

KERNFORSCHUNGSZENTRUM

KARLSRUHE

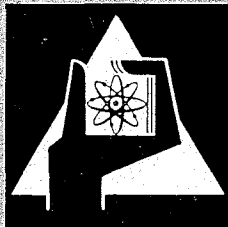
Oktober 1967

KFK 697

Abteilung Strahlenschutz und Dekontamination

Strahlenschutzprobleme im Zusammenhang mit Tritium

E. Dietrich, L. A. König



GESELLSCHAFT FÜR KERNFORSCHUNG M. B. H.

KARLSRUHE

Strahlenschutzprobleme im Zusammenhang mit Tritium

Von E. Dietrich und L. A. König

Aus dem Kernforschungszentrum
Karlsruhe, Hauptabteilung Strah-
lenschutz und Dekontamination

1. Einleitung

Tritium stellt eines der am weitesten verbreiteten Radionuklide dar. Es findet Anwendung sowohl in vielen Bereichen der Forschung (z. B. Markierung von Substanzen, Targets von Beschleunigern, Kernfusion) als auch in der Technik (z. B. Leuchtfarben). Von besonderer Bedeutung ist seine Erzeugung in Kernreaktoren durch die in Tabelle 1 zusammengestellten Prozesse [1, 2]. Die Reaktion $^2\text{D}(n, \gamma)^3\text{T}$ führt in schwerwassermoderierten bzw. -gekühlten Reaktoren relativ schnell zu Tritiumkonzentrationen der Größenordnung 1 Ci/l, wobei das Tritium in der Form von DTO anfällt. In Heliumkreisläufen von Reaktoren entsteht es in Gasform durch die Reaktion $^3\text{He}(n, p)^3\text{T}$, wobei die geringe Isotopenhäufigkeit des ^3H durch den sehr hohen Wirkungsquerschnitt aufgewogen wird. In großen

Tabelle 1. Entstehung von Tritium in Reaktoren

Reaktion	Wirkungsquerschnitt [barn]	Bemerkungen
$^2\text{D}(n, \gamma)^3\text{T}$	0,000 57	
$^3\text{He}(n, p)^3\text{T}$	5 400	Isotopenhäufigkeit von ^3He : 0,000 137% [1]
$^6\text{Li}(n, \alpha)^3\text{T}$	950	
Spaltung		1^3T auf ($1,05 \pm 0,09$) $\cdot 10^4$ [2] ($1,25 \pm 0,15$) $\cdot 10^4$ [2a] Spaltungen von Uran

graphitmoderierten Reaktoren (einige 100 MW_{th}) können aus Lithiumverunreinigungen größenordnungsmäßig 10^3 Ci ^3T pro Jahr produziert werden. Schließlich verdient durch Spaltung entstandenes Tritium Erwähnung.

2. Eigenschaften des Tritium

Die für den Strahlenschutz bedeutsamen Eigenschaften des Tritium sind in Tabelle 2 zusammengestellt. Für die Strahlenwirkung und somit auch für die Meßtechnik maßgebend sind das Fehlen einer elektromagnetischen Strahlung sowie die Aussendung von β -Teilchen von nur geringer Energie und Reichweite. Tritium verursacht daher keine Belastung durch äußere Bestrahlung.

Obwohl Tritium zu den Radionukliden geringer Radiotoxizität gezählt wird [12], erfordert doch der Strahlenschutz bei Arbeiten mit diesem Nuklid wegen der durch den hohen Wasserstoffgehalt des menschlichen Körpers begünstigten Aufnahme — allein der Wassergehalt beträgt ca. 60% des Körpergewichtes (vgl. z. B. [10]) — besondere Aufmerksamkeit.

Tritium kann über die Lunge, über die Haut und über den Magen-Darm-Trakt in den Körper gelangen.

Am häufigsten wird Tritium in Form von Wasser bzw. Wasserdampf inkorporiert. Fast 100% des eingeatmeten HTO bzw. DTO werden im Körper zurückgehalten, während höchstens einige Prozent des eingeatmeten HT bzw. DT im Körper verbleiben. Das Rückhaltevermögen des menschlichen Körpers in bezug auf Tritium in organischen Verbindungen hängt von der Art des Einbaus in das Molekül ab. Dies ist besonders für sogenannte „Chromosomensucher“ von Bedeutung (vgl. z. B. [11]).

In wassergebundener Form wird Tritium durch Einatmung kontaminierter Luft sowohl über die Lunge als auch über die Haut aufgenommen (vgl. z. B. [9]). Bei fehlendem Atemschutz und fehlender Schutzkleidung wurde die Aufnahme für drei Versuchspersonen zu 14,8, 14,8 und 17,9 $\mu\text{Ci}/\text{min}$ pro $\mu\text{Ci}/\text{l}$ Tritiumkonzentration in der Luft angegeben. Die mittlere Aufnahme über die gesamte Haut lag für 17 Versuchspersonen (Atemschutz nur mit belüfteter Maske) bei $9,6 \pm 1,7 \mu\text{Ci}/\text{min}$ pro $\mu\text{Ci}/\text{l}$ Tritiumkonzentration in der Luft ($5,1 \pm 1,0 \mu\text{Ci}/\text{min}$ pro $\mu\text{Ci}/\text{l}$ und m^2 Haut) [10]. In grober Näherung kann man also sagen, daß bei fehlendem Schutz über die Haut und die Lunge gleichviel Tritium aufgenommen wird.

Beachtet werden muß auch die Inkorporationsmöglichkeit bei Benetzung der Haut mit tritiumhaltigem Wasser.

Bei Inkorporationen, nach denen die Berechnung der Dosis notwendig wird, sind die ebenfalls aus Tabelle 2 hervorgehenden Schwankungen in der biologischen

Tabelle 2. Eigenschaften des Tritium

Zerfallsart	$^3\text{T}(\beta^-)^3\text{He}$	keine γ -Strahlung (vgl. z.B. [3])
Halbwertszeit	$12,262 \pm 0,004$ a	(vgl. z.B. [3, 4, 5])
Maximale Energie und Reichweite der β -Teilchen in Luft		18,6 keV; 0,6 cm
Mittlere Energie und Reichweite der β -Teilchen in Luft		$5,73 \pm 0,03$ keV [4a]; 0,05 cm
Biologische Halbwertszeit für Tritium im Körperwasser		12 d [6] 4–18 d [7, 8, 9, 10]
Ionisation in Gewebe		
Energieverlust		3,36 keV/ μ
Mittlere Zahl von Ionisationen		$47 \mu^{-1}$
Bremsstrahlung im Wasser	[11, 13]	
Energie		$2,5 \cdot 10^{-4}$ keV
Halbwertdicke in Cellophan		6 mg/cm ²

Halbwertszeit von Interesse. Durch Erhöhung der Flüssigkeitsabgabe kann die biologische Halbwertszeit herabgesetzt werden: Für eine Flüssigkeitseinnahme von 2,7 l/Tag beträgt die biologische Halbwertszeit 245 h, für eine Einnahme von 12,8 l/Tag 57 h [9].

Tabelle 3 enthält die im Strahlenschutz zu beachtenden Richtwerte.

Tabelle 3. Strahlenschutzrichtwerte

Maximal zulässige "body burden"	gesamter Körper: 2 mCi [6] Körpergewebe: 1 mCi
MZK in Atemluft für beruflich strahlenexponierte Personen bei 40-Stunden-Woche	$6 \cdot 10^{-6} \mu\text{Ci}/\text{cm}^3$ [14]
MZK für Abwasser	$3 \cdot 10^{-2} \mu\text{Ci}/\text{cm}^3$ [14]
Freigrenze nach der 1. Strahlenschutzverordnung	100 μCi [14]

3. Meßtechnische Probleme

Nach Tabelle 2 besitzt die β -Strahlung von Tritium eine maximale Reichweite in Luft von 6 mm. Diese Strahlung kann Folien von 0,6 mg/cm² nicht mehr durchdringen. Tritium muß also zum Nachweis in das Meßvolumen hineingebracht werden, wodurch die Gefahr einer Kontamination des Detektors vergrößert wird („Memory-Effekt“). Erschwert wird der Nachweis von Tritium in der Strahlenschutzpraxis durch äußere Strahlung und auch dadurch, daß Tritium sehr häufig zusammen mit anderen Radionukliden vorliegt. Dies gilt insbesondere für Reaktoren, wo z. B. Tritium neben ⁴¹A sowie anderen radioaktiven Gasen, z. B. Spaltgasen, auftreten kann.

Tabelle 4 gibt einen groben Überblick über die vorliegenden Meßprobleme und ihre gebräuchlichsten Lösungen. Bezüglich der Luftüberwachung wird nur auf Verfahren eingegangen, die Tritium selektiv messen, d. h. von anderen Radionukliden unterscheiden. Die benutzten Geräte sind — bedingt durch ihre Konstruktion — nur wenig gegen äußere γ -Strahlung empfindlich. Im Zusammenhang mit der Luftüberwachung sollte das Problem der Zeitkonstante erwähnt werden, das dadurch entsteht, daß das auszumessende Gas in den Detektor hineingebracht werden muß. Der Endausschlag A_∞ der Tritiumanzeige kann sich erst einstellen, wenn im Detektor die Gleichgewichtskonzentration erreicht ist. Dies geschieht nach einem Gesetz der Form

$$A = A_\infty (1 - e^{-\frac{\dot{V}}{V} t}) \quad (1)$$

(A = Anzeige, A_∞ = Endausschlag, \dot{V} = Gaszufuhr pro Zeiteinheit zum Detektor, V = Detektorvolumen einschließlich Zuführungsleitungen, t = Zeit).

Die Zeit für das Erreichen des Endausschlags wird also durch das Verhältnis V/\dot{V} bestimmt. Aus ökonomischen und technischen Gründen, läßt sich dieses Verhältnis bei beiden in Tabelle 4 erwähnten Verfahren nicht beliebig vermindern.

Tabelle 4. Strahlenschutzmeßaufgaben und ihre gebräuchlichsten Lösungen (vgl. [15, 16])

Problem	Gebräuchlichste Lösung	Nachweisempfindlichkeit	
I. Kontinuierliche Überwachung der Atemluft	a) Tritiumhaltiger Wasserdampf (HTO oder DTO)	1) Differenz-Ionisationskammer mit Lufttrocknung vor einer Kammer [17] 2) Großflächenproportionalzähler nach dem Prinzip der Vollraumantikoinzidenz [18]	$5 \cdot 10^{-7} \mu\text{Ci}/\text{cm}^3$ $2 \cdot 10^{-7} \mu\text{Ci}/\text{cm}^3$
	b) Tritium als Gas (HT, DT, T ₂)	1) Differenz-Ionisationskammer mit Lufttrocknung vor einer Kammer und Katalysatorvorsatz zur Oxydierung des Wasserstoffs 2) wie oben	$2 \cdot 10^{-7} \mu\text{Ci}/\text{cm}^3$
II. Tritium in Wasser oder sonstigen Flüssigkeiten	1) Flüssigkeitsszintillator [16, 19, 20, 21] 2) Zersetzung (chemisch, Elektrolyse) der Flüssigkeit und Ausmessung des gasförmigen Wasserstoffs	$10^{-5} \mu\text{Ci}/\text{cm}^3$, bei trüben Flüssigkeiten geringer abhängig vom Aufwand außerordentlich hoch [22, 23, 24]	
III. Flächenkontamination	Wischtest, Auswertung in 1) flüssigem Szintillator (Lösung oder Suspension) 2) im Innenzähler, bzw. unter fensterlosem Zähler [16, 21, 25]		
IV. Bestimmung der Tritiuminkorporation von Personen	1) Körperflüssigkeiten (Urin, Blut usw.) siehe Punkt II dieser Tabelle 2) Ausgeatmete Luft [10, 26]	ca. $10^{-5} \mu\text{Ci}/\text{cm}^3$ (ca. 1 μCi im Körper) [27] ca. 1 μCi im Körper [27]	

Die Nachweisempfindlichkeit kann bei Tritium sehr hoch gesteigert werden, insbesondere, da z. B. durch Elektrolyse eine Isotopenanreicherung möglich ist. Auf diese Weise wurden bei wissenschaftlichen Untersuchungen Tritiumkonzentrationen unter 1 TU (1 TU = 1 Tritium Unit = 1 T-Atom pro 10^{18} H-Atome $\approx 3,2 \cdot 10^{-9} \mu\text{Ci}/\text{ml}$ bei Wasser) gemessen [22, 23, 24]. Solche Nachweisempfindlichkeiten werden jedoch für Strahlenschutz zwecke bei weitem nicht benötigt. Trotzdem ist bei manchen Meßaufgaben eine Aufbereitung der Proben notwendig, wobei das Tritium in eine für die in Tabelle 4 aufgezählten Standardmethoden zugängliche Form übergeführt werden muß (vgl. z. B. [29, 30]).

4. Dosisbestimmung

Die infolge Tritiuminkorporation empfangene Dosis kann nur indirekt durch eine Messung des Körperwassers

auf Tritium bestimmt werden. Bezeichnet man mit T_b die biologische Halbwertszeit in Tagen, mit K die augenblickliche Tritiumkonzentration im Körperwasser in $\mu\text{Ci/l}$, mit K_0 die Tritiumkonzentration unmittelbar nach einer Inkorporation in $\mu\text{Ci/l}$, so lauten die Gleichungen für Dosisleistung \dot{D} und Dosis D im Gewebe

$$\dot{D} = 0,51 \cdot K \quad [\text{mrad/d}], \quad (2a)$$

bzw.

$$D = 0,74 \cdot T_b \cdot K_0 \quad [\text{mrad}]. \quad (2b)$$

(Man erhält die Gleichungen (2), indem man die Energiefreisetzung pro g Wasser ($E_{\text{eff}} = 10 \text{ keV/Zerfall}$) in $\text{mrad} \approx 0,1 \text{ erg/g}$ ausdrückt und das Zeitintegral bildet).

Für den betrieblichen Strahlenschutz sind folgende Zahlenangaben brauchbar, die man an Hand der Gleichungen (2a) bzw. (2b) überprüfen kann: Die ständige Anwesenheit der maximal zulässigen „body burden“ von 1 mCi Tritium im Körperwasser hätte eine Strahlenbelastung von ca. 5 rem/a zur Folge. Eine einmalige Tritiumaufnahme von 1 mCi verursacht eine Dosis von ca. 0,21 rem. Ein einstündiger ungeschützter Aufenthalt in einer mit $2 \cdot 10^{-6} \text{ Ci/m}^3$ tritiumhaltigem Wasserdampf kontaminierten Atmosphäre verursacht eine Dosis von ca. 0,4 mrem.

5. Schutzmaßnahmen

Da Tritium in Wasserdampf zu einem beträchtlichen Teil über die ungeschützte Haut in den Körper aufgenommen wird, kommt den Schutzmaßnahmen besondere Bedeutung zu. Ein zuverlässiger Schutz kann nur von einem Vollschutzanzug erwartet werden, doch darf dessen Wirksamkeit nicht überschätzt werden. In Tabelle 5 werden neuere, in [10] mitgeteilte Messungen über den

$$\text{Schutzfaktor} = \frac{\text{Inkorporation ohne Schutz}}{\text{Inkorporation mit Schutz}}$$

wiedergegeben. Die vorhergesagten Werte berücksichtigen die Bedingungen, unter denen die Inkorporation erfolgte. Die Abweichungen der Werte inner-

Tabelle 5. Schutzfaktoren gegenüber tritiumhaltigem Wasserdampf [10]

Schutzart	Schutzfaktoren	
	gemessen	vorhergesagt
Fremdluftversorgte Atemmaske + einteiliger 4mil-PVC-Anzug	20	16
	36	15
Fremdluftversorgte Atemmaske + Overall + zweiteiliger 6mil-PVC-Anzug	40	40
	120	30
Fremdluftversorgte Atemmaske + Overall + einteiliger 4mil-PVC-Anzug	120	15
	140	15
	210	16
Fremdluftversorgte Atemmaske + mehrlagiger Schutzanzug (trockenes System)	> 480	—
	> 640	—
Fremdluftversorgte Atemmaske + mehrlagiger Schutzanzug; nasse Schicht 50 mg/cm ²	> 1 900	12 000

halb einer Kategorie beruhen auf Abweichungen in den Zeiten, die die Versuchspersonen dem Tritium ausgesetzt waren. (Mit wachsender Belastungsdauer nimmt der Schutzfaktor ab.) Durch Belüften des Schutzanzuges kann die Tritiumkontamination in seinem Inneren und damit die Tritiuminkorporation herabgesetzt werden. Auf diese Weise können Schutzfaktoren der Größenordnung 10^5 erreicht werden. Allerdings sind für manche Arbeiten an D_2O enthaltenden Reaktoren solche Schutzfaktoren auch anzustreben: Bei einer Tritiumkonzentration von 1 Ci pro Liter Schwerwasser beträgt die Tritiumkonzentration der Luft 10^{-2} Ci/m^3 bei einer absoluten Luftfeuchtigkeit von 10 g/m^3 .

6. Die betriebsmäßige Tritiumüberwachung am Karlsruher Forschungsreaktor FR2

Die Tritiumkonzentration im Schwerwasser des FR2 liegt z. Z. bei 1,6 Ci/l. Es ist daher eine intensive Überwachung auf Tritium notwendig, worüber zur Ergänzung des oben Gesagten im folgenden kurz berichtet werden soll.

