet. Danach werden die wässrigen Rückstände der TIOA-Extraktion der höherwertigen Actiniden zur Trockne eingedampft, die Salze in 12 N Salpetersäure gelöst, eine Extraktion mit 1 ml DDCP durchgeführt, und die dreiwertigen Actiniden mit 2 N Salpetersäure rückextrahiert (Ausbeute A_c in (19) ermittelt durch 20 Bestimmungen von Am 241 im Low Level-Bereich: $89 \pm 8 \%$).

Die abgetrennten Actiniden können einzeln (bei den 4-6-wertigen), oder gruppenweise zum Meßpräparat aufgearbeitet werden.

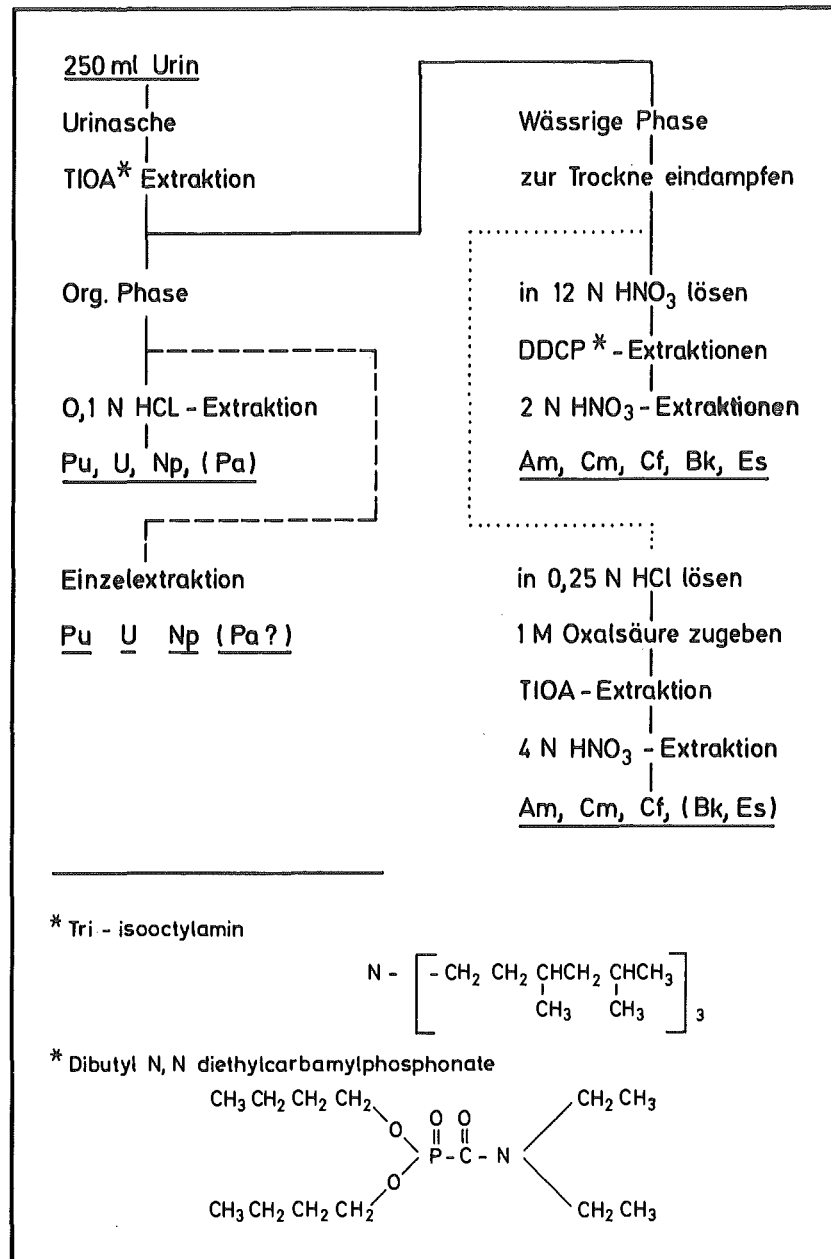


Abb. 6.4/2: Trennungsschema

3. Herstellung der Meßpräparate

3.1 Elektrodeposition

In der analytischen Chemie ist die Elektrogravimetrie eine wichtige quantitative Bestimmungsmethode, welche auch Abscheidungen von Submikrogrammengen ermöglicht.

Die Abscheidung erfolgt im allgemeinen sehr reproduzierbar und mit hohen Ausbeuten aus schwefelsaurer Lösung (Ausbeute A in (15): 47,8 %).

Die Erfahrung zeigte, daß nur Elektrolysezellen und Dichtungen mit einwandfreier Oberflächenbeschaffenheit zu benutzen sind. Bei angegriffener Oberfläche oder gar milchig gewordenem Plexiglas bildet sich auf der Depositionsfläche ein schwarzer Niederschlag, der die Messung infolge hoher Selbstabsorption beeinträchtigt.

Nach (20) soll die Abscheidung von Pu 239 aus salpetersaurer Lösung quantitativer (Ausbeute A_c : 99 %), als aus schwefelsaurer Lösung (Ausbeute A_c : 94 %) verlaufen, während mechanische Einflüsse, wie Rühren bei der Elektrolyse oder das Polieren der Kathoden, keine Verbesserung der Deposition ergeben.

Die idealen Bedingungen für die quantitative Abscheidung von Pu 239 sind in dieser Arbeit wie folgt angegeben:

1. Distanz zwischen den Elektroden 5 mm
2. 1 ml 2 M NH_3 zur Probe geben
3. Mit HNO_3 pH 1,2 einstellen
4. Stromstärke 450-500 mA
5. Elektrolysezeit 60-80 Min.
6. Vor Unterbrechung des Stroms 1 ml 6 M NaOH zugeben
7. Kathode mit wenig Wasser und Aceton waschen und unter einer Heizlampe trocknen.

Aus alkalischem und saurem Medium mit und ohne Zugabe von Komplexbildnern wie Oxalat und DTPA (Diethylenetriaminepentaacetic acid) ist bei der Elektrodeposition keine weitere Verbesserung zu erreichen (21, 22, 23).

3.2 Zentrifugierverfahren

Um bei Mitfällungsverfahren reproduzierbare Meßergebnisse zu erhalten, muß die Trägersubstanz mit konstanter Schichtdicke auf einen Präparatehalter gebracht werden.

In (2) ist ein praktikables Zentrifugierverfahren angegeben. Zur Erprobung wurde der erforderliche Behälter hergestellt (s. Abb. 6.4/3). Das in (2) als Präparatehalter benutzte Edelstahlplättchen erforderte eine Dichtung, an der, wie die Erfahrung zeigte, immer etwas Trägersubstanz haften blieb. Dieser Effekt konnte durch den Einsatz von Weich-PVC (1 mm Stärke) als Präparateträger (selbstdichtend) ausgeschaltet werden (Ausbeute A_c bei Verwendung von 8,5 mg $BaSO_4$ als Trägersubstanz: $98,5 \pm 0,7$ %).

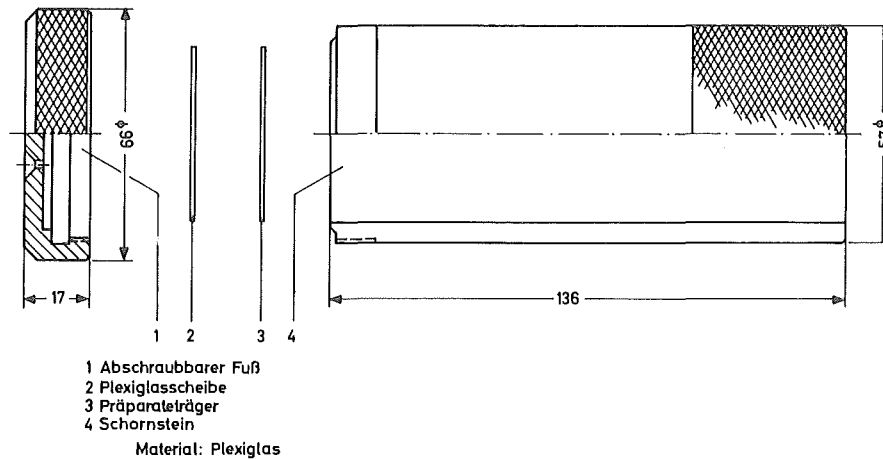


Abb. 6.4/3: Zentrifugierbehälter

3.3 Trägerfreie Direktmessung

Liegen nach dem Analysenverfahren die Actiniden trägerfrei in Lösung vor, ist das Eindampfen der Lösung und anschließende Trocknen auf einem geeigneten Präparateträger, die einfachste und schnellste Methode, das Meßpräparat herzustellen. So wird z.B. in (8) die Lösung in einem Platinschälchen eingedampft, getrocknet und geglüht.

Der Nachteil der Direktmessung liegt darin, daß es bei der Urinanalytik sehr schwierig ist, trägerfreie Lösungen herzustellen. Es sollte versucht werden, in erhöhtem Maße mit geeigneteren Materialien zu arbeiten, z.B. könnte an Stelle von Glas PTFE oder Polypropylen verwendet werden, um ein Einschleppen von störenden Silikaten zu vermeiden. Bei den entscheidenden Analysenschritten ist die Verwendung von Suprapur-Chemikalien zu empfehlen. Außerdem ist auf peinlichste Sauberkeit der Arbeitsplätze zu achten.

4. Diskussion

Nur wenige Verfahren stellen eine gemeinsame chemische Analyse der α -strahlenden Nuklide Pa 231, Np 237, Pu 238/239, Am 241-243, Cm 242/243/244 im Urin in Aussicht. Für die Bestimmung einzelner Nuklide oder Nuklidgruppen sind dagegen eine Reihe von Verfahren bekannt, die den geforderten Ansprüchen genügen. Einzelnuklidanalysen sind daher zur Inkorporationsüberwachung zu aufwendig, um bei einer größeren Anzahl von Analysen im Routinebetrieb eingesetzt zu werden.

Ein Verfahren, das alle in Frage kommenden Nuklide in einem Arbeitsgang erfaßt, muß die erforderlichen Nachweisgrenzen für die einzelnen Nuklide und eine gute Reproduzierbarkeit aufweisen, sowie mit einem vertretbaren Aufwand an Zeit und Kosten auch für die Entwicklungsphase durchzuführen sein. Aus diesen Gründen kann man die Entwicklung von Kunstharzionaustauschverfahren (s. 2.3) ausschließen, da hier zu viele vorbereitende Arbeiten notwendig wären. Ebenso ist es bei den Mitfällungsverfahren (s. 2.1), wobei aber noch folgende Nachteile der Methode hinzukommen:

1. Die Ausbeuteverluste des jeweiligen Verfahrens
2. Die Zählverluste durch Selbstabsorption

Auch bei dem Adsorptionsverfahren (s. 2.2) kann nach den praktischen Erfahrungen (8) eine weitere Verbesserung - wenn überhaupt möglich - nur mit sehr viel Aufwand erreicht werden.

Interessante Perspektiven bieten die zwei Flüssigionenaustauschverfahren (s. 2.4), welche die erwünschte gemeinsame Abtrennung der o.a. Nuklide ermöglichen sollen:

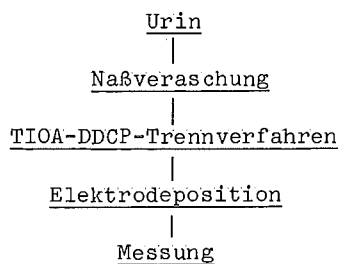
1. Das TIOA-DDCP-Verfahren
2. Das HDEHP-Verfahren

Die TIOA-DDCP-Methode gestattet nach (18, 19) eine schnelle, vollständige und reproduzierbare Trennung der Actiniden von der Urinmatrix. Demgegenüber hat nach eigenen Erfahrungen das HDEHP-Verfahren Nachteile bei der Trennung der Actiniden vom im Urin enthaltenen Calcium, ist schwierig zu handhaben und sehr zeitaufwendig.

Zu welchem der beiden klassischen Urinaufbereitungsverfahren man sich entscheidet, hängt davon ab, welche Nachweisgrenzen mit den Trennschritten erreicht werden. Reichen also 250 ml Urin zur Analyse aus, ist die Naßveraschung der Mitfällung an Calcium-Magnesium-Hydrogenphosphat vorzuziehen. Außerdem ist dann auch eine Aufbewahrung der Urinaschen für evtl. in Frage kommende Kontrollanalysen leicht möglich.

