

KERNFORSCHUNGSZENTRUM

KARLSRUHE

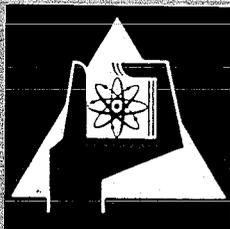
Januar 1972

KFK 1543

Abteilung Strahlenschutz und Sicherheit

Umweltaspekte von ^{129}J

L.A. König



GESELLSCHAFT FÜR KERNFORSCHUNG M. B. H.

KARLSRUHE

Als Manuskript vervielfältigt

Für diesen Bericht behalten wir uns alle Rechte vor

GESELLSCHAFT FÜR KERNFORSCHUNG M. B. H.
KARLSRUHE

KERNFORSCHUNGSZENTRUM KARLSRUHE

Januar 1972

KFK 1543

Abteilung Strahlenschutz und Sicherheit

Umweltaspekte von ^{129}J

von

L.A. König

Gesellschaft für Kernforschung m.b.H., Karlsruhe

Zusammenfassung

Die Umweltbelastung durch ^{129}J wird untersucht. Es wird gezeigt, daß die Umweltkontamination mit diesem Radionuklid praktisch ausschließlich durch Freisetzung aus Wiederaufbereitungsanlagen erfolgt, während die Freisetzung aus Reaktoren im Normalbetrieb unmeßbar klein ($< 1 \text{ nCi/a}$) ist. Es erscheint ratsam, bereits heute mit der Umweltüberwachung auf ^{129}J zu beginnen, obgleich der ^{129}J -Pegel i.a. noch weit von der Grenze des Zulässigen entfernt ist.

Summary

The ^{129}I burden on the environment is studied. It is shown that environmental contamination by this radionuclide is due almost exclusively to the release from reprocessing plants, while the release from reactors is immeasurably small under normal operation ($< 1 \text{ nCi/a}$). It is recommended to start already now environmental monitoring for ^{129}I , although the ^{129}I level is in general still far below the limit of the permissible burden.

The present study was designed to investigate the effects of a self-concept therapy program on the self-concept of college students. The program consisted of a series of self-concept exercises designed to help students identify and evaluate their self-concept. The results of the study indicated that the program had a significant positive effect on the self-concept of the students. The students who participated in the program showed a significant increase in their self-esteem and a decrease in their self-doubt. The program was found to be effective in helping students to develop a more positive and realistic self-concept.

The results of the study also indicated that the program had a significant positive effect on the self-concept of the students. The students who participated in the program showed a significant increase in their self-esteem and a decrease in their self-doubt. The program was found to be effective in helping students to develop a more positive and realistic self-concept.

Eines der Radionuklide, die bei der Kernspaltung entstehen und deren Freisetzung wegen der großen Halbwertszeit zu einem Umweltproblem werden kann, ist ^{129}J . Daher wird diesem Radionuklid in zunehmendem Maße Aufmerksamkeit gewidmet (vgl. z.B. [1]).

In der folgenden Studie sind die grundlegenden Aspekte des ^{129}J -Problems zusammengestellt.

1. Eigenschaften von ^{129}J

In Tab. 1 sind die im Rahmen des Strahlenschutzes interessanten Daten von ^{129}J zusammengefaßt. Die hervorstechendsten Eigenschaften sind die sehr große Halbwertszeit sowie die niederenergetische Strahlung. Erstere Eigenschaft bedeutet, daß in den vom Menschen zu überschauenden Zeiträumen die erzeugte Aktivität praktisch nicht abklingt, während sich aus der zweiten Eigenschaft meßtechnische Probleme ergeben.

Tab. 1 Eigenschaften von ^{129}J

Zerfallsart [3] $^{129}\text{J}(\beta^-) ^{129}\text{Xe}$; 100 % β : 0,189 MeV
100 % γ : 0,03958 MeV (1.0 ns)

Halbwertszeit: $1,7 \cdot 10^7$ a

Zerfallskonstante: $1,29 \cdot 10^{-15} \text{ s}^{-1}$

Spezif. Aktivität: 163 $\mu\text{Ci/g}$

Biologische Halbwertszeit (von J) [2]: 138 d

Effektive Halbwertszeit [2]: 138 d

Effektive Energie für Schilddrüse [2]: 0,068 MeV

Die Strahlenbelastung durch ^{129}J läßt sich nach dem in [2] angegebenen Verfahren berechnen. Man erhält für den Zusammenhang zwischen Jodaktivität in der Schilddrüse q und der Strahlenbelastung D pro Jahr den Zusammenhang

$$\dot{D}_{^{129}\text{J}} = 63,6 \frac{\text{rem}}{\text{a} \cdot \mu\text{Ci}} \cdot q_{^{129}\text{J}} \quad (1)$$

