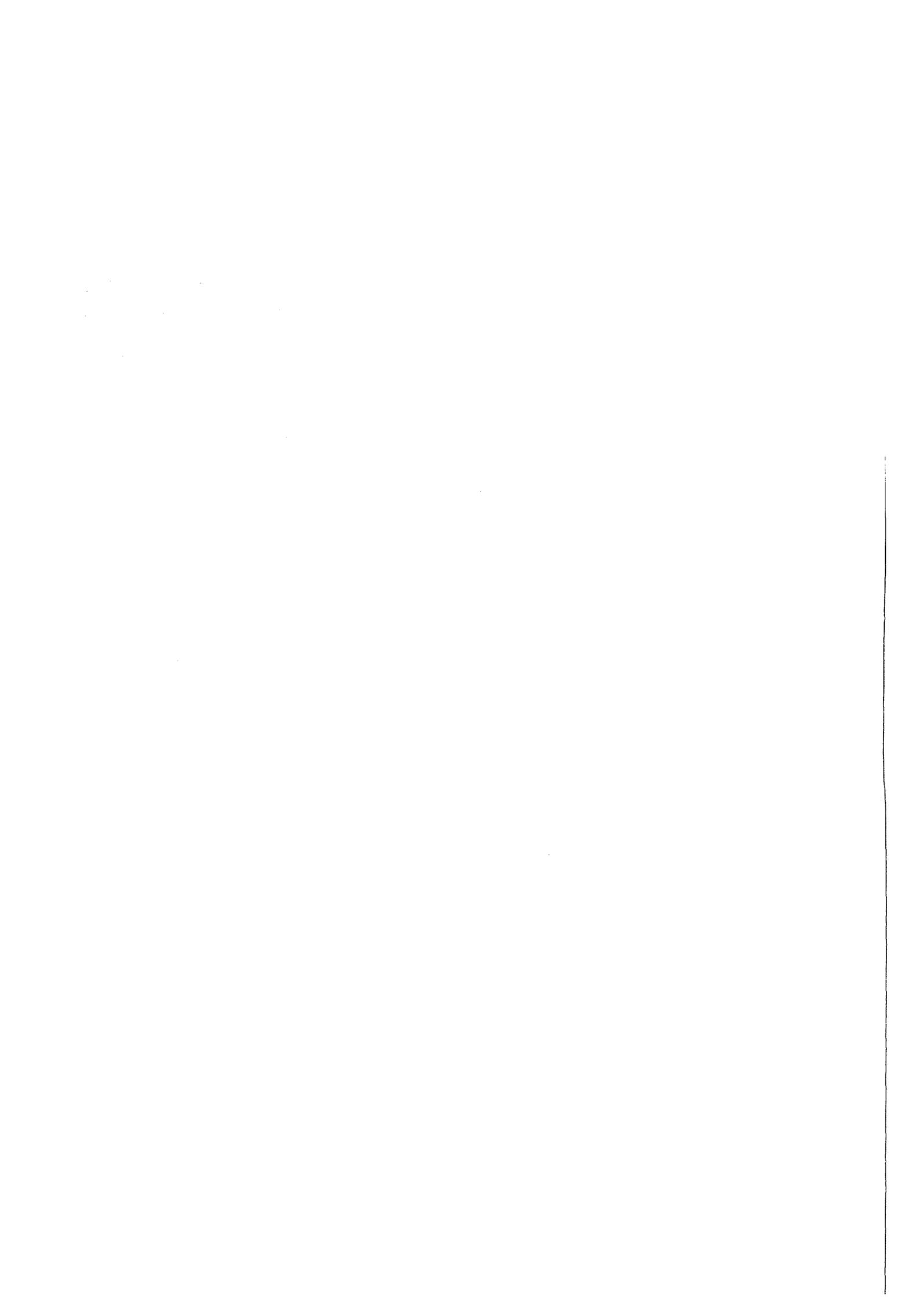


**KfK 3600**  
**Juli 1983**

**Strahlenexposition der  
Mitarbeiter im  
Kernforschungszentrum  
Karlsruhe  
von 1969 bis 1981**

**W. Koelzer**  
**Hauptabteilung Sicherheit**

**Kernforschungszentrum Karlsruhe**



KERNFORSCHUNGSZENTRUM KARLSRUHE  
Hauptabteilung Sicherheit

KfK 3600

Strahlenexposition der Mitarbeiter  
im Kernforschungszentrum Karlsruhe  
von 1969 bis 1981

W. Koelzer

Kernforschungszentrum Karlsruhe GmbH, Karlsruhe

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

Kernforschungszentrum Karlsruhe GmbH  
ISSN 0303-4003

## ZUSAMMENFASSUNG

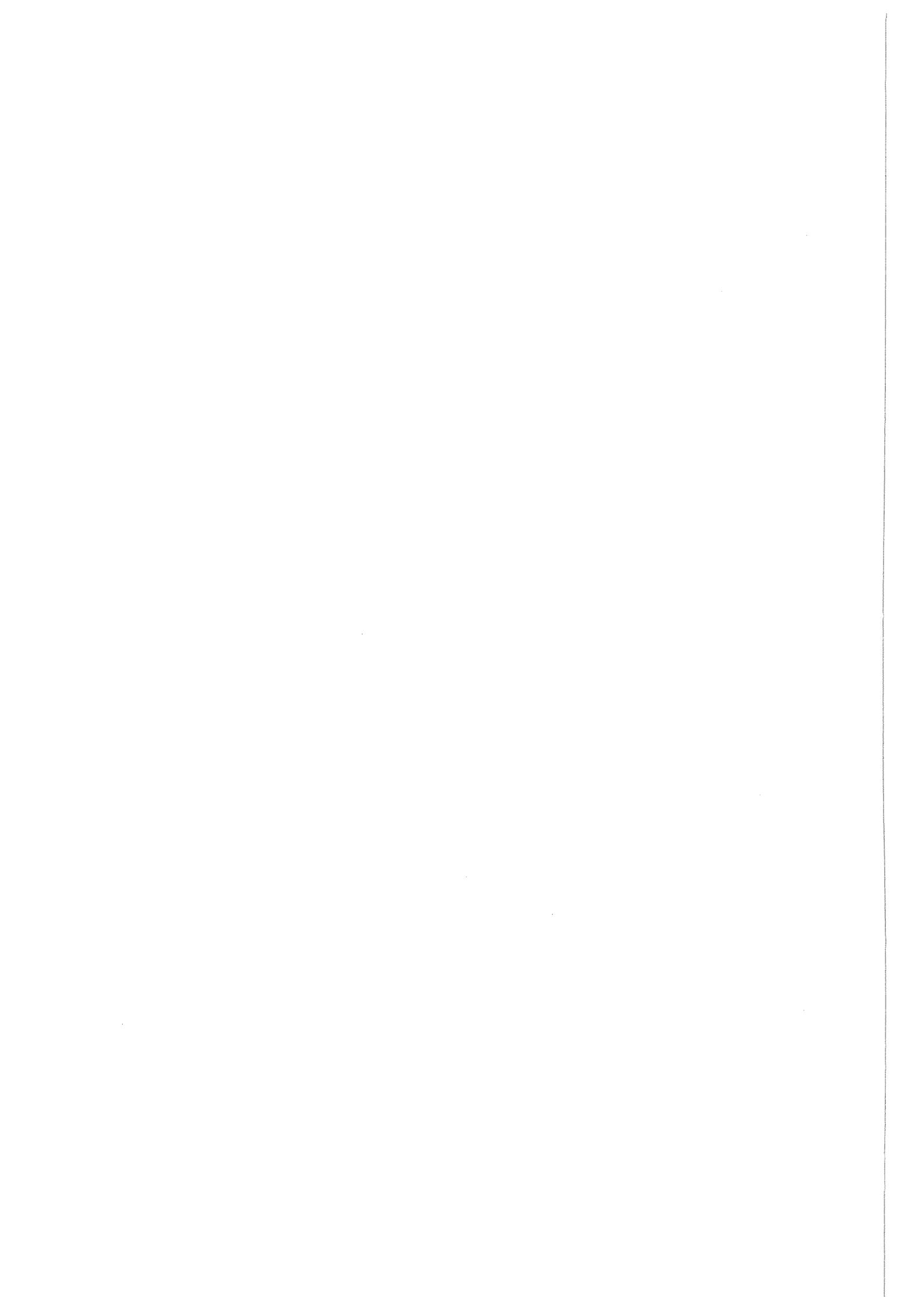
Die Auswertung der Meßwerte der Personendosisüberwachung der rund 3 300 Mitarbeiter der Kernforschungszentrum Karlsruhe GmbH für die Jahre 1969 bis 1981 ergab für die in diesem Zeitraum überwachten Personen eine externe Strahlenexposition von 6 335 rem einschließlich natürlicher Strahlung. Für die beruflich strahlenexponierten Mitarbeiter wurde eine auf den Umgang mit radioaktiven Stoffen und ionisierender Strahlung zurückzuführende externe Strahlenexposition von 3 076 rem in diesem Zeitraum festgestellt, dem entspricht ein Mittelwert für die jährliche berufliche externe Strahlendosis von 0,14 rem. 1 832 mal wurde eine Personendosis zwischen 0,5 und 1,5 rem pro Jahr und 353 mal eine Dosis von mehr als 1,5 rem pro Jahr gemessen. Der Höchstwert betrug 6,8 rem (1972). Die im gleichen Zeitraum durchgeführten 34 171 Inkorporationsmessungen im Ganzkörper- und Lungenzähler ergaben 1 963 Messungen mit Befund. In 96 % aller Fälle lag die inkorporierte Aktivität unter 1 % - in 70 % der Fälle sogar unter 0,1 % - der maximal zulässigen Körperbelastung (MPBB nach ICRP 2), nur 5 Fälle lagen oberhalb dieser Werte.