Liegen die Actiniden nach dem Trennungsgang trägerfrei in Lösung vor, kann das Meßpräparat durch Eindampfen auf einer entsprechenden Unterlage hergestellt werden. Andernfalls bietet sich die Elektrodeposition als ein geeignetes Verfahren an.

Insgesamt bietet sich zur Bestimmung der Nuklide Pa 231, Np 237, Pu 238/239, Am 241-243, Cm 242/243/244 im Urin die Ausarbeitung des folgenden, schematisch dargestellten Verfahrens an.



Literatur:

- (1) J.D. Eakins and P.J. Gomm
The determination of gross α -activity in urine
by adsorption on glass fibre filter paper
Health Physics 1968 Vol. 14, pp. 461-472
- (2) C.W. Sill
Separation and radiochemical determination of uranium
and the transuranium elements using bariumsulfate
Health Physics 1969 Vol. 17, pp. 89-107
- (3) International Report Israel
Atomic Energy Commission Padova A.
Determination of radioelements and toxic metals in urine
Manual Part.: I November 1969
- (4) R. Schoch
Zur Bestimmung der Gesamt- α -Aktivität in Urin
Laborbericht C 12/71 Zentralabteilung Strahlenschutz
der KFA GmbH Jülich
- (5) H. Nakano and K. Onishi
Determination of plutonium in waste solutions
IAEA Technical Reports Series No. 95, 1969
- (6) H. Schieferdecker
Determination of plutonium in urine
IAEA Technical Reports Series No. 95, 1969
- (7) Commission d'etablissement des methodes d'analyse,
Commissariat a l'energie atomique
Paris, France

Determination of plutonium in waste waters by
 α -particle measurements
IAEA Technical Reports Series No. 95, 1969
- (8) R. Schoch und K.H. Mandelartz
Zur Bestimmung der Brutto- α -Aktivität in Urin
Laborbericht C 7/72 Zentralabteilung Strahlenschutz
der KFA GmbH Jülich
- (9) Kamala Rudran and P.R. Kamath
Determination of plutonium in urine
IAEA Technical Reports Series No. 95, 1969
- (10) S. Suzuki, J. Shirahashi and K. Nagasawa
Determination of picocurie amounts of plutonium
IAEA Technical Reports Series No. 95, 1969

- (11) J. Korkisch und I. Steffan
Uranbestimmung in Urinproben nach Abtrennung des
Urans durch Anionenaustausch
Pers. Mitteilung
- (12) Bio-Rad-Laboratories
Separating metals using Chelex 100 chelating resin
Technical Bulletin 114, June 1, 1964
- (13) F.E. Butler
Determination of uranium and americium-curium
in urine by liquid ion exchange
Anal.Chem. 37, 340-342, 1965
- (14) H. Schieferdecker
Bestimmung von Radionukliden in biologischem Material
KFK 810, November 1968
- (15) M. Jaeckel
Die Bestimmung von Am 241 in Urin
Interner Bericht No. 120
Zentralabteilung Strahlenschutz KFA GmbH Jülich
- (16) R. Berner
Determination of total α -activity in urine
IAEA Technical Reports Series No. 95, 1969
- (17) J.C. Veselsky, Pak Chan Kirl and N. Sezginer
The determination of U, Np, Pu in urine by sequential
extraction with Alamine-336 from hydrochloric acid medium
IAEA Laboratory Seibersdorf
Pers. Mitteilung
- (18) F.E. Butler
Rapid bioassay methods for plutonium, neptunium
and uranium
Health Physics 1968 Vol. 15, pp. 19-24
- (19) F.E. Butler and R.M. Hall
Determination of actinides in biological samples
with bidentate organophosphorus extractant
Anal.Chem. Vol. 42, No. 9, August 1970
- (20) N.E. Baerring
Elektrodeposition of actinide and lanthanide elements
Aktiebolaget Atomenergie AE-217, 1966

- (21) L.C. Schwendiman and J.W. Healy
Nuclear track technique for low-level plutonium
in urine
Nucleonics 16, 80-82, 1958
- (22) S.M. Sanders jr. and S.C. Leidt
A new procedure for plutonium urinalysis
Health Physics 1961, Vol. 6, 189-197
- (23) H.W. Miller and R.J. Brouns
Quantitative elektrodeposition of plutonium
Anal.Chem. 24 (1952), 536

6.5 Dekorporation von In 113m nach einer medizinischen Applikation

E. Rose, J. Meringdal

Im Jahresbericht 1972 (Jül-952-ST) wurden die Ergebnisse einer Untersuchung über die Aktivitätsverteilung und Ausscheidung von In 113m (verabreicht als DTPA) dargestellt: Einer Patientin waren nach einer überstandenen Herzerkrankung zur Diagnose der Herztätigkeit ca. 600 µCi In 113m appliziert worden. Die Diagnose (und damit verbunden auch die Body Counter-Messungen) wurde nach einem Jahr wiederholt. Aufgrund der Erfahrungen des Vorjahres wurde die Zeitfolge der einzelnen Messungen günstiger abgestimmt, so daß der Untersuchungsbefund verbessert und der zeitliche und örtliche Aktivitätsverlauf genauer verfolgt werden konnte. Die Ergebnisse der Untersuchungen beider Jahre sind im folgenden zusammengestellt und miteinander verglichen.

Das durch Scanmessungen gewonnene örtliche Verteilungsmuster im Körper zu verschiedenen Zeiten nach der Applikation ist aus den Abb. 6.5/1 a-e zu entnehmen. Dabei wurden, beim Scheitel beginnend, 2 Detektoren (je einer über und unter der Untersuchungsperson) über den Körper bis etwa zur Kniegegend bewegt.

Die Abszisse der Abb. gibt die Körperposition an, gemessen vom Scheitel, wobei je 1 Kanal einer Scanlänge von 2 cm entspricht. Das Spektrum bricht etwa bei den Kanalzahlen 50-60 ab (= 100-200 cm), was etwa der Kniegegend entspricht. Die Kanäle 15-20 markieren die Nierengegend, die Kanäle 27-33 die Blasengegend. Aus den Peakgrößen über der Nieren- und Blasengegend ist die Konzentration der In 113m-markierten Substanz in beiden Organen zu ersehen: Die zunächst vorzugsweise in den Nieren verarbeitete Substanz (vgl. Abb. 6.5/1 a) geht relativ schnell in die Blase über (Abb. 6.5/1 b)ff), wobei die in den Nieren enthaltene Menge entsprechend abnimmt. Nach Entleeren der Blase nimmt der Peak über der Blase sprunghaft ab, um sich allmählich - allerdings langsamer als vorher - wieder aufzubauen - bis zur nächsten Entleerung. Die in den Nieren verarbeitete Menge bleibt während dieser Zeit ungefähr konstant. Gegen Ende der Untersuchungen (ab etwa 17.00 Uhr) war die Ausscheidung über Nieren und Blase im wesentlichen

Tabelle 6.5/1

Gegenüberstellung der über Nieren und Blase ausgeschiedenen
Mengen der In ^{113}m -markierten DTPA-Verbindung
(Zusammenstellung der Scanmessungen)

Lfd. Nr.	Zeit nach Applikation (ca. h)	Konzentration der inkorporierten Menge (%) in				Auf biolog. Wege aus- geschiedene Menge (%)	
		Nieren		Blase		1.Appli- kation	2.Appli- kation
		1.Appli- kation	2.Appli- kation	1.Appli- kation	2.Appli- kation	1.Appli- kation	2.Appli- kation
1	1	7,5	10	38	38	0	0
2	1 1/2	2,5	5,2	70	54	0	0
3	2	4,5	4,5	30*	58	50	0
4	2 1/2		2,8		69		0
5	3		1,7		75		0
6	3 1/2		1,2		80		0
7	4		1,4		85		0
8	4 1/2		1,1		4,1*		80
9	5 1/2	10		20*		86	
10	8	nicht sig- nifikant		nicht sig- nifikant		92	

* Vorherige Entleerung der Blase

Anmerkung: Gesamte jeweils inkorporierte Körpermenge = 100 %

abgeschlossen (ausgeschiedene Menge mehr als 95 %), in beiden Organen wurde im Anschluß daran so gut wie keine Aktivitätskonzentration mehr gefunden. Die restliche im Körper verbliebene Menge wurde von diesem Zeitpunkt an praktisch nicht mehr auf physiologischem Wege ausgeschieden; denn die effektive Halbwertszeit näherte sich immer mehr der physikalischen.

Der Verlauf einiger Spektren zu verschiedenen Zeiten der Untersuchung, einschließlich der durch das Computerprogramm berechneten Peaks, ist in den Abb. 6.5/2 a-c dargestellt. Die Untersuchungen wurden in 2 verschiedenen Detektorabständen vom Körper durchgeführt. Ursache war die übermäßig hohe Aktivität unmittelbar nach der Applikation, deretwegen die Detektoren zunächst auf größtmöglichen Abstand eingestellt werden mußten. Nach einigen Stunden war die Gesamtaktivität so weit abgeklungen, daß wieder auf normale Geometrie übergegangen werden konnte. Abb. 6.5/3 stellt eine Skizze der beiden Meßgeometrien dar. Mit Hilfe der in der Skizze enthaltenen Maßangaben wurden die in Nieren und Blase konzentrierten Aktivitätsmengen sowie die Gesamtbilanz im Körper berechnet. Die beiden Meßgeometrien sind mit "Stellung 1" und "Stellung 2" bezeichnet.

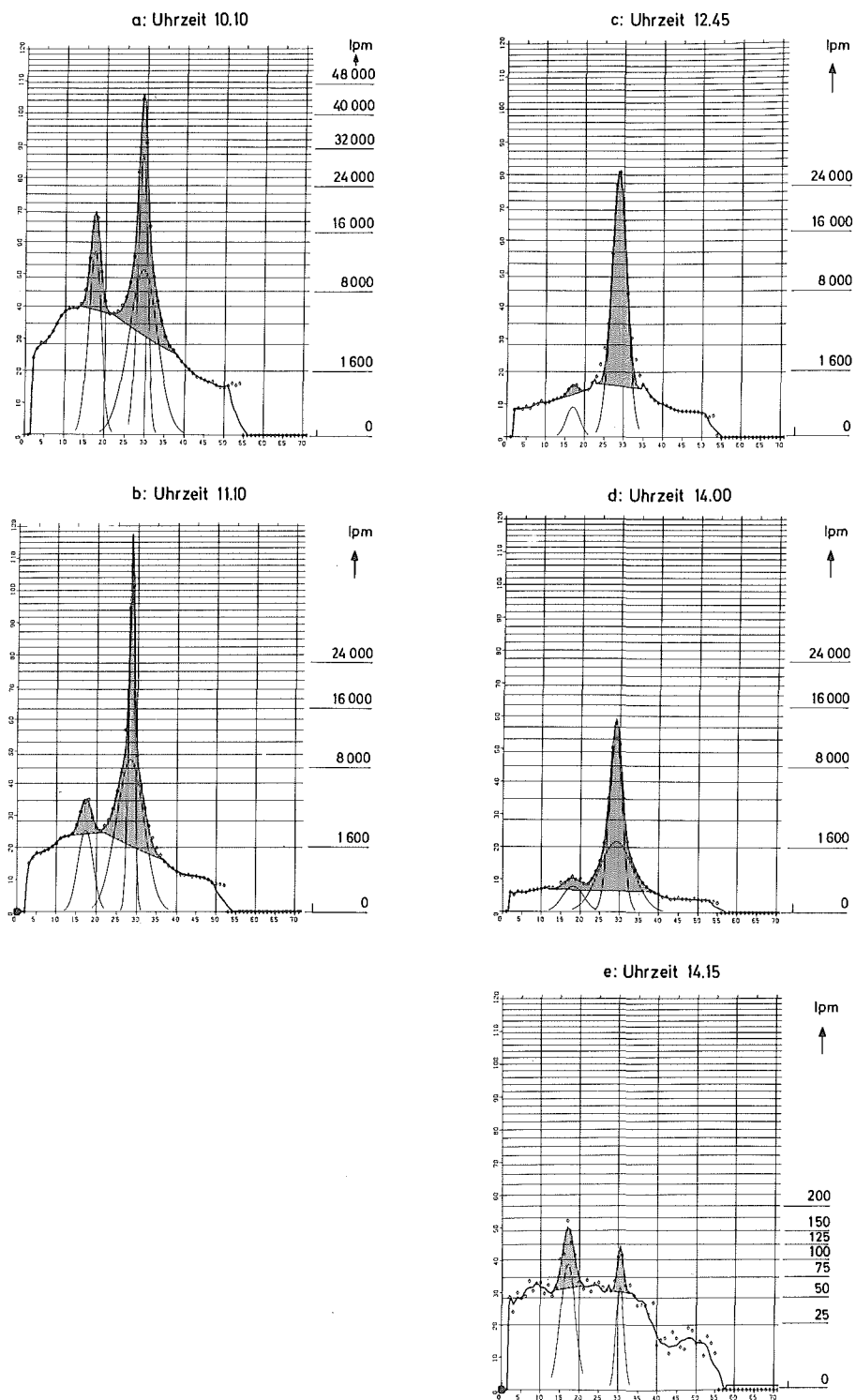
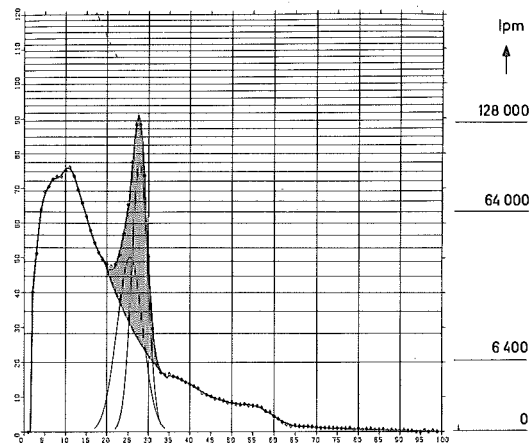
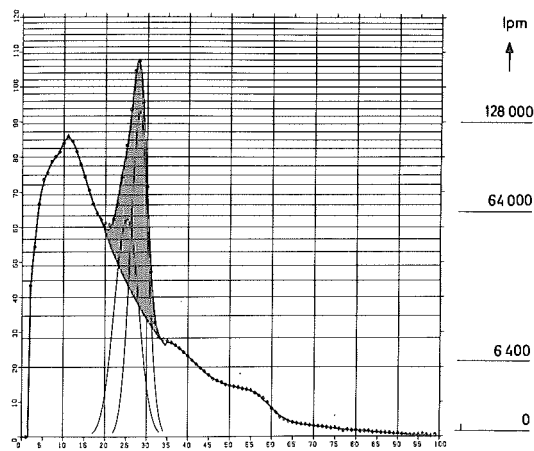


