

KFK-Ext. 23/75-1

(2. Ex.)

**KERNFORSCHUNGSZENTRUM**

**KARLSRUHE**

Juni 1975

KFK-Ext. 23/75-1

Medizinische Abteilung  
Abteilung Strahlenschutz und Sicherheit

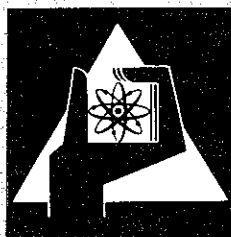


**Ergebnisse der Tritium- Inkorporationsüberwachung  
im Kernforschungszentrum Karlsruhe im Jahre 1974**

H. Schieferdecker, L.A. König,  
(Gesellschaft für Kernforschung mbH)

H. Ritz  
(Kernkraftwerk - Betriebsgesellschaft mbH)

*Gesellschaft für Kernforschung mbH  
Zentrum für Strahlenschutz und Sicherheit*



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

**KARLSRUHE**

KERNFORSCHUNGSZENTRUM KARLSRUHE

Externer Bericht 23/75-1

Medizinische Abteilung  
Toxikologisches Labor

Ergebnisse der Tritium-Inkorporationsüberwachung  
im Kernforschungszentrum Karlsruhe im Jahre 1974

von

H. Schieferdecker

L.A. König, ASS/Ü

H. Ritz

(Kernkraftwerk-Betriebsgesellschaft mbH)

Gesellschaft für Kernforschung mbH  
Zentralschreiberei

**Büroexemplar**

Gesellschaft für Kernforschung m. B. H. Karlsruhe

Gesellschaft für Kernforschung mbH, Karlsruhe

Ergebnisse der Tritium-Inkorporationsüberwachung  
im Kernforschungszentrum Karlsruhe im Jahre 1974

Zusammenfassung:

Im Jahre 1974 wurden 477 Personen auf Tritiuminkorporation überwacht. Dieser Personenkreis setzt sich aus den ständig im Kernforschungszentrum beschäftigten und den nur zeitweilig bei Reparatur- und Wartungsarbeiten tätigen Personen zusammen. Für den ersten Teil lag die häufigste Strahlenbelastung im Bereich von 50 bis 200 mrem/a. Das nur zeitweilig beschäftigte Personal erhielt eine Strahlenbelastung von 1780 mrem pro 50 Personen während einer Beschäftigungszeit von 96 Monaten.

Results of Monitoring for Internal Tritium Contamination  
at the Karlsruhe Nuclear Research Center in 1974

Abstract:

In 1974 a number of 477 persons were monitored for tritium incorporation. This category of workers consists of staff employed permanently at the Nuclear Research Center as well as of temporarily engaged persons during repair and maintenance work. The radiation exposure for the staff workers resulted mostly in doses between 50 and 200 mrem/a, whereas the temporarily engaged workers received a radiation burden of 1780 mrem per 50 persons during a working period of 96 months.

Ergebnisse der Tritium-Inkorporationsüberwachung  
im Kernforschungszentrum Karlsruhe im Jahre 1974

Die Inkorporationsüberwachung auf Tritium wird im Kernforschungszentrum Karlsruhe vom Toxikologischen Labor der Medizinischen Abteilung durch regelmäßige Urinalysen ausgeführt. Im Jahre 1974 waren 477 Personen zu überwachen, von denen jedoch 50 Personen nur zeitweilig tätig waren. Der Personenkreis setzt sich zusammen aus Mitarbeitern der beiden schwerwassermoderierten Forschungs- bzw. Leistungsreaktoren FR 2 und MZFR (letzterer betrieben von der Firma Kernkraftwerk-Betriebsgesellschaft mbH), der Dekontaminationsabteilung ADB, der Wiederaufbereitungsanlage GWK (betrieben von der Firma Gesellschaft für Wiederaufarbeitung von Kernbrennstoffen mbH), sowie Personen, die im Institut für Neutronenphysik und Reaktortechnik (INR) an Beschleunigern mit Tritiumtargets arbeiten. Kriterien für die Auswahl des betroffenen Personenkreises sind die Arbeitsbedingungen, unter denen eine Tritium-Inkorporation nicht auszuschließen ist.

1. Durchführung der Inkorporationsüberwachung

In der Regel werden monatlich Urinproben gesammelt und auf ihren Tritiumgehalt untersucht. Nach Arbeiten, bei denen ein erhöhtes Inkorporationsrisiko besteht, werden vor Beginn und nach Ende der Arbeit weitere Urinproben analysiert. Bei geringem Inkorporationsrisiko wird nur zwei- oder viermal jährlich eine stichprobenartige Überwachung durchgeführt.

Bei Überschreiten einer Tritiumkonzentration von mehr als 10 % der als maximal zulässig angegebenen Dauerkonzentration von 23  $\mu\text{Ci/l}$  werden in wöchentlichen Abständen weitere Urinproben ausgewertet.

Die Messung erfolgt mit einem Flüssigszintillationsspektrometer (Beckmann LSS 200) mit einem Szintillatormischung aus Dioxan, Naphthalin, POPOP und PPO unter Einsatz von 1 ml Urin. Die durch

Färbung und chemische Bestandteile des Urins hervorgerufenen Fluoreszenzverluste werden durch externe Standardisierung mit einem von außen an die Probe herangebrachten Kalibrierstrahler korrigiert. Die Nachweisgrenze des Verfahrens liegt bei 8 nCi/l.

## 2. Berechnung der Äquivalentdosis aus den Ergebnissen der Urinanalysen

Zur Berechnung wird entgegen der Empfehlung der ICRP [1] nicht ein Qualitätsfaktor von 1,0 sondern 1,7 benutzt. Er wurde beibehalten, da er bisher für die Berechnung der Dosen benutzt wurde und damit ein direkter Vergleich der berechneten Dosen mit denen der Vorjahre [2, 3] leichter möglich wird. Die Dosen, die sich bei Benutzung eines niedrigeren Qualitätsfaktors ergeben, sind dann dementsprechend niedriger. Im übrigen wurden die Regeln der Dosisberechnung beibehalten, wie sie in [2] beschrieben wurden: Tritiumkonzentrationen im Urin unterhalb 10 % der maximal zugelassenen Dauerkonzentration wurden gemittelt und der Mittelwert  $A_m$  über das ganze Jahr in die Formel

$$D_a = 0,51 \cdot 365 \cdot A_m \text{ [mrem/a]} \quad (1)$$

eingesetzt.

Für höhere Tritiumkonzentrationen im Urin wurden aus den Einzelanalysenwerten Einzeldosen für die entsprechenden Zeiträume berechnet und über das Jahr aufaddiert.

Für die Dosis  $D_{\Delta t}$  im Zeitraum  $\Delta t = t_2 - t_1$  zwischen zwei Urinproben lassen sich zwei Werte  $D_{\Delta t}^1$  und  $D_{\Delta t}^2$  berechnen, je nachdem, ob man von der Tritiumkonzentration  $A_1$  zur Zeit  $t_1$  oder  $A_2$  zur Zeit  $t_2$  ausgeht. Man erhält

$$D_{\Delta t}^1 = \frac{0,51}{\lambda_b} (1 - e^{-\lambda_b \Delta t}) A_1 \quad (2)$$

bzw.

$$D_{\Delta t}^2 = \frac{0,51}{\lambda_b} (e^{\lambda_b \Delta t} - 1) A_2 \quad (3)$$

In die Gln. (2) und (3) sind  $\Delta t$  in Tagen,  $\lambda_b$  in  $(\text{Tagen})^{-1}$  und  $A$  in  $\mu\text{Ci/l}$  einzusetzen.