RADIATION EXPOSURE TO THE STAFF OF THE  
KARLSRUHE NUCLEAR RESEARCH CENTER, 1969 - 1981

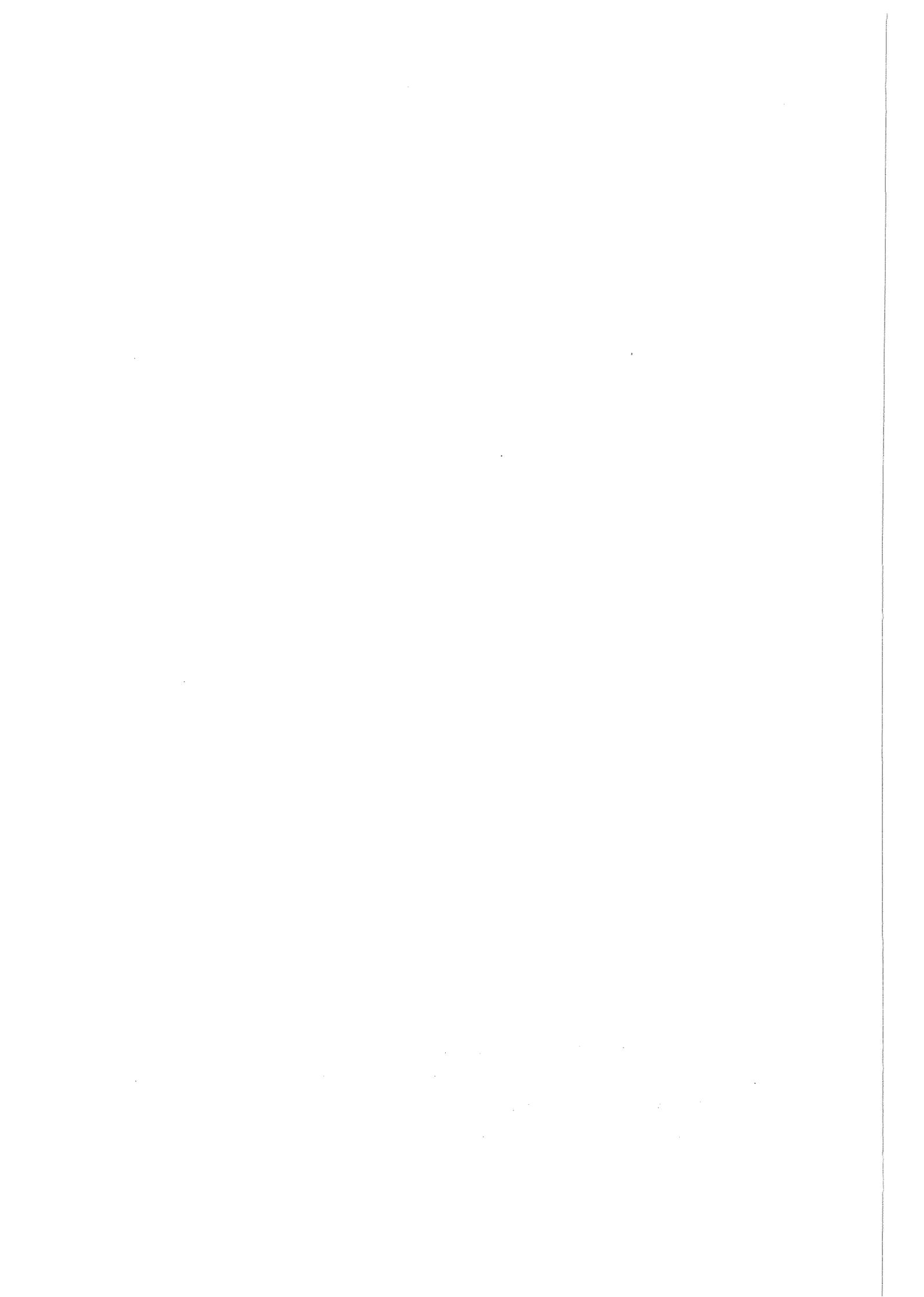
## ABSTRACT

Evaluation of the data from the personnel dosimetry of the staff monitored from 1969 until 1981 at the Karlsruhe Nuclear Research Center (Kernforschungszentrum Karlsruhe GmbH) gives a total external dose of 6,335 rem including natural radiation background. The occupational exposure of the radiation workers within this period comes to 3,076 rem, which gives an average annual external occupational exposure of 0.14 rem. In 1,832 cases an annual dose between 0.5 and 1.5 rem per year and in 353 cases a dose of more than 1.5 rem per year have been measured. The highest value, measured in 1972, amounted to 6.8 rem.

During the period from 1969 until 1981 more than 34,000 incorporation measurements were performed with the whole body counter and the lung counter, 1,963 cases with positive findings. In 96% of the cases the values of incorporated activity were inferior to 1% - in 70% even inferior to 0.1% - of the maximum permissible body burden values of ICRP 2. Only 5 cases exceeded these values.



Herrn Professor Dr. Hans Kiefer, der den Strahlenschutz im Kernforschungszentrum Karlsruhe aufgebaut, mit persönlichem Einsatz geführt und durch ständige wissenschaftliche Anregungen gestaltet hat, zum 60. Geburtstag.



INHALTSVERZEICHNIS	Seite
1. EINLEITUNG	1
2. PERSONENDOSIS 1969 - 1981	1
2.1 Dosimetergruppen, Dosimeterarten	1
2.2 Externe Gesamtdosis	3
2.3 Externe Strahlenexposition in einzelnen Arbeitsgebieten	15
2.4 Statistische Analyse	18
3. INKORPORATIONSÜBERWACHUNG	20
4. DANKSAGUNG	23
5. LITERATUR	23

## 1. EINLEITUNG

Die Strahlenschutzüberwachung der rund 3 300 Mitarbeiter der Kernforschungszentrum Karlsruhe GmbH wurde schon immer über die Mindestforderungen der Strahlenschutzverordnung hinaus überwiegend in Zusammenhang mit Forschungs- und Entwicklungsarbeiten auf dem Gebiet des Strahlenschutzes durchgeführt. So wurden und werden beispielsweise alle Mitarbeiter, also auch diejenigen, die nicht zur Gruppe der beruflich strahlenexponierten Personen gehören, routinemäßig auf ihre jährliche externe Strahlenexposition überwacht. Weiterhin werden alle Personen, die mit offenen radioaktiven Stoffen umgehen, im Ganzkörperzähler oder Lungenzähler der Hauptabteilung Sicherheit auf inkorporierte Aktivität untersucht.

Eine vollständige Umstellung der Personendosimetrie bei der Kernforschungszentrum Karlsruhe GmbH zu Beginn des Jahres 1982 ließ es zweckmäßig erscheinen, die Meßdaten der letzten Jahre, die seit 1969 in den jeweiligen Jahresberichten der Hauptabteilung Sicherheit veröffentlicht wurden, zusammenzufassen und statistisch auszuwerten [1]. Aus den gewonnenen Daten läßt sich nicht nur zeigen, daß die Forderungen der Strahlenschutzverordnung eingehalten wurden, sondern auch, daß die Annahmen der Internationalen Strahlenschutzkommission über die Dosisverteilung bei strahlenexponierten Gruppen, die zur Festlegung von Äquivalentdosisgrenzwerten für beruflich strahlenexponierte Personen und Einzelpersonen der Bevölkerung führten, zutreffen.

## 2. PERSONENDOSIS 1969 - 1981

### 2.1 Dosimetergruppen, Dosimeterarten

Basierend auf Anordnungen und Vorschriften der zuständigen Genehmigungs- und Aufsichtsbehörden und ergänzt durch freiwillige

Maßnahmen wurden alle Mitarbeiter entsprechend ihrer Tätigkeit in eine der in Tabelle 1 aufgelisteten Dosimetergruppen eingestuft. Die Einstufung erfolgt durch den für den jeweiligen Tätigkeitsbereich zuständigen Strahlenschutzbeauftragten. Die Tabelle 2 gibt die Dosimeterarten an, die entsprechend der für den Mitarbeiter festgelegten Dosimetergruppe getragen werden. Aus dieser Tabelle ist auch zu entnehmen, ob die Dosimeterauswertung durch eine amtliche Meßstelle oder in Eigenauswertung durch die Hauptabteilung Sicherheit des Kernforschungszentrums Karlsruhe erfolgt.

Bei dem in Tabelle 2 genannten Glasdosimeter handelt es sich um ein silberaktiviertes Metaphosphatglas in einer perforierten Zinnkugel (Kugeldosimeter nach Piesch [2]), das Photonenstrahlung im Bereich von 45 keV bis über 1,2 MeV praktisch energieunabhängig nachweist.

Art der Tätigkeit	Dosimetergruppe
Umgang mit offenen radioaktiven Stoffen oder Umgang mit $\gamma$ -Strahlern oder Röntgenstrahlung < 45 keV	Ia
Möglichkeit der Strahlenexposition durch schnelle Neutronen	Ib
Umgang mit umschlossenen radioaktiven Stoffen ( $\gamma$ -Strahlung > 45 keV) und Reaktorpersonal	II
Personen, die nicht mit radioaktiven Stoffen umgehen und sich nur gelegentlich, höchstens jedoch 40 h/Monat, in Kontrollbereichen aufhalten	III
alle anderen Mitarbeiter	IV

Tabelle 1: Kriterien für die Einstufung in Dosimetergruppen

Dosimeterart	Meßstelle	Dosimetergruppe				
		Ia	Ib	II	III	IV
Film dosimeter y	amtliche Auswertung (Landesanstalt für Umweltschutz)	x	x			
Film dosimeter n			x			
Glasdosimeter, amtlich	"			x		
Glasdosimeter, intern	Eigenauswertung (Hauptabt. Sicherheit)	x	x		x	x
Stabdosimeter		x	x	x	x	
Kritikalitätsdosimeter		x	x	x	x	x

Tabelle 2: Dosimeterarten und Auswertestelle

In den Jahren von 1969 bis 1981 waren im Mittel rund 32 % der Mitarbeiter in die Dosimetergruppe I, 11 bzw. 13 % in die Dosimetergruppe II bzw. III und 44 % in die Dosimetergruppe IV, die Gruppe der freiwillig überwachten Personen, eingeteilt. Eine genaue Aufteilung für die Jahre 1970 bis 1981 zeigt die Tabelle 3.