Abb. 6.5/1: Örtliches Verteilungsmuster der In 113m-Applikation zu verschiedenen Zeiten der Untersuchung

a: Uhrzeit 11.23



b: Uhrzeit 12.55



c: Uhrzeit 16.30

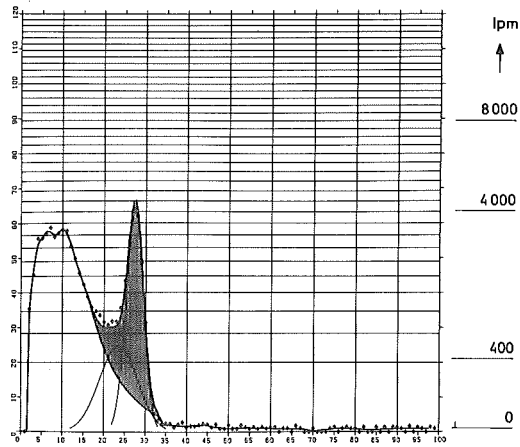


Abb. 6.5/2: Verlauf des Spektrums der In 113m-Applikation zu verschiedenen Zeiten der Untersuchung

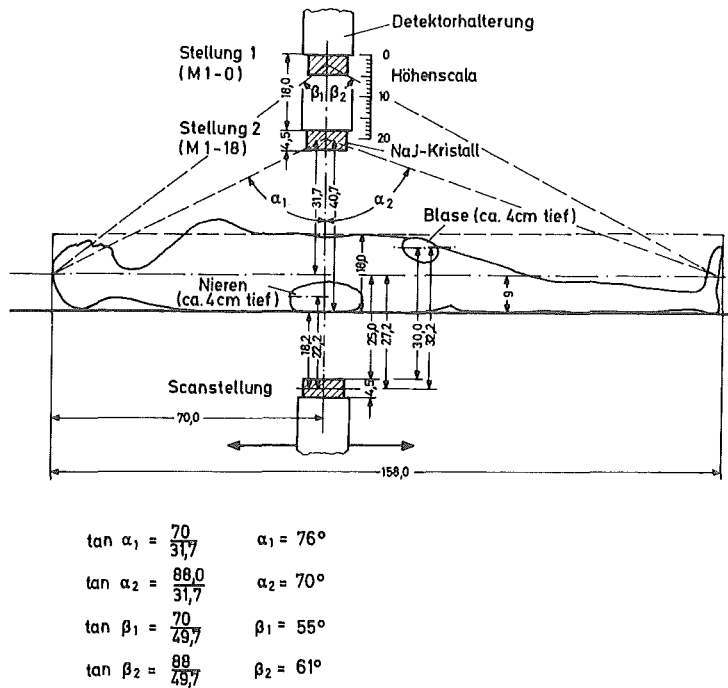


Abb. 6.5/3: Skizze der Meßgeometrien

Die Abklingkurven der Applikation des Vorjahres 1972 und des Berichtsjahres 1973 sind in den Abb. 6.5/4a (1972) und 6.5/4b (1973) grafisch gegenübergestellt. Im einzelnen ergibt sich folgendes Bild:

1. Befund der 1. Applikation (Abb. 6.5/4a)

Nieren (Kurve 1)

Die Substanz durchläuft monoton abnehmend und ohne Unregelmäßigkeiten die Nieren. Entsprechend der im Körper noch vorhandenen und der bereits ausgeschiedenen Menge beginnt die Kurve mit einem Maximum und fällt sehr schnell - entsprechend einer mittleren Halbwertszeit von etwa 1/2 Stunde - ab. Nach etwa 4 Stunden war die in den Nieren konzentrierte Menge auf etwa 1/100 der bei der 1. Messung vorhandenen abgefallen. Gegen Ende nähert sich die Halbwertszeit der physikalischen, ein Zeichen dafür, daß in diesem Stadium die biologische Ausscheidung nicht mehr wesentlich ins Gewicht fällt.

Blase (Kurve 2)

Der Inhalt der Blase steigt zunächst bis zur ersten Entleerung (zwischen 2. und 3. Meßpunkt) an und fällt danach sprunghaft ab. Im weiteren Verlauf sind keine Besonderheiten zu erkennen, da nur 2 Kurvenpunkt zur Verfügung stehen, zwischen denen ein Abfall sowohl durch physikalisches Abklingen als auch durch zwischenzeitliches Leeren der Blase verursacht ist.

Gesamtimpulsrate des Scanning (Kurve 3)

Sie ergibt sich als Summe der in den Nieren, Blase und übrigen Körper verteilten Aktivität und zeigt daher im wesentlichen eine Kombination von Kurve 1 und 2. Sie fällt zunächst ein kurzes Stück bis zur 1. Entleerung der Blase mit der physikalischen Halbwertszeit ab (1. und 2. Meßpunkt), zeigt dann den durch das Entleeren der Blase verursachten starken Abfall und im übrigen einen qualitativ ähnlichen Verlauf wie Blase und Nieren, weil dort die stärkste Konzentration der Aktivität vorliegt.

Ganzkörpermessungen (Kurven 4-7)

Die Abklingkurven 4-7 laufen angenähert parallel, weisen also alle auf das gleiche zeitliche Verhalten hin. Als Mittelwert der effektiven Halbwertszeit während der Anfangsphase ergibt sich ein ungefährender Wert von ca. 60 min. Dieser niedrige Wert steht in Analogie zur hohen Ausscheidungsrate durch Nieren und Blase während dieser Zeit. Die Ausscheidungsgeschwindigkeit wird im weiteren Verlauf immer geringer, bis sie schließlich in der Endphase etwa 100 min beträgt. Dies entspricht der physikalischen Halbwertszeit (Literaturwert 99 - 105 min).

An Hand von Kurve 6 wurde - ausgehend von den einzelnen Meßpunkten - die physikalische Halbwertszeit auf die Ordinate extrapoliert (strichpunktierte Geraden). Die Schnittpunkte mit der Ordinate geben jeweils den aus dem Körper noch nicht auf biologischem Wege ausgeschiedenen Anteil an. Dabei wurde davon ausgegangen, daß bis zur ersten Messung gegen 10.00 Uhr die Blase noch nicht entleert war, bis dahin also noch nichts auf biologischem Wege ausgeschieden wurde. Dieser Meßwert wurde daher als Anfangswert mit 100 % angesetzt. Die gefundenen Prozentwerte sind in Tabelle 6.5/1 eingetragen. (Wegen der Parallelität der Kurven 4-7 wäre das gleiche Ergebnis auch bei den Kurven 4, 5 und 7 zu verzeichnen, weshalb sich ein näheres Eingehen auf diese Kurven erübrigt.)

Gegen 10.24 Uhr waren etwa 70 % der gesamten im Körper enthaltenen Menge in der Blase (genauer: in der Blasengegend) konzentriert. Davon waren nach dem Entleeren ca. 50 % ausgeschieden. Es wurde daher nicht die gesamte in der Blase enthaltene Menge ausgeschieden, sondern es blieb ein Teil von ca. 20 % zurück.

2. Befund der 2. Applikation (Abb. 6.5/4b)

Abb. 6.5/4b unterscheidet sich qualitativ von Abb. 6.5/4a dadurch, daß die erste Entleerung der Blase erst nach längerem Zeitraum (4 Stunden) erfolgte. Im übrigen gelten hinsichtlich der relativen Lage der Kurve zueinander (Parallelität, auftretende Sprünge usw.) die gleichen Überlegungen wie bei der 1. Applikation. Im einzelnen ergibt sich folgendes Bild:

Nieren (Kurve 1)

Im wesentlichen der gleiche Verlauf wie bei Abb. 6.5/4a.

Blase (Kurve 2)

Der Inhalt der Blase steigt zunächst bis zur ersten Entleerung gegen 14.00 Uhr an. Dem Anstieg ist der physikalische Zerfall überlagert, so daß die Kurve nach einem Maximum wieder abfällt. Ab etwa 12.30 Uhr (ca. 3 Stunden nach der Applikation) fällt die Kurve im wesentlichen mit der physikalischen Halbwertszeit ab, ein Zeichen dafür, daß die biologische Ausscheidung über Niere und Blase nicht mehr sonderlich ins Gewicht fällt. Nach Entleeren der Blase zwischen 14.00 Uhr und 14.15 Uhr tritt ein starker Sprung auf. Weitere Scanmessungen wurden wegen zu niedriger Impulsrate nicht mehr durchgeführt.