Als wahrscheinliche Dosis  $D_{\Delta t}^{\text{mittel}}$  wird der Mittelwert von  $D_{\Delta t}^1$  und  $D_{\Delta t}^2$  angesehen, wenn  $\Delta t$  nicht größer als 30 Tage ist. Die Jahresdosis ergibt sich als Summe aller  $D_{\Delta t}^{\text{mittel}}$ .

Nach diesem Konzept wurden alle diejenigen Personen überwacht, die während des gesamten Jahres 1974 überwiegend mit Tritium umgegangen sind.

Fremdpersonal, das nur zeitweilig tätig war, wurde aus diesen Berechnungen ausgeklammert und nicht mehr in die Statistik übernommen. Dadurch entfällt die ungerechtfertigte Extrapolation von nur kurzzeitig empfangenen Dosen auf das ganze Jahr.

### 3. Ergebnisse

Die Ergebnisse der Inkorporationsüberwachung zeigen die Tabellen 1 und 2. In der letzten Spalte der Tabelle 1 ist eine Mittelwertdosis angegeben, die die mittlere Ganzkörperbelastung des überwachten Personenkreises darstellt.

Gegenüber den Vorjahren (s. Tabelle 3) hat sich die Dosisverteilung sowohl beim FR 2 als auch beim MZFR zu niedrigeren Äquivalentdosen verschoben. Dies erklärt sich daraus, daß die Zahl der ganzjährig untersuchten Personen beim MZFR von 121 im Jahre 1973 auf 51 im Jahre 1974 zurückgegangen ist und 1974 von vornherein die Personen von der Inkorporationsuntersuchung eliminiert wurden, von denen feststand, daß sie kein Tritium inkorporiert hatten.

In Tabelle 3 ist daher die Verteilung der Äquivalentdosen lediglich auf die Personen bezogen, die Tritium in nachweisbaren Mengen inkorporiert haben ( $> 5$  mrem/a). Dadurch wird eine Verfälschung der Dosisverteilung durch eine unterschiedlich große Zahl von Personen vermieden, die trotz Umgang mit Tritium keine nachweisbaren Inkorporationen aufwiesen. Die anscheinende Erhöhung der mittleren Jahresdosis in Tabelle 1 wird ebenfalls dadurch erklärt. Bemerkenswert bleibt jedoch die Tatsache, daß auch 1974 trotz weiter gestiegener Tritiumkonzentrationen des Schwerwasserinventars (Mittlere Tritiumkonzentration 1974 im Schwerwasser im FR 2: 6,6 Ci/l; im MZFR: 4,3 Ci/l) ein weiterer Rückgang bei den hohen Dosiswerten im Bereich zwischen 500 und 5000 mrem/a zu verzeichnen ist, was sicher durch die strenge Überwachung der Anwendung der vorgesehenen Schutzmaßnahmen bei Reparaturen an schwerwasserführenden Leitungen erreicht wird.

Die jährliche Belastung der Mitarbeiter der Wiederaufbereitungsanlage, der Dekontaminationsbetriebe und des INR beträgt weniger als 5 mrem/a, obwohl auch dort mit größeren Tritiummengen umgegangen wird.

Nur bei den schwerwassermoderierten Reaktoren wurde in einem Einzelfall 550 mrem Jahresdosis erhalten. Es traten nur in zwei Fällen eine einmalige Überschreitung der als maximal zulässig angesehenen Dauerkonzentrationen im Urin auf. Nachdem die Personen nicht mehr im Kontrollbereich tätig waren, nahm die Tritiumkonzentration im Urin mit einer Halbwertszeit von 8 - 9 Tagen ab (siehe Abbildung 1).