## 2.2 Externe Gesamtdosis

Für die Analyse der Strahlenexposition der Mitarbeiter der Kernforschungszentrum Karlsruhe GmbH für die Zeit von 1969 bis 1981 wurden ausschließlich die Meßergebnisse der Phosphatglasdosimetrie herangezogen, da - wie aus Tabelle 2 ersichtlich - alle Mitarbeiter unabhängig von der Dosimetergruppe mit Glasdosimetern überwacht wurden. Dadurch lassen sich Schwierigkeiten bei der Analyse durch unterschiedliche untere Nachweisgrenzen vermeiden.

Die Tabelle 4 gibt im Detail die Personendosisverteilung an, die Tabelle 5 faßt die Einzelwerte zusammen. In ihr ist auch

neben der gesamten externen Strahlenexposition - berufliche und natürliche Strahlenexposition - die berufliche Strahlenexposition angegeben, indem die Dosis der beruflich nicht exponierten Mitarbeiter - Personen im Arbeitsgebiet "sonstige" der Tabelle 7 - jeweils subtrahiert wurde. Die Tabelle 6 faßt die berufliche Strahlenexposition jeweils für einen gleitenden 3-Jahreszeitraum zusammen, um so von den Zufälligkeiten eines Jahres bereinigte Aussagen über die Entwicklungstendenz der mittleren beruflichen Strahlenexposition machen zu können. Die Abbildungen 1 bis 14 geben die Daten der Tabelle 4 graphisch wieder.

Jahr	Einstufungen in die Dosimetergruppen in Prozent				
	Ia	Ib	II	III	IV
1970	14,4	9,4	13,0	14,6	48,6
1971	17,0	10,0	12,0	14,5	46,5
1972	20,1	11,0	11,1	13,5	44,3
1973	22,7	10,2	10,9	11,3	44,9
1974	25,0	10,1	10,0	11,4	43,5
1975	22,5	9,4	9,6	10,3	48,2
1976	22,5	8,1	9,6	11,7	48,1
1977	24,5	8,1	10,4	13,2	43,8
1978	27,2	8,1	10,8	11,7	42,4
1979	23,8	10,0	12,7	17,2	36,3
1980	21,6	11,1	11,0	12,6	43,7
1981	23,1	10,5	10,0	12,7	43,7
1970-1981	22,1	9,7	10,9	12,9	44,4

Tabelle 3: Prozentuale Aufteilung der Mitarbeiter auf die einzelnen Dosimetergruppen

Dosisbereich mrem	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1969 - 1981
< 40	351	345	72	52	11	9	-	-	-	-	-	-	-	840
40 - 50	402	316	159	135	59	126	10	-	-	-	-	-	-	1 207
50 - 60	452	419	343	203	188	258	186	117	120	3	2	-	-	2 291
60 - 70	381	362	406	310	346	320	457	506	352	222	419	244	343	4 668
70 - 80	272	254	432	304	419	287	473	533	410	312	445	400	297	4 838
80 - 90	170	224	325	308	419	261	384	369	418	387	615	489	439	4 808
90 - 100	152	178	268	259	291	218	261	299	349	306	283	500	512	3 876
100 - 110	78	97	138	220	242	150	161	221	242	347	249	288	341	2 774
110 - 120	50	59	85	128	147	139	101	127	216	248	158	162	181	1 801
120 - 130	39	37	55	94	122	112	85	82	216	211	179	218	241	1 691
130 - 140	43	24	72	80	102	116	50	64	116	190	118	147	138	1 260
140 - 150	18	28	46	57	77	88	56	45	79	107	51	80	112	844
150 - 160	35	22	46	46	56	95	36	27	68	110	102	135	167	945
160 - 170	18	14	23	33	44	48	33	33	45	63	20	42	35	451
170 - 180	21	17	24	45	40	56	38	23	32	64	39	68	63	530
180 - 190	28	24	31	42	26	40	27	30	57	74	41	70	66	556
190 - 200	18	14	22	32	26	33	19	22	36	38	34	39	39	372

Tab. 4: Personendosisverteilung der KfK-Mitarbeiter - einschließlich natürlicher Strahlung -, 1969 - 1981

Dosisbereich rem	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1969 - 1981
0,2 - 0,3	85	94	106	145	120	168	128	145	113	204	128	231	204	1 871
0,3 - 0,4	71	63	59	93	91	67	60	92	69	83	60	70	74	952
0,4 - 0,5	35	21	82	57	45	40	54	57	72	45	40	40	31	589
0,5 - 0,6	21	18	57	52	35	38	43	42	37	34	28	29	18	452
0,6 - 0,7	18	24	28	40	15	34	23	28	27	26	16	31	19	329
0,7 - 0,8	11	17	17	20	23	16	14	23	18	24	7	15	13	218
0,8 - 0,9	10	14	22	17	15	10	14	17	13	25	10	16	10	193
0,9 - 1,0	11	14	15	14	15	10	5	18	17	12	7	5	6	149
1,0 - 1,1	8	10	10	15	13	11	10	14	15	18	3	6	6	139
1,1 - 1,2	8	14	8	15	12	13	6	10	12	3	3	1	7	112
1,2 - 1,3	6	10	4	11	13	9	6	9	8	6	7	3	2	94
1,3 - 1,4	3	15	3	7	10	4	3	8	3	7	3	-	-	66
1,4 - 1,5	4	10	6	6	7	9	6	10	6	9	2	3	2	80
1,5 - 1,6	3	4	5	6	2	4	3	7	3	6	-	1	-	44
1,6 - 1,7	2	1	2	-	1	2	1	1	6	5	-	-	1	22
1,7 - 1,8	-	2	3	5	3	2	4	1	3	-	-	-	-	23
1,8 - 1,9	-	3	2	1	3	3	5	5	2	1	-	-	1	26
1,9 - 2,0	4	3	4	-	3	6	2	4	1	1	-	-	-	28
2 - 3	9	14	8	25	22	30	15	10	5	3	1	-	-	142
3 - 4	-	-	2	4	15	8	2	-	1	-	-	-	-	32
4 - 5	-	-	2	4	9	-	1	1	-	-	-	-	-	17
5 - 6	-	-	-	5	4	1	-	-	-	-	-	-	-	10
6 - 7	-	-	-	4	5	-	-	-	-	-	-	-	-	9
> 7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Σ Personen	2 837	2 785	2 992	2 894	3 096	2 841	2 782	3 000	3 157	3 194	3 068	3 334	3 368	39 348

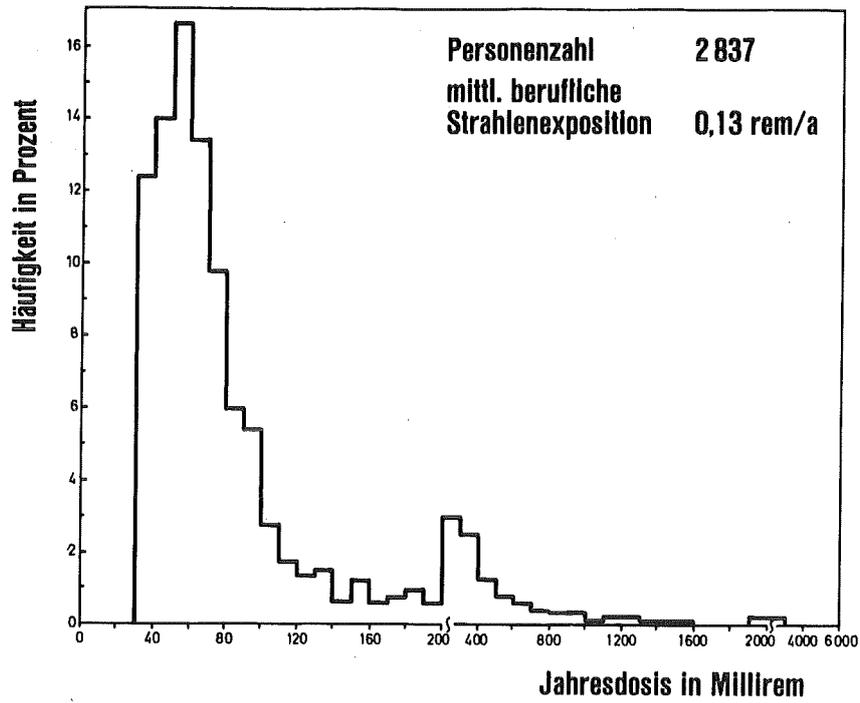
Tabelle 4 Personendosisverteilung der KfK-Mitarbeiter - einschließlich natürlicher  
Fortsetz.: Strahlung -, 1969 - 1981

Jahr	Anzahl der Überwachten Personen	davon berufl. strahlen- exponiert %	gesamte Strah- lenexposition (einschließl. natürlicher Exposition)	berufliche Strahlen- exposition	mittlere jähr- liche berufl. Strahlen- exposition
			in rem	in rem	in rem
1969	2 837	55,1	390	194	0,13
1970	2 785	51,4	410	187	0,13
1971	2 992	53,5	455	210	0,13
1972	2 894	55,7	613	358	0,22
1973	3 096	55,1	663	397	0,23
1974	2 841	56,5	568	293	0,18
1975	2 782	51,8	431	234	0,16
1976	3 000	51,9	478	253	0,16
1977	3 157	56,2	499	224	0,13
1978	3 194	57,6	507	239	0,13
1979	3 068	63,7	404	149	0,076
1980	3 334	56,3	457	164	0,087
1981	3 368	56,3	460	174	0,092
1969 - 1981	39 348	55,6	6 335	3 076	0,14

Tabelle 5: Externe Gesamtexposition und externe berufliche Strahlenexposition der KfK-Mitarbeiter, 1969 - 1981