Gesamtimpulsrate des Scanning (Kurve 3)

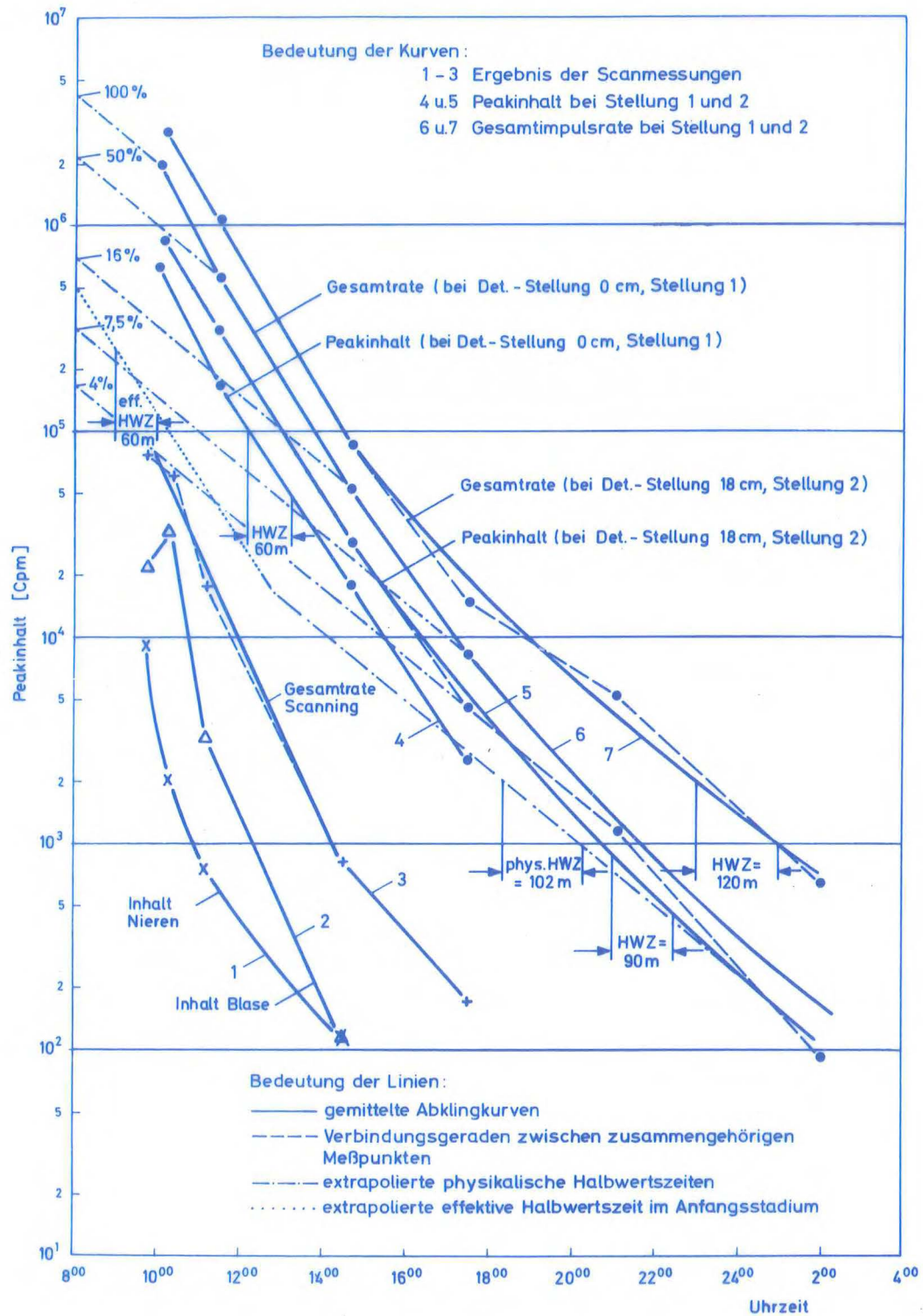
Da bis zum Entleeren der Blase keine biologische Ausscheidung stattfindet, folgt in der Anfangsphase die Gesamtimpulsrate genau der physikalischen Halbwertszeit. Anschließend zeigt sie den durch das Entleeren der Blase verursachten starken Sprung.

Gegen 14.00 Uhr waren etwa 85 % der gesamten im Körper enthaltenen Menge in der Blase (genauer: in der Blasengegend) konzentriert. Mit dem Entleeren der Blase wurde diese Menge praktisch vollständig ausgeschieden. Ein geringfügiger, in der Blase möglicherweise zurückgebliebener Rest sowie die übrige im Körper noch vorhandene Aktivität wurden im Laufe der 2. Tageshälfte teils durch spätere Ausscheidungen, im wesentlichen aber durch radioaktiven Zerfall eliminiert (vgl. nächsten Abschnitt).

Ganzkörpermessungen (Kurven 4-7)

Wegen zu hoher Aktivität war eine quantitative Messung erst ca. 4 Stunden nach der Applikation möglich. Erwartungsgemäß folgen die Kurven 4 und 6 bis zum Entleeren der Blase der physikalischen Halbwertszeit. Nach einem anschließenden Sprung um ca. 75 % folgen sie einem Verlauf, der einer effektiven Halbwertszeit von ca. 70 min entspricht. Ab 16.00 Uhr wurde von Meßgeometrie 1 auf 2 übergegangen. (Durch Extrapolation der Kurven 5 und 7 auf die Kurven 4 und 6 wurden letztere fortgesetzt (gestrichelte Kurven), um eine bessere Übersicht zu ermöglichen.)

Die Halbwertszeit von ca. 70 min während der Endphase entspricht dem Befund der 1. Applikation.



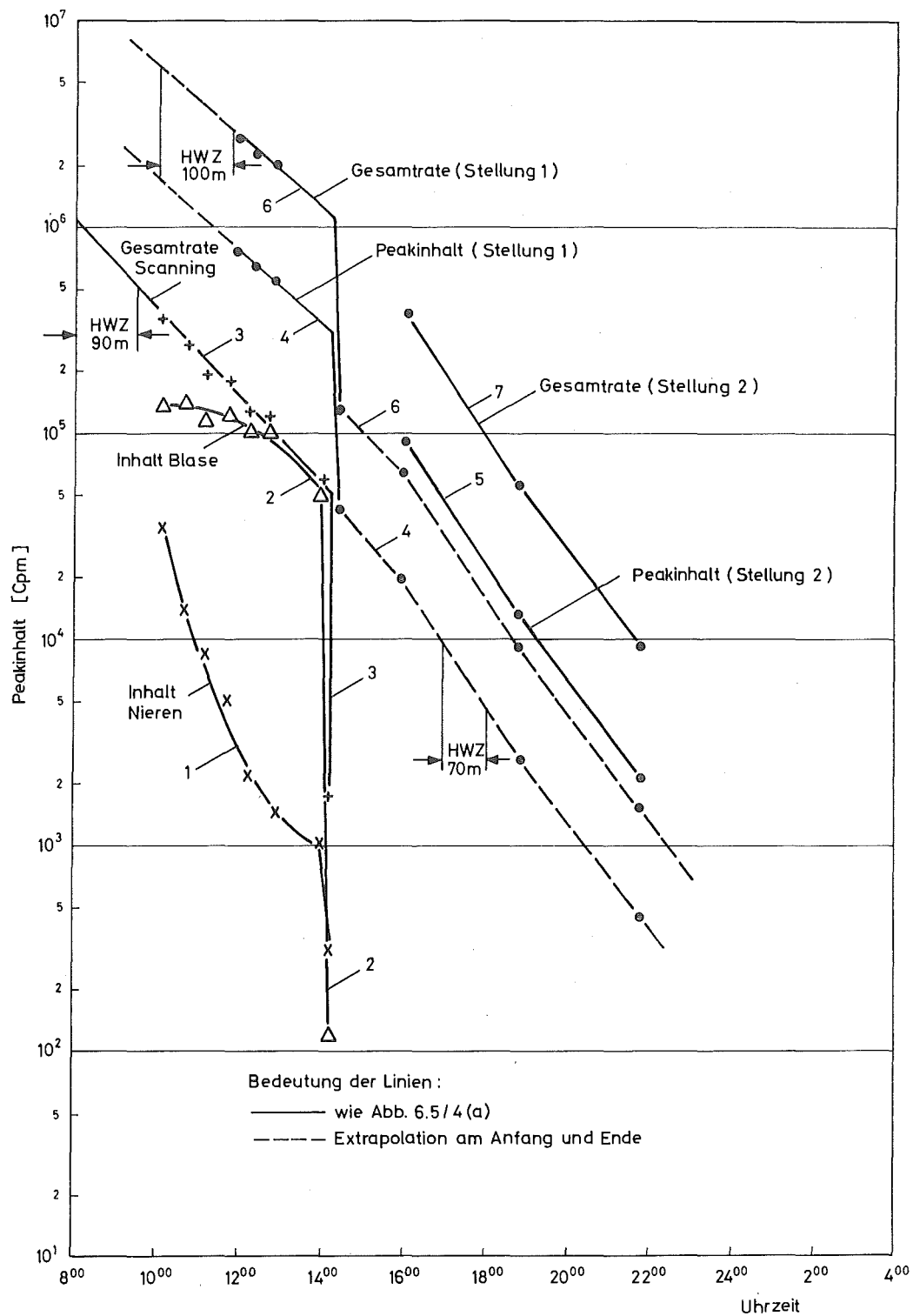


Abb. 6.5/4: Abklingkurven der Dekorporation von In 113m
 a: Untersuchungsbefund vom Januar 1973
 b: Untersuchungsbefund vom Januar 1974

.6 Untersuchungen zum Fading der Dosismessfilme

E. Rose, H. Walter*)

1. Einleitung

Bei der Anwendung von Filmen in der Personendosimetrie wird häufig der Einfluß des Fadings auf die Dosismessung diskutiert. Eine gewisse Rolle spielt dieses Problem bei der Beurteilung der Vor- und Nachteile der Filme gegenüber anderen Dosimetersystemen, eminent wichtig ist es vor allem für die Frage einer etwaigen Ausdehnung des gesetzlich vorgeschriebenen Überwachungszeitraumes von einem auf mehrere Monate. In der Literatur liegen eine Reihe von Untersuchungsergebnissen vor, die im allgemeinen ergeben haben, daß das Fading in den in Frage kommenden Überwachungszeiträumen zumindest für die Belange des Strahlenschutzes ohne Bedeutung ist und gegenüber anderen Vorteilen einer längeren Überwachungsperiode unbedenklich in Kauf genommen werden kann.

Zur Prüfung der bisher vorliegenden Literaturergebnisse wurden Untersuchungen an bestrahlten Eichfilmen des Staatlichen Materialprüfungsamtes (MPA) Dortmund-Aplerbeck durchgeführt, die teilweise eine Lagerzeit von 3 Jahren aufwiesen.

Das Ergebnis zeigt, daß selbst bei einem Zeitraum von drei Jahren das Fading für die im Rahmen des Strahlenschutzes interessanten Dosishöhen und Zeiträume offenbar ohne Belang ist.

2. Untersuchungsbedingungen und -ergebnisse

Zur Absicherung gegenüber eventuellen Strahlenszwischenfällen, die eine außerplanmäßige Entwicklung von Dosisfilmen erfordern, werden vom MPA Dortmund-Aplerbeck für die Dosisfilmmessstelle monatlich je 2 Eichreihen vorsorglich angefertigt. Von diesen wurde in früheren Jahren in der Regel nur eine verwendet, während die andere für besondere Vorkommnisse zur Verfügung gehalten wurde. (In letzter Zeit werden allerdings beide Eichreihen entwickelt, doch soll hierauf an dieser Stelle nicht näher eingegangen werden.)

Zur Eliminierung etwaiger Fadingerscheinungen während des Überwachungsmonats wird die eine der beiden Eichreihen in der 1. Hälfte, die andere in der 2. Hälfte des betreffenden Monats bestrahlt. Jeweils die zuerst bestrahlte Eichreihe wurde gemeinsam mit den Dosismessfilmen entwickelt, die zuletzt bestrahlte - sofern nicht bei Strahlenszwischenfällen zur Ermittlung der Filmdosis benötigt - für wissenschaftliche Experimente verwendet, vernichtet oder gelegentlich ohne besondere Absicht beiseite gelegt.

*) Gastmitarbeiter

Die Ablage dieser zufällig aufbewahrten Eichfilme erfolgte naturgemäß nicht mit besonderer Sorgfalt oder unter besonders ausgesuchten Bedingungen, sondern in einem normalen Labor- bzw. Büroraum unter normalen Raumbedingungen, also genau unter den für eine Überwachung üblichen Umständen.

Die aufbewahrten Eichreihen wurden Ende März/Anfang April 1973 entwickelt und mit den früher entwickelten verglichen. Tabelle 6.6/1 gibt eine Zusammenstellung der Altersdaten der untersuchten Eichreihen.

Tabelle 6.6/1

Altersdaten der untersuchten Eichreihen

Bestrahlung d.Eichreihen	Entwicklung d.1.Eichreihen	Entwicklung d.2.Eichreihe	Alters- differenz
Febr. 1970	März 1970	März/April 1973	37 Monate
Juni 1970	Juli 1970		33 Monate
Juli 1970	Aug. 1970		32 Monate
Aug. 1970	Sept. 1970		31 Monate
Sept. 1970	Okt. 1970		30 Monate
März 1971	April 1971		24 Monate
April 1972	Mai 1972		11 Monate

In der folgenden Diskussion ist stets unter der "1. Eichreihe" die zuerst entwickelte (Spalte 2 von Tabelle 6.6/1) und unter der "2. Eichreihe" die im März/April 1973 entwickelte (Spalte 3 von Tabelle 6.6/1) zu verstehen.

Die Berechnung der Eichkurven an Hand der Meßdaten erfolgte über EDV nach der im Jahresbericht 1967 (Jül-543-ST) beschriebenen Methode. Die Abb. 6.6/1 und 6.6/2 stellen je ein Diagramm der 1. und 2. Eichreihe des Monats Februar 1970 dar, wie sie von der zentralen Rechenanlage der KFA aus den Meßpunkten gemittelt und über einen Dataplotter gezeichnet werden. In den Abb. 6.6/3 bis 6.6/8 sind zur Vereinfachung nur die gemittelten Eichkurven (ohne zugehörige Meßpunkte) dargestellt.