#### 4. Literatur

- [1] N.N. Brit.H.Radiobiology 42 (69) 558
- [2] H. Schieferdecker in: A.A.Moghissi, M.W. Carter (Eds.) Tritium, Las Vegas (1971) 737-748
- [3] H. Schieferdecker; KFK-Ext. 23/73-1 und KFK-Ext. 23/74-1

Tab. 1 Verteilung der ermittelten Ganzkörper-Äquivalentdosen infolge Tritiuminkorporationen im Jahre 1974 bezogen auf die Zahl der untersuchten Personen

Abt.	Personen- zahl	< 5 mrem/a	5 - 50 mrem/a	50-200 mrem/a	200-500 mrem/a	500-1000 mrem/a	1000-3000 mrem/a	3000-5000 mrem/a	> 5000 mrem/a	Mittelwert mrem/a *)
FR 2	46	8,7 %	52,1 %	34,8 %	4,4 %	0	0	0	0	78 °
MZFR	51	0	31,4 %	35,2 %	31,4 %	2,0 %	0	0	0	174 +
ADB	116	98,3 %	1,7 %	0	0	0	0	0	0	< 5
GWK	224	100 %	0	0	0	0	0	0	0	< 5
INR	12	83,3 %	16,7 %	0	0	0	0	0	0	< 5

\*) durchschnittliche Jahresdosis pro Person

+ ) zusätzlich erhielten 28 Personen, die insgesamt 62 Monate als Fremdpersonal tätig waren, eine Gesamtdosis von 1650 mrem.

o ) zusätzlich erhielten 22 Personen, die insgesamt 34 Monate als Fremdpersonal tätig waren, eine Gesamtdosis von 130 mrem.



Tab. 2 Verteilung der ermittelten Ganzkörper-Äquivalentdosen infolge Tritium-inkorporationen im Jahre 1974 bezogen auf die Zahl der untersuchten Personen

Abt.	Personen- zahl	< 0,1 rem/a	0,1 - 1,5 rem/a	1,5 - 5 rem/a	> 5 rem/a
FR 2	46	84,4 %	15,2 %	0	0
MZFR	51	41,0 %	59,0 %	0	0
ADB	116	100 %	0	0	0
GWK	224	100 %	0	0	0
INR	12	100 %	0	0	0

Tab. 3

Verteilung der ermittelten Äquivalentdosen aus Tritiuminkorporationen in den Jahren 1967-1974 bezogen auf die Zahl der exponierten Personen (> 5 mrem/a)

Abt.	Äquivalentdosis [mrem/a]	Verteilung bezogen auf die exponierten Personen							
		1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974
FR 2	5 - 50	27,5 %	24,2 %	20,5 %	34,1 %	39,3 %	40,5 %	39,2 %	45,8 %
	50 - 500	47,5 %	48,5 %	63,6 %	54,1 %	57,1 %	59 %	58,8 %	54,2 %
	500 - 5000	25,0 %	27,3 %	15,9 %	11,8 %	3,6 %	1,5 %	2,0 %	0,0 %
	> 5000	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %
Personenzahl üb		40	39	46	86	86	69	54	46
ex		40	33	44	85	84	69	51	24
MZFR	5 - 50	12,8 %	5,6 %	26,3 %	11,0 %	8,1 %	18,3 %	28,3 %	31,4 %
	50 - 500	64,1 %	46,1 %	58,5 %	70,0 %	76,4 %	75,0 %	66,7 %	66,6 %
	500 - 5000	23,1 %	48,3 %	15,2 %	19,0 %	15,5 %	6,3 %	5,0 %	2,0 %
	> 5000	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %
Personenzahl üb		80	144	238	109	148	64	121	51
ex		78	143	224	109	148	64	99	51
ADB	5 - 50	76,5 %	77,3 %	88,9 %	83,3 %	100 %	100 %	100 %	100 %
	50 - 500	23,5 %	22,7 %	16,1 %	16,7 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %
	500 - 5000	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %
	> 5000	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %
Personenzahl üb		61	48	60	70	63	64	74	116
ex		17	22	18	12	8	6	9	2