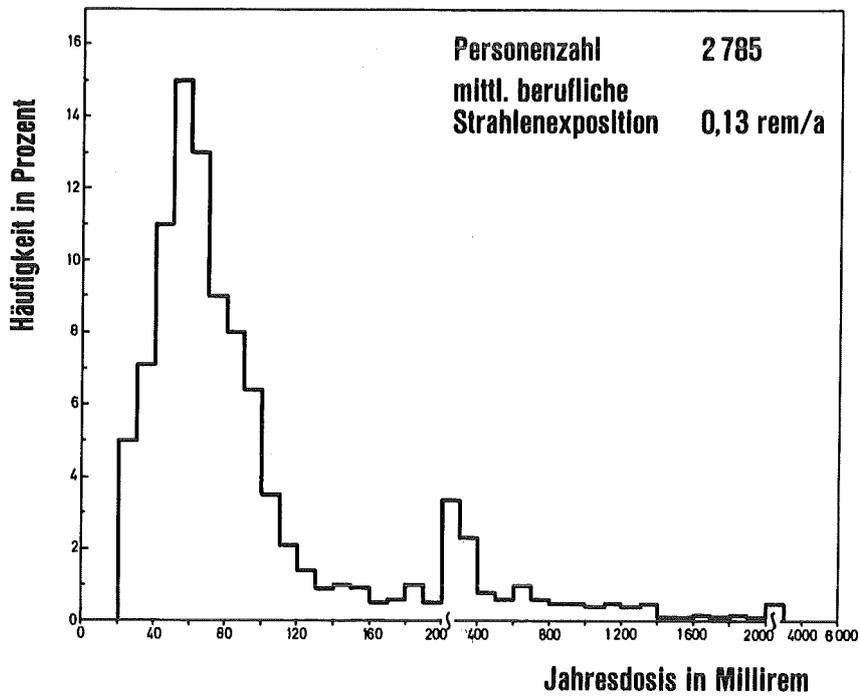
Zeitraum	Personen	berufliche Strahlen- exposition rem	Mittelwert 3-Jahres- zeitraum rem/a
1969 - 1971	4 608	591	0,13
1970 - 1972	4 643	755	0,16
1971 - 1973	4 918	965	0,20
1972 - 1974	4 923	1 048	0,21
1973 - 1975	4 755	924	0,19
1974 - 1976	4 606	780	0,17
1975 - 1977	4 775	711	0,15
1976 - 1978	5 170	716	0,14
1977 - 1979	5 567	612	0,11
1978 - 1980	5 670	552	0,10
1979 - 1981	5 727	487	0,09

Tabelle 6: Externe berufliche Strahlenexposition für einen gleitenden 3-Jahreszeitraum



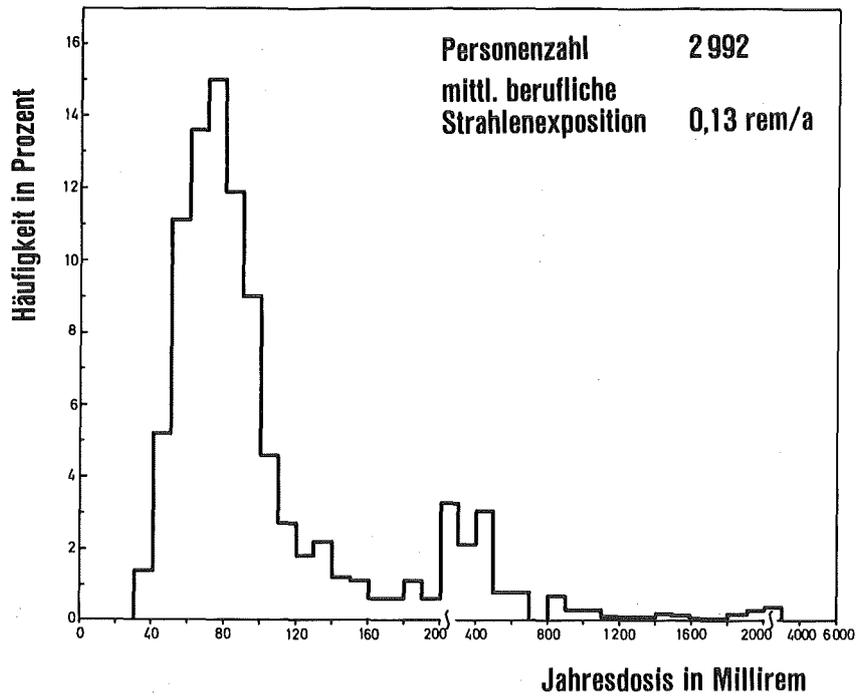
KfK

Abb. 1: Personendosisverteilung — einschließlich natürlicher Strahlung — der KfK-Mitarbeiter, 1969



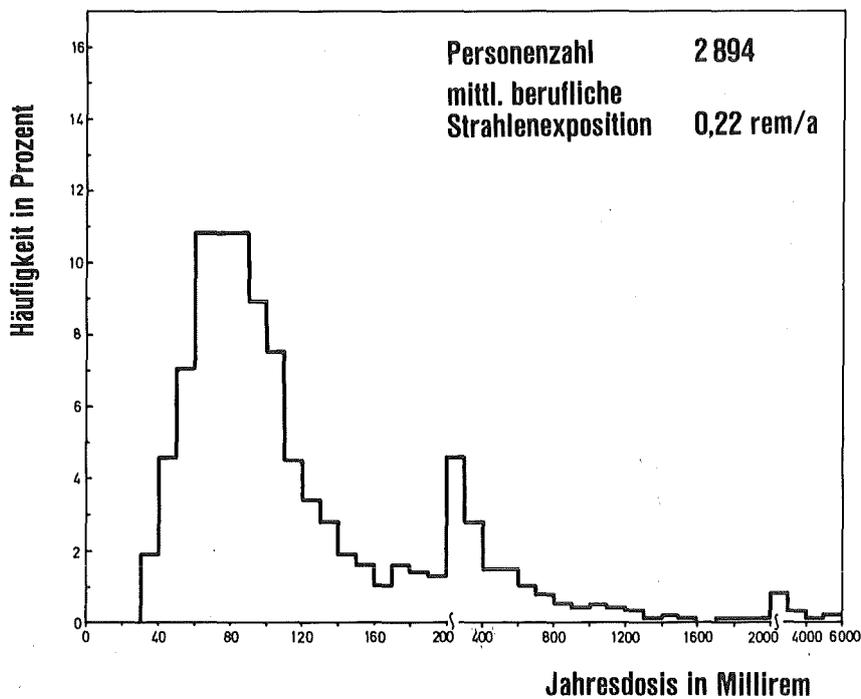
KfK

Abb. 2: Personendosisverteilung — einschließlich natürlicher Strahlung — der KfK-Mitarbeiter, 1970



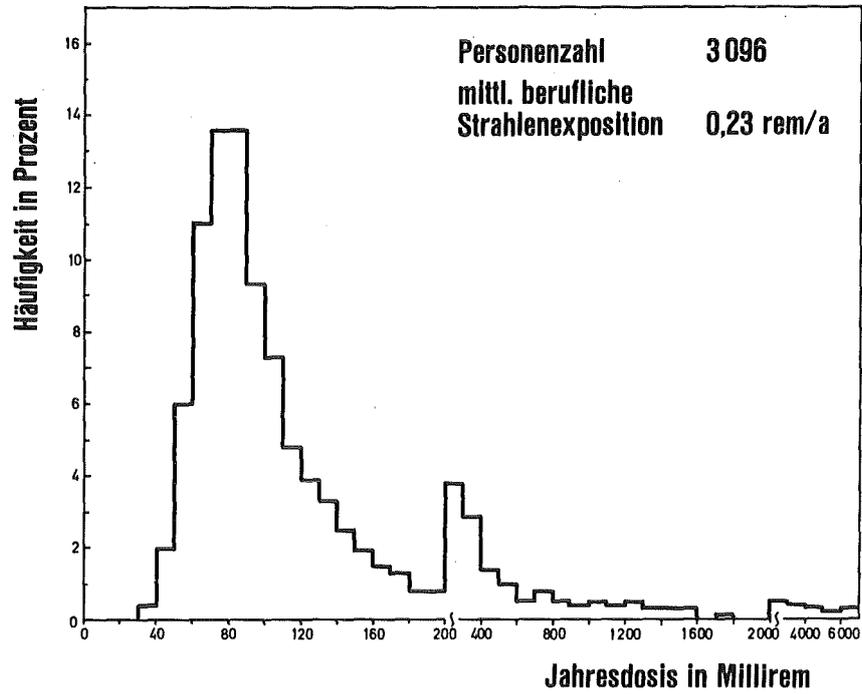
KfK

Abb. 3: Personendosisverteilung — einschließlich natürlicher Strahlung — der KfK-Mitarbeiter, 1971



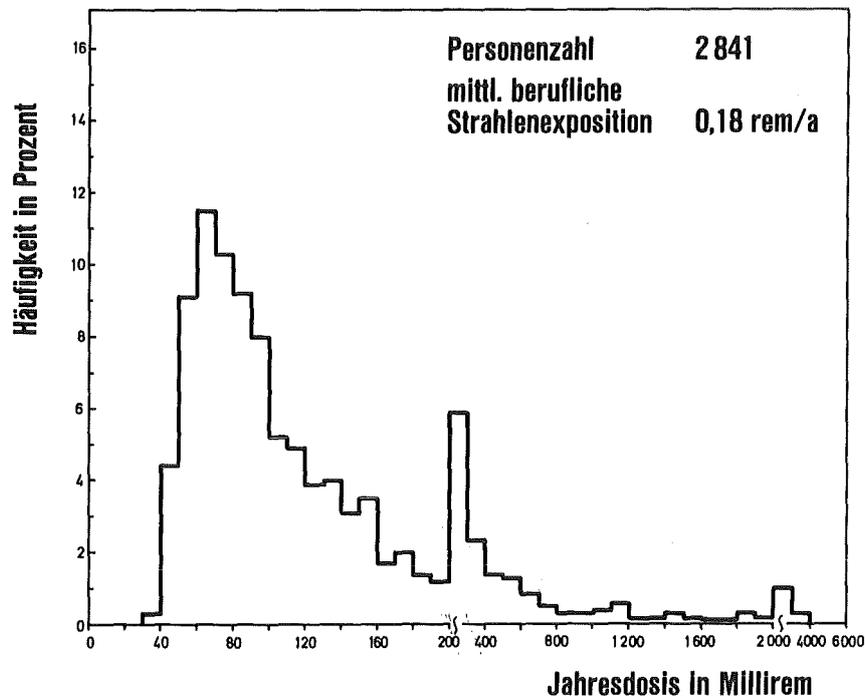
KfK

Abb. 4: Personendosisverteilung — einschließlich natürlicher Strahlung — der KfK-Mitarbeiter, 1972



KfK

Abb. 5: Personendosisverteilung — einschließlich natürlicher Strahlung — der KfK-Mitarbeiter, 1973