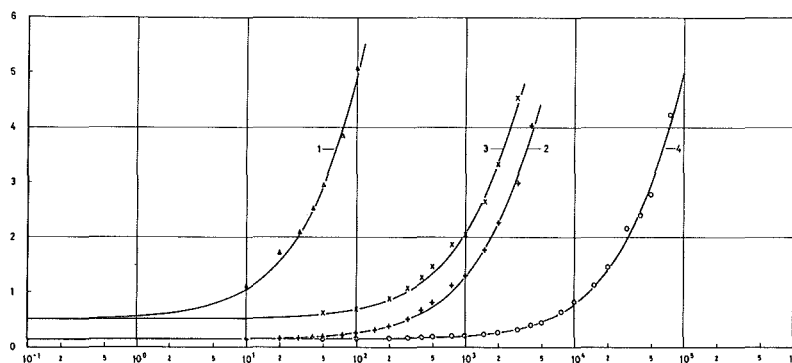


Abb. 6.6/1: 1. Eichreihe des Monats Februar 1970, entwickelt im März 1970
 (Δ hoch empfindl. Film, 70 kV - $\cdot$ wenig empfindl. Film, 70 kV -
 $\times$ hoch empfindl. Film, Co 60 - $\diamond$ wenig empfindl. Film, Co 60)

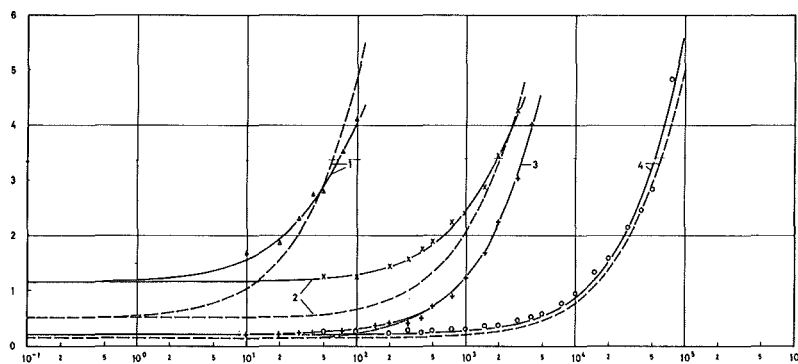


Abb. 6.6/2: 2. Eichreihe des Monats Februar 1970, entwickelt im März/April 1973
 (--- Kurven der 1. Eichreihe aus Abb. 6.6/1)

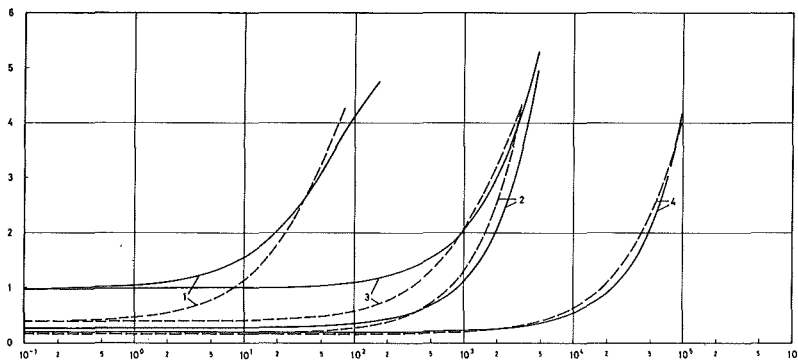


Abb. 6.6/3: 1. und 2. Eichreihe des Monats Juni 1970, entwickelt im Juli 1970
 bzw. im März/April 1973
 (1 hoch empfindl. Film, 70 kV - 2 wenig empfindl. Film, 70 kV -
 3 hoch empfindl. Film, Co 60 - 4 wenig empfindl. Film, Co 60 -
 ----- 1. Eichreihe, ——— 2. Eichreihe)

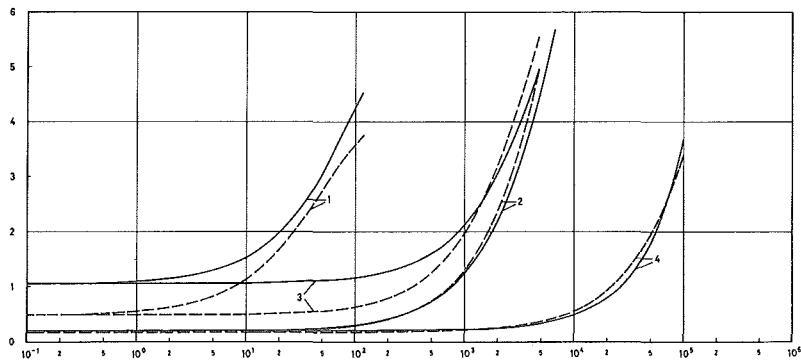


Abb. 6.6/4: 1. und 2. Eichreihe des Monats Juli 1970, entwickelt im August 1970 bzw. im März/April 1973
(Erläuterungen s. Abb. 6.6/3)

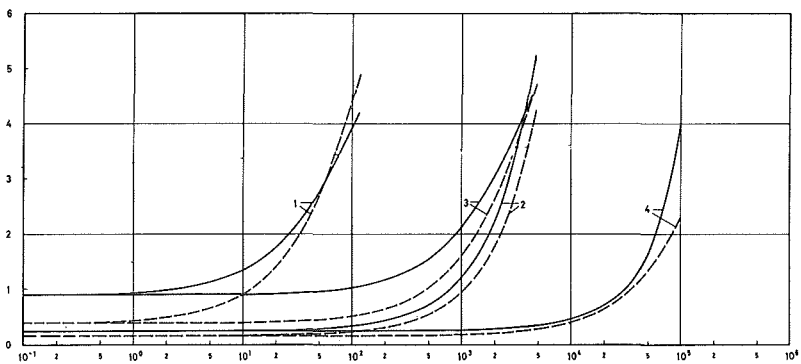


Abb. 6.6/5: 1. und 2. Eichreihe des Monats August 1970, entwickelt im September 1970 bzw. im März/April 1973
(Erläuterungen s. Abb. 6.6/3)

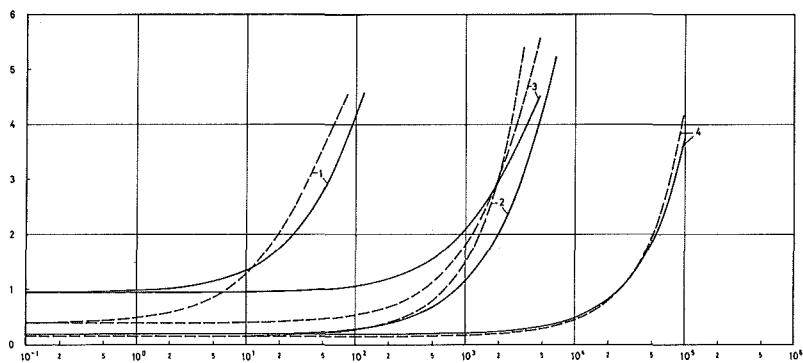


Abb. 6.6/6: 1. und 2. Eichreihe des Monats September 1970, entwickelt im Oktober 1970 bzw. im März/April 1973
(Erläuterungen s. Abb. 6.6/3)

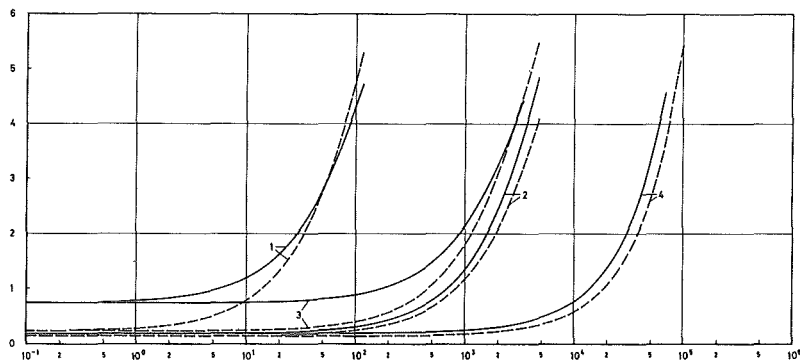


Abb. 6.6/7: 1. und 2. Eichreihe des Monats März 1971, entwickelt
im April 1971 bzw. im März/April 1973
(Erläuterungen s. Abb. 6.6/3)

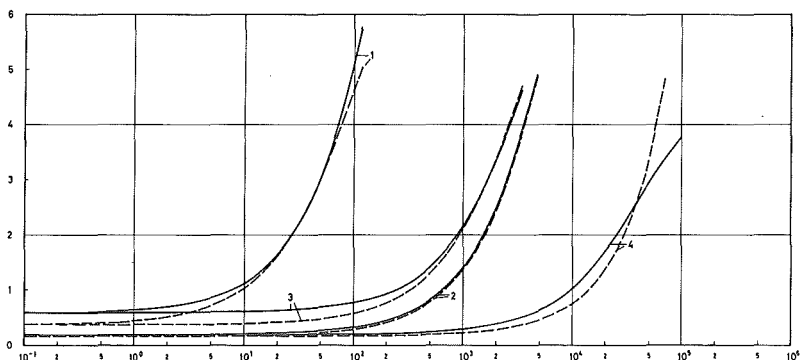


Abb. 6.6/8: 1. und 2. Eichreihe des Monats April 1972, entwickelt
im Mai 1972 bzw. im März/April 1973
(Erläuterungen s. Abb. 6.6/3)

Die Kurven der 2. Eichreihe liegen im niederen Dosisbereich grundsätzlich über denen der 1. Eichreihe. Dies entspricht einer Grundscheiterhöhung (GS), für deren Ursache theoretisch vor allem 2 Effekte in Betracht kommen:

- a) Alterungserscheinungen der Emulsion
- b) Echte Dosiserhöhung durch natürliche Strahlenbelastung

Im höheren Dosisbereich nähern sich die Kurven und überschneiden sich in den meisten Fällen. Dies entspricht einem Fading. GS-Erhöhung und Fading sind gegenläufig und kompensieren sich teilweise. Zur Ermittlung des reinen Fadings ist daher der erhöhte GS zu eliminieren.

Zur Klärung dieser Frage wurden die Dosiswerte (Abszissen) der 1. und 2. Eichreihe an verschiedenen Stellen des Kurvenlaufs miteinander rechnerisch verglichen. Das Ergebnis enthält Tabelle 6.6/2.

Tabelle 6.6/2

Dosisvergleich zwischen der 1. und 2. Eichreihe nach Tabelle 6.6/1

Monat	GS-Schwz. d.2.Eich- reihe	GS-Dosis D ₀ d. 2. Eich- reihe (mR) 70 kV/Co 60	zugrunde- gelegter Schwz.- Bereich	Verhältnis v = (D ₂ -D ₀)/D ₁ ^{a)} in %			
				70 kV, h.e.	Co 60, h.e.	70 kV, w.e.	Co 60, w.e.
Febr. 70	1,200	13 400	1,500 2,200 2,800 3,400	71 74 72 68	75 83 83 82	94 95 97 98	109 104 110 110
				71 (-29 %)	81 (-19 %)	96 (- 4 %)	106 (+ 6 %)
Juni 70	1,000	8 320	1,500 2,200 2,800 3,400	77 79 80 77	65 67 71 76	82 80 83 80	83 87 93 97
				78 (-22 %)	70 (-30 %)	81 (-19 %)	90 (-10 %)
Juli 70	1,050	8 320	1,500 2,200 2,800 3,400	98 96 100 116	83 78 77 85	93 92 91 90	87 95 101 109
				102 (+ 2 %)	81 (-19 %)	92 (- 8 %)	98 (- 2 %)
August 70	0,900	10 390	1,500 2,200 2,800 3,400	85 84 81 77	103 102 101 100	123 125 123 122	119 140 157 178
				82 (-18 %)	101 (+ 1 %)	124 (+24 %)	150 (+50 %)
Sept. 70	0,950	6 340	1,500 2,200 2,800 3,400	54 50 54 56	111 87 82 77	74 68 68 61	97 94 92 92
				55 (-45 %)	89 (-11 %)	63 (-37 %)	94 (- 6 %)
März 71	0,750	5 300	1,500 2,200 2,800 3,400	103 97 94 90	94 95 95 93	120 121 121 122	130 128 126 125
				95 (- 5 %)	94 (- 6 %)	121 (+21 %)	127 (+27 %)
April 72	0,600	3 105	1,500 2,200 2,800 3,400	88 90 92 98	90 91 90 92	103 102 107 101	133 113 94 74
				92 (- 8 %)	91 (- 9 %)	103 (+ 3 %)	103 (+ 3 %)
Mittelwert pro Jahr		3 135		- 3 %		kein signifikantes Fading	

*) Erläuterung der Symbole im Text

3. Erläuterung zur Tabelle und Diskussion der Ergebnisse

Grundsätzlich ist vor auszuschicken, daß die Ergebnisse von Natur aus starken statistischen Streuungen unterliegen. Ursache sind vor allem unterschiedliche Emulsionen, Entwicklungs- und Lagerungsbedingungen der einzelnen Eichreihen u.a.m. Während die Emulsionsunterschiede dadurch eliminiert werden, daß die verglichenen 2 Eichreihen stets der gleichen Emulsion angehören, führen abweichende Entwicklungs- und Lagerungsbedingungen u.U. zu beträchtlichen Fehlern. Die gelegentlichen starken Ausreißer (in der Tab. mit ! versehen) finden vermutlich darin ihre Erklärung und sprechen nicht gegen die unten gezogenen Schlußfolgerungen.