Die Atemluft wird routinemäßig über eine fest installierte Anlage überwacht. Diese Anlage saugt aus sämtlichen Räumen, in denen die Möglichkeit eines Austretens von Tritium besteht, Luft über ein Leitungssystem zur Meßstelle. Die Anlage überprüft die Räume in einem vorgegebenen Rhythmus, läßt sich aber auch auf Dauerüberwachung eines einzelnen Raumes umschalten. Diese routinemäßige Überwachung wird bei bestimmten Arbeiten, wie z. B. dem Öffnen eines Kreislaufes bei der Wartung, durch eine gezielte Überwachung mit fahrbaren Anlagen ergänzt. Da bei diesen Arbeiten sehr hohe Tritiumkonzentrationen (bis zur Größenordnung 10^{-2} Ci/m^3) auftreten, ist deren Überwachung von besonderer Bedeutung. Hierbei besteht eine besondere Schwierigkeit darin, daß die Tritiumkonzentration bei solchen Arbeiten sehr großen räumlichen Schwankungen unterworfen ist; aber nur an einer bestimmten Stelle gemessen wird. Es wird daher angestrebt, die Konzentration an Stellen zu messen, an denen mit besonders hohen Werten zu rechnen ist.

Da die bei der Luftüberwachung bestimmte Konzentration erheblich von jener der Atemluft, die von den Beschäftigten eingeatmet wird, abweicht, ist eine Tritiumüberwachung der beteiligten Personen unumgänglich. Zu diesem Zweck erfolgen routinemäßige Tritiummessungen in Urinproben, wobei unterstellt wird, daß die Tritiumkonzentration des Urins gleich jener im Körper ist. Urinuntersuchungen werden auch außer der Reihe nach Arbeiten durchgeführt, bei denen eine Tritiuminkorporation denkbar war. Solche auf Verdacht außerhalb der Routine durchgeführten Messungen sind insofern von Bedeutung, da nur sie Gewißheit über den Zeitpunkt der Inkorporation verschaffen und damit eine zuverlässige Abschätzung der empfangenen Dosis ermöglichen.

Es werden auch Messungen der Kontamination mit Tritium von Flächen versucht, jedoch haben diese Messungen bisher keine positiven Befunde ergeben.

Die am FR2 in bezug auf Tritium durchgeführten Überwachungsmaßnahmen haben sich als völlig aus-

reichend erwiesen: Die innere Strahlenbelastung durch Tritium der am FR2 tätigen Mitarbeiter liegt bis jetzt weit unterhalb der kleinsten auf Filmen nachweisbaren Dosis durch äußere Bestrahlung.

7. Schlußbemerkung

Es ist nicht möglich, in dem hier gegebenen Rahmen einen auch nur annähernd vollständigen Überblick über die sehr umfangreiche, die angeschnittenen Fragen behandelnde Literatur zu geben.

Ausführlichere Literaturhinweise sind in vielen zitierten Veröffentlichungen, insbesondere in [11], [15] und [16], in den Tagungsberichten [32] und [33] sowie in [34] zu finden.

Literatur

- [1] Nuklidkarte mit Erläuterungen, herausgegeben vom Bundesministerium für wissenschaftliche Forschung, 2. Auflage, bearbeitet durch das Kernforschungszentrum Karlsruhe, Institut für Radiochemie
- [2] Albenesius E. L.: Phys. Rev. Lett. *3*, 274 (1959); Albenesius E. L. und Ondrejcin R. S.: Nucleonics *18* (Nr. 9), 100 (1960)
- [2a] Sloth E. N., Horrocks D. L., Boyce E. J. und Studier M. H.: J. Inorg. Nucl. Chem. *24*, 337 (1962)
- [3] Seelmann-Eggebert W. und Pfennig G.: „Radionuklidtabellen“, herausgegeben vom Bundesministerium für wissenschaftliche Forschung (1964)
- [4] Popov M. M., Gagarinski Iu. V., Senin M. D., Mikhalenko I. P. und Morozov Iu. M.: J. Nucl. Energy *9*, 190 (1959)
- [4a] Pillinger W. L., Hentges J. J. und Blair J. A.: Phys. Rev. *121*, 232 (1961)
- [5] Jones W. M.: Phys. Rev. *100*, 124 (1955)
- [6] Report of Committee II on Permissible Dose for Internal Radiation, ICRP Publication 2, Pergamon Press, London (1959)
- [7] Butler H. L. und Leroy J. H.: Health Physics *11*, 283 (1965)
- [8] Wylie K. F., Bigler W. A. und Grove G. R.: Health Physics *9*, 911 (1963)
- [9] Pinson E. A. und Langham W. H.: J. Appl. Physiology *10*, 108 (1957)
- [10] Osborne R. V.: Health Physics *12*, 1527 (1966)
- [11] Wenzel M. und Schulze P. E.: „Tritium-Markierung“, Verlag Walter de Gruyter & Co., Berlin 1962

- [12] „Safe Handling of Radioisotopes, Safety Series No. 1, IAEA, First Edition with Revised Appendix I, Wien 1962
- [13] Westermark T., Devell L. und Ghanem N. A.: Nucl. Instr. and Meth. *9*, 141 (1960)
- [14] Erste Verordnung über den Schutz vor Schäden durch Strahlen radioaktiver Stoffe (Erste Strahlenschutzverordnung), Neufassung vom 22. Oktober 1965, Bundesgesetzblatt I, 1653 (1965)
- [15] Schwiegk H. und Turba F.: „Künstliche radioaktive Isotope in Physiologie, Diagnostik und Therapie“, Springer-Verlag, Berlin 1961
- [16] Kiefer H. und Maushart R.: „Strahlenschutzmeßtechnik“, Verlag G. Braun, Karlsruhe 1964
- [17] Kowalski E.: Atomwirtschaft *7*, 481 (1962)
- [18] Ehret R., Kiefer H. und Maushart R.: Direct Information *2/63*
- [19] Bell C. G., jr. und Hayes F. N.: „Liquid Scintillation Counting“, Pergamon Press, New York 1958
- [20] Bush E. T. und Hansen D.: „Relative Efficiencies of Some New Liquid Scintillation Solutes“, Trans. Am. Nuc. Soc. *7* (Nr. 2), 339 (1964)
- [21] Waechter K. H.: Kerntechnik *3*, 527 (1961)
- [22] Oeschger H.: Dissertation Bern 1956
- [23] Schumacher E.: Helv. Chim. Acta *43*, 1019 (1960)
- [24] Kaufman S. und Libby W. F.: Phys. Rev. *93*, 1337 (1954)
- [25] Porter S. W., jr. und Slaback L. A., jr.: „Measurement of Tritium Surface Contamination“, Symposium der Society for Radiological Protection, Bournemouth, 18. bis 22. April 1966, Paper Nr. 19
- [26] Langer H. und Bothe H.-K.: Kernenergie *7*, 546 (1964)
- [27] Schieferdecker H.: „Nachweis von Tritium im Urin“, Ext. Ber. *23/66-1*, Kernforschungszentrum Karlsruhe
- [28] Schieferdecker H.: private Mitteilung
- [29] Schmidt H. L.: Atompraxis *9*, 349 (1963)
- [30] Feine U.: Atompraxis *9*, 357 (1963)
- [31] Bush W. R.: „Tritium Hazards“, AECL-2594 (1966)
- [32] Tritium in the Physical and Biological Sciences, Proc. of the Symposium on the Detection and Use of Tritium in the Physical and Biological Sciences. IAEA-Symposium 3. — 10. Mai 1961, IAEA-Veröffentlichung STI/PUB/39
- [33] Seminaire sur la protection contre les dangers du tritium. Le Vésinet 16—18 Avril 1964. Edité par le SCPRI, 1964
- [34] Evans E. A.: Tritium and its Compounds. London, Butterworth 1966

Anschrift der Verfasser: Dipl.-Phys. E. Dietrich und Dr. L. A. König, Gesellschaft für Kernforschung mbH, Hauptabteilung Strahlenschutz und Dekontamination/Strahlenschutzdienst, 75 Karlsruhe, Postfach 947

Strahlenschutzprobleme im Zusammenhang mit Tritium

Es wird ein Überblick über bei der betrieblichen Strahlenschutzüberwachung auf Tritium auftretende Probleme und deren Lösung gegeben. Über die Tritiumüberwachung am FR 2 wird kurz berichtet.

Problems of Radiation Protection in Connection with Tritium

A survey is presented on problems connected with the supervision of protection measures, cropping up with the use of tritium. Solutions are offered. A short report describing tritium supervision at the FR 2 reactor is added.

La protection contre les radiations et le tritium

On donne un aperçu des problèmes suscités par la protection contre les radiations en usine dans le cas du tritium, et de leur solution. On rend compte brièvement de la surveillance du tritium dans le FR 2.