KfK

Abb. 6: Personendosisverteilung — einschließlich natürlicher Strahlung — der KfK-Mitarbeiter, 1974

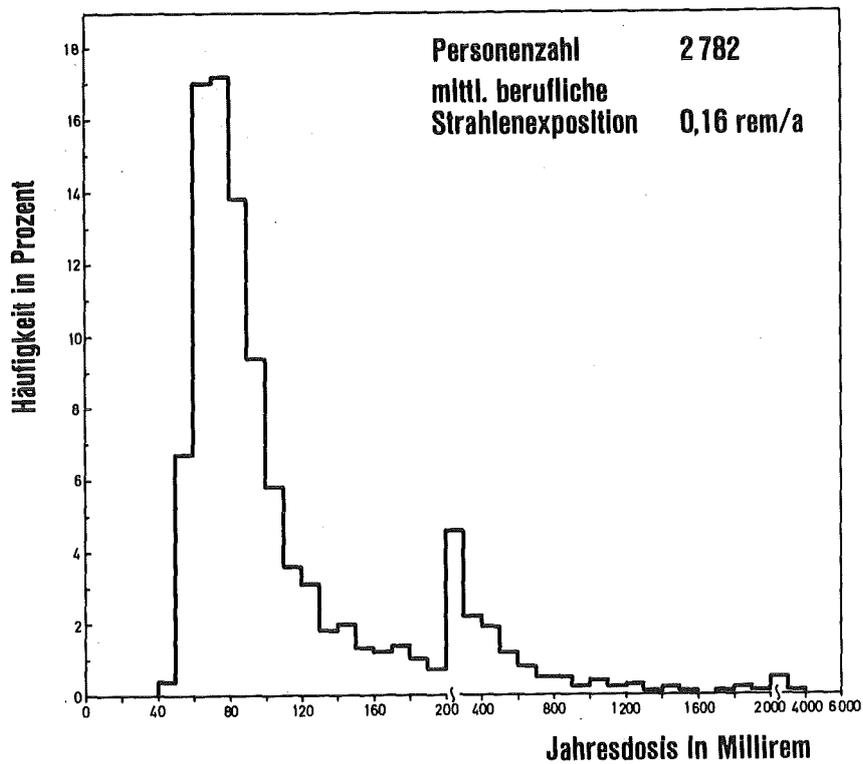
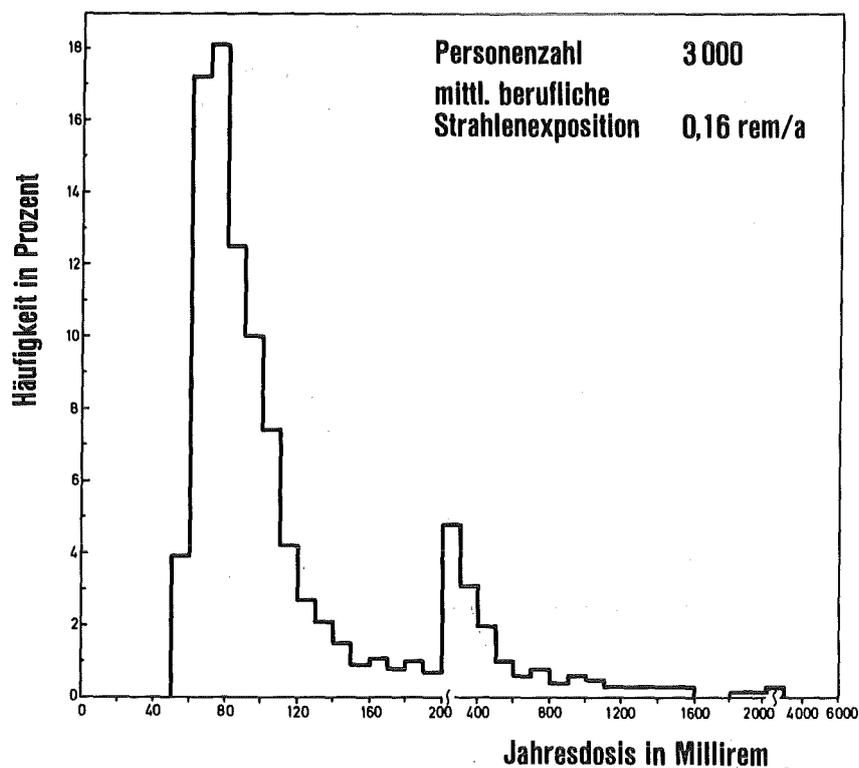


Abb. 7: Personendosisverteilung — einschließlich natürlicher Strahlung — der KfK-Mitarbeiter, 1975



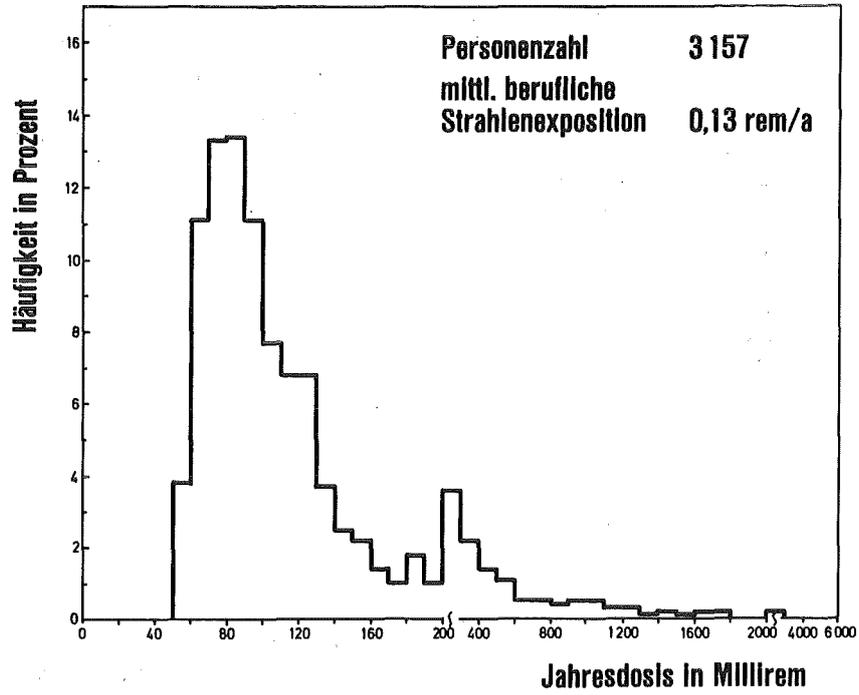
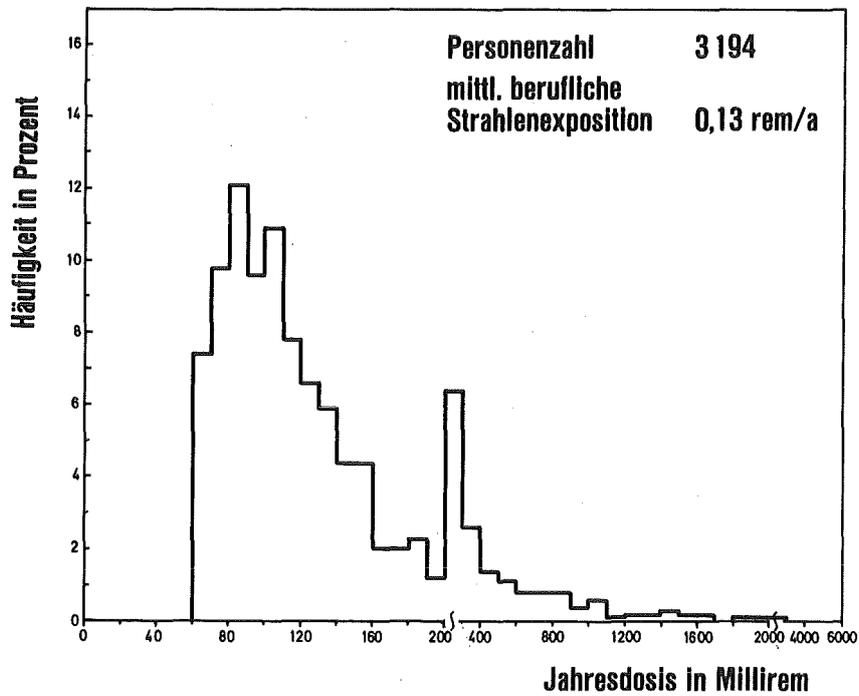
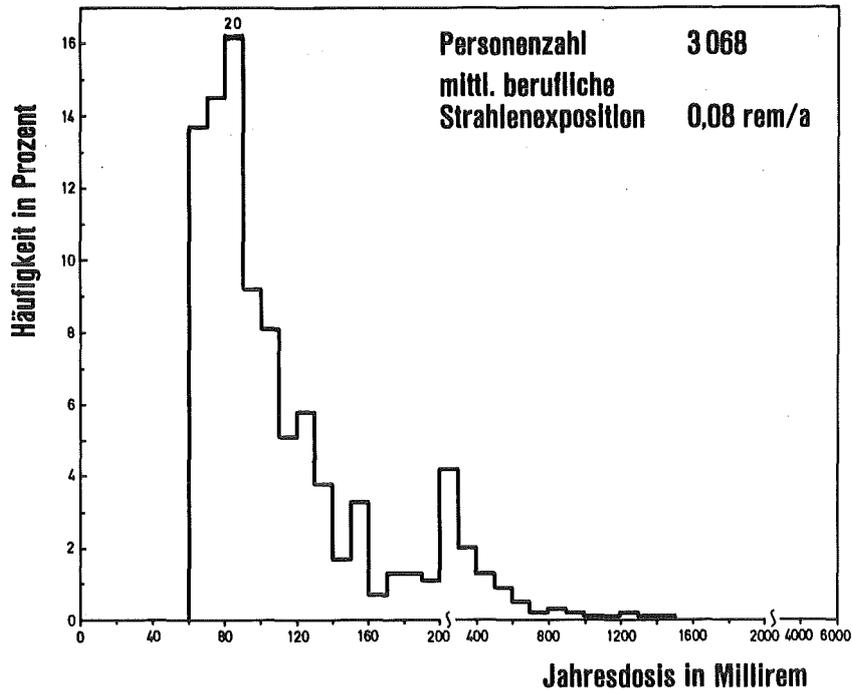


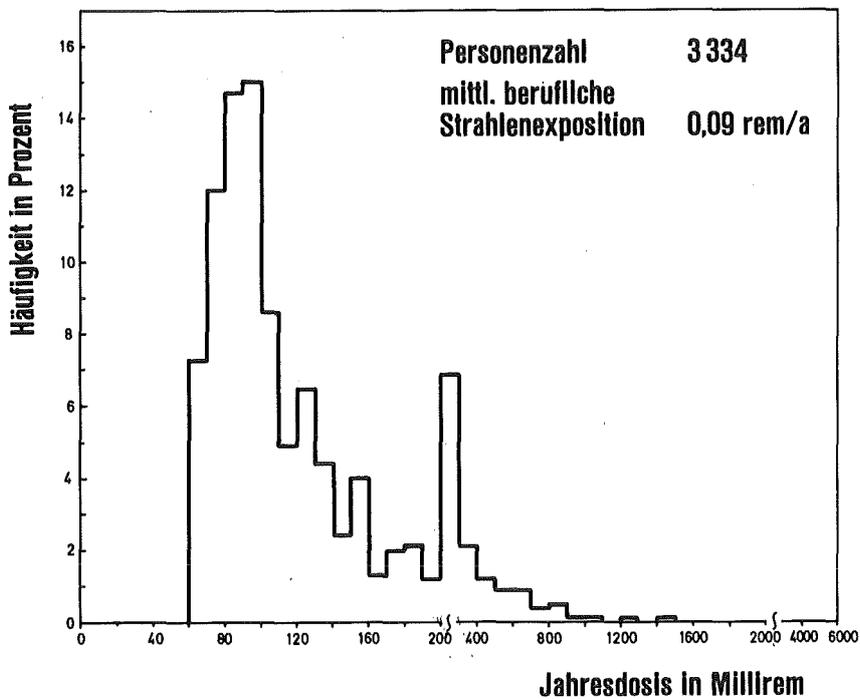
Abb. 9: Personendosisverteilung — einschließlich natürlicher Strahlung — der KfK-Mitarbeiter, 1977





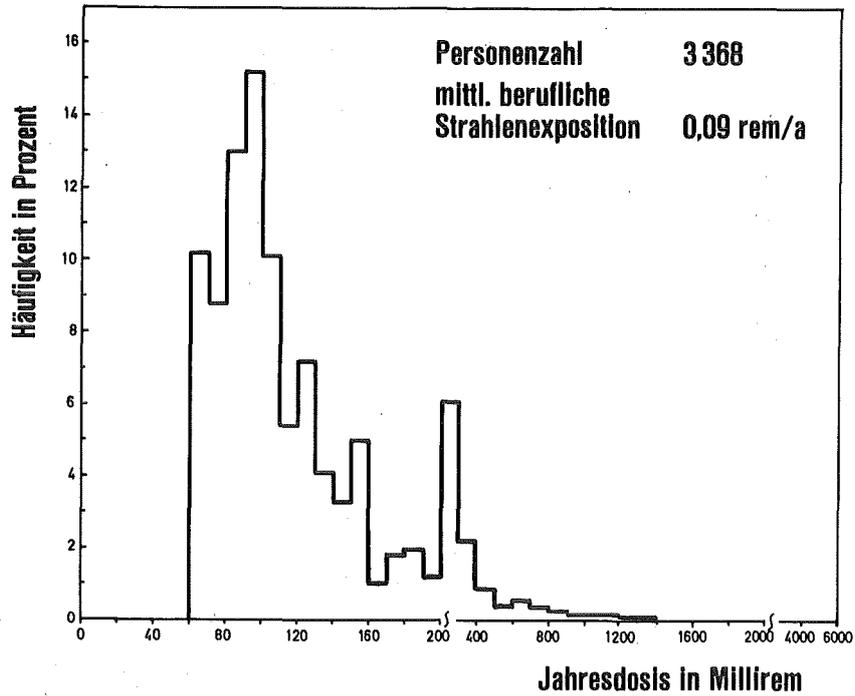
KfK

Abb. 11: Personendosisverteilung — einschließlich natürlicher Strahlung — der KfK-Mitarbeiter, 1979



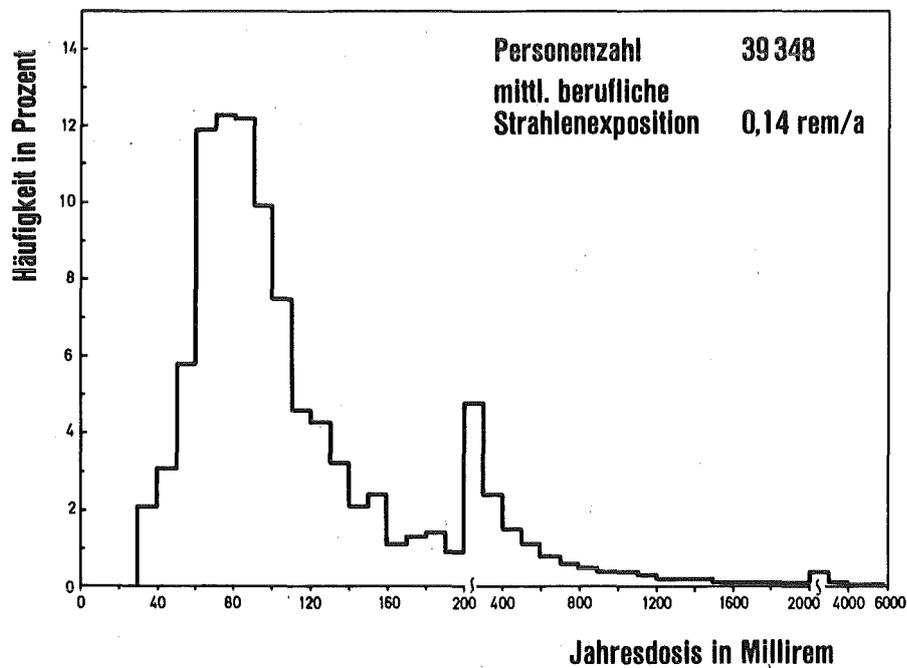
KfK

Abb. 12: Personendosisverteilung — einschließlich natürlicher Strahlung — der KfK-Mitarbeiter, 1980



KfK

Abb. 13: Personendosisverteilung — einschließlich natürlicher Strahlung — der KfK-Mitarbeiter, 1981



### 2.3 Externe Strahlenexposition in einzelnen Arbeitsgebieten

Einen detaillierteren Einblick in die externe Strahlenexposition der Mitarbeiter erhält man bei einer Analyse der Jahresdosisverteilung nach einzelnen Arbeitsgebieten. So ist aus der Tabelle 7 und den Abbildungen 15 und 16 die höhere Strahlenexposition der Mitarbeiter in den Betrieben zur Behandlung und Endkonditionierung radioaktiver Abfälle ersichtlich. Die Tabelle 8 zeigt, daß das in Kontrollbereichen tätige Strahlenschutzpersonal (die administrativen Mitarbeiter der Hauptabteilung Sicherheit sind in der Tabelle 8 unter "sonstige" geführt) nach der mittleren jährlichen beruflichen Strahlenexposition den zweiten Platz einnimmt, was nicht weiter verwunderlich ist, da doch dieser Personenkreis entsprechend der Aufgabenstellung immer "an vorderster Front" im Einsatz ist.

Die über dem Durchschnitt liegenden mittleren jährlichen Strahlendosen im Arbeitsbereich Dekontamination und Abfallbehandlung in den Jahren 1971 bis 1976, die sich auch in den Strahlendosen des Arbeitsgebietes Strahlenschutz widerspiegeln, waren unter anderem Anlaß für intensive Ertüchtigungsmaßnahmen an den Anlagen zur Abfallbehandlung, deren Erfolg sich in den zu anderen Arbeitsgebieten wieder gleichartigen Strahlenexpositionen ab 1978 zeigt. Die sehr niedrigen Mittelwerte der externen Jahresdosen in im Prinzip allen Arbeitsgebieten sind einerseits ein Beweis für die hervorragende Anlagenplanung und Arbeitsdurchführung, andererseits eine Stütze für die Aussagen von ICRP [3] und UNSCEAR [4, 5], daß in großen Gruppen von Beschäftigten die mittleren jährlichen Äquivalentdosen 500 mrem nicht überschreiten.

Aus der gesamten Strahlenexposition der Mitarbeiter aus dem Arbeitsgebiet "sonstige" (Tabelle 8), bei denen keine berufliche Strahlenexposition gegeben ist, konnte der Mittelwert der natürlichen externen Strahlenexposition zu 83 mrem pro Jahr errechnet werden.

Arbeitsgebiet	durchschnittliche Jahresdosis pro Person in mrem												
	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981
Dekontamination und Abfallbehandlung	693	465	753	1 140	1 690	1 060	802	617	531	500	279	307	420
Strahlenschutz (Kontrollbereich)	217	328	310	501	698	486	385	348	353	374	179	211	244
Zyklotron	370	370	424	273	330	380	260	268	347	474	361	480	300
Reaktorbetrieb	414	367	271	376	300	317	260	267	220	227	195	153	160
chem. Institute	263	260	244	256	261	230	170	269	239	239	220	231	200
Versorgungsbetriebe	-	-	-	190	133	155	127	122	108	123	106	121	110
phys. Institute	93	83	91	95	88	100	93	84	96	104	104	106	90
biol. und med. Institute	74	71	78	81	102	82	79	78	86	106	92	93	98
sonstige	70	81	83	89	87	98	72	76	88	85	83	88	85

Tabelle 7: Mittlere externe Strahlenexposition in verschiedenen Arbeitsgebieten einschließlich natürlicher Strahlung in den Jahren 1969 bis 1981

Arbeitsgebiet	Anzahl der überwachten Personen	gesamte Strahlenexposition (einschließl. natürlicher Exposition) in rem	berufliche Strahlenexposition in rem	mittlere jährliche berufl. Strahlenexposition in rem/Jahr
Dekontamination und Abfallbehandlung	2 113	1 407	1 232	0,58
Strahlenschutz (Kontrollbereich)	822	293	226	0,27
Zyklotron	676	239	184	0,27
Reaktorbetrieb	3 417	911	628	0,18
chem. Institute	3 663	851	548	0,15
Versorgungsbetriebe	4 644*	576	188	0,04
phys. Institute	6 212	584	68	0,01
bio. und med. Institute	847	73	2	0
sonstige	16 954	1 401	0	0
gesamt	39 348	6 335	3 076	0,14

\*ab 1972

Tabelle 8: Berufliche externe Strahlenexposition in verschiedenen Arbeitsgebieten, KfK, 1969 - 1981

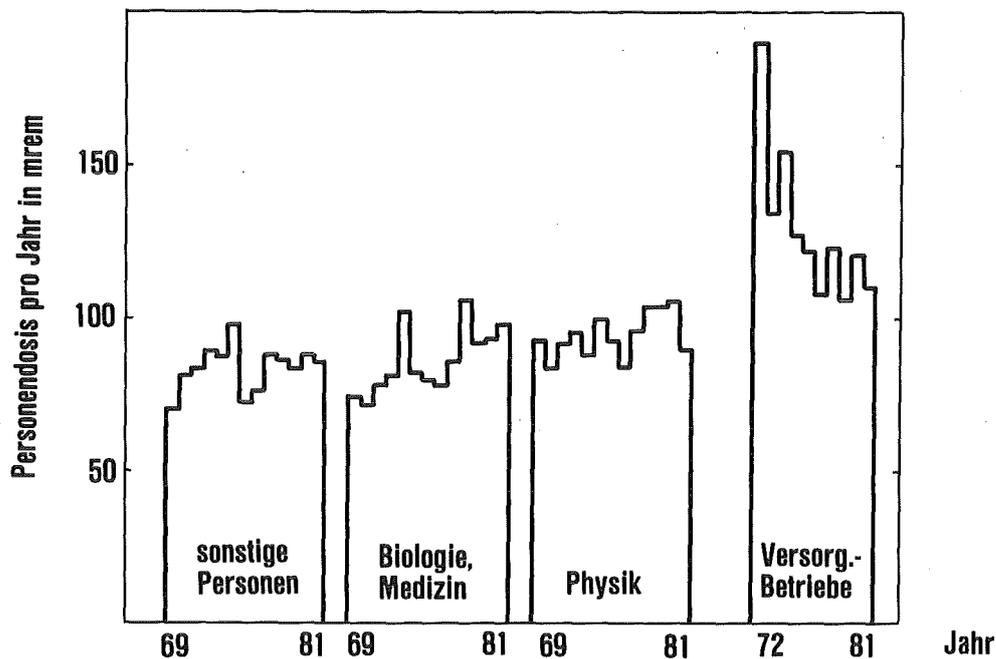


Abb. 15: Mittlere jährliche Personendosis einschließlich natürlicher Strahlung in verschiedenen Arbeitsbereichen

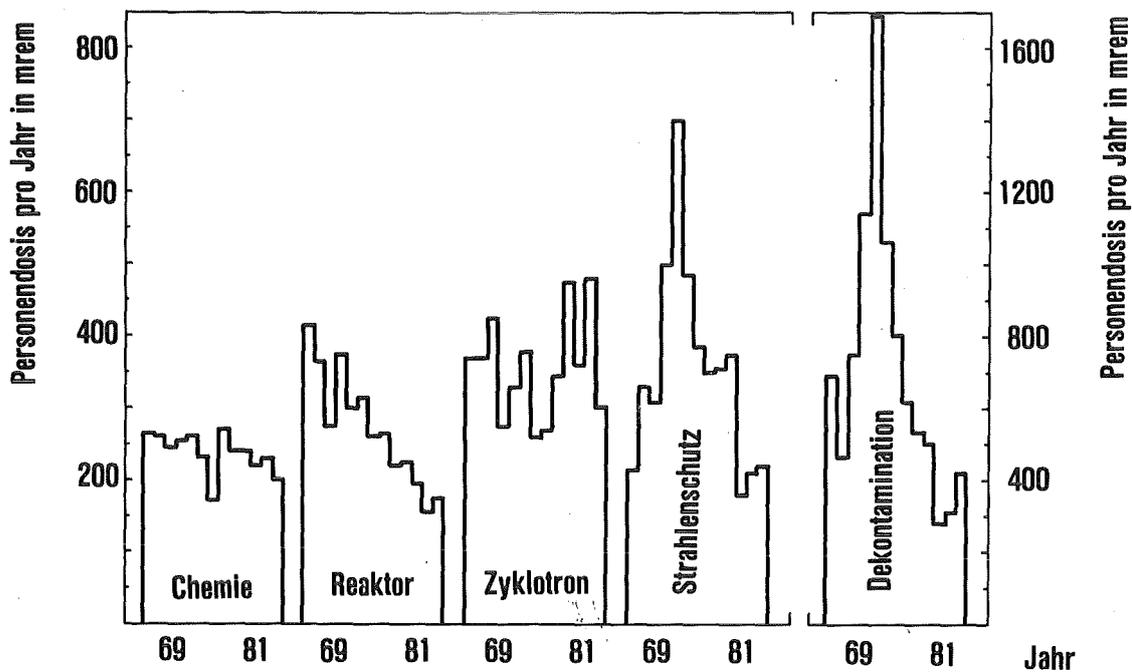


Abb. 16: Mittlere jährliche Personendosis einschließlich natürlicher Strahlung in verschiedenen Arbeitsbereichen

## 2.4 Statistische Analyse

Die von 1969 bis 1981 gemessene Personendosis einschließlich des natürlichen Untergrundes beträgt für die überwachten 39 348 Personen insgesamt 6 335 rem. Berücksichtigt man die externe natürliche Strahlenexposition, die sich aus der Dosis der nicht beruflich strahlenexponierten Personen zu 83 mrem pro Jahr ergibt, so folgt eine auf den Umgang mit radioaktiven Stoffen und ionisierender Strahlung zurückzuführende externe Strahlenexposition von 3 076 rem im Zeitraum von 1969 bis 1981. Daraus folgt als Mittelwert für die berufliche externe Strahlenexposition der als beruflich strahlenexponierte Personen eingestufteten Mitarbeiter eine Jahresdosis von 0,14 rem.

Die Verteilung der externen beruflichen Strahlenexposition entspricht einer logarithmischen Normalverteilung (Abbildung 17). Aus dieser läßt sich in guter Übereinstimmung ein Mittelwert von 0,144 rem pro Jahr errechnen.

Nach UNSCEAR [5] ist für die Beurteilung der beruflichen Strahlenexposition nicht nur die Kollektivdosis - hier 3 076 rem in 13 Jahren - und die durchschnittliche Jahresdosis - hier 0,14 rem pro Jahr - von Bedeutung, sondern auch der Kollektivdosisanteil, den die Personen beitragen, die mehr als 1,5 rem pro Jahr erhalten haben. Für den Zeitraum 1969 bis 1981 beträgt dieser Anteil rund 870 rem entsprechend 28 %, für die letzten drei Jahre - 1978 bis 1981 - nur 7,5 rem entsprechend 1,5 % der Kollektivdosis im jeweiligen Zeitraum.

Bei den im Zeitraum 1969 bis 1981 überwachten 39 348 Personen wurde 1 832 mal eine Dosis zwischen 0,5 und 1,5 rem pro Jahr und 353 mal eine Dosis von mehr als 1,5 rem pro Jahr gemessen. Entsprechend wären nur 5,6 % aller Mitarbeiter der Kernforschungszentrum Karlsruhe GmbH als beruflich strahlenexponierte Personen zu bezeichnen, dabei entfallen 4,7 % in die Kategorie

B - Jahresdosis von 0,5 bis 1,5 rem - und 0,9 % in die Kategorie A - Jahresdosis größer als 1,5 rem.

Die 353 Fälle mit einer Jahresdosis größer als 1,5 rem verteilen sich auf 81 Personen. In 19 Fällen - entsprechend 12 Personen - traten Jahresdosen oberhalb 5 rem auf. Der Höchstwert der gemessenen Personendosis betrug 6,8 rem. Die meisten dieser Fälle ereigneten sich 1972/73 während der Interventions- und Reparaturarbeiten in der Hauptabteilung Dekontaminationsbetriebe. Die gesetzlich zugelassene Jahreshöchstdosis betrug in dieser Zeit unter den in der 1. Strahlenschutzverordnung genannten Randbedingungen 12 rem.

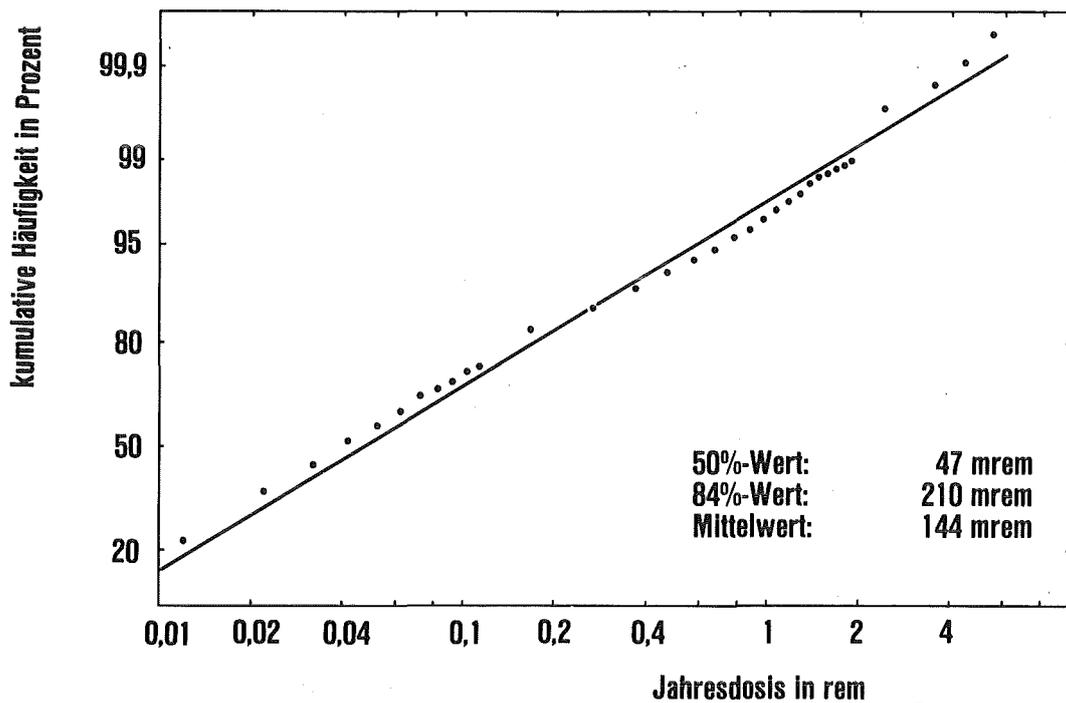


Abb. 17:

Verteilung der beruflichen, externen Strahlenexpositionen, KfK, 1969-1981

### 3. INKORPORATIONSÜBERWACHUNG

Zusätzlich zur umfangreichen Personendosimetrie werden zum Teil über die Anforderungen der Strahlenschutzverordnung hinaus routinemäßig alle Personen, die mit offenen radioaktiven Stoffen umgehen, im Ganzkörperzähler oder im Lungenzähler auf Inkorporationen überwacht. Inkorporationsüberwachung durch Ausscheidungsmessungen (Stuhl und Urin) werden von der Medizinischen Abteilung durchgeführt. Über diese Ergebnisse wird hier nicht berichtet, auf entsprechende Veröffentlichungen wird verwiesen [6, 7, 8, 9].

Im Zeitraum von 1969 bis 1981 wurden an Mitarbeitern der Kernforschungszentrum Karlsruhe GmbH, der Reaktoren MZFR und KNK sowie der Wiederaufarbeitungsanlage Karlsruhe (WAK) insgesamt 34 171 Messungen im Ganzkörperzähler und Lungenzähler auf Inkorporationen durchgeführt. Einschließlich Mehrfacherfassungen bei aufeinanderfolgenden Messungen wurden 1 963 Messungen mit Befund festgestellt (siehe Tabelle 9).

Für eine strahlenschutzmäßige Beurteilung notwendig sind Angaben über die inkorporierten Nuklide und ihre Aktivitäten. Die Tabelle 10 gibt hierbei die inkorporierten Aktivitäten in Prozent der maximal zulässigen Körperbelastung an (MPBB nach ICRP 2). Die 1 963 Messungen mit Befund ergaben insgesamt 2 509 Inkorporationen. In rund 25 % der Fälle handelt es sich um Inkorporationen von zwei oder mehr Nukliden. Co-60, Cs-137, Ru/Rh-106, Co-58 und I-131 sind mit zusammen 88 % die am häufigsten bei Inkorporationen vertretenen Radionuklide. Hinzu kamen noch 13 Fälle, die eindeutig auf nuklearmedizinische Tests zurückzuführen waren.

In 96 % aller Fälle lag die inkorporierte Aktivität unter 1 % der MPBB-Werte von ICRP, in 70 % sogar unter 0,1 %. Nur in 14 Fällen von insgesamt 34 171 Messungen - davon in 9 Fällen infolge nuklearmedizinischer Tests - wurden Werte oberhalb 100 % MPBB registriert.

Arbeitsgebiet	Anzahl der Messungen	Anzahl der Messungen mit Befund
Dekontamination und Abfallbehandlung	7 282	659
Strahlenschutz (Kontrollbereich)	1 620	47
Zyklotron	1 069	42
Reaktorbetrieb	4 367	128
chem. Institute	5 692	77
phys. Institute	2 631	111
biol. und med. Institute	236	4
sonstige	1 719	53
MZFR, KNK, WAK	9 555	842
gesamt	34 171	1 963

Tabelle 9: Ganzkörper- und Lungenzählermessungen, 1969 - 1981

Eine Umrechnung der inkorporierten Aktivität auf Körperdosis und Addition zur mit Personendosimetern ermittelten Dosis erfolgt routinemäßig nicht. Aber aus den Daten der Tabelle 10 ist ersichtlich, daß sich bei einer solchen Einbeziehung der Inkorporationswerte die im vorgehenden Kapitel dargelegte Dosisstatistik nicht merklich verändern wird.

Nuklid	Anzahl der Inkorporationen					
	Prozent der maximal zulässigen Körperbelastung (MPBB nach ICRP)					
	gesamt	< 0,1	0,1 - 0,99	1 - 9,9	10 - 100	> 100
<sup>60</sup> Co	912	498	378	34	2	-
<sup>137</sup> Cs	792	751	42	1	-	-
<sup>106</sup> Ru/Rh	224	132	88	4	-	-
<sup>58</sup> Co	155	134	21	-	-	-
<sup>131</sup> I	137+6*	32	83	15+1*	4+1*	3+4*
<sup>54</sup> Mn	58	53	5	-	-	-
<sup>65</sup> Zn	38	33	5	-	-	-
<sup>134</sup> Cs	23	18	5	-	-	-
<sup>95</sup> Nb/Zr	22	19	3	-	-	-
<sup>124</sup> Sb	21	9	4	6	2	-
<sup>110m</sup> Ag	17	11	6	-	-	-
<sup>138</sup> I	11	10	1	-	-	-
<sup>56</sup> Mn	10	10	-	-	-	-
<sup>203</sup> Hg	10	4	4	2	-	-
<sup>241</sup> Am	10	-	1	5	2	2
<sup>144</sup> Ce	6	-	2	4	-	-
<sup>239</sup> Pu	6	-	-	1	5	-
<sup>232</sup> Th	2+3*	-	-	1	1	3*
<sup>103</sup> Ru	5	5	-	-	-	-
<sup>22</sup> Na	4	3	1	-	-	-
<sup>57</sup> Co	4	3	1	-	-	-
<sup>75</sup> Se	3+1*	2	1+1*	-	-	-
<sup>7</sup> Be	3	3	-	-	-	-
<sup>122</sup> Sb	3	1	2	-	-	-
<sup>235</sup> U	3	-	-	3	-	-
<sup>239</sup> Np	3	-	3	-	-	-
<sup>24</sup> Na	2	1	1	-	-	-
<sup>38</sup> Cl	2	-	2	-	-	-
<sup>59</sup> Fe	2	1	1	-	-	-
<sup>86</sup> Rb	2	2	-	-	-	-
<sup>89</sup> Zr/ <sup>89m</sup> Nb	2	2	-	-	-	-
<sup>99</sup> Mo	2	2	-	-	-	-
<sup>99m</sup> Tc	- 2*	1*	-	-	-	1*
<sup>113</sup> Sn	2	2	-	-	-	-
<sup>177</sup> Lu	2	-	2	-	-	-
<sup>226</sup> Ra	2	-	-	2	-	-
<sup>51</sup> Cr	1	-	-	1	-	-
<sup>118</sup> Te/Sb	1	1	-	-	-	-
<sup>124</sup> I	1+1*	-	1	-	-	1*
<sup>125</sup> Sb	1	1	-	-	-	-
<sup>238</sup> Pu	1	-	-	1	-	-
gesamt	2 509+13*	1 754+1*	653+1*	80+1*	16+1*	5+9*
%	100	70	26	3,2	0,6	0,2

\* nuklearmedizinische Tests

Tabelle 10: Verteilung der bei Messungen mit dem Ganzkörperzähler und Lungenzähler festgestellten Inkorporationen, 1969 - 1981

#### 4. DANKSAGUNG

Anerkennung gebührt den Mitarbeitern, die die hier zusammengestellten Messungen durchgeführt haben: für die Glasdosimeterauswertung Frau M. Reddmann, für die Messungen mit den Ganzkörper- und Lungenzählern Frau K. Hermann, Frau U. Lohoff, Frau U. Neumann, Frau E. Schreibmeier, Herrn H.-P. Amann und Herrn Th. Bitz.

#### 5. LITERATUR

- [1] Kiefer, H., Koelzer, W., Jahresbericht der Abteilung Strahlenschutz und Sicherheit bzw. der Hauptabteilung Sicherheit
- 1969: KFK 1158 (März 1970)
  - 1970: KFK 1365 (Februar 1971)
  - 1971: KFK 1565 (März 1972)
  - 1972: KFK 1818 (Mai 1973)
  - 1973: KFK 1973 (April 1974)
  - 1974: KFK 2155 (Mai 1975)
  - 1975: KFK 2266 (Mai 1976)
  - 1976: KFK 2433 (Mai 1977)
  - 1977: KfK 2620 (März 1978)
  - 1978: KfK 2775 (April 1979)
  - 1979: KfK 2938 (April 1980)
  - 1980: KfK 3113 (April 1981)
  - 1981: KfK 3272 (März 1982)
- [2] Piesch, E., Routine Dosimetry with Phosphate Glasses, Proc. of the Second International Conference on Luminescence Dosimetry, USAEC and ORNL, CONF-680920, p. 830-852

- [3] Recommendations of the International Commission on Radiological Protection, ICRP Publication 26, Annals of the ICRP, Vol. 1, No. 3, 1977, Pergamon Press
  
- [4] Sources and Effects of Ionizing Radiation, United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation, 1977 Report, UN, New York, 1977
  
- [5] Ionizing Radiation: Sources and Biological Effects, United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation, 1982 Report, UN, New York, 1982
  
- [6] Schieferdecker, H., Ergebnisse der Tritium-Inkorporationsüberwachung im Kernforschungszentrum Karlsruhe in den Jahren 1971 - 1972, Ext.-Bericht 23/73-1
  
- [7] Schieferdecker, H., Wechselberger, E., Ergebnisse der Tritium-Inkorporationsüberwachung im Kernforschungszentrum Karlsruhe im Jahre 1973, Ext.-Bericht 23/74-1
  
- [8] Schieferdecker, H., König, L.A., Ritz, H., Ergebnisse der Tritium-Inkorporationsüberwachung im Kernforschungszentrum Karlsruhe im Jahre 1974, Ext.-Bericht 23/75-1
  
- [9] Schieferdecker, H., Ergebnisse der Inkorporationsüberwachung durch Ausscheidungsanalysen im Kernforschungszentrum Karlsruhe in den Jahren 1975 - 1978, KfK-2799 B