Der erhöhte GS entspricht einer "scheinbaren" 70 kV-Dosis und einer "realen" Co 60-Dosis (Spalten 3 und 4). Subtrahiert man diese GS-Dosis D_0 von der Dosis der 2. Eichreihe D_2 (wobei vereinfachend - wenn auch nicht ganz gesichert - konstantes Verhalten über den ganzen Kurvenbereich vorausgesetzt wird) und setzt sie ins Verhältnis zu der entsprechenden Dosis der 1. Eichreihe D_1 nach der Gleichung: $v = (D_2 - D_0)/D_1 \cdot 100$, so erhält man die dem Fading entsprechende Dosisverminderung (Spalten 6-13).

Es wurden über den gesamten Kurvenverlauf 4 Bereiche für den Dosisvergleich zugrunde gelegt (Spalte 5). Die Abhängigkeit des GS von der Lagerungszeit zeigt eine lineare Tendenz, die einer harten Dosiskomponente von 135 mR/a - und damit der natürlichen Strahlenbelastung - entspricht. Hinsichtlich des Fadings ergibt sich bei der wenig empfindlichen Emulsion kein signifikantes Fading und bei der hoch empfindlichen Emulsion ein angenähertes, mittleres Fading von 3 % pro Jahr.

Die Untersuchungen reichen nicht zu einwandfreien Schlußfolgerungen über die Natur des GS und Fadings und können daher die Untersuchungen anderer Autoren weder bestätigen noch widerlegen. Dies ist bei dem rein zufällig angefallenen Material nicht zu erwarten. Vielmehr sind hierzu noch weitere systematische Untersuchungen erforderlich, die z.Z. im Gange sind.

Unabhängig davon muß aber aufgrund der Ergebnisse schon jetzt gefolgert werden, daß für die Belange der Personendosisüberwachung die möglicherweise auftretenden Fadingerscheinungen (sei es daß sie von Natur aus nur gering sind, sei es daß sie bei normaler Lagerung durch andere Effekte teilweise wieder kompensiert werden) ohne große Bedeutung sind.

Mit dem Vorbehalt weiterer Untersuchungsergebnisse ist daher festzustellen, daß der Film auch für einen längeren Zeitraum (im vorliegenden Fall sogar über 3 Jahre (?)) als Personendosimeter verwendbar ist. Im Falle der Anwendung wäre erforderlich, daß eine Eichreihe zu Beginn des Überwachungszeitraumes angefertigt wird (nach Möglichkeit mehrere für eine hinreichende Kontrolle). Etwaige Unsicherheiten bezüglich eines nicht voraussehbaren Verhaltens der Emulsion können dadurch ausgeschaltet werden, daß man von mehreren zu Beginn anzufertigenden Eichreihen in regelmäßigen Zeitabständen jeweils eine entwickelt und somit das Emulsionsverhalten ständig kontrolliert. Der damit verbundene Mehraufwand macht den erzielten Gewinn der Verwendung als Langzeitdosimeter arbeits- und strahlenschutzmäßig (Integrationsdosimeter) bei weitem wett.

6.7 Untersuchungen über Fehler bei der Eichkurvenmittelung der Dosismeßfilme

E. Rose, R. Schaller*)

1. Problemstellung

Die für die Filmdosisermittlung benötigten Dosis-Schwärzungs-Eichkurven werden an Hand der vom Staatlichen Materialprüfungsamt, Dortmund-Aplerbeck, bestrahlten Eichreihen angefertigt. Der Zusammenhang zwischen gemessener Schwärzung und aufgestrahlter Dosis wird nach einer Funktion der Form:

$$\{1\} \quad s = A + B \cdot e^{-C \cdot d}$$

(s = Schwärzung, d = Dosis, A, B und C konstante Parameter) gemittelt (vgl. Jahresbericht 1967 - Jül-543-ST). Die mathematische Eignung dieser Funktion wurde in jahrelanger Erfahrung inzwischen hinreichend bestätigt. Einen Idealfall, bei der Funktion und Meßpunkte sehr gut übereinstimmen, stellt Abb. 6.7/1 dar. (Ausgewählt wurde die 2. Eichkurve des Monats Juli 1972.)

*) Gastmitarbeiter

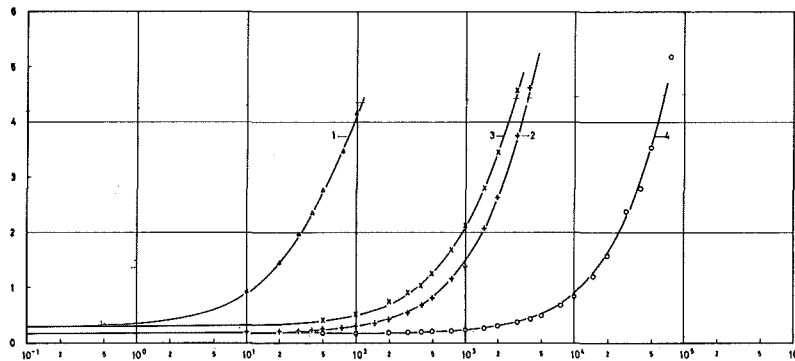


Abb. 6.7/1: 2. Eichreihe Monat Juli 1972 (gute Lage der Meßpunkte)

Nicht immer scharen sich allerdings die Meßpunkte ebenso gut um die mathematische Kurve wie in diesem Beispiel. Die Gründe dafür können verschiedener Art sein:

- a) Rein statistische Schwankungen der Schwärzungswerte und -messungen sowie der Bestrahlungsumstände;
- b) nicht exakte Übereinstimmung zwischen theoretischer Kurvenform und physikalischer Wirklichkeit;
- c) Fehler bei der Entwicklung der Filme;
- d) Fehler bei der Bestrahlung der Filme oder Angabe der Solldosis.

Zu a):

Rein statistische Schwankungen gleichen sich im allgemeinen aus und führen letztlich zu einer den Meßwerten im Mittel gut angepaßten Kurve.

Zu b):

Abweichungen zwischen Theorie und physikalischer Wirklichkeit führen zu einem systematischen Fehler, bei dem die Kurven über einen weiten Bereich außerhalb der Meßpunkte liegen und daher als fehlerhaft leicht erkannt werden. Derartige Erscheinungen wurden bisher nur selten beobachtet, so daß die Richtigkeit der Theorie weitgehend gesichert erscheint.

Zu c):

Da alle Filme unter praktisch gleichen Bedingungen behandelt werden, können Entwicklungsfehler nur zu einer systematisch gleichmäßigen Veränderung aller Werte führen, die entweder eine systematische Abweichung der Kurven, wie unter b) beschrieben, oder eine systematische Veränderung der Eichkurvenparameter A, B und C verursacht. Letzteres ist jedoch für die Dosisbestimmung (wegen der Gleichbehandlung der auszuwertenden Dosisfilme) ohne Folgen.

Zu d):

Bei der Bestrahlung der Filme ist - auch bei sorgfältiger Handhabung - nicht auszuschließen, daß gelegentlich ein unbemerkt falscher Wert aufgestrahlt oder versehentlich angegeben wird. Es ist auch nicht ausgeschlossen, daß gelegentlich die Reihenfolge zweier Filme unbemerkt vertauscht oder eine Filmnummer nicht richtig notiert wird. (Derartige Irrtümer sind im Laufe der Zeit bei einigen hundert Bestrahlungen unvermeidbar und kein Zeichen von Nachlässigkeit.) So findet man gelegentlich benachbarte Meßwerte, die bei einer Vertauschung mit guter Näherung auf die Eichkurve passen würden, oder solche, bei denen eine systematische "Verschiebung" mehrerer Werte vorliegt. Abb. 6.7/2 zeigt ein Beispiel, bei dem zufällig beide Deutungsmöglichkeiten in Betracht kommen könnten:

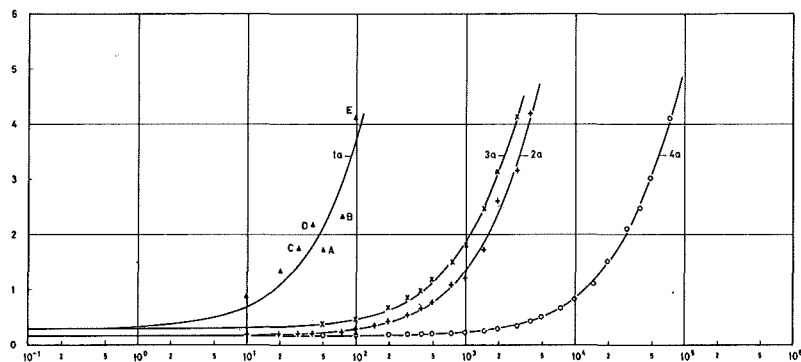


Abb. 6.7/2: 1. (Original-) Eichreihe Monat Juli 1972 mit eventuell fehlerhafter Anordnung von Meßpunkten
(1 = 70 kV, h.e.; 2 = 70 kV, w.e.; 3 = Co 60, h.e.,
4 = Co 60, w.e.)

Die mit A und B bezeichneten Punkte "fallen aus der Reihe". Ohne die Anwesenheit von B wäre zunächst an eine Vertauschung der Abszissen von A und D zu denken. Das gleichzeitige Auftreten zweier Ausreißer könnte eher auf eine Fehlbestrahlung - aber auch auf beliebige andere Möglichkeiten - hindeuten. Natürlich ist auch nicht auszuschließen, daß die vorgefundene Streuung von statistischer Ursache (aufgrund physikalischer, unvermeidbarer Gegebenheiten) ist und kein Fehler bei der Bestrahlung vorliegt.

Wie dem auch sei, in den folgenden Untersuchungen wurde dem Einfluß derartigen Fehler nachgegangen.

2. Der Einfluß von Fehlern bei der Bestrahlung der Eichfilme auf die Eichkurven und deren Korrektur

Abb. 6.7/3 zeigt eine Skizze zweier Meßpunkte, wie sie gelegentlich auftreten und durch Vertauschung von Nachbarfilmen bei der Bestrahlung zustande gekommen sein könnten.

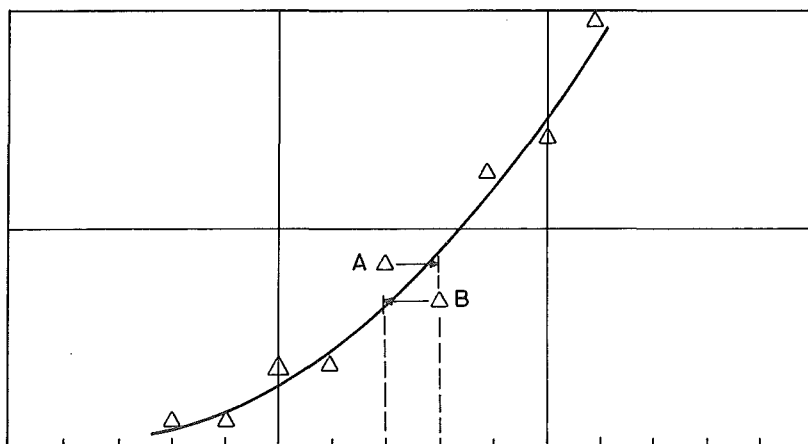


Abb. 6.7/3: Skizze von möglicherweise vertauschten Meßpunkten

Es erhebt sich die Frage, ob eine Korrektur aufgrund des "scheinbar" eindeutigen Sachverhaltes durch Vertauschung der in Frage kommenden Werte zu empfehlen ist. Zweifellos würde eine Vertauschung beider Punkte besser auf die Kurve "passen" und theoretisch-mathematisch eine Änderung der Eichkurvenparameter bedeuten, doch ist zu vermuten, daß dies im Rahmen der sowieso vorhandenen Fehler praktisch ohne Bedeutung ist.

