

Einfluss natürlicher Radionuklide im Trinkwasser auf die Ingestionsdosis – Untersuchungen in Hessen –

Zu den natürlichen Bestandteilen des Trinkwassers gehören auch Spuren natürlich radioaktiver Stoffe. Sie stammen aus während der Erdentstehung gebildeten und heute noch in der Erdkruste vorhandenen Radionukliden bzw. ihren Zerfallsprodukten. Sie werden aus dem Gestein gelöst und gelangen so in geringsten Mengen in das Trinkwasser. Der Gehalt an Radionukliden in Grundwässern variiert regional abhängig von den geologischen Ausgangsstrukturen. Auf Grund der unterschiedlichen chemischen Eigenschaften der Radionuklide und ihrer spezifischen Wechselwirkung mit der geologischen und hydrologischen Umgebung ergeben sich unterschiedliche Mobilitäten für die jeweiligen Radionuklide. Diese führen dazu, dass die Zerfallsreihen nicht im radioaktiven Gleichgewicht, das sich unter neutralen Bedingungen einstellen würde, vorliegen. Damit ist die Bestimmung der gesamten Aktivitätskonzentration innerhalb einer Zerfallsreihe mit der Messung nur eines Radionuklids nicht möglich.

Die Wirkung ionisierender Strahlung auf den Menschen wird durch die effektive Dosis beschrieben. Sie berücksichtigt die unterschiedliche Strahlenempfindlichkeit der Organe und Gewebe des Menschen, die unterschiedliche biologische Wirkung der verschiedenen Strahlenarten sowie die im Gewebe deponierte Energie. Für die Betrachtung der Wirkung radioaktiver Stoffe im Trinkwasser ist die Aufnahme in den Körper über den Verdauungstrakt (Ingestion) der relevante Pfad.

Insgesamt ergibt sich für die mittlere jährliche effektive Dosis durch natürliche Radionuklide in Nahrung und Trinkwasser in Deutschland ein Wert von 0,3 mSv (Milli-Sievert)[1]. Mehr als die Hälfte dieses Wertes entsteht durch die Wirkung des ⁴⁰Kalium. Die Ingestion von Trinkwasser trägt im Mittel 2 % bei [2]. Der Ingestionsdosisbeitrag durch die Aufnahme künstlicher radioaktiver Stoffe über das Trinkwasser ist vernachlässigbar gering und in den meisten Fällen nicht nachweisbar.

Radioaktivitätsparameter der EU-Trinkwasserrichtlinie und der Trinkwasserverordnung

Die im Jahr 2001 auf der Grundlage der Europäischen Trinkwasserrichtlinie [3] novellierte Trinkwasserverordnung – TrinkwV 2001 [4] regelt auch den Gehalt von radioaktiven Stoffen im Trinkwasser. Hierbei handelt es sich um die Festlegung von Indikatorparametern für die Tritium-Konzentration in Höhe von 100 Bq/l (Becquerel pro Liter) und der Gesamtrichtdosis (als Ingestionsdosis) in Höhe von 0,1 mSv/a, die durch Aufnahme radioaktiver Nuklide

mit dem Trinkwasser nicht überschritten werden dürfen. Tritium, das in der Atmosphäre unter der Einwirkung von Höhenstrahlung gebildet wird, gelangt über Austauschprozesse ins Regen- und damit auch in Grund- und Trinkwasser.

Zur Ermittlung der Gesamtrichtdosis gemäß EU-Trinkwasserrichtlinie und Trinkwasserverordnung sind alle künstlichen und natürlichen Radionuklide

außer Tritium, ⁴⁰Kalium und Radon (einschließlich aller Folgeprodukte) zu berücksichtigen. Im Gegensatz zu anderen Parametern der Trinkwasserverordnung ist für die Gesamtrichtdosis keine Stoffkonzentration angegeben. Es müssen vielmehr die Aktivitätskonzentrationen der Radionuklide bestimmt, als auch deren Wirkung nach Ingestion durch nuklidspezifische Dosiskoeffizienten [5] berücksichtigt werden. Diese Ingestionsdosiskoeffizienten werden altersgruppenspezifisch unterschieden. Neben den Dosiskoeffizienten für Erwachsene sind insbesondere die für Kleinkinder interessant, da diese häufig sehr viel höher sind. Welche Bevölkerungsgruppe zur Abschätzung der Gesamtrichtdosis nach Trinkwasserverordnung herangezogen wird, ist noch nicht entschieden. Im Hinblick auf ihren möglichen Ingestionsdosisbeitrag von Bedeutung sind auf Grund ihres hohen Dosiskoeffizienten (Abb.1) insbesondere die Radionuklide ²²⁸Ra, ²²⁶Ra und ²²⁷Ac sowie die nach Trinkwasserverordnung nicht zu berücksichtigten Radonfolgeprodukte des ²¹⁰Pb und ²¹⁰Po.

Um den messtechnischen Aufwand zur Ermittlung der Gesamtrichtdosis zu minimieren, ohne das Schutzziel zu vernachlässigen, werden derzeit einfachere Messverfahren als die komplette nuklidspezifische Analyse auf ihre Eignung zur konservativen Abschätzung der Gesamtrichtdosis getestet. Eine verbindliche Festlegung der anzuwendenden Mess-

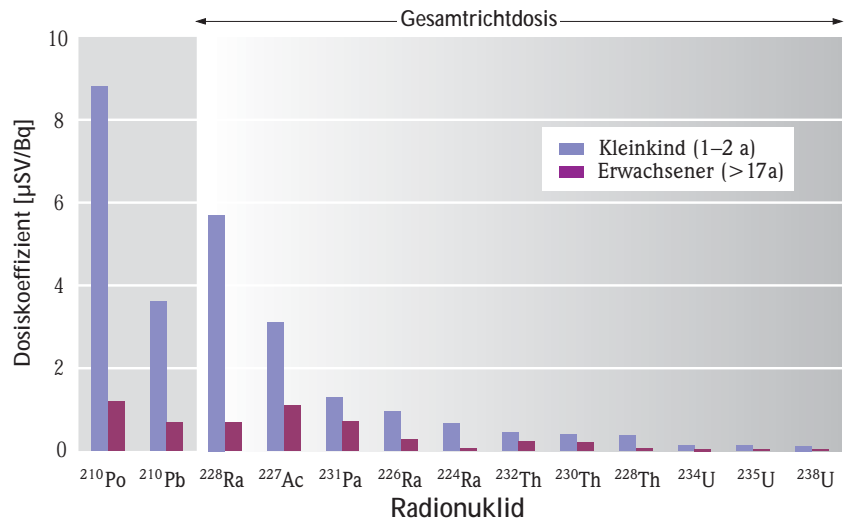


Abb. 1: Ausgewählte Dosiskoeffizienten für den Ingestionspfad. Die für die Gesamtrichtdosis zu berücksichtigenden Nuklide sind gekennzeichnet.

verfahren durch die EU steht noch aus, weshalb die Radioaktivitätsparameter noch nicht routinemäßig beprobt werden.

Grundsätzlich ermöglicht die Trinkwasserverordnung auch den Verzicht auf individuelle Überprüfungen, wenn durch andere Messprogramme die Einhaltung der Referenzwerte sichergestellt ist. Bei Überschreitung der Gesamtrichtdosis sieht die Trinkwasserverordnung nicht automatisch ein Verzehrsverbot vor, sondern fordert Gegenmaßnahmen nach Abwägung der Verhältnismäßigkeit. Hierbei wäre insbesondere die Ingestionsdosis durch Aufnahme von Trinkwasser im Verhältnis zu der durch die Aufnahme anderer Nahrungsmittel entstehenden Dosis zu betrachten.

Untersuchungen in Hessischen Wasserversorgungsanlagen

Zur detaillierteren Erfassung der Situation in Hessen wurden in Kooperation mit dem Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) im Rahmen eines bundesweiten Trinkwassermessprogramms aus 53 hessischen Wasserversorgungsanlagen Roh- und Reinwasserproben entnommen und hinsichtlich ihrer Radioakti-

vitätskonzentration nuklidspezifisch analysiert. Bei der Auswahl der Probenahmeorte wurden sowohl die regionale Abdeckung als auch die erzeugten Trinkwassermengen berücksichtigt. In der Regel gibt es zwei Probenahmeorte je Landkreis (Abb. 2). Die Probenahme wurde von der FH Gießen-Friedberg in

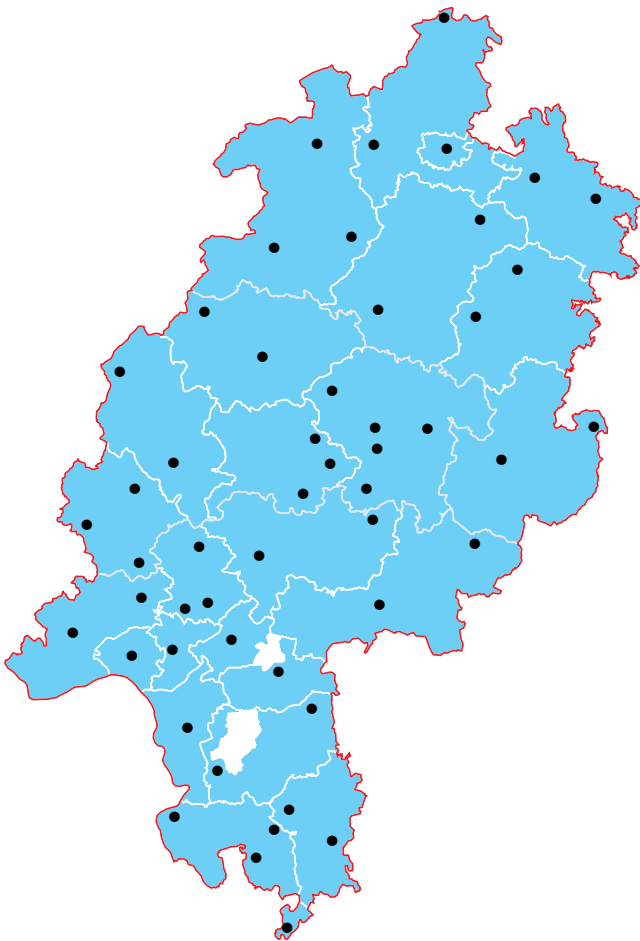


Abb. 2: Geografische Verteilung der im Rahmen des BfS-Trinkwasserprogramms beprobten Wasserversorgungsanlagen (Stand: 12/2006)

Abstimmung mit dem HLUG, die Messung vom BfS durchgeführt. Die Probenmengen betragen je 40 l, zusätzlich 0,5 l für die ^{222}Rn -Bestimmung.

Die Einzelergebnisse sind in Tab. 1 zusammengefasst. Sie basiert auf allen bis Dezember 2006 in Hessen bereits ermittelten Daten. Zum Vergleich sind dort auch bundesweit ermittelte Medianwerte und Wertebereiche angegeben. Eine detaillierte Auswertung durch das BfS ist für Mitte 2007 angekündigt [6].

Für ^{222}Rn wurde im Rahmen eines früheren Projektes aus der Analyse von 155 Reinwasserproben für Hessen ein Medianwert von 6100 mBq/l ermittelt [8]. Der in Tab. 1 genannte Wert von 8100 mBq/l aus 53 Proben bestätigt dies im Rahmen des erwarteten natürlichen Schwankungsbereichs. Radon trägt nur über seine Folgeprodukte zur Ingestionsdosis bei.

Für alle anderen Radionuklide in hessischen Trinkwässern zeigt Tab. 1 geringere Medianwerte für die Aktivitätskonzentration als im Bundesdurchschnitt. Die oberen Grenzen der Wertebereiche liegen deutlich unter denen der bundesweit ermittelten Ergebnisse. Für ^{226}Ra wird dies auf einer breiteren Datenbasis bestätigt [9].

Der Urangehalt des Trinkwassers spielt unter radiologischen Aspekten eine untergeordnete Rolle, da Richtwert bestimmend die Nierentoxizität des Schwermetalls Uran ist [10]. Die für Hessen ermittelten Uran-

konzentrationen sind jeweils für Roh- und Reinwasser in Abb. 3 dargestellt. Man erkennt große Schwankungen, die allerdings weit unter den für Uran auf Grund seiner chemischen Toxizität derzeit diskutierten Grenzwerten liegen. Die geringen Unterschiede zwischen den Roh- und Reinwasserwerten lassen auf einen geringen Einfluss der Aufbereitungsmaßnahmen schließen.

Tab. 1: Vergleich der Radionuklidkonzentrationen.

Radionuklid	Deutschland ¹⁾		Hessen ²⁾	
	Wertebereich mBq/l	Medianwert ⁴⁾ mBq/l	Wertebereich mBq/l	Medianwert mBq/l
Gesamt- α	–	–	< 17,0–405	19,0
$^{238}\text{Uran}$	< 0,5–440	16 (6 ³⁾)	< 0,7–115	1,2
$^{226}\text{Radium}$	< 0,5–260	5	< 0,8–106	3,8
$^{228}\text{Radium}$	< 4,5–130	12	< 0,7–75	3,1
$^{222}\text{Radon}$	< 2–1500 000	5 900	< 1400–61 000	8 100
$^{210}\text{Blei}$	< 0,2–620	6,9	< 1,7–16	1,9
$^{210}\text{Polonium}$	< 0,1–110	1,7	< 0,4–13	0,8

1) BfS-Ergebnisse aus [7]

2) Ergebnisse aus 53 Einzelmessungen (Stand 12/2006)

3) geschätzter Wert für die gesamte Bundesrepublik

4) Die Medianwerte dieser Radionuklide für Deutschland wurden überwiegend an Proben aus dem Erzgebirge und dem Vogtland bestimmt.

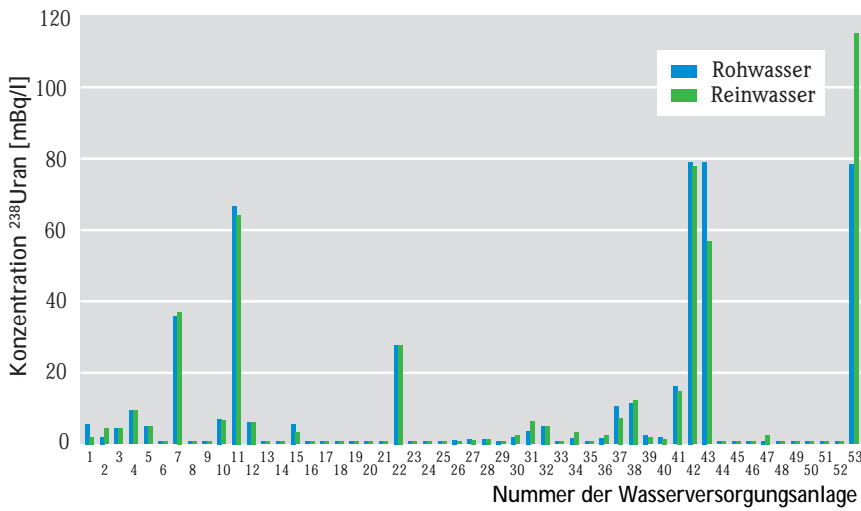


Abb. 3: Aktivitätskonzentration von ²³⁸Uran im Roh- und Reinwasser.

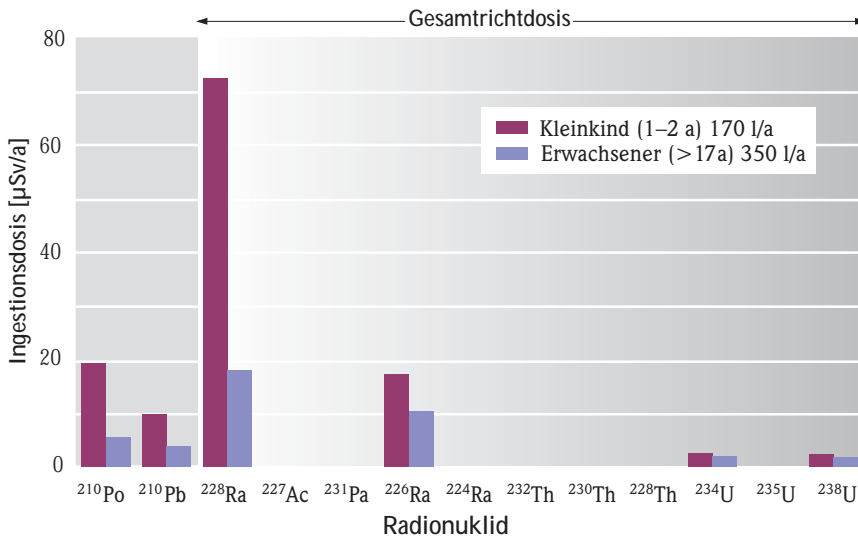


Abb. 4: Beitrag einzelner Radionuklide zur Ingestionsdosis (keine Werte = in den untersuchten hessischen Trinkwässern nicht nachweisbar).

Tab. 2: Ingestionsdosis in Hessen.

	Medianwerte		Maximalwerte	
	Kleinkinder (1-2 a)	Erwachsene (>17 a)	Kleinkinder (1-2 a)	Erwachsene (>17 a)
Trinkwasserverzehr	170 l/a	350 l/a	170 l/a	350 l/a
Gesamtrichtdosis	4 µSv	1 µSv	96 µSv	32 µSv
Gesamtrichtdosis + ²¹⁰ Po/ ²¹⁰ Pb	6 µSv	2 µSv	124 µSv	41 µSv

²²⁸Radium liefert den größten Anteil zur Ingestionsdosis und dominiert damit die Gesamtrichtdosis (Abb. 4). Das trifft sowohl für die Bevölkerungsgruppe der ein- bis zweijährigen Kleinkinder als auch der Erwachsenen zu, die sich hinsichtlich des angenommenen Trinkwasserverzehrs von 170 bzw. 350 l/a unterscheiden. Ebenfalls berücksichtigt sind die für diese Bevölkerungsgruppen unterschiedlichen Dosiskoeffizienten. Aus Sicht des Strahlenschutzes ist nicht nachvollziehbar, warum der Dosisbeitrag der Radonfolgeprodukte ²¹⁰Pb und ²¹⁰Po keinen Eingang in die auf europäischer Ebene definierte Gesamtrichtdosis gefunden hat.

Zur summarischen Darstellung der hessischen Situation wird in Tab. 2 die für Erwachsene bzw. Kleinkinder ermittelte Gesamtrichtdosis nach Definition der Trinkwasserverordnung sowie eine erweiterte Gesamtrichtdosis, die auch den Beitrag von ²¹⁰Pb und ²¹⁰Po berücksichtigt, dargestellt. Als Datenbasis wurden dazu die bisher vorliegenden Medianwerte der hessischen Messungen verwendet. Als extrem konservative Abschätzung wurde darüber hinaus die Gesamtrichtdosis auch auf Basis der in Hessen gemessenen Maximalwerte ermittelt.

Auch unter Berücksichtigung der Dosisbeiträge der Nuklide ²¹⁰Pb und ²¹⁰Po und unter Zugrundelegung der hessischen Medianwerte wird der Wert der Gesamtrichtdosis von 100 µSv nicht überschritten. Selbst unter Zugrundelegung der Maximalwerte wird die Gesamtrichtdosis bei der Betrachtung der Bevölkerungsgruppe Kleinkinder nur geringfügig

überschritten. Dies könnte bedeuten, dass für Hessen keine weiteren Maßnahmen nach Trinkwasserverordnung notwendig sind. Endgültigen Aufschluss wird die abschließende Betrachtung durch das BfS

bringen, die die bis dahin vervollständigten hessischen Ergebnisse in den Zusammenhang mit den bundesweit ermittelten Werten stellt.

Literatur

- [1] Hrsg.: Das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit: Jahresbericht 2005 - Umweltradioaktivität und Strahlenbelastung, Bonn, Dezember 2006
- [2] R. MICHEL: Die natürliche Strahlenexposition: Ursprung, Höhe, Schwankungsbreiten, Strahlenschutz-Praxis 7, 1 (2001) S. 9 – 10
- [3] Europäische Union (EU) Richtlinie 98/83/EG über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch von 3. November 1998, Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften, L 330/32
- [4] Verordnung über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch - TrinkwV 2001, 21. Mai 2001 (BGBl. I Nr. 24 vom 28.5. 2001 S. 959; zuletzt geändert 31.10.2006 S. 2407)
- [5] Bekanntmachung der Dosiskoeffizienten zur Berechnung der Strahlenexposition, 23.07.2001, Banz. 160a/160b vom 28.08.2001
- [6] Bundesamt für Strahlenschutz: Natürliche Radionuklide in Trinkwässern, <http://www.bfs.de/ion/nahrungsmittel/trinkwasser.html> Stand: 15.02.2007
- [7] BÜNGER, TH., OBRIKAT, D.: Überwachung natürlicher Radionuklide in Trinkwasser, 12. Fachgespräch zur Überwachung der Umweltradioaktivität, Bonn, 2003
- [8] HINGMANN, H.; EHRET, V.: Radonkonzentrationen in Roh- und Reinwasserproben aus Hessen, 34. Jahrestagung des Fachverbandes für Strahlenschutz e.V.; Kloster Seeon; April 2002
- [9] HINGMANN, H.; EHRET, V.; ALLINGER, TH.: Natürliche Radionuklide im Trinkwasser – Untersuchungen in Hessen, 38. Jahrestagung des Fachverbandes für Strahlenschutz e.V.; Dresden; September 2006
- [10] Gemeinsame Stellungnahme Nr. 014/2006 des BfS und des BfR vom 16. Januar 2006: BfR korrigiert Höchstmengenempfehlung für Uran in Wässern zur Zubereitung von Säuglingsnahrung, http://www.bfr.bund.de/cm/208/bfr_korrigiert_hoehstmengenempfehlung_fuer_uran_in_waessern_zur_zubereitung_von_saeuglingsnahrung.pdf Stand:15.02.2007