üb. = überwachtes Personal

ex. = exponiertes Personal

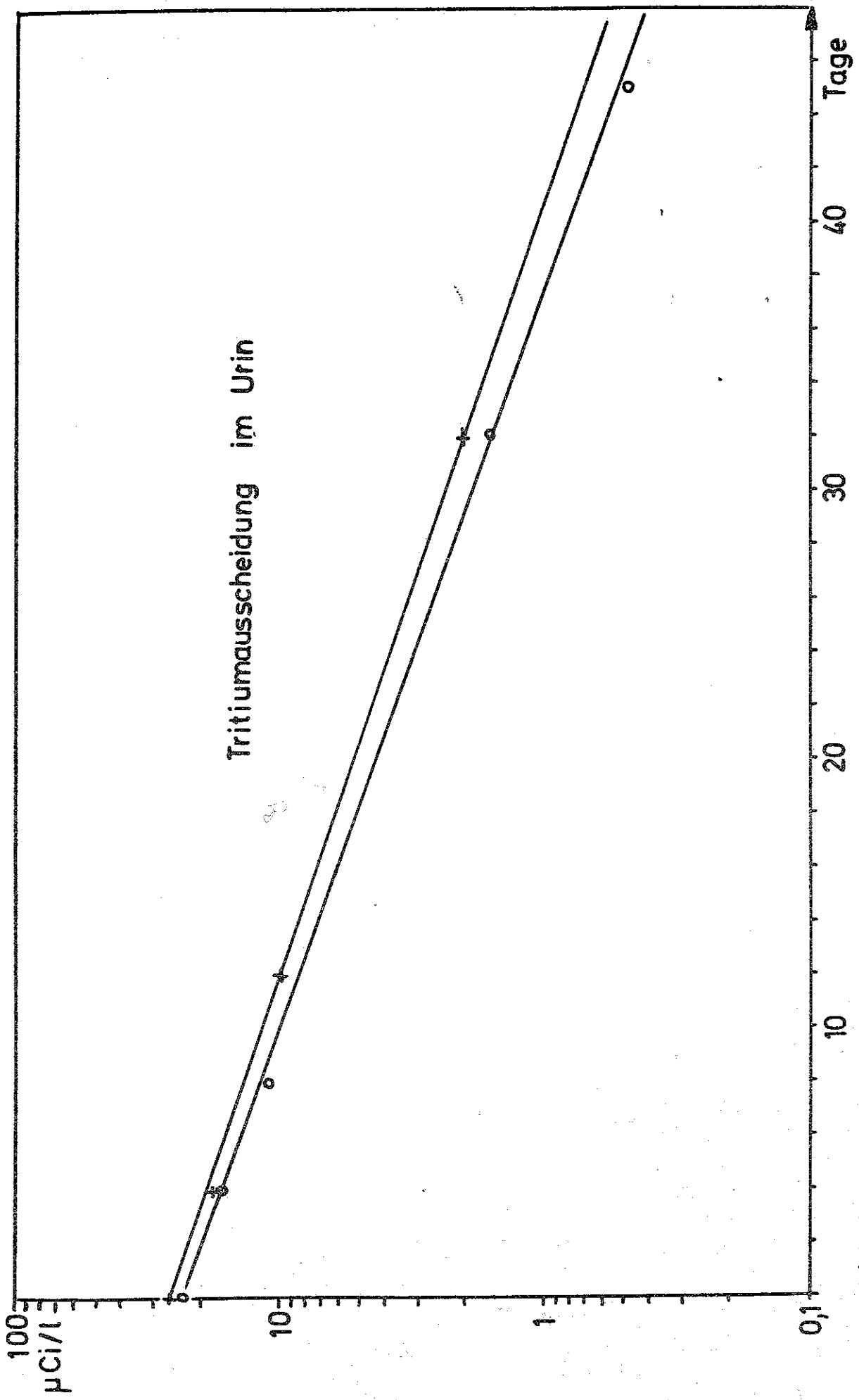


Abb.1