Zur Untersuchung dieser Frage wurden die "scheinbar unpassenden" Meßpunkte A und B der Abb. 6.7/2 durch Vertauschung in aufsteigender Folge geordnet. Das Ergebnis zeigt Abb. 6.7/4. Anschließend wurde der immer noch herausfallende Punkt B durch lineare Interpolation zwischen die Punkte D und E eingeordnet.

Außerdem wurden 14 Meßpunkte der Kurve 4 versuchsweise durch paarweise Vertauschung verfälscht. Das Ergebnis zeigt Abb. 6.7/5. Zwischen den Abb. 6.7/2 und 6.7/4 ist kein Unterschied im Kurvenverlauf festzustellen, zwischen den Abb. 6.7/2 und 6.7/5 besteht bei Kurve 1 ein geringfügiger, für die Dosisermittlung bedeutungsloser Unterschied, bei Kurve 4 ein größerer Unterschied, der zu einer Änderung der Dosis zwischen -20 % (im unteren Bereich) und +20 % (im oberen Bereich) führt. Dabei ist jedoch zu beachten, daß es sich bei letzterer um einen ganz extremen Fall von Verfälschung handelt. Tabelle 6.7/1 gibt die entsprechenden Kurvenparameter A, B und C nach Gleichung (1) wieder. Die Parameter der Kurve 4 zeigen zwar beträchtliche Abweichungen voneinander, doch wirkt sich dies, wie aus dem Kurvenverlauf zu ersehen, nur im oberen Teil der Kurve aus.

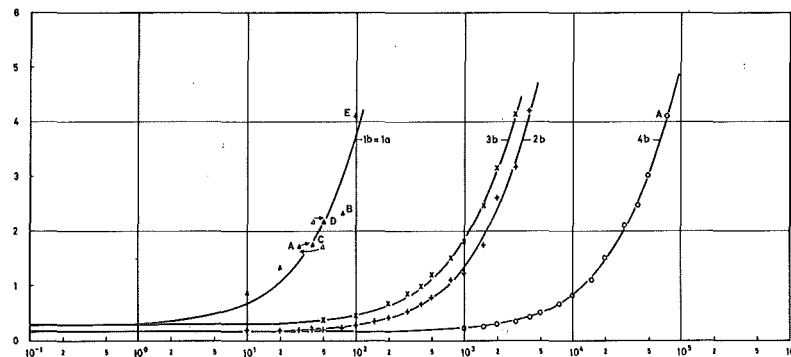


Abb.6.7/4: 1. Eichreihe Monat Juli 1972 nach Anordnung der Punkte A, B, C und D in aufsteigender Folge
(Die neue Kurve 1b stimmt mit der Originalkurve 1a der Abb. 6.7/2 überein.)

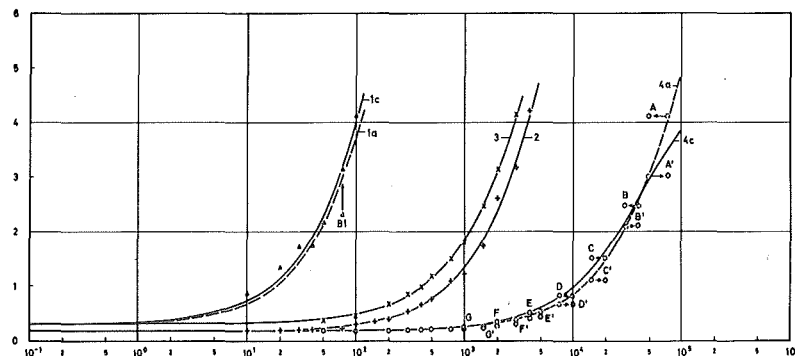


Abb.6.7/5: 1. Eichreihe Monat Juli 1972 nach Einordnen des Punktes B1 in besser passende Kurvenlage und paarweiser Vertauschung der Pkt. A-G

Tabelle 6.7/1

Kurvenparameter nach verschiedenen Korrekturen der
herausfallenden Kurvenpunkte

vorgenommene Korrektur	A	B	C
Originalkurve 1	13,23	-12,92	-0,00305
Anordnung in aufsteigender Reihenfolge	13,20	-12,88	-0,00308
Lineare Interpolation von B zwischen D und E	13,65	-13,34	-0,00325
Originalkurve 4	8,85	- 8,67	-0,0000080
Paarweise Vertauschung von 14 Meßpunkten	4,37	- 4,19	-0,0000415

3. Schlußfolgerungen

Wie zu erwarten, bringt eine Vertauschung von Meßpunkten keine nennenswerte Änderung der Eichkurve. Das gleiche gilt für ziffernmäßige Korrektur einzelner Punkte. Es ist daher in der Regel ohne Bedeutung, ob die gelieferten Meßwerte im Original übernommen oder "scheinbare" Fehler nachträglich korrigiert werden. Im Interesse der Wahrung einer unbefangenen Betrachtungsweise können und sollten die Originalwerte übernommen werden.

7. BIBLIOGRAPHIE 1973

Diese Bibliographie umfaßt das gesamte fachliche Schrifttum der Zentralabteilung Strahlenschutz im Berichtsjahr einschließlich der auf Fachtagungen gehaltenen Referate. Über den Inhalt der in den wissenschaftlichen Ergebnisberichten der KFA veröffentlichten Bibliographien hinausgehend, werden hier auch kürzere Laborberichte aus den einzelnen Sachgebieten der Abteilung, gutachterliche Aktivitäten und die Mitarbeit in Fachausschüssen zitiert. Die in den KFA-Ergebnisberichten verwendete Bezifferung der Literaturzitate (z.B. ZST-101) steht in der vorliegenden Bibliographie unter den Namen der Autoren.

In diesem Bericht werden erstmalig alle Laborberichte, Prüfberichte und Gutachten unter einer gemeinsamen Teilübersicht (6.4) zitiert. Die Buchstaben vor der Registriernummer kennzeichnen die Sachgebiete und Fachdienste der Abteilung. Sofern es sich bei dem Zitat um einen Prüfbericht oder um ein Gutachten handelt, stehen die Buchstaben P bzw. G hinter der Registriernummer.

7.1 Wissenschaftliche Veröffentlichungen und Reports

- | | |
|----------------|---|
| M. Keller | Arbeitsbericht 1972 der Zentralabteilung |
| R. Tzschaschel | Strahlenschutz |
| (Redaktion) | KFA-Bericht Jül-952-ST (1973) 164 S. |
| (ZST-101) | |
| K.J. Vogt | Radiologische Umweltbelastung durch kern- |
| (ZST-102) | technische Anlagen |
| | VDI-Zeitschr. 115 (1973) S. 455 - 458 |
| K.J. Vogt | Radiologische Umweltbelastung durch kern- |
| (ZST-103) | technische Anlagen |
| | Fortschr. d. Verfahrenstechnik 10, Abt. F, |
| | Spez. Technologien I (1973) S. 1029 - 1036 |
| K.J. Vogt | Untersuchungen zur Ausbreitung von Abluftfah- |
| H. Geiß | nen in der Atmosphäre; Ergebnisbericht |
| H. Nordsieck | Juli 1971 - Dezember 1972 (1. Teil) über das |
| G. Polster | im Rahmen des Vertrages Nr. SC 24-003-PSTD |
| F. Rohloff | von der Association EURATOM-C.E.A. geförderte |
| (ZST-104) | Forschungsvorhaben "Ausbreitung und Ablage- |
| | rung" |
| | KFA-Bericht Jül-998-ST (1973) 133 S. |

- | | |
|----------------------------|--|
| K.J. Vogt | Untersuchungen zur Ablagerung von elementarem |
| K. Heinemann | und organisch gebundenem Jod auf Gras; Ergeb- |
| W. Matthes ¹⁾ | nisbericht Juli 1971 - Dezember 1972 (2.Teil) |
| G. Polster | über das im Rahmen des Vertrages Nr. |
| M. Stoeppler ¹⁾ | SC 24-003-PSTD von der Association EURATOM- |
| L. Angeletti ²⁾ | C.E.A. geförderte Forschungsvorhaben "Aus- |
| (ZST-105) | breitung und Ablagerung" |
| | KFA-Bericht JÜ1-999-ST (1973) 74 S. |
|
G. Polster |
Analyse austauscharmer Wetterlagen und Smog- |
| (ZST-106) | lagen; |
| | in Proceedings of the International Clean Air |
| | Congress; VDI-Verlag Düsseldorf (1973) |
| | S. 1375 - 1378 |
|
M. Heinzelmann |
Das effektive Zentrum des Long-Counters |
| F. Rohloff | Nucl. Instr. and Methods 109 (1973) S. 205 |
| (ZST-107) | |
|
F. Rohloff |
Influence of Detector Type and Equipment on |
| M. Heinzelmann | the Sensitivity of Bonner Spheres |
| (ZST-108) | in Neutron Monitoring for Radiation Pro- |
| | tection Purposes, Vol.1 Wien (1973) S. 269 |

1) KFA - ZAC

2) Association EURATOM-C.E.A.

7.2 Vorträge; zu Tagungen eingereichte Berichte

- | | |
|----------------------------|---|
| K.J. Vogt | Atmospheric Dispersion of Radionuclides and |
| (ZST-201) | Deposition onto the Ground. |
| | IAEA-Panel on the Capacity of the Environment |
| | to Accept Radioactive Materials. |
| | Wien, 30.4. - 4.5.1973 |
|
K. Heinemann |
Zur Ablagerung von Jod auf Gras und Klee. |
| M. Stoeppler ¹⁾ | Jahrestagung 1973 der Deutschen Gesellschaft |
| K.J. Vogt | für Biophysik. |
| L. Angeletti ²⁾ | Jülich, 27. - 29.9.1973 |
| (ZST-202) | |

- K.J. Vogt
(ZST-203)
- Dispersion of Airborne Radioactivity Released from Nuclear Installations and Population Exposure in the Local and Regional Environment.
IAEA/WMO-Symposium on the Physical Behaviour of Radioactive Contaminants in the Atmosphere.
Wien, 12. - 16.11.1973
- K. Heinemann
K.J. Vogt
L. Angeletti²)
(ZST-204)
- Depot et Retention sur l'Herbe de l'Iode Elementaire et d'Iodure de Methyle.
IAEA/WMO-Symposium on the Physical Behaviour of Radioactive Contaminants in the Atmosphere.
Wien, 12. - 16.11.1973
- G. Polster
(ZST-205)
- Analyse austauscharmer Wetterlagen und Smoglagen.
Third International Clean Air Congress
Düsseldorf, 8. - 12.10.1973
- M. Horbert
(ZST-206)
- Tracing Atmospheric Eddy Mass Transfer by Means of Natural Radioactivity
Desert Test Center, Salt Lake City, Utah (USA), 1. - 4.10.1973
- M. Horbert
(ZST-207)
- Mass Transfer in the Lower Atmosphere
Atmospheric Science Lab., Missile Range, White Sands, New Mexico (USA),
9. - 15.10.1973
- D. Merten
(ZST-208)
- Vorschläge zur Standardisierung in der Ausscheidungsanalytik
5. Sitzung des Arbeitskreises "Inkorporationsüberwachung durch Ausscheidungsanalysen (IdA)" des Fachverbandes für Strahlenschutz e.V.; Waldshut/Würenlingen (Schweiz),
29. - 30.1.1973
- D. Beyer
O. Suschny³)
(ZST-209)
- Quality Control, Statistics and Intercomparison
6th International Material Research Symposium; Washington (USA), 29.10. - 2.11.1973

D. Beyer	Analytical Quality Control and Information
D. Merten	Value of Results in Environmental Analysis
J. Heinonen ³⁾	IAEA Symposium on Environmental Surveillance
(ZST-210)	around Nuclear Installations, Warschau,
	SM-180/14, 5. - 9.11.1973
H. Jacobs	Raumluftüberwachung in den Laboratorien der
(ZST-211)	Kernforschungsanlage Jülich
	Kolloquium des Fachverbandes für Strahlen-
	schutz "Raum- und Abluftüberwachung auf
	Radioaktivität", Karlsruhe, 15. - 16.11.1973

-
- 1) KFA - ZAC
 2) Association EURATOM-C.E.A.
 3) IAEA

7.3 ZST - Berichte

		<u>Reg. No.</u>
K.J. Vogt	Umweltradioaktivität der Kern-	
D. Merten	forschungsanlage Jülich -	
H. Nordsieck	Quartalsberichte	
G. Polster	4. Quartal 1972, Febr. 1973, 36 S.	169
(ZST-401)	1. Quartal 1973, Mai 1973, 27 S.	175
	2. Quartal 1973, Aug. 1973, 32 S.	178
	3. Quartal 1973, Nov. 1973, 31 S.	180
K.J. Vogt	Radioaktive Emissionen der Kern-	
K. Heinemann	forschungsanlage Jülich -	
(ZST-402)	Quartalsberichte	
	4. Quartal 1972, Jan. 1973, 20 S.	168
	1. Quartal 1973, Mai 1973, 22 S.	174
	2. Quartal 1973, Juli 1973, 22 S.	176
	3. Quartal 1973, Dez. 1973, 22 S.	182
K.J. Vogt	Radioaktive Emissionen und Strah-	170
K. Heinemann	lenbelastung im Bereich der Kern-	
(ZST-403)	forschungsanlage Jülich im Jahre 1972	
	Mai 1973, 38 S., 4 Abb., 12 Tab.	
K.J. Vogt	Umweltradioaktivität der Kernfor-	173
D. Merten	schungsanlage Jülich im Jahre 1972	
H. Nordsieck	Juni 1973, 38 S., 10 Abb., 28 Tab.	
G. Polster		
(ZST-404)		

		<u>Reg. No.</u>
H. Jacobs E. Rose (ZST-405)	Inkorporationsüberwachung - vertrauliche Berichte der amtl. anerkannten Inkorporationsmeß- stelle der ZST 4. Quartal 1972, Jan. 1973, 31 S. 1. Quartal 1973, Apr. 1973, 21 S. 2. Quartal 1973, Juli 1973, 31 S. 3. Quartal 1973, Okt. 1973, 22 S.	166 172 177 181
G. Crommen R. Geiser (ZST-406)	Tabellen zur Abschirmung von Spalt- produkten Januar 1973, 5 S., 100 Tab.	167
K.J. Vogt K. Heinemann W. Matthes ¹⁾ G. Polster M. Stoeppler ¹⁾ L. Angeletti ²⁾ (ZST-407)	Untersuchungen zur Ablagerung von elementarem und organisch gebundenem Jod auf Gras Ergebnisbericht Juli 1971 - Dezember 1972 (2.Teil) über das im Rahmen des Vertrages Nr. SC 24-003-PSTD von der Association EURATOM-C.E.A. geförderte Forschungsvor- haben "Ausbreitung und Ablagerung" Vertraulicher Bericht, Mai 1973, 74 S., 9 Abb., 17 Tab.	-
K.J. Vogt H. Geiß H. Nordsieck G. Polster F. Rohloff (ZST-408)	Untersuchungen zur Ausbreitung von Ab- luftfahnen in der Atmosphäre; Ergebnisbericht Juli 1971 - Dezember 1972 (1.Teil) über das im Rahmen des Vertrages Nr. SC 24-003-PSTD von der Association EURATOM-C.E.A. geförderte Forschungsvor- haben "Ausbreitung und Ablagerung" Vertraulicher Bericht, Juli 1973, 133 S., 38 Abb., 31 Tab.	-
K.J. Vogt (ZST-409)	Atmospheric Dispersion of Radionuclides and Deposition onto the Ground April 1973, 45 S., 8 Abb.	171
K.J. Vogt (ZST-410)	Dispersion of Airborne Radioactivity Released from Nuclear Installations and Population Exposure in the Local and Regional Environment November 1973, 54 S., 5 Abb., 5 Tab.	179

Reg. No.

D. Beyer	Vorschläge zur Standardisierung	186
D. Merten	in der Ausscheidungsanalytik	
(ZST-411)	September 1973, 13 S., 1 Abb.,	
	1 Tab .	

-
- 1) KFA - ZAC
2) Association EURATOM-C.E.A.

7.4 Laborberichte, Prüfberichte, Gutachten

7.4.1 Umweltschutz (U)

A. Genswein	Betriebsanleitung für den Aerosol- generator mit Zweistoffdüse (Nr. 37)	U 1/73
H. Nordsieck	Bestimmung der Komponenten von Nuklid- gemischen durch Mehrfachmessungen der Gesamtaktivität und die Anwendung auf Cu 64 und Ho 166 für die Ausbreitungs- experimente (Nr. 38)	U 2/73

7.4.2 Betriebsüberwachung (B)

H. Krug	Bericht über die Meßanlage zur Konta- minationsprüfung von Aktivwäsche in der Aktivwäscherei der DE	B 1/73

E. Völkel	Dosisleistungsmessungen am Positronen- vernichtungsexperiment im Institut für Festkörperforschung	B 1/73 P
E. Völkel	Überprüfung der Abschirmung am Padirac- System in den Chemiezellen des Institu- tes für Chemische Technologie	B 2/73 P
E. Völkel	Dosisleistungsmessungen in der Umgebung der Kanalstrahlapparatur im I T P	B 3/73 P
E. Völkel	Überprüfung der Abschirmung am Padirac- System in den Heißen Zellen	B 4/73 P

		<u>Reg. No.</u>
E. Völkel	Dosisleistungs- und Kontaminationsmessungen an der AVR-Transportglocke und dem Fahrzeug beim Transport von bestrahlten Brennelementen vom AVR zu den HZ	B 5/73 P
E. Völkel	Strahlenschutzmessungen in der Umgebung des Schwenktores in der Zelle 11 im Abfallager der DE	B 6/73 P
E. Völkel	Strahlenschutzmessungen in der Umgebung der Tresorzelle in der Verteilerstation des Zentralinstitutes für Reaktorexperimente	B 7/73 P
E. Völkel F. Schirmer	Dosisleistungsmessung an der Co 60-Bestrahlungsanlage im IME (Teil 1)	B 8/73 P
E. Völkel F. Schirmer	Dosisleistungsmessung an der Co 60-Bestrahlungsanlage im IME (Teil 2)	B 9/73 P
E. Völkel	Berechnung der Deckenabschirmung des 14-MeV-Neutronengenerators (Sames) in der "Warmen Halle" des IRE	B 10/73 P
F. Schirmer H. Krug	Prüfung der 2 Breco-200-Behälter auf Lunker	B 11/73 P
E. Völkel H. Krug	Prüfung einer Baustoffprobe auf ihre Abschirmwirkung gegen γ - und Neutronenstrahlung	B 12/73 P
7.4.3	<u>Chemie (C)</u>	
M. Goertz R. Biehl	Neueichung des Fluorometers und der Fluoreszenzstandards	C 1/73
R. Schoch	Prüfung des Reinigungskonzentrates MC 206 auf Eignung als Dekontaminationsmittel	C 2/73
M. Greve R. Schoch	Bestimmung von Po 210 im Urin	C 3/73
K. Mandelartz	Kalibrierung der Kleidersonde des Hand-Fuß-Monitors	C 4/73

		<u>Reg. No.</u>
R. Schoch	Korrekturfaktoren und Nachweisgrenze verschiedener α -Strahler im Halbleitermeßplatz	C 5/73
D. Merten R. Biehl	Ergebnisse eines Urin-Crosschecks	C 6/73
D. Beyer R. Biehl R. Schoch	Physikalisch-chemische Eigenschaften des Holmiumsulfats im Hinblick auf seine Verwendbarkeit als Tracer-Verbindung bei den Ausbreitungsexperimenten	C 7/73
R. Schoch	Nachweisgrenze und Bestimmung von Po 210 in Urin in Gegenwart fremder α -Strahler	C 8/73
R. Schoch	Weitere Dekontaminationsversuche mit dem Reinigungskonzentrat MC 206	C 9/73
M. Goertz R. Biehl	Inbetriebnahme eines Schmelzgemischdosierers für die Uran-Bestimmung	C 10/73
D. Merten R. Biehl	Ringversuch für die Bestimmung von Uran in Urin	C 11/73
7.4.4	<u>Dosimetrie (D)</u>	
M. Heinzelmann H. Schüren	Abschätzung der Äquivalentdosis hochenergetischer Neutronen hinter der Zyklotronabschirmung mit Spaltfragmentdosimetern	D 1/73
M. Heinzelmann H. Born	Dosisleistungen vorhandener Betastrahler	D 2/73
H. Brandenburg M. Heinzelmann	Supralinearität von Thermolumineszenzdosimetern aus LiF in Teflon	D 3/73

7.4.5 Mathematische Methoden (M)

		<u>Reg. No.</u>
F. Rohloff	Über ein statistisches Modell der Ausbreitung von Aerosolen unter der Berücksichtigung einer höhenabhängigen Windgeschwindigkeit	M 1/73
F. Rohloff J. Gottschalk	Zeichnen von Höhenschichtlinien	M 2/73
W. Wessels	Programm TILDMES, Erfassung von TLD-Meßdaten	M 3/73
W. Wessels	Berechnung der Häufigkeitsverteilung nach Windrichtung und Diffusionskategorien	M 4/73
G. Crommen	Vorabauswertung von Film- und Stabdosis	M 5/73
G. Crommen W. Wessels	Mitteilung über Strahlenschutzwiederholungsbelehrung	M 6/73
W. Wessels	Berechnung der Langzeitausbreitungsfaktoren	M 7/73
W. Wessels D. Brenk	Berechnung der Langzeitausbreitungsfaktoren und des relativen Fehlers unter Berücksichtigung von 30 Geschwindigkeitsstufen	M 8/73
W. Wessels	Auswertung der Filtermessung für ein Nuklid	M 9/73
W. Wessels F. Rohloff	Berechnung der Stundenmittelwerte, Halbtagesummen und Halbtagesmittelwerte der in acht Höhen gemessenen Windgeschwindigkeiten	M 10/73

7.5 Mitarbeit in Fachausschüssen

J. Carlebach	Fachnormenausschuß Elektrotechnik im DNA/VDE a) K 724 "Strahlungsmeßgeräte" b) UK 724.2 "Instrumente für den Strahlenschutz"
M. Heinzelmann	Unterausschuß "Dosimetrie schwerer Teilchen" im Fachnormenausschuß Radiologie

H. Jacobs D. Beyer D. Merten	Arbeitskreis "Inkorporationsüberwachung" des Fachverbands für Strahlenschutz
H. Jacobs	Arbeitskreis "Medizin und Biologie" des Fachverbands für Strahlenschutz
H. Jacobs K. Schneider	Arbeitskreis "Arbeitsplatzüberwachung" des Fachverbands für Strahlenschutz
G. Polster	Arbeitsgruppe AG 3 "Reaktortechnik und -Sicherheit" des Fachnormenausschusses Kerntechnik
G. Polster	Ausschuß "Messen meteorologischer Daten" der VDI-Kommission Reinhaltung der Luft
G. Polster	Ausschuß "Praktische Anwendung der Ausbrei- tungsrechnung für radioaktive Substanzen" der VDI-Kommission Reinhaltung der Luft
F. Rohloff	Fachausschuß "Strahlenschutz" in der Kernenergie- Studiengesellschaft Hamburg
F. Rohloff	Unterausschuß AA 3.7 "Abschirmungen" im Fach- normenausschuß Kerntechnik
E. Rose	Arbeitsgruppe "Aspekte der Personendosimetrie"; Durchführung durch das Institut für Strahlen- schutz, GSF Neuherberg
K.J. Vogt	Fachausschuß "Strahlenschutz und Sicherheit" des BMI
K.J. Vogt	ad hoc - Ausschuß "Planungsrichtwerte/Abluft" des BMI
K.J. Vogt	ad hoc - Ausschuß "Grundsatzfragen zur meß- technischen Erfassung von Ableitungen radio- aktiver Stoffe in Luft und Wasser bei Kern- kraftwerken" des BMI
K.J. Vogt	Ausschuß "Praktische Anwendung der Ausbrei- tungsrechnung für radioaktive Substanzen" der VDI-Kommission Reinhaltung der Luft

K.J. Vogt

Arbeitsausschuß AA 2.5 "Radioaktivitäts-
überwachung der Luft" der Arbeitsgruppe
AG 2 "Strahlenschutztechnik" des Fach-
normenausschusses Kerntechnik FNKe
(als Obmann des AA 2.5 Mitglied der AG 2)

K.J. Vogt

H. Jacobs

K.L. Frenkler

Arbeitskreis "Umweltüberwachung"
des Fachverbands für Strahlenschutz