

Warum Trinkwasser auf radioaktive Stoffe untersuchen?

IWW-Kolloquium am 21.04.2016

in Biebesheim

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



Institut an der

UNIVERSITÄT
DUISBURG
ESSEN

Offen im Denken



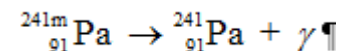
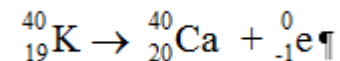
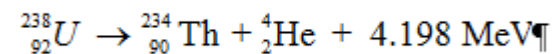
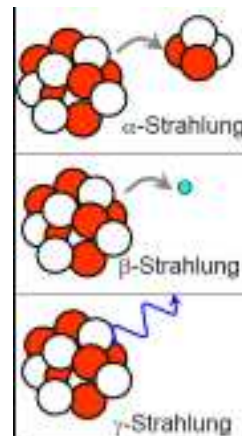
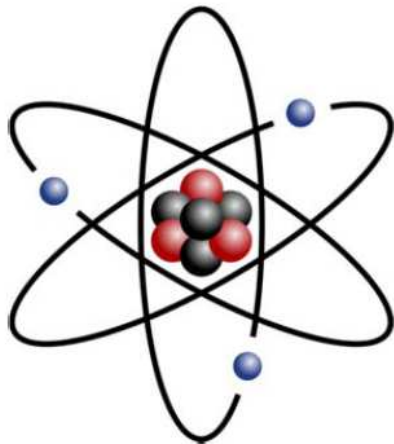
Radioaktivität

■ Radioaktivität (Radioaktive Stoffe / Radionuklide):

Eigenschaft von **Atomkernen** (Protonen, Neutronen),

sich **spontan** umzuwandeln

unter Aussendung von **ionisierender Strahlung**.



Bildquelle: KIT Karlsruhe

Ionisierende Strahlung

■ **Strahlung ist Transport von Energie**
(~~Nicht-radioaktive Strahlung~~)

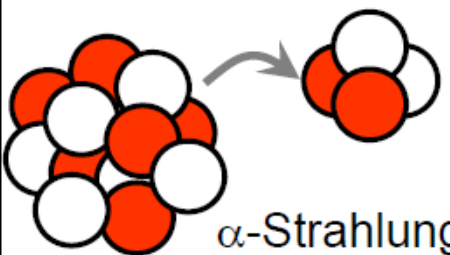
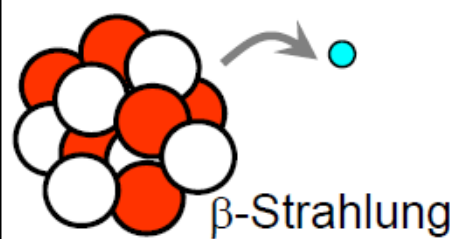
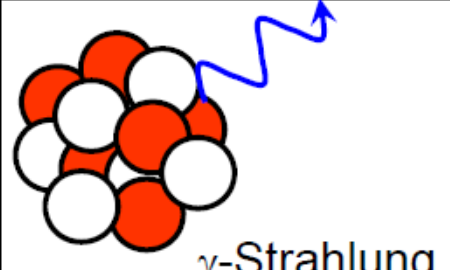
■ **Materiestrahlung**

- **Alpha-Strahlung**
- **Beta-Strahlung**
- **Neutronen**

■ **Elektromagnetische Strahlung**

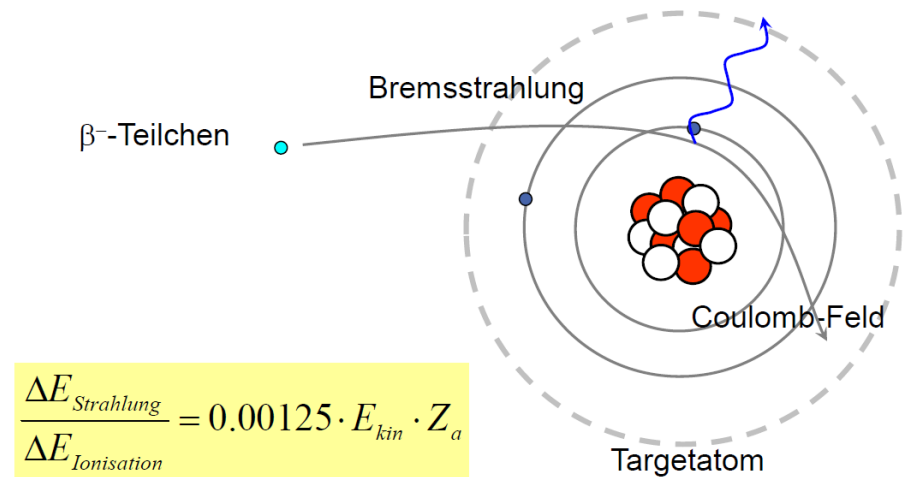
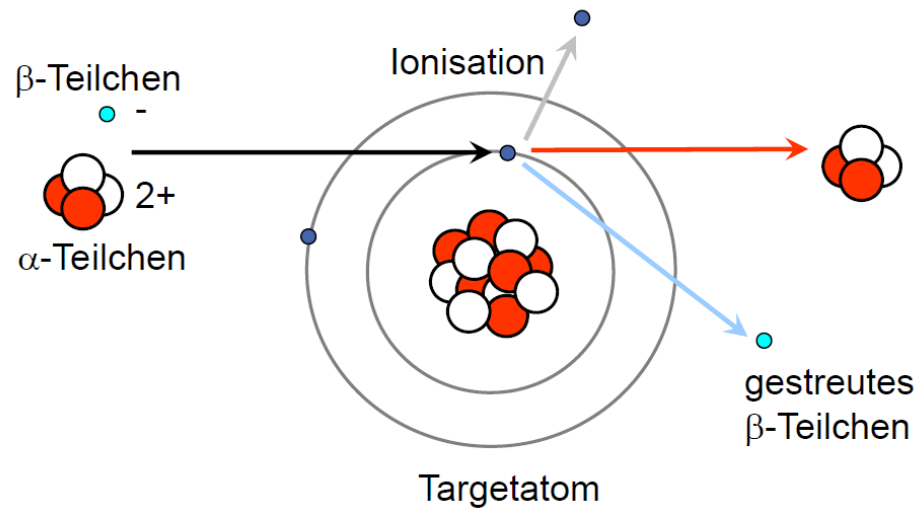
- **Gamma-Strahlung**

Strahlungsquanten

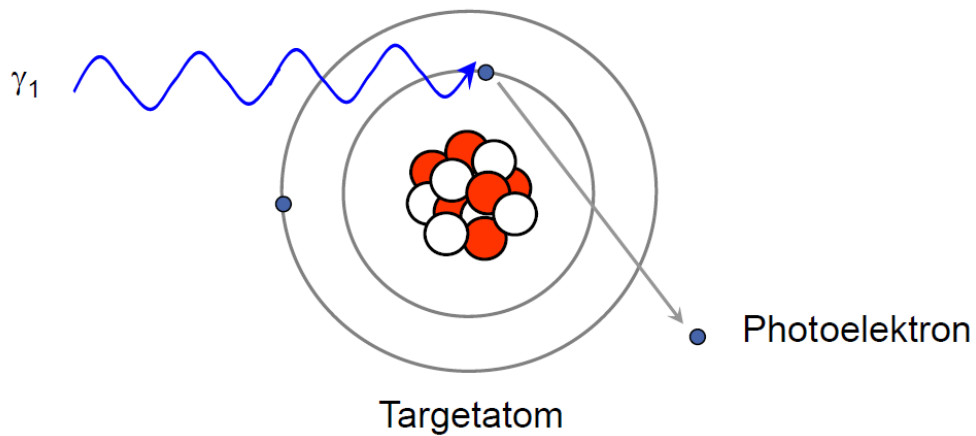
Strahlungsarten	Typische Energie	Reichweite in Luft	Ab-schirmung	Beispiele
 <p>α-Strahlung</p>	5 MeV	4 cm	1 Blatt Papier	Radon 222, Radium 226, Plutonium- isotope
 <p>β-Strahlung</p>	1 MeV	3 m	0,5 cm Plexiglas	Kalium 40 Cäsium 137 Strontium 90
 <p>γ-Strahlung</p>	1 MeV	700 m	10 cm Blei	Nahezu alle Radionuklide

Bildquelle: KIT Karlsruhe

Energieübertragung von Strahlungsquanten: z.B. Ionisierung



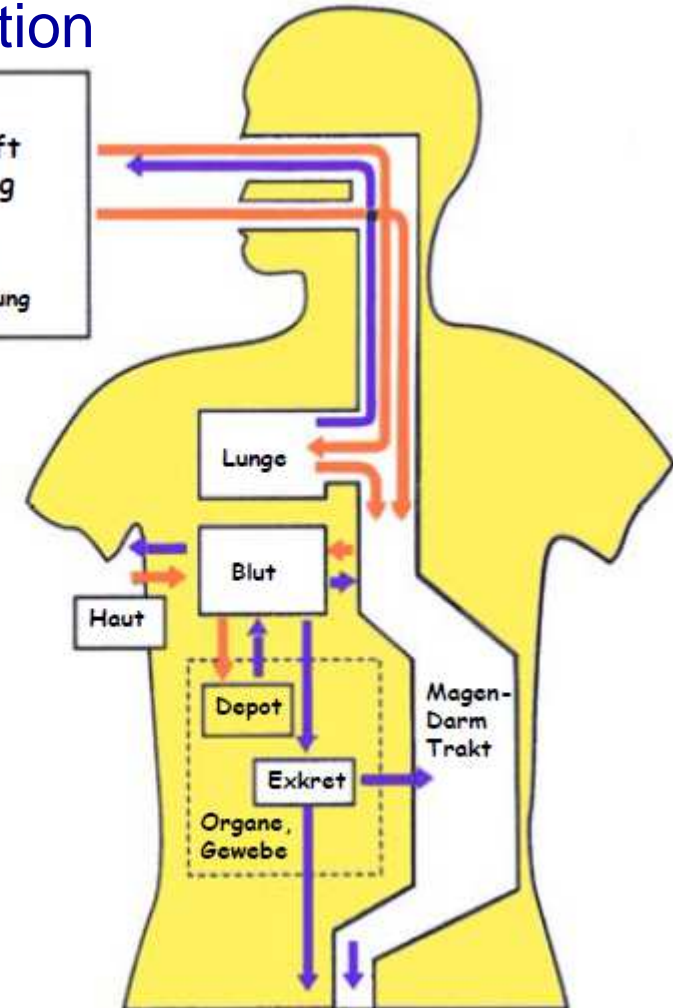
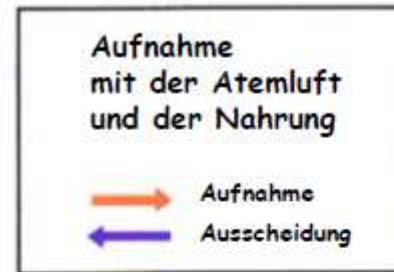
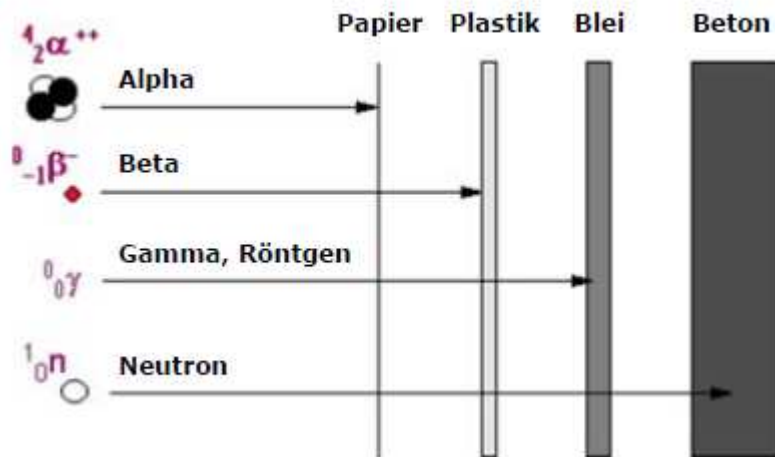
$$\frac{\Delta E_{Strahlung}}{\Delta E_{Ionisation}} = 0.00125 \cdot E_{kin} \cdot Z_a$$



Bildquelle: KIT Karlsruhe

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

Ingestion / Inhalation



Bildquelle: KIT Karlsruhe

Aktivität / Dosis

Aktivität:
„Menge an
Radioaktivität“

**Anzahl der
Zerfälle/Sekunde**

Einheit: Becquerel (Bq)

Aktivitätskonzentration:
Bq/l
(Becquerel/Liter)

Dosis
„Wirkung der
Radioaktivität“

**Maß für das
gesundheitliche Risiko**

Einheit: Sievert (Sv)

Richtdosis:
mSv/a
(Millisievert/Jahr)

Dosis

- **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

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

- **Richtdosis:** spezielle Definition gemäß TrinkwV

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

Radioaktive Stoffe

■ Natürliche Radionuklide

- **Terrestrische Strahlung:**
Zerfall primordialer Radionuklide
(seit Entstehung der Erde; lange Halbwertszeiten)
 - **Zerfallsreihen: Uran-238, Uran-235, Thorium-232**
 - **Kalium-40**
- **Nachbildung in der Atmosphäre**
 - **Tritium (H-3), C-14, Be-7**
- **Kosmische Strahlung**

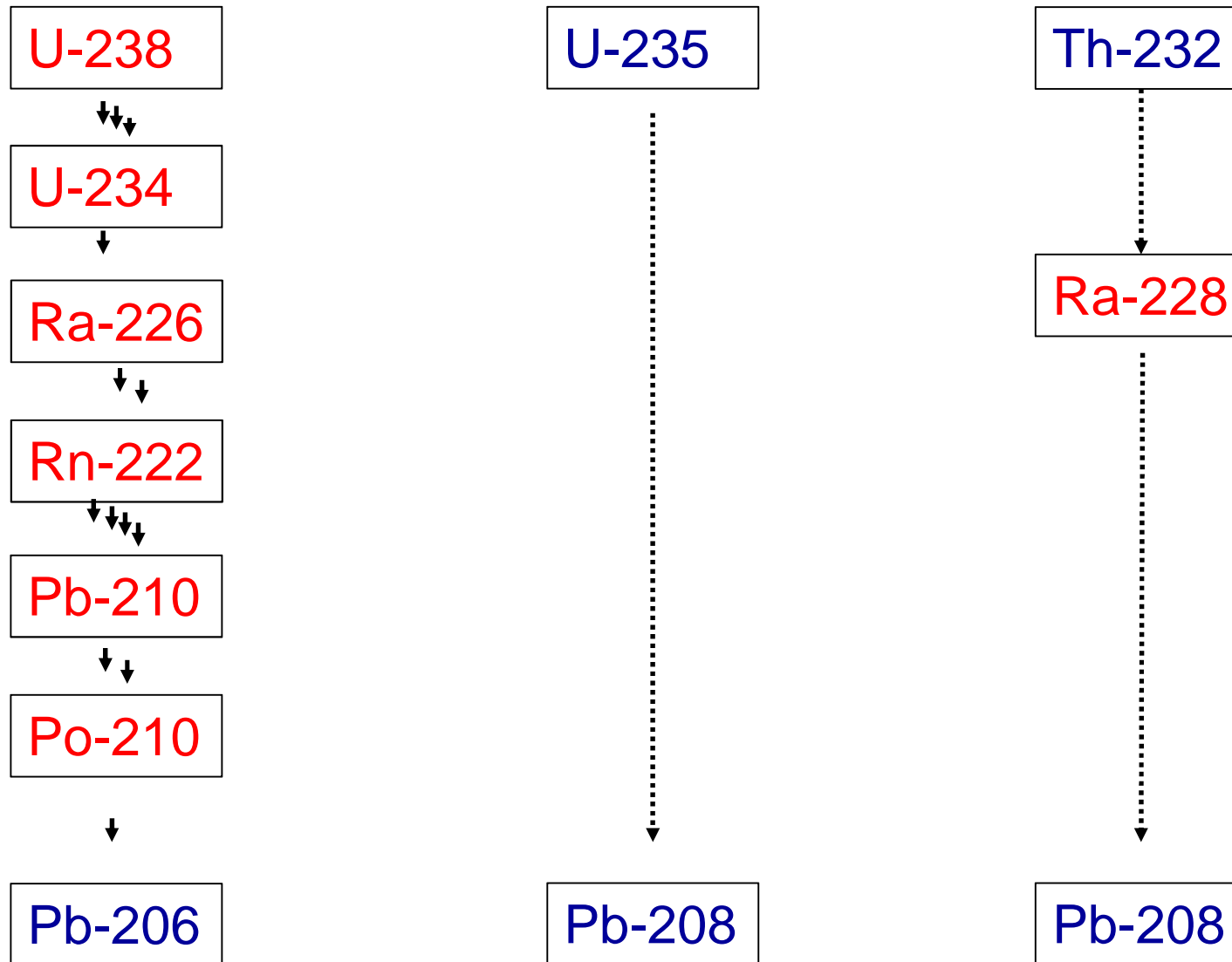
■ Künstliche Radionuklide

- **Kernkraft, Medizin, Technik, Wissenschaft...**
- **z.B. Cs-137, I-131, Sr-90, Pu-239, H-3**

Wo kommt Uran vor?

- **Äußere Erdkruste: Ø 2 - 4 mg/kg Gestein**
 - weit verbreitet in Mineralien (~ 1000 x häufiger als Gold)
 - ca. 200 Uranminerale
 - nur wenige Mineralien abbauwürdig (z.B. Pechblende) konvent. 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



Situation: vor der 3. Verordnung zur Änderung der Trinkwasserverordnung

■ Parameterwerte für radioaktive Stoffe (Anhang III)

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

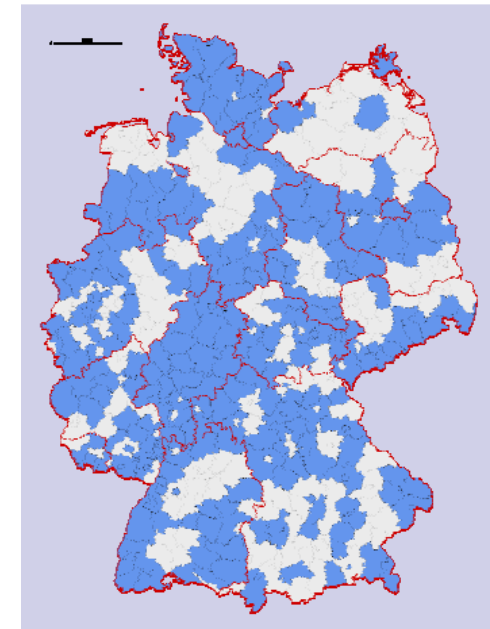
Anmerkung 5:

Mit Ausnahme von Tritium, K-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 (dosisbezogen maximal zulässige Aktivitätskonzentrationen der dosisrelevanten Radionuklide)

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

- 582 Trinkwasserproben
- Verteilt über Deutschland
- Schwerpunkt: größere Wasserversorgungsanlagen
- Gezielt auch in Gebieten mit höherer Belastung:
Bayern, Sachsen, Thüringen,
Baden-Württemberg, Rheinland-Pfalz,
Sachsen-Anhalt

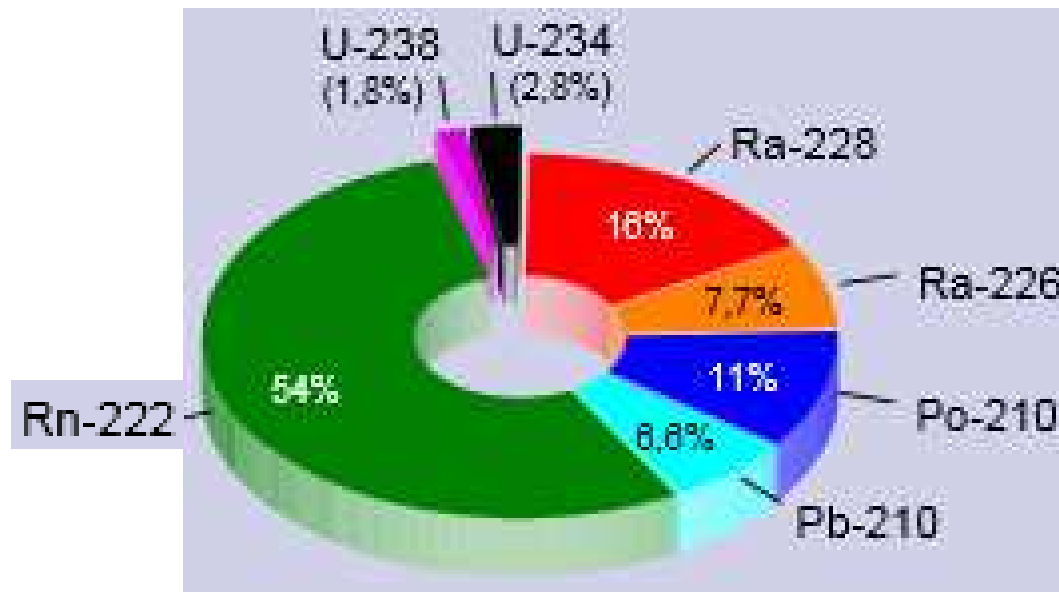


BfS-Studie 2009: Strahlenexposition durch natürliche Radionuklide im Trinkwasser

- **Trinkwasser trägt nur geringfügig zur mittleren jährlichen Strahlenexposition in Deutschland aus natürlichen Quellen bei**
 - **Mittlere Ingestionsdosis:**
0,009 mSv/a bei Erwachsenen
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“**

Dosisanteile durch Trinkwasser (Median) / innere Exposition (BfS, 2009)

Gesamt-Ingestionsdosis



Bildquelle: BfS, 2009

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
 - Definition der Berechnung:
Referenzaktivitätskonzentrationswerte der relevanten Radionuklide und die angenommene Trinkwasserverzehrsmenge/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**