

**24. Wasserhygienetage Bad Elster**

**03. bis 05.02.16**

**Dritte Verordnung zur Änderung der Trinkwasserverordnung**

## **Anforderungen an Trinkwasser in Bezug auf radioaktive Stoffe**

**Dr. Christiane Wittwer**

**Bundesamt für Strahlenschutz, Fachbereich Strahlenschutz und Umwelt**

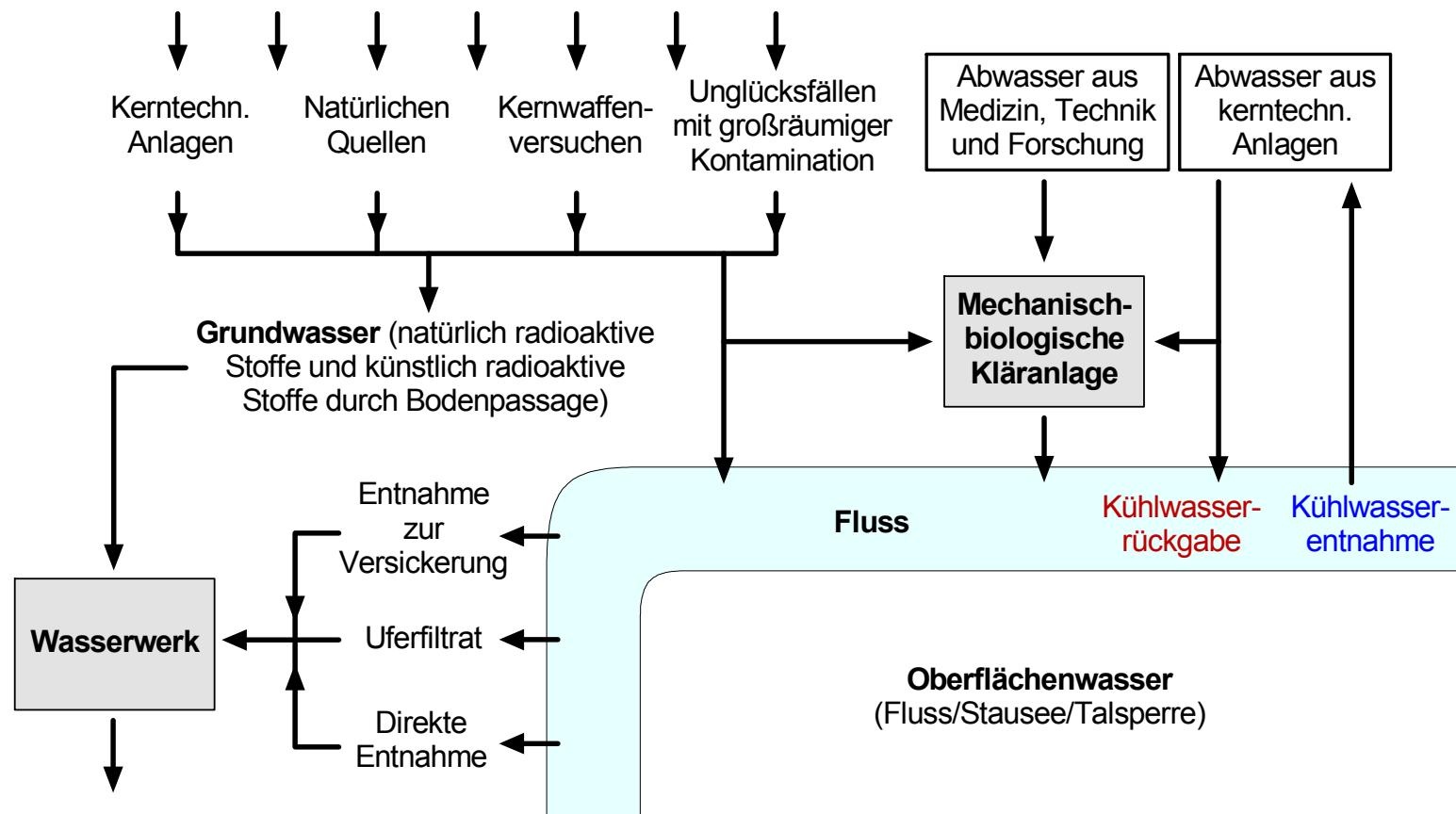
**Leitstelle für die Überwachung der Radioaktivität in Trinkwasser, Grundwasser, Abwasser,  
Klärschlamm und Abfällen**

# Rechtlicher Hintergrund

- Trinkwasserverordnung (1976, 1986): *Radioaktive Substanzen im Trinkwasser dürfen nicht in Konzentrationen enthalten sein, die geeignet sind, die menschliche Gesundheit zu gefährden* – weitergehende Regelungen wurden nicht festgelegt
- Trinkwasserverordnung (2001): Anforderungen für Tritium und Gesamtrichtdosis – keine Vorschriften für praktischen Vollzug
- Richtlinie 2013/51/EURATOM DES RATES vom 22. Oktober 2013
  - Anforderungen zum Schutz der Gesundheit der Bevölkerung hinsichtlich radioaktiver Stoffe im Trinkwasser
- Dritte Verordnung zur Änderung der Trinkwasserverordnung vom 18. November 2015
  - Veröffentlicht im Bundesgesetzblatt Teil I Nr. 46 am 25. November und in Kraft getreten am 26. November 2015

# Mögliche Wege, auf denen Radionuklide in das Trinkwasser gelangen können

Durch direkte Ablagerung und mit **Niederschlägen** dem Boden und dem Einzugsgebiet eines Vorfluters zugeführte radioaktive Stoffe aus:



# Existierende Überwachung (Strahlenschutzrecht)

## *Strahlenschutzverordnung (StrlSchV §§ 46 - 48)*

- Richtlinie zur Emissions- und Immissionsüberwachung kerntechnischer Anlagen (REI)
- **Eigenüberwachung** radioaktiver Emissionen **durch die Betreiber** kerntechnischer Anlagen
- **Kontrollmessungen im Auftrag der Länder** (Bundesamt für Strahlenschutz)

## *Strahlenschutzvorsorgegesetz (StrVG)*

- Messprogramm für den Normalbetrieb / Intensivbetrieb
  - **Amtliche Messstellen der Länder, Leitstellen des Bundes, Zentralstelle des Bundes beim BfS „ZDB“**
  - Integriertes Mess- und Informationssystem „IMIS“

# **Umweltradioaktivität in Trink- und Grundwasser**

## **Messergebnisse nach AVV-IMIS und REI in Deutschland im Jahr 2013**

	Anzahl		Aktivitätskonzentration in Bq/l		
Nuklid	Gesamt	<NWG	Minimalwert	Maximalwert	Median
<b>Trinkwasser</b> (Roh- und Reinwasser)					
<sup>40</sup> K	525	366	0,015	3,400	0,15
<sup>137</sup> Cs	529	524	0,003	0,006	<0,008
<sup>3</sup> H	370	353	1,2	17	<4,3
<sup>90</sup> Sr	159	82	0,001	0,013	0,003
Gesamt- $\alpha$	12	0	0,03	0,069	0,05
<b>Grundwasser</b>					
<sup>40</sup> K	322	161	0,015	25	<0,03
<sup>137</sup> Cs	309	307	0,007	0,013	<0,015
<sup>3</sup> H	492	461	1,3	20	<5,7
<sup>90</sup> Sr	67	43	0,005	0,12	0,004
Gesamt- $\alpha$	76	30	0,007	0,15	<0,04

### *Datenerhebung nach AVV-IMIS (gemäß StrVG und REI)*

Gesamt- $q$ : Summe der  $q$ -emittierenden Radionuklide. NWG: Nachweisgrenze



# Umweltradioaktivität in Trink- und Grundwasser

Messergebnisse nach AVV-IMIS und REI in Deutschland im Jahr 2013

- Nachgewiesene Radionuklide (z.B. K-40, U-238 und damit Gesamt- $\alpha$ ) sind hauptsächlich natürlichen Ursprungs
- Cs-137 und Sr-90 (als Folge Kernwaffenversuche, Tschernobyl) werden in sehr geringen Konzentrationen und nur bei nicht oder wenig geschützten Rohwässern (Oberflächenwasser, Uferfiltrat oder oberflächennahes Grundwasser) und daraus gewonnenen Trinkwässern gemessen
  - Geforderte NWG Cs-137: 0,05 Bq/l, Sr-90: 0,01 Bq/l
  - vielfach werden Messwerte unter der geforderten NWG angegeben!
- Maximalwerte für die Tritium-Konzentration wurden im Rahmen der Umgebungsüberwachung bei kerntechnischen Anlagen ermittelt

# Mittlere effektive Dosis der Bevölkerung der Bundesrepublik Deutschland im Jahr 2013

[BMUB 2015]

		Mittlere effektive Dosis in Millisievert pro Jahr	
<b>Natürliche Strahlenexposition</b>			
1.1	durch kosmische Strahlung (in Meereshöhe)	ca. 0,3	
1.2	durch terrestrische Strahlung von Außen  bei Aufenthalt im Freien (5 Std./Tag)	ca. 0,4	ca. 0,1
	bei Aufenthalt in Gebäuden (19 Std./Tag)		ca. 0,3
1.3	durch Inhalation von Radonfolgeprodukten  bei Aufenthalt im Freien (5 Std./Tag)	ca. 1,1	ca. 0,2
	bei Aufenthalt in Gebäuden (19 Std./Tag)		ca. 0,9
1.4	Durch Ingestion von natürlich radioaktiven Stoffen	ca. 0,3	
	<b>Summe der natürlichen Strahlenexposition</b>	<b>ca. 2,1</b>	
<b>Zivilisatorische Strahlenexposition</b>			
2.1	durch Fallout von Kernwaffenversuchen	< 0,01	
2.2	Strahlenexposition durch den Unfall im Atomkraftwerk Tschernobyl	< 0,011	
2.3	durch kerntechnische Anlagen	< 0,01	
2.4	durch Anwendung radioaktiver Stoffe und ionisierender Strahlen in der Medizin* (ohne Therapie)  davon durch nuklearmedizinische Untersuchungen	ca. 1,9	ca. 0,1
	<b>Summe der zivilisatorischen Strahlenexposition</b>	<b>ca. 1,9</b>	

- Daten von 2012, Auswertungen von 2014; Abschätzung mit Bevölkerungszahl auf Basis des neuen Zensus 2011
- Bei den angegebenen Aufenthaltszeiten handelt es sich um für Strahlenschutzzwecke festgelegte, plausible Werte.
- Aus: Jahresbericht 2013 „Umweltradioaktivität und Strahlenbelastung“ (und Vorläufer seit 1968),  
Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (Hrsg)



# Umweltradioaktivität geogenen Ursprungs

- Gesteine und Böden enthalten Radionuklide der natürlichen Zerfallsreihen (U-Th, U-Ra-Reihe)
- Durch komplexe Lösungs- und Transportvorgänge gelangen Radionuklide in Oberflächen- und Grundwässer
- Aktivitätskonzentration und relative Aktivitätsanteile sind u.a. abhängig von
  - Der Entnahmetiefe und Beschaffenheit des Wassers
  - Dem Uran- und Thorium-Gehalt der Gesteine des Aquifers
  - Der Gesteinsart und den örtlichen hydrogeologischen Verhältnissen des Wasservorkommens
  - Der Halbwertszeit des Radionuklids
  - Den elementspezifischen chemisch- physikalischen Eigenschaften des Radionuklids  
(z.B. Löslichkeits-, Sorptions-, Komplexbildungsverhalten, Oxidationsstufen)

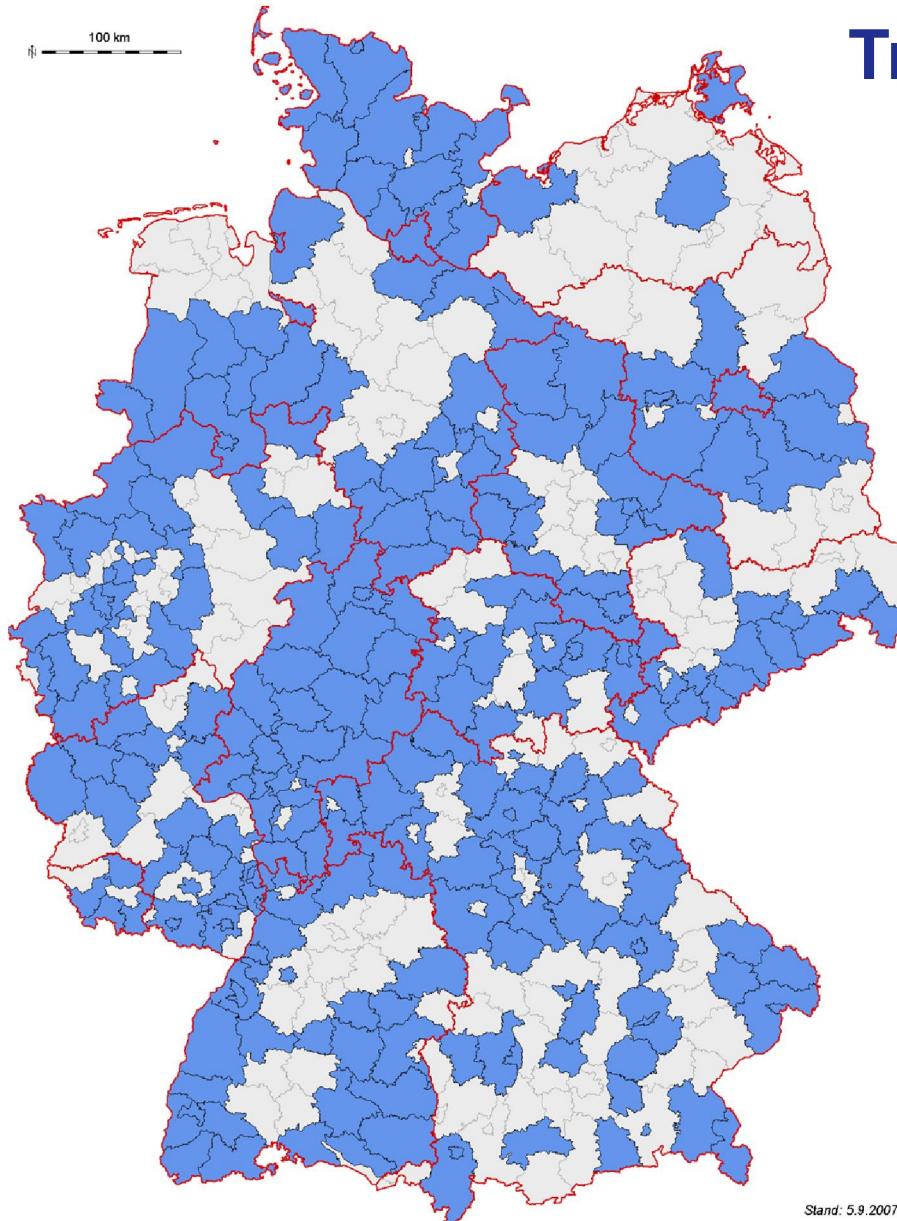


Untersuchungsprogramm des BfS im Auftrag des BMUB  
(2003 – 2008)

# Strahlenexposition durch natürliche Radionuklide im Trinkwasser in der Bundesrepublik Deutschland



<http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:0221-20100319945>



# Trinkwasser-Messprogramm des BfS 2003 – 2008

# Beprobung von

- 564 Wasserversorgungsanlagen aus 251 von 439 Landkreisen / kreisfreien Städten
  - 1051 Roh- und Trinkwässer, davon 471 aufbereitete Wässer und 111 Rohwässer als Trinkwässer
  - 7800 radiochemische Analysen (nat. RN) Ra-226, Ra-228, Pb-210, Po-210, U-234, U-235, U-238, Rn-222 und Gesamt- $\alpha$

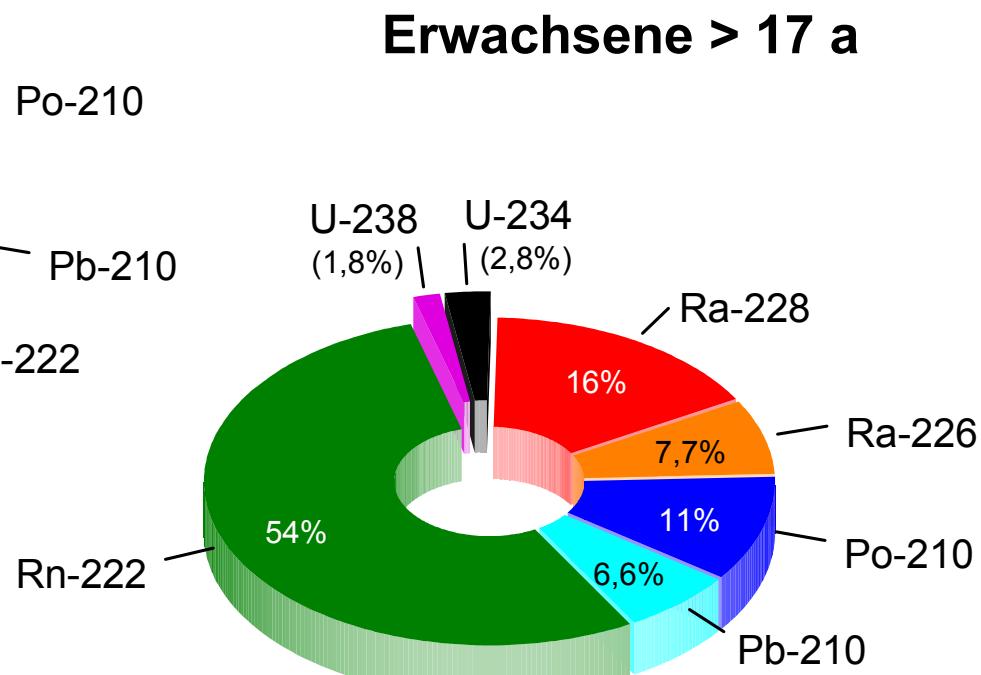
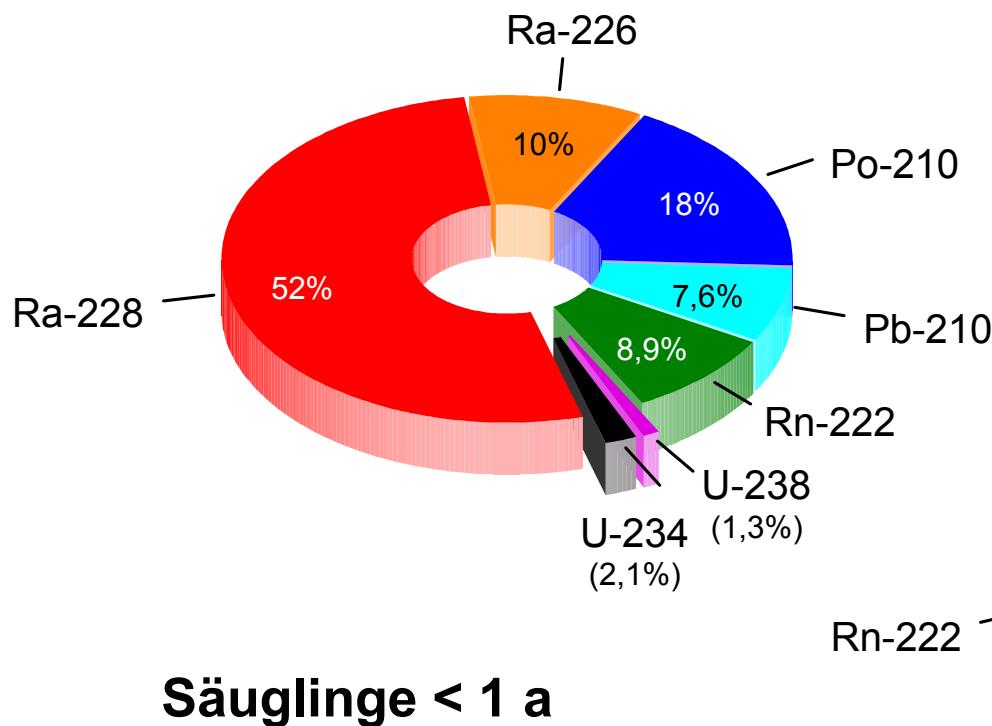
# Trinkwasser- Messprogramm des BfS 2003 – 2008

## Aktivitätskonzentrationen (mBq/l)

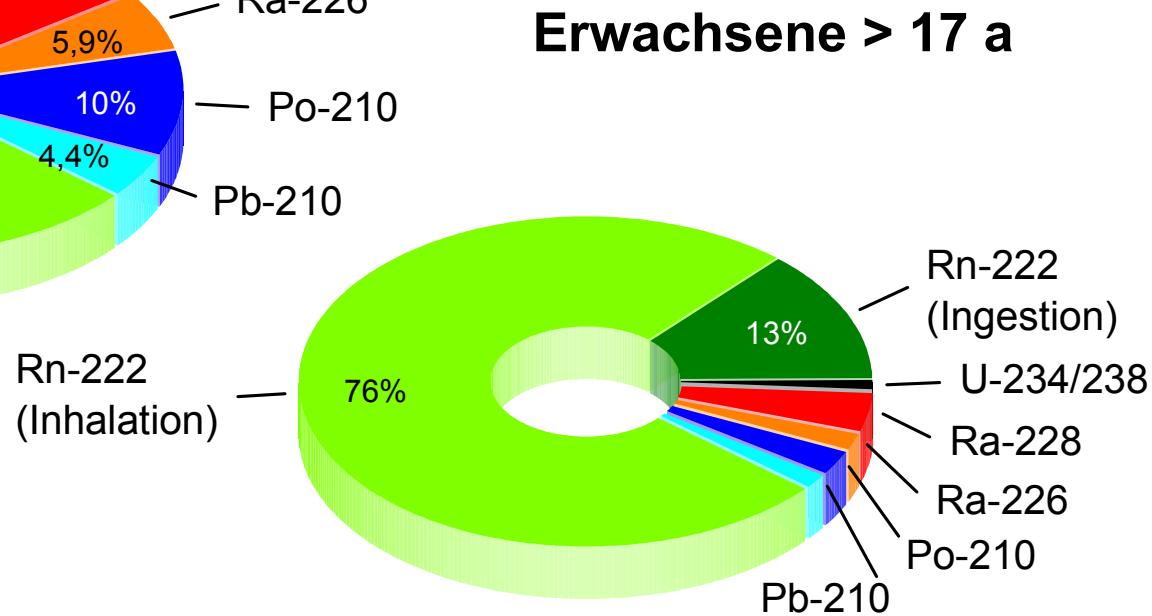
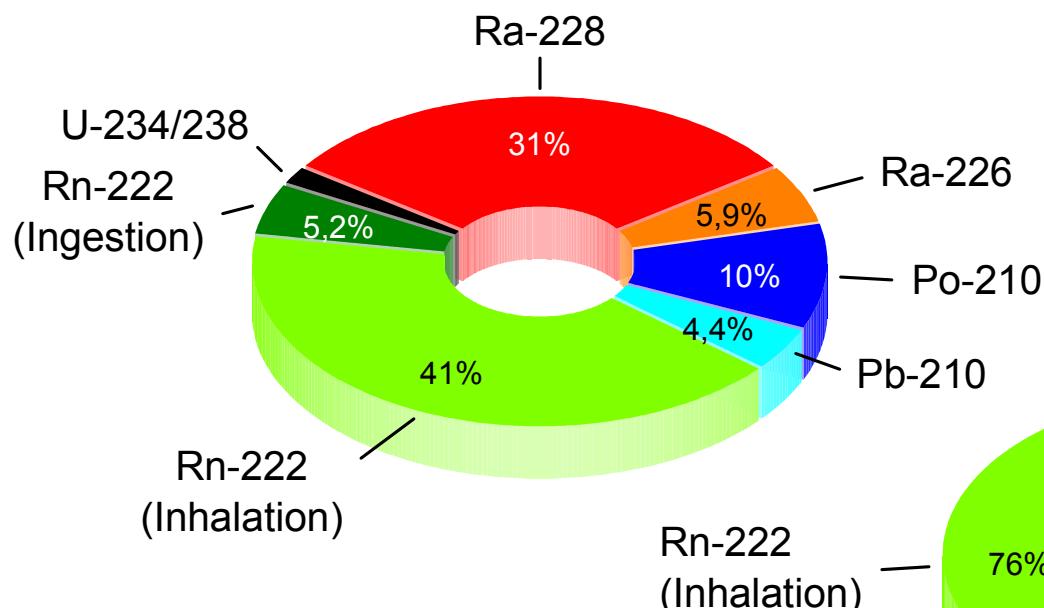
Radionuklid	Konzentrations- bereich	Median	95. Perzentil
Ra-226	< 0.8 – 350	5.6	41
Ra-228	< 0.7 – 120	4.6	26
U-238	< 0.7 – 320	3.2	100
Pb-210	< 0.6 – 250	2.3	24
Po-210	< 0.2 – 180	1.4	10
Rn-222 (Bq/l)	< 1.3 – 1800	7.3	140
Gesamt- $\alpha$	< 13 – 970	28	380

# **Relative Dosisanteile (Ingestion) durch natürliche Radionuklide im Trinkwasser**

## **für Medianwerte**



# **Relative Dosisanteile (Ingestion + Inhalation) durch natürliche Radionuklide im Trinkwasser für Medianwert**



# Ergebnisse des Trinkwassermessprogramms

- Strahlenexposition durch Radionuklide im Trinkwasser ist im Durchschnitt als sehr gering einzuschätzen
    - Gesundheitsgefährdungen grundsätzlich ausgeschlossen
  - Regionen im mittel- und süddeutschen Raum haben nennenswerte natürliche Vorkommen von Radioaktivität im Trinkwasser  
(Teile Baden-Württemberg, Bayern, Rheinland-Pfalz, Thüringen, Sachsen, Sachsen-Anhalt)
  - Schwankungsbreite der Aktivitätskonzentrationen einzelner Radionuklide ist sehr groß
    - In Einzelfällen sind aus Vorsorgegründen Maßnahmen zur Reduzierung angezeigt
- Fachliche Empfehlungen, die i.W. in die Richtlinie 2013/51/EURATOM DES RATES aufgenommen wurden

# Anforderungen an Trinkwasser in Bezug auf radioaktive Stoffe

## 3. VO zur Änd. TrinkwV

TrinkwV, Anlage 3a, Teil I

Parameterwerte für Radon-222, Tritium und Richtdosis

Lfd. Nr.	Parameter	Parameterwert	Einheit
1	Radon-222	100	Bq/l
2	Tritium	100	Bq/l
3	Richtdosis	0,10	mSv/a

### Richtwerte, keine Grenzwerte!

*Prüfung, ob bei Überschreiten von Werten ein Risiko für die menschliche Gesundheit besteht, das ein Handeln erfordert, d.h. ob und ggf. welche Abhilfemaßnahmen ergriffen werden müssen (Abwägung, auch unter Berücksichtigung der Verhältnismäßigkeit der Mittel).*

# Anforderungen an Trinkwasser in Bezug auf radioaktive Stoffe

## 3. VO zur Änd. TrinkwV

TrinkwV, Anlage 3a, Teil II: Berechnung der Richtdosis

$$H = \sum_r g_r \cdot U_w \cdot c_r$$

H = Richtdosis = Effektive Jahresdosis in Sv

$g_r$  = Dosiskoeffizient für erwachsene Referenzperson für das Radionuklid  $r$  in Sv/Bq

$C_r$  = Konzentration des Radionuklids  $r$  in Bq/L

$U_w$  = Jährlicher Trinkwasserkonsum in Liter = 730 L

# Referenz- Aktivitätskonzentrationen

- Richtdosis ist nicht messbar sondern wird berechnet
- Für die praktische Anwendung Rückrechnung auf eine **messbare** Größe → Referenz - Aktivitätskonzentrationen
- Anlage 3a, Teil II enthält in einer Tabelle für die häufigsten natürlichen und künstlichen Radionuklide berechnete Referenz-Aktivitätskonzentrationen. Hierbei handelt es sich um genaue Werte, die für eine Dosis von 0,1 mSv abgeleitet (berechnet) wurden.
- Beispiele:

Ra-226	0,5 Becquerel pro Liter
Cs-137	11 Becquerel pro Liter

# Anforderungen an Trinkwasser in Bezug auf radioaktive Stoffe

## 3. VO zur Änd. TrinkwV

# TrinkwV, Anlage 3a, Teil III: Untersuchungskonzept

Untersuchungskonzept nach TrinkwV	
Erstuntersuchungen	Regelmäßige Untersuchungen
Vier Untersuchungen in vier unterschiedlichen Quartalen bis spätestens 4 Jahre nach Inkrafttreten TrinkwV	Falls bei den Erstuntersuchungen eine Überschreitung eines oder mehrerer Parameterwerte festgestellt wurde, im dann (behördlich) festgelegtem Umfang
Behörde kann von sich aus und außerdem auf Antrag feststellen, dass die Erstuntersuchungen nicht erforderlich sind (keine Überschreitung zu erwarten)	Behörde kann von sich aus und außerdem auf Antrag feststellen, dass die regelmäßigen Untersuchungen nicht erforderlich sind (Ergebnis der Erstuntersuchungen)

# Untersuchungspflicht

- Grundsätzlich nur für „zentrale Wasserwerke“ (TrinkwV § 3 Nr. 2 a)
- Für „dezentrale kleine Wasserwerke“ (TrinkwV § 3 Nr. 2 b) können Untersuchungen ggf. angeordnet werden, wenn erhöhte Konzentrationen radioaktiver Stoffe zu befürchten sind
- Gilt nicht für Eigenversorgungsanlagen, aber Behörden haben die Pflicht, die Betreiber ggf. (bei Besorgnis) umfassend zu informieren

# Untersuchungsbedingungen und - umfang

- Untersuchung der natürlichen Radionuklide ist ausreichend  
*In der Regel kann die Untersuchung künstlicher Radionuklide entfallen, es sei denn, die zuständige Behörde ordnet solche Untersuchungen an*

Zu untersuchende Parameter:

- Richtdosis
    - Ra-228, Ra-226, U-238, U-234, Pb-210, Po-210
    - Gesamt- $\alpha$ -Aktivität (als Screening-Methode)
    - Rest- $\beta$ -Aktivität nicht erforderlich
  - Radon-222
  - Tritium (nicht erforderlich solange keine Hinweise bestehen)
- 
- Berücksichtigung jahreszeitlicher und betriebsbedingter Schwankungen
    - Vier Messungen in unterschiedlichen Quartalen und Mittelung

# Bewertung der Parameter

- Aktivitätskonzentration von Radon-222 kann direkt mit dem Parameterwert verglichen werden
  - Quantitativer Vergleich Richtdosis und Parameterwert nur möglich bei vollständiger Bestimmung der Einzelnuklide, es gilt folgende Prüfbedingung:

$$\frac{\bar{C}_{\text{U-238}}}{C_{\text{U-238ref}}} + \frac{\bar{C}_{\text{U-234}}}{C_{\text{U-234ref}}} + \frac{\bar{C}_{\text{Ra-226}}}{C_{\text{Ra-226ref}}} + \frac{\bar{C}_{\text{Ra-228}}}{C_{\text{Ra-228ref}}} + \frac{\bar{C}_{\text{Pb-210}}}{C_{\text{Pb-210ref}}} + \frac{\bar{C}_{\text{Po-210}}}{C_{\text{Po-210ref}}} \leq 1$$

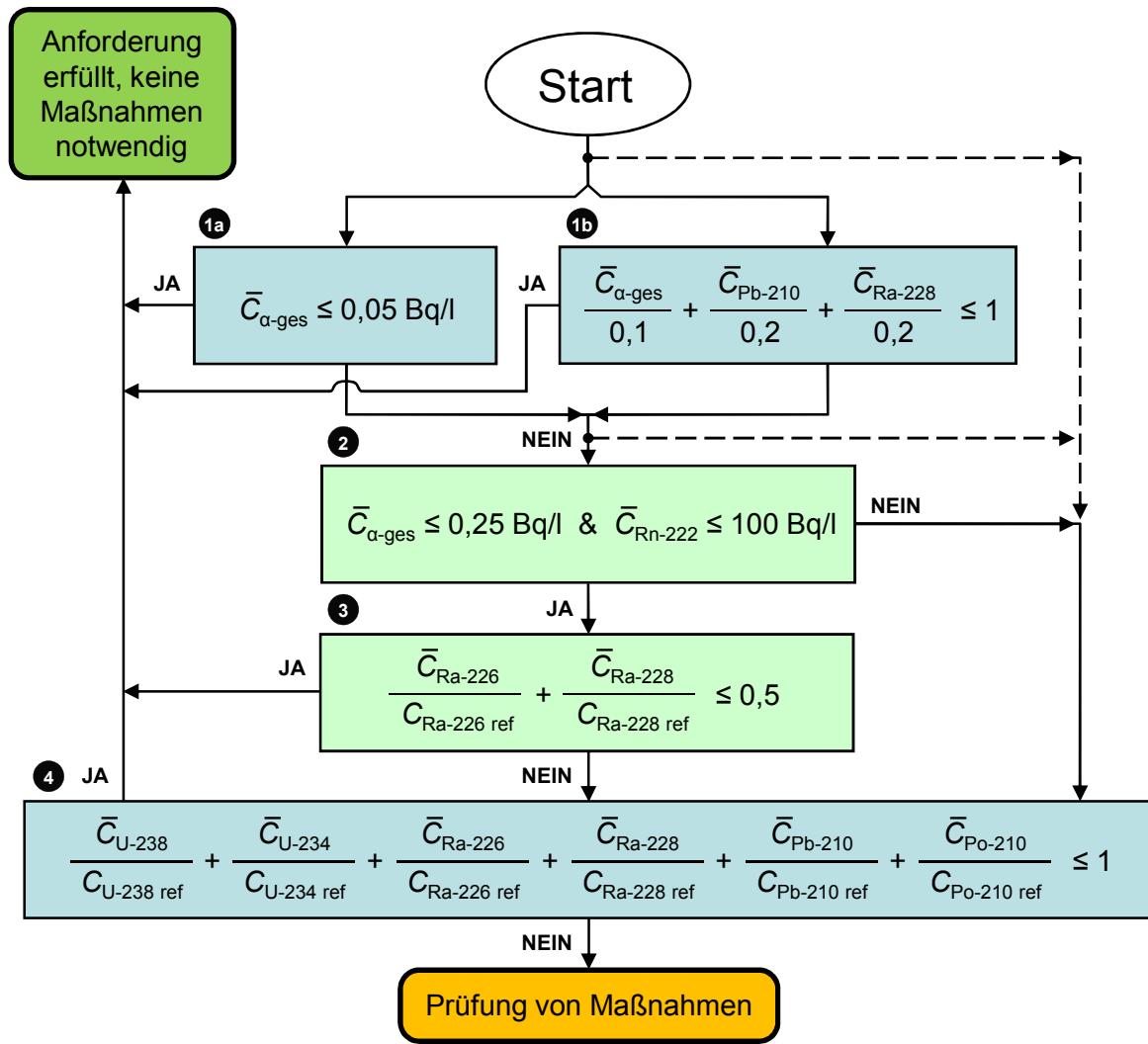
Nuklid	U-238	U-234	Ra-226	Ra-228	Pb-210	Po-210
$C_{ref}$ Bq/l	3	2,8	0,5	0,2	0,2	0,1
NWG Bq/l	0,02	0,02	0,04	0,02	0,02	0,01

# Bewertung der Parameter

- Vereinfachung der Messungen durch Screeningmethoden
  - Grundlage sind die Ergebnisse aus dem BfS Trinkwassermessprogramm zu den Aktivitätsverhältnissen der natürlichen Radionuklide (statistischer Ansatz)
  - Natürliche alpha- und betastrahlende Radionuklide kommen in einem bestimmten Verhältnis zueinander vor, so dass als 1. Ansatz die Bestimmung der Gesamt- $\alpha$ -Aktivitätskonzentration ausreicht
  - Ja/Nein Aussage zur Unterschreitung der Richtdosis ist möglich

Die Richtdosis gilt als eingehalten, wenn  $\text{Gesamt-}\alpha \leq 0,05 \text{ Bq/l}$ , alternativ, wenn  
 $\text{Gesamt-}\alpha \leq 0,1$  und Ra-228 und Pb-210 die Referenz-Aktivitätskonzentrationen unterschreiten

## Ablaufschema für die empfohlenen Prüfungen auf Einhaltung des Parameterwertes der Richtdosis



# Konsequenzen bei Nichteinhaltung der Parameterwerte

## ZIEL

- Trinkwasser sollte lebenslang unbedenklich verwendet werden können
- Verzehr sollte nicht nennenswert zur gesamten Strahlenexposition der Bevölkerung aus natürlichen Quellen beitragen
  - ➡ *Parameterwert für die Richtdosis beträgt nur einen Bruchteil der gesamten natürlichen Strahlenexposition der Bevölkerung von im Mittel 2,1 mSv/a*

## PROBLEM

- Unterbrechung der Trinkwasserversorgung kann schwerwiegende Nachteile für Verbraucher haben

## LÖSUNG

- Abwägung der Verhältnismäßigkeit der Mittel gegenüber der erzielten Reduzierung in Abhängigkeit von der Höhe der Überschreitung

# Mögliche Maßnahmen zur Reduzierung der Radionuklidkonzentration

- Änderung des Betriebsregimes
- Verschneidung der Wässer aus verschiedenen Brunnen
- Mechanische Aufbereitung (z.B. Belüftung der Wässer)
- Chemische Aufbereitung der Wässer
- .....



# Trinkwasser-Leitfaden vom 10. Juni 2012

**- wird 2016 aktualisiert -**

[http://www.bmu.de/files/pdfs/  
allgemein/application/pdf/  
leitfaden\\_trinkwasser\\_bf.pdf](http://www.bmu.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/leitfaden_trinkwasser_bf.pdf)

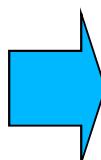
# Ziele des Leitfadens

## Vermittlung von

- **Hintergrundwissen** (Radioaktivität, Dosis, existierende Überwachungsprogramme) für Wasserwerker, Gesundheitsbehörden ..

## Empfehlung von

- **Untersuchungsstrategien** (relevante Radionuklide, Untersuchungshäufigkeit, Screeningverfahren, Referenzkonzentrationen)
- **Probenahme- und Analyseverfahren** (einschließlich deren QS)
- **Entscheidungshilfen bei Nichteinhaltung** von Richtwerten / Parametern



*Schaffung von Voraussetzungen für die sachgerechte Untersuchung und Bewertung von Trinkwasser auf Radioaktivität*

# Bestimmungsmethoden zur Radionuklidanalyse

Nuklid/Element	Bestimmungsmethode (Auswahl)	Vol. (l)	NWG (mBq/l)
Uran	ICP-MS (ferner: Kinetische Phosphoreszenz-Analyse)	0,02	0,7
U-234, U-235, U-238	Extraktionschromatographie, $\alpha$ -Spektrometrie	0,3	5 – 10
Ra-226	Mitfällung an $\text{BaSO}_4$ , Emanometrie, $\alpha$ -Messung	1,0	1
Ra-228	Mitfällung an $\text{BaSO}_4$ , Überführung in das Carbonat, Extraktionschromatographie, Low-level- $\beta$ -Messung	10	1 – 2
Pb-210 Po-210	Spontane Abscheidung an Nickel, Low-level- $\beta$ -Messung (Bi-210), $\alpha$ -Messung (Po-210)	4,0	2 1
Rn-222	Flüssigkeitsszintillationsmessung	0,015	1000
Gesamt- $\alpha$	Phosphatfällung, Flüssigkeitsszintillationsmessung	0,3	20

# Qualitätssicherung (TrinkwV)

Die ...erforderlichen Untersuchungen einschließlich der Probennahmen dürfen nur von dafür zugelassenen Untersuchungsstellen durchgeführt werden.

Die zuständige oberste Landesbehörde oder eine von ihr benannte Stelle erteilt einer Untersuchungsstelle, die im jeweiligen Land tätig und nicht bereits durch ein anderes Land zugelassen ist, auf Antrag die Zulassung, wenn die Untersuchungsstelle

1. .... in Bezug auf radioaktive Stoffe die Vorgaben nach Anlage 3a Teil III Nummer 3 einhält,
  2. nach den **allgemein anerkannten Regeln der Technik** arbeitet,
  3. über ein System der internen Qualitätssicherung verfügt,
  4. sich mindestens einmal jährlich an **externen Qualitätssicherungsprogrammen** erfolgreich beteiligt,
  5. über Personal verfügt, das für die entsprechenden Tätigkeiten hinreichend qualifiziert ist,
  6. durch eine nationale Akkreditierungsstelle eines Mitgliedstaates der Europäischen Union für Trinkwasseruntersuchungen **akkreditiert** ist.

# Qualitätssicherung

- ▶ Probenahme, Probenbehandlung und Analyse – **einzuhaltende Nachweisgrenzen** sind als „**Verfahrenskennwerte**“ in der TrinkwV angegeben
- ▶ Geeignete Verfahren sind z.B. in den **Messanleitungen für die „Überwachung radioaktiver Stoffe in der Umwelt und externer Strahlung“** beschrieben, die auf der BMUB Homepage zu finden sind
- ▶ **DIN- und ISO-Normen**
- ▶ BfS - Leitstelle H bietet seit 2010 Ringversuche für natürliche Radionuklide in Trinkwasser an
  - ▶ **letzter RV 2014**
  - ▶ **nächster für erstes Halbjahr 2016 geplant**

# Ausblick

- BMG, BMUB, UBA: Überarbeitung des „Berichtsformats“ der Bericht nach TrinkwV
  - Dakks: Anforderungen bei der Akkreditierung von Untersuchungsstellen für Trinkwasser werden um die Radioaktivitätsparameter ergänzt

# **Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!**

# Zusammensetzung der Arbeitsgruppe

## Ministerien

- Bundesumweltministerium
- Ministerium für Justiz, Arbeit, Gesundheit und Soziales, Saarland

## Behörden

- Bundesamt für Strahlenschutz
- Umweltbundesamt
- Landesamt für Umwelt, Bayern
- Landesamt für Umweltschutz Sachsen-Anhalt

## Labors

- Verein für Kernverfahrenstechnik und Analytik, Rossendorf
- IAF – Dresden
- IWW Rheinisch-Westfälisches Institut für Wasserforschung

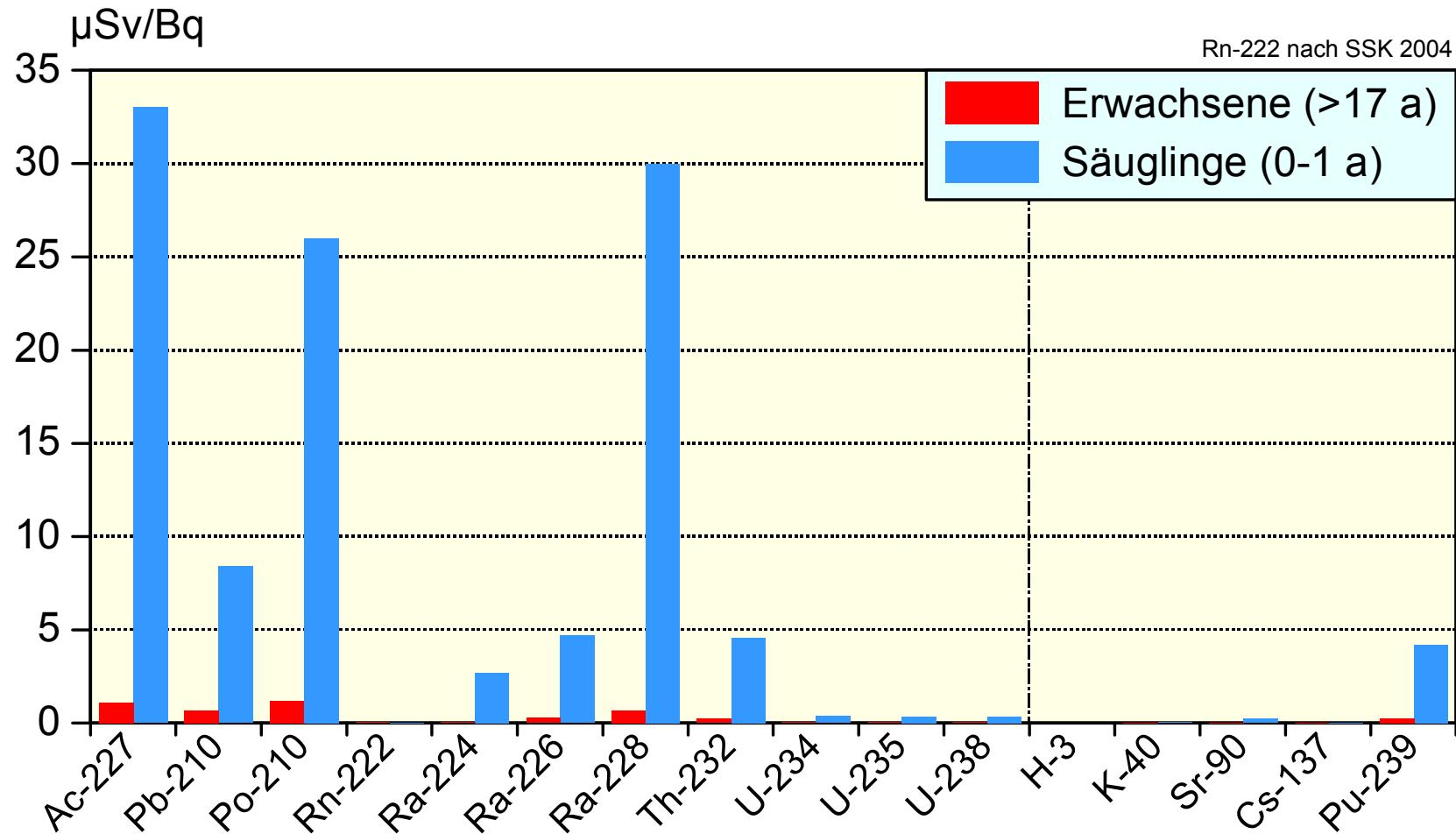
## Verbände / Wasserversorger

- Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft (BDEW)
- DVGW Deutsche Vereinigung des Gas- und Wasserfachs
- Berliner Wasserbetriebe

## Leitung der Arbeitsgruppe:

Klaus Gehrcke, BfS Berlin

# Dosiskoeffizienten (Ingestion) verschiedener Radionuklide nach Richtlinie 96/29 EURATOM



# Ausgewählte Aspekte: Empfohlene Konsequenzen bei Nichteinhaltung

Gesamtrichtdosis $H$	Radonaktivitätskonzentration (Jahresmittelwert)	Empfehlungen / Anmerkungen
$H \leq 0,1 \text{ mSv/a}$	$C_{\text{Rn}}^- \leq 100 \text{ Bq/l}$	Parameterwerte sind eingehalten, keine Maßnahmen erforderlich Wiederholungsmessungen bei wesentlichen Änderungen (siehe Abschnitt 6.3)
$0,1 \text{ mSv/a} < H \leq 0,11 \text{ mSv/a}$	$100 \text{ Bq/l} < C_{\text{Rn}}^- \leq 110 \text{ Bq/l}$	Nichteinhaltung der Parameterwerte der Gesamtrichtdosis und / oder der Radonaktivitätskonzentration kann gegebenenfalls auch dauerhaft hingenommen werden, wenn nicht mit einfachsten Mitteln eine Reduzierung erreicht werden kann. Wiederholungsmessungen nach spätestens 5 Jahren
$0,11 \text{ mSv/a} < H \leq 0,2 \text{ mSv/a}$	$110 \text{ Bq/l} < C_{\text{Rn}}^- \leq 300 \text{ Bq/l}$	Unter Beachtung der Verhältnismäßigkeit Reduzierungsmaßnahmen innerhalb eines Zeitrahmens von <b>10 Jahren</b> prüfen und durchführen Nachhaltigkeit der Maßnahmen durch Wiederholungsmessungen nach nicht mehr als 5 Jahren überprüfen
$0,2 \text{ mSv/a} < H \leq 0,3 \text{ mSv/a}$	$300 \text{ Bq/l} < C_{\text{Rn}}^- \leq 1000 \text{ Bq/l}$	Unter Beachtung der Verhältnismäßigkeit Reduzierungsmaßnahmen innerhalb eines Zeitrahmens von <b>3 Jahren</b> prüfen und durchführen Nachhaltigkeit der Maßnahmen durch Wiederholungsmessungen nach nicht mehr als 5 Jahren überprüfen
$H > 0,3 \text{ mSv/a}$	$C_{\text{Rn}}^- > 1000 \text{ Bq/l}$	Kurzfristige Maßnahmen zur Reduzierung der Gesamtrichtdosis oder der Radonaktivitätskonzentration Nachhaltigkeit der Maßnahmen durch Wiederholungsmessungen nach nicht mehr als 5 Jahren überprüfen

# Ausgewählte Aspekte: Analytik / Probenahme

## **Probenahmestellen:**

*Da es sich bei diesen Parametern um Stoffe handelt, deren Konzentration sich im Verteilungsnetz einschließlich der Trinkwasser-Installation in der Regel nicht mehr dosisrelevant erhöht (analog zu den chemischen Parametern nach Anlage 2 Teil 1, TrinkwV), kann die Einhaltung der Anforderungen auch durch Untersuchungen nach Abschluss der Aufbereitung (am Wasserwerksausgang) nachgewiesen werden.*

## **Ringversuche, Vergleichsmessungen**

*Ringversuche für die externe Qualitätssicherung bei Radioaktivitätsbestimmungen in Trinkwasser werden vom BfS als Leitstelle für die „Überwachung der Umweltradioaktivität in Trinkwasser, Grundwasser, Abwasser, Klärschlamm und Abfälle gemäß § 11 Absatz 4 (6) StrVG durchgeführt.*

## **Messanleitungen des BMU / der Leitstellen Leitstellen**

*Es wird empfohlen, die Untersuchungen an dieser Stelle an der auch die Untersuchungen nach Anlage 2 Teil 1 erfolgen durchzuführen. Werden an dieser Stelle die Richtwerte eingehalten sind keine weiteren Untersuchungen im Verