

Warum Trinkwasser auf radioaktive Stoffe untersuchen?

IWW-Kolloquium am 09.06.2016

in Diepholz

Achim Rübel, IWW Zentrum Wasser, Mülheim an der Ruhr
a.ruebel@iww-online.de



Institut an der

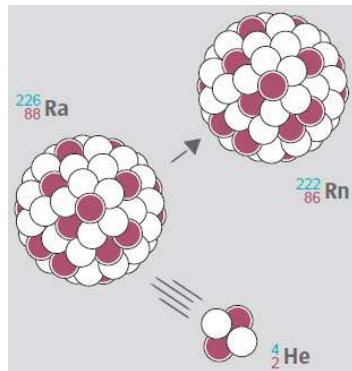
UNIVERSITÄT
DUISBURG
ESSEN

Offen im Denken

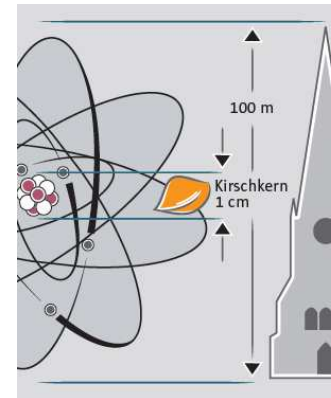


Radioaktivität: radioaktive Stoffe / Radionuklide

Radioaktivität: Eigenschaft von **Atomkernen** sich **spontan** umzuwandeln unter Aussendung von **ionisierender Strahlung**.



Atomkern (Nuklid):
Protonen, Neutronen



Atom:
Atomkern Elektronen

Grund:

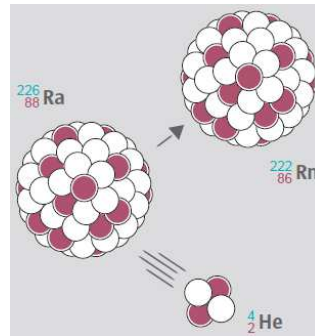
Produkt ist energetisch stabiler

Bildquelle: Volkmer
Kernenergie Basiswissen

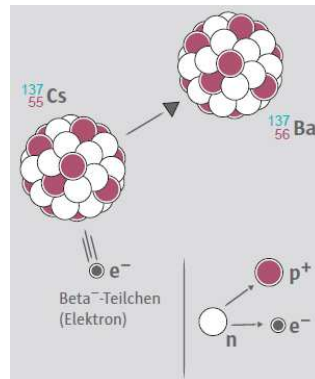
Ionisierende Strahlung: Strahlung ist Transport von Energie

Materiestrahlung

Alpha-
Strahlung
He-Kern



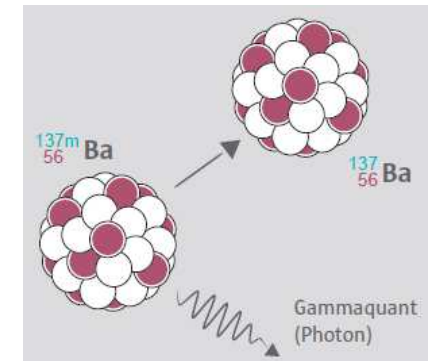
Beta-
Strahlung
Elektron
(Positron)



Neutronen /
Protonen

Elektromagnetische Strahlung

Gamma-
Strahlung

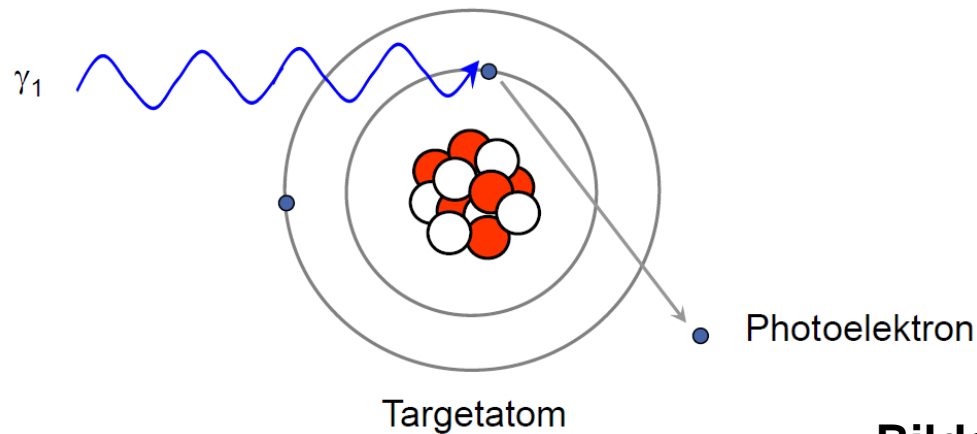
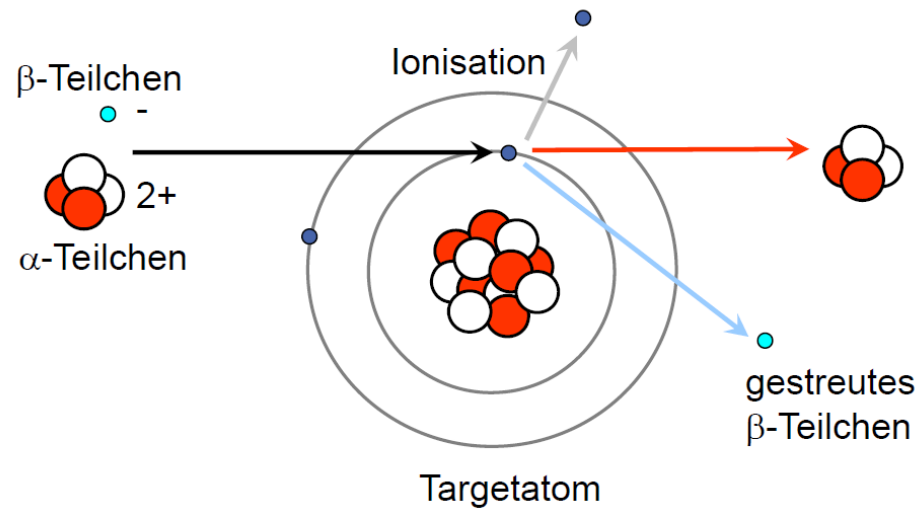


Bildquelle: Volkmer
Kernenergie Basiswissen

Strahlungsquanten

Strahlungsart	Typische Energie	Reichweite in der Luft	Abschirmung	Beispiele
Alpha-Strahlung	5 MeV	ca. 4 cm	1 Blatt Papier	Radon-222 Radium-228 Uran-238 Plutonium-Isotope
Beta-Strahlung	1 MeV	ca. 3 m	0,5 cm Plexiglas	Radium-226 Blei-210 Cäsium-137 Kalium-40 Tritium (H-3)
Gamma-Strahlung	1 MeV	700 m?	10 cm Blei	Bei Vielzahl an Nukliden (auch zusätzlich neben Alpha-/Beta-Strahlung)

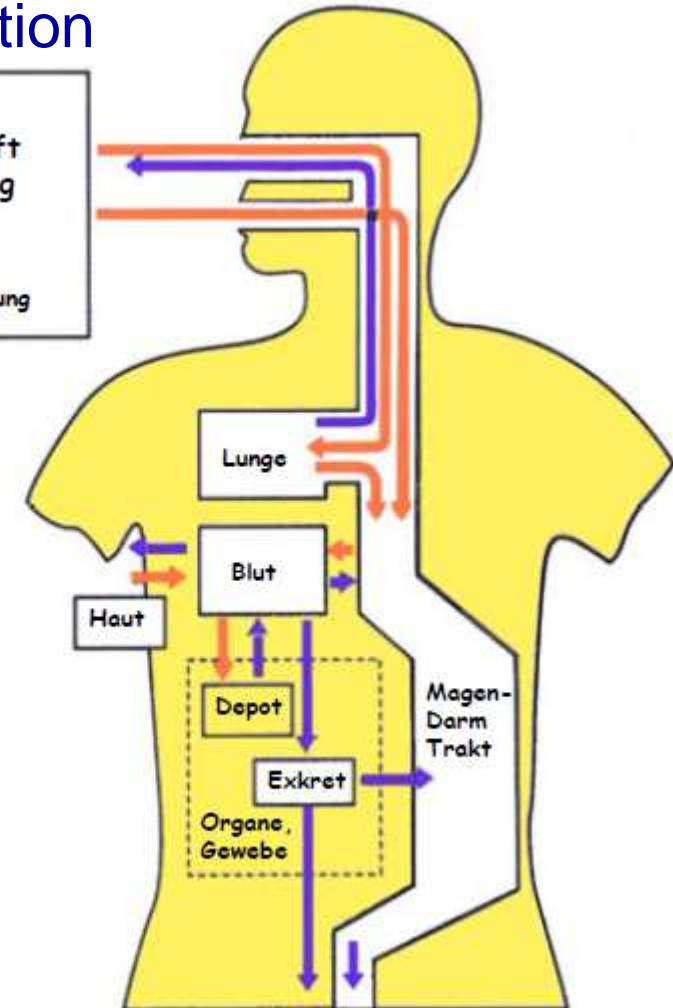
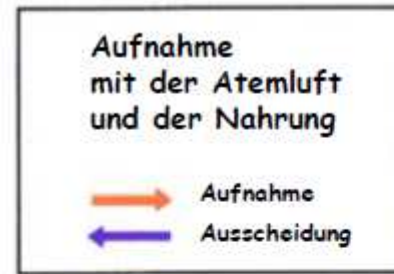
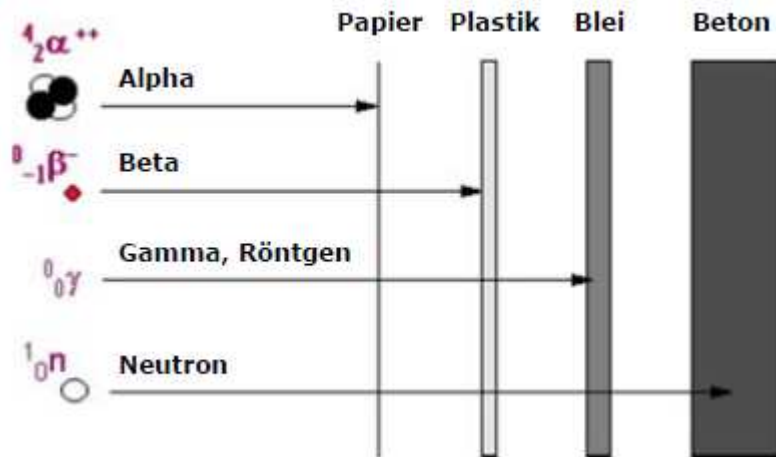
Ionisierung durch Energieübertragung von Strahlungsquanten



Bildquelle: KIT Karlsruhe

Ionisierende Strahlung: Aktivität („Menge“) – Dosis („Wirkung“)

Ingestion / Inhalation



Bildquelle: KIT Karlsruhe

Aktivität / Dosis

Aktivität

- Maß für die „**Menge**“ an Radioaktivität
Anzahl der Zerfälle pro Zeiteinheit
- Einheit: Becquerel (Bq)
(Anzahl Zerfälle pro Sekunde)
- Aktivitätskonzentration: **Bq/l**
(Becquerel pro Liter)

Dosis

- Maß für die „**Wirkung**“ an Radioaktivität
Maß für das gesundheitliche Risiko
- Einheit: Sievert (Sv)
- Richtdosis: **mSv/a**
(Millisievert pro Jahr)

Dosis - Vielzahl verschiedener Begriffe

- **Richtdosis**: spezielle Definition gemäß TrinkwV
s. weiterer Vortrag

- **Weitere Dosisbegriffe (Auswahl)**

- **Energiedosis**: absorbierte Strahlungsenergie pro Masse

$$D = \frac{\Delta E}{m} \quad [1 \text{ Gy}] = \left[\frac{1 \text{ J}}{1 \text{ kg}} \right]$$

unterschiedliche biologische Wirkung bei gleicher Energiedosis

- **Äquivalentdosis**: Energiedosis für menschliches Gewebe
(w_R Strahlungswichtungsfaktor)

$$H = w_R \cdot D \quad [1 \text{ Sv}] = \left[\frac{1 \text{ J}}{1 \text{ kg}} \right]$$

- **Effektive Dosis**: gewichtete Summe der Äquivalentdosen in allen Geweben und Organen

$$D_{\text{eff}} = \sum w_T \cdot H_T \quad [\text{Sv}] = \left[\frac{1 \text{ J}}{1 \text{ kg}} \right]$$

Strahlenexposition:

Quelle: Berichte der Bundesregierung (Stand 2012)

	Effektive Jahresdosis in mSv/Jahr
Ursprung der Strahlendosis	Mittelwert der Bevölkerung
Natürliche Exposition	
kosmische Strahlung	0,3
terrestrische Strahlung	0,4
Nahrung	0,3
Radon- und Zerfallsprodukte	1,1
Summe: Natürliche Exposition	2,1
Zivilisatorische Exposition	
Röntgendiagnostik	1,8
Nuklearmedizin	0,1
Kerntechnische Anlagen	< 0,01
Forschung/Technik/Haushalt	< 0,01
Tschernobyl	< 0,011
Atombombenfallout	< 0,01
Summe: Zivilisatorische Exposition	1,9
Summe: Natürliche + Zivilisatorische Exposition	4,0

Einteilung radioaktiver Stoffe

Natürliche Radionuklide

- Terrestrische Strahlung

Zerfall primordialer Radionuklide
(seit Entstehung der Erde mit sehr
langen Halbwertszeiten)

Zerfallsreihen: U-238, U-235, Th-232
Kalium-40

- Nachbildung in der Atmosphäre
Tritium (H-3), C-14, Be-7
- Kosmische Strahlung

Künstliche Radionuklide

- Kernkraft, Medizin, Technik,
Wissenschaft

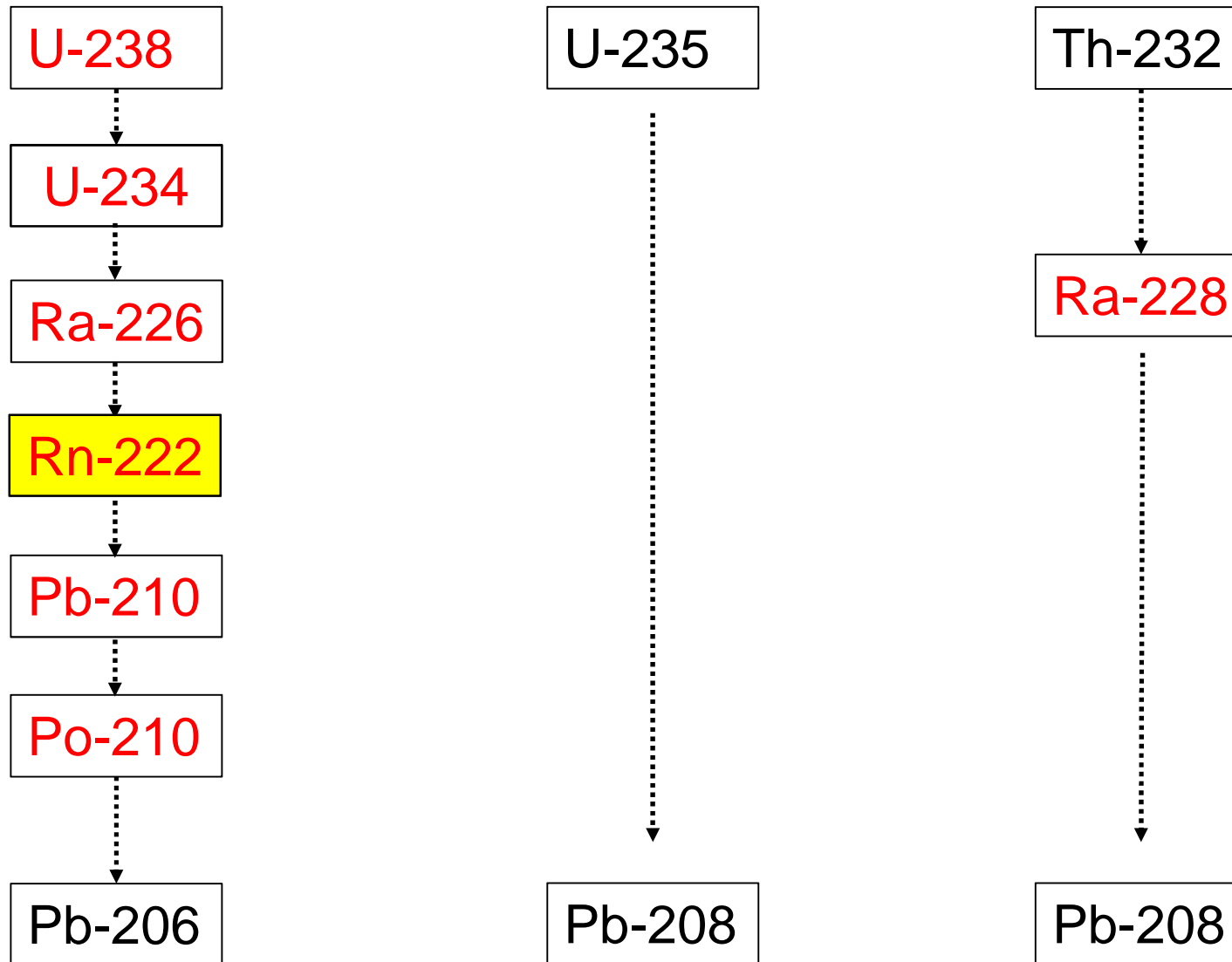
z.B. Cs-137, I-131, Sr-90, H-3 ...

Vorkommen von natürlichen Radionukliden im Gestein / Boden

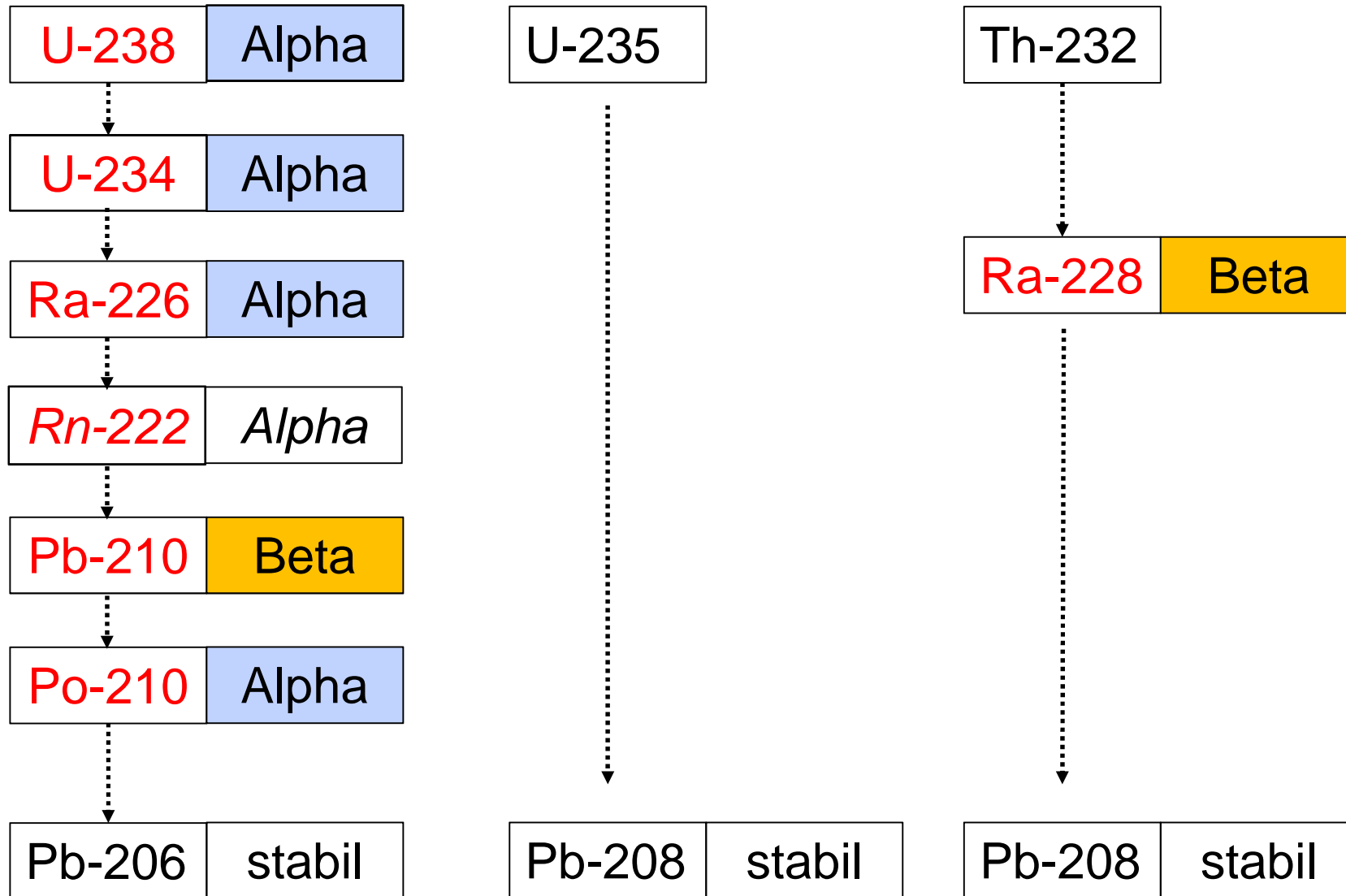
- **alle Gesteine/Böden enthalten langlebige natürliche Radionuklide**
 - Ausgehend von den Zerfallsreihen Uran-238, Uran-235 und Thorium-232
 - Gehalt ist abhängig von den geologischen Verhältnissen

- **Uran**
 - Äußere Erdkruste: Ø 2 - 4 mg/kg Gestein
 - weit verbreitet in Mineralien (~ 1000 x häufiger als Gold)
 - ca. 200 Uranmineralien
 - nur wenige Mineralien abbauwürdig (z.B. Pechblende) konventioneller Abbau bei: 1000 – 5000 mg/kg Gestein
 - primäre Lagerstätten (z.B. Granit, Gneis, Basalt)
 - sekundäre Lagerstätten: Kalk- und Sandsteine, Sande, Kiese, anmoorige Gebiete
 - **kleinräumig: „Urananomalien“**

Natürliche Zerfallsreihen mit dosisrelevanten Nukliden in Trinkwasser(1)



Natürliche Zerfallsreihen mit dosisrelevanten Nukliden in Trinkwasser(2)



Dosisrelevant für Trinkwasser

■ Dosisrelevant für Trinkwasser

- Relevant für Dosisbeitrag bei Aufnahme von Trinkwasser
- Vorkommen/Menge im Wasser (u.a. abhängig von Löslichkeit)
- Halbwertszeit
- Wirkung

■ Nicht dosisrelevant für Trinkwasser (per Definition)

- Durchschnittliche Aktivität von K-40 im menschlichen Körper: 40 – 60 Bq/kg Körpergewicht
- Durchschnittliche Dosis durch K-40: 0,165 mSv/a
- Kalium-40: Anteil des Isotops 0,017 %
konstanter Anteil an Kalium muss im Körper immer vorhanden sein – Anteil im Körper ist über Lebensmittel/Trinkwasser nicht beeinflussbar

Situation: vor der 3. Verordnung zur Änderung der Trinkwasserverordnung

- Parameterwerte für radioaktive Stoffe
(Anhang III der Trinkwasserverordnung vor Nov. 2015)

21	Tritium	Bq/l	100	Anmerkungen 3 und 4
22	Gesamtrichtdosis	mSv/Jahr	0,1	Anmerkungen 3 bis 5

Anmerkung 5 für Gesamtrichtdosis:

Mit Ausnahme von Tritium, Kalium-40 und Radonzerfallsprodukten

- Parameterwerte: **nicht zur Gefahrenabwehr, sondern vorsorgender Gesundheitsschutz**
- keine Überwachung der Einhaltung der Parameterwerte
- keine einheitliche Regelung zur Kontrollhäufigkeit, -methoden ...
- keine einheitliche Regelung zur Berechnung der Gesamtrichtdosis (maximal zulässige Aktivitätskonzentrationen der dosisrelevanten Radionuklide)

Messprogramm der BfS-Studie 2009 (1)

■ Trinkwassermessprogramm von 2003 – 2008

- Untersuchung von Trinkwässern aus Wasserversorgungsanlagen in Ballungsgebieten mit normalem natürlichen Hintergrund
- Trinkwasseruntersuchungen in ausgewählten Gebieten mit erhöhter natürlicher Radioaktivität
- Auswahl von Wasserversorgungsanlagen im gesamten Bundesgebiet, mit dem Ziel die Mehrzahl der 439 Landkreise / kreisfreie Städte zu beproben

■ Ziel:

Aussagekräftige Übersicht über die Strahlenexposition durch natürliche Radionuklide im Trinkwasser in Deutschland

Ergebnisse der BfS – Studie 2009

Ingestionsdosis (Richtdosis)

- **Trinkwasser trägt nur geringfügig zur mittleren jährlichen Strahlenexposition in Deutschland aus natürlichen Quellen bei**
 - **Mittlere Ingestionsdosis:**
 - 0,009 mSv/a bei Erwachsenen (> 17 a)
 - 0,05 mSv/a bei Säuglingen
- **Die Schwankungsbreite ist beträchtlich**
- **In Einzelfällen ist Reduzierung angezeigt**
- **„Eine Gefahr für die Gesundheit der Bevölkerung besteht auch bei höheren Konzentrationen nicht, obwohl aus Gründen der radiologischen Vorsorge zum Teil Handlungsbedarf besteht“**

Situation mit der 3. Verordnung zur Änderung der Trinkwasserverordnung

- **Untersuchungspflicht für radioaktive Stoffe in Trinkwasser verbindlich geregelt**
- **Jetzt Definition für Richtdosis:**
 - alle Radionuklide außer H-3, Rn-222 mit kurzlebigen Rn-Zerfallsprodukten und K-40
 - zur Berechnung der Richtdosis sind definiert:
die Referenzaktivitätskonzentrationswerte der relevanten Radionuklide und
die angenommene Trinkwasserverzehrmenge/Jahr

- <https://doris.bfs.de/jspui/handle/urn:nbn:de:0221-20100319945>

Strahlenexposition durch natürliche Radionuklide im Trinkwasser in der Bundesrepublik Deutschland

Fachbereich
Strahlenschutz und Umwelt

- http://www.bmub.bund.de/fileadmin/bmu-import/files/pdfs/allgemein/application/pdf/leitfaden_trinkwasser_bf.pdf

10. Juli 2012

Leitfaden
zur Untersuchung und Bewertung
von Radioaktivität im
Trinkwasser

Empfehlung von BMU, BMG, BfS, UBA
DVGW und BDEW – erstellt unter Mitwirkung
von Ländervertretern

- **Trinkwasserverordnung 2001:
Neufassung der Trinkwasserverordnung vom 10. März 2016
BGBl: 2016, Teil I, Nr. 12, S. 459-491**