In [2] werden als zulässige Belastung der Schilddrüse 0,6 μCi empfohlen. Setzt man dies in Gl. (1) ein, so erhält man für eine dauernde Anwesenheit von 0,6 μCi eine jährliche Strahlenbelastung von 38 rem. Würde man dagegen in Gl. (1) eine jährliche Strahlenbelastung von 30 rem/a vorgeben, so erhielte man eine zulässige Schilddrüsenbelastung von 0,47 μCi .

Führt man die analoge Betrachtung für ^{131}J durch, so erhält man

$$D_{^{131}\text{J}} = 215 \frac{\text{rem}}{\text{a} \cdot \mu\text{Ci}} \cdot q_{^{131}\text{J}} \quad (2)$$

Dementsprechend beträgt nach [2] die zulässige Schilddrüsenbelastung für ^{131}J nur 0,14 μCi .

Die für die Schilddrüse genannten zulässigen Werte gelten für beruflich strahlenexponierte Personen. Für die Bevölkerung wird man höchstens ein Hundertstel dieser Werte zulassen dürfen, da ^{129}J nicht die einzige Art der Strahlenbelastung nichtnatürlichen Ursprungs darstellt. (Mit dieser im folgenden benutzten Voraussetzung soll keine Empfehlung ausgesprochen werden.)

Wegen der verschiedenen physikalischen Halbwertszeiten liegen die Verhältnisse bei der einmaligen Inkorporation von ^{129}J und ^{131}J umgekehrt. Nach [4] verursacht die einmalige Aufnahme von 1 μCi ^{129}J in die Schilddrüse dort eine Äquivalentdosis von 35 rem, die von ^{131}J dagegen eine von 6,5 rem.

Geht man von einem Schilddrüsengewicht von 20 g aus, so findet man für einen für die Bevölkerung zulässigen Wert der ^{129}J -Inkorporation in der Schilddrüse von $(10^{-2} \cdot 0,6 \mu\text{Ci}/20 \text{ g}) = 3 \cdot 10^{-4} \mu\text{Ci} \text{ } ^{129}\text{J}/\text{g}$ Naßgewebe der Schilddrüse. Bezieht man diese Aktivität auf den Gehalt der Schilddrüse an stabilem Jod von 350 $\mu\text{g}/\text{g}$ Naßgewebe, so findet man eine für die Umwelt maximal zulässige Konzentration von

$$\left(\frac{3 \cdot 10^{-4} \mu\text{Ci}}{350 \mu\text{g}} \right) = 0,86 \mu\text{Ci } ^{129}\text{J/g} \text{ stabilem Jod.}$$

2. Die ^{129}J -Produktion

Die durch Kernspaltung entstehende Menge von ^{129}J lässt sich leicht abschätzen: Für die Freisetzung einer Energie von 1 MWa sind $9,8 \cdot 10^{23}$ Spaltungen erforderlich. Bei einer Spaltausbeute von 1 % entstehen also $9,8 \cdot 10^{21}$ ^{129}J -Kerne pro MWa. Die Erzeugungsrate an ^{129}J beträgt demnach $3,4 \cdot 10^{-4}$ Ci/MWa*.

Geht man von einer thermischen Leistung durch Kernspaltung von 10^{22} J/a = $3,2 \cdot 10^8$ MW aus - dies entspricht etwa dem 50-fachen des jetzigen Energiebedarfs der Welt -, so erhält man damit eine jährliche Erzeugung von ^{129}J von $1,1 \cdot 10^5$ Ci. In [1] wird für das Jahr 2060 ein Schätzwert von $0,9 \cdot 10^5$ Ci angegeben. Dort wird weiter abgeschätzt, daß bis zum Jahr 2060 insgesamt 2 MCi ^{129}J erzeugt sind.

Für die BRD errechnet man ausgehend von einem Schätzwert für die installierte thermische Leistung von $2 \cdot 10^5$ MW für das Jahr 2000 eine Produktionsrate von 68 Ci $^{129}\text{J}/\text{a}$, von denen ein Teil bei der Wiederaufbereitung freigesetzt wird. Dabei ist zu erwarten, daß nur wenige Wiederaufbereitungsanlagen in der BRD gebaut werden, d.h., daß diese Freisetzung an wenigen Standorten erfolgt.

3. Freisetzung von ^{129}J

Im folgenden soll die Freisetzung von ^{129}J aus Reaktoren und aus Wiederaufbereitungsanlagen abgeschätzt werden. Um die so erhaltenen Werte besser beurteilen zu können, wird zunächst die Frage der zulässigen ^{129}J -Ableitungen behandelt.

* Aus dieser Zahl läßt sich leicht die bei der Explosion von Spaltbomben erzeugte und freigesetzte ^{129}J -Aktivität abschätzen: Eine Sprengkraft äquivalent 1 kt TNT entspricht $1,16 \cdot 10^6$ kWh = 0,13 MWa. Damit erhält man eine ^{129}J -Produktionsrate von $4,5 \cdot 10^{-5}$ Ci $^{129}\text{J}/\text{kt}$ TNT-Äquivalent.

3.1 Die zulässige Freisetzung an ^{129}J

Die Größenordnung der zulässigen ^{129}J -Freisetzung \dot{A}_{zul} läßt sich nach der bekannten Beziehung

$$\dot{A}_{\text{zul}} = \frac{\bar{c}_{\text{zul}}}{\bar{\chi}} \quad (2)$$

abschätzen. Hierin bedeutet \bar{c}_{zul} die im zeitlichen Mittel zugelassene Konzentration und $\bar{\chi}$ den Langzeitausbreitungsfaktor. Für das Konzentrationsmaximum bei Gleichverteilung aller Windrichtungen und 60 m Schornsteinhöhe gilt $\bar{\chi} = 2 \cdot 10^{-7} \text{ s/m}^3$ (vgl. z.B. [5]). In der ersten Strahlenschutzverordnung [6] wird in Anlage 2 für ^{129}J in der Atemluft ein Wert von $3 \cdot 10^{-10} \text{ } \mu\text{Ci/cm}^3$ angegeben (Vergleichswert für ^{131}J : $2 \cdot 10^{-9} \text{ } \mu\text{Ci/cm}^3$). Für die Gesamtbevölkerung ist ein Zehntel dieses Wertes zulässig. Unter Berücksichtigung der Nahrungskette und der empfindlichsten Bevölkerungsgruppe (Kleinkind von einem halben Jahr) wäre dieser Wert weiter um einen Faktor ca. $1/800$ zu reduzieren (vgl. z.B. Tab. 6 in [7]), so daß man $\bar{c}_{\text{zul}} \approx 4 \cdot 10^{-14} \text{ } \mu\text{Ci/cm}^3$ erhält. Damit ergibt sich nach Gl. (2) $\dot{A} \approx 6 \text{ Ci/a}$.

Vorstehende Betrachtung, die auf der (nicht unproblematischen) Übertragung von für ^{131}J durchgeführten Abschätzungen auf ^{129}J beruht, zeigt, daß Ableitungen von ^{129}J in der Größenordnung 1 Ci/a zu einer Strahlenbelastung führen, die einer sorgfältigeren Analyse bedarf.

3.2 Freisetzung aus Reaktoren

Aus der Produktionsrate von ^{129}J und der bekannten Produktionsrate von ^{131}J läßt sich unter Berücksichtigung der gemessenen ^{131}J -Freisetzungen eine Aussage über die Freisetzung an ^{129}J machen. Der Gleichgewichtswert von ^{131}J pro MW thermischer Leistung beträgt $2,5 \cdot 10^4 \text{ Ci}$. Hieraus ergibt sich, daß nach einem Jahr Betriebszeit die Aktivität von ^{129}J um acht Größenordnungen (Faktor $1,4 \cdot 10^{-8}$) unter jener von ^{131}J liegt. Geht

man von einer Jodableitung aus Kernreaktoren im Normalbetrieb von 10^{-3} Ci/a aus, so erhält man ^{129}J -Freisetzungen in der Größenordnung von 10 pCi/a. Dies Resultat stimmt mit Schätzwerten überein, die in [1] für die Reaktoren Dresden-1 und Yankee zitiert werden. Bei Leistungsreaktoren müssen höhere Freisetzungsraten erwartet werden, die jedoch 1 nCi/a kaum überschreiten dürften.

3.3 Freisetzung aus Wiederaufbereitungsanlagen

Während die ^{129}J -Freisetzung aus Reaktoren ohne praktische Bedeutung ist, sieht die Situation bei Wiederaufbereitungsanlagen völlig anders aus. Hier ist die Freisetzungsrate durch das Produkt der Durchlässigkeit der Jodfilter und der Jodfreisetzung bei dem Wiederaufbereitungsverfahren bestimmt. Geht man davon aus, daß von den unter 2. erwähnten 2 M Ci der Bruchteil ("Freisetzungsfaktor") 10^{-4} in die Umwelt freigesetzt wird, so wären nach 1. (200 Ci/o, $86 \cdot 10^{-6}$ Ci/g =) $2,3 \cdot 10^8$ g an stabilem Jod notwendig, um auf die vorgegebene zulässige ^{129}J -Konzentration im stabilen Jod zu verdünnen. Allein im zirkulierenden Wasser befinden sich aber ca. $1,4 \cdot 10^{15}$ g stabiles Jod. (Diese Zahl ergibt sich aus dem Volumen der zirkulierenden Wassermenge von $2,7 \cdot 10^{16}$ m³ [8] und einem Gewichtsanteil von $5 \cdot 10^{-8}$ der Hydrosphäre an stabilem Jod. Bei einer gleichmäßigen Durchmischung stünde also ausreichend viel stabiles Jod zur Verdünnung zur Verfügung. Eine derartige gleichförmige Durchmischung in der Umwelt ist jedoch unwahrscheinlich. Eine genauere Kenntnis der Durchmischungsvorgänge ist daher Voraussetzung einer endgültigen Beurteilung der zu erwartenden Probleme.

Die unter 3.1 abgeleitete zulässige Freisetzungsrate der Größenordnung 1 Ci/a wird bei einem ungünstigen Freisetzungsfaktor 10^{-2} erreicht, wenn in einer Wiederaufbereitungsanlage 100 Ci/a an ^{129}J durchgesetzt werden. Dem entspricht nach 2. die Wiederaufbereitung von Kernbrennstoffen, entsprechend einer installierten thermischen Leistung von $3 \cdot 10^5$ MW, ein

Wert, der in der BRD erst in der ferneren Zukunft erreicht werden kann.

4. Schlußfolgerungen

Aus vorstehenden Überlegungen folgt:

1. Wegen der Kleinheit der Ableitungen ist eine Überwachung der Abluft von Kernkraftwerken auf ^{129}J bei Normalbetrieb nicht notwendig und nicht möglich.
2. Die Abluft von Wiederaufbereitungsanlagen muß sehr sorgfältig auf Jod gefiltert werden, da die Umweltkontamination mit ^{129}J durch die Freisetzung der Wiederaufbereitungsanlagen entschieden wird. Gleichzeitig ist eine meßtechnische Überwachung notwendig.
3. Es scheint nützlich, Schilddrüsen von Wild, das in der Umgebung von Wiederaufbereitungsanlagen gelebt hat, auf ^{129}J zu messen, um den ^{129}J -Pegel von Anfang an unter Kontrolle zu halten. Letzteres wird auch durch die in [1] mitgeteilten Meßergebnisse nahegelegt.

Vorstehende Studie zeigt im übrigen deutlich, wie wichtig internationale Abmachungen über die Begrenzung der Ableitungen von Schadstoffen in die Atmosphäre wären, da die Auswirkungen nicht lokal beschränkt sind und durch einseitige Bemühungen derartige Umweltprobleme nicht befriedigend gelöst werden können.

Literatur

- [1] J.L. Russell und P.B. Hahn, Radiological Health Data and Reports, 12, 189 (1971)

- [2] Recommendations of the International Commission on Radiological Protection (ICRP Publication 2), Report of Committee II on Permissible Dose for Internal Radiation (1959), Pergamon Press, London - New York - Paris - Los Angeles

- [3] C.M. Lederer, J.M. Hollander, I. Perlman, Table of Isotopes, 6th Edition, John Wiley + Sons, Inc., New York, 1968, S. 273

- [4] L.A. König, Atompraxis, Heft 11/12 (1968)

- [5] P.M. Bryant, AHSB (RP) R 42 (1964)

- [6] Erste Verordnung über den Schutz vor Schäden durch Strahlen radioaktiver Stoffe (Erste Strahlenschutzverordnung) in der Fassung vom 15. Oktober 1965, Bundesgesetzblatt, Teil I, 1654 (1965)

- [7] L.A. König, S. Zehme, Atompraxis, Heft 4/5 (1965)

- [8] D.G. Jacobs, Sources of Tritium and its Behavior upon its Release to the Environment, TID 24 635 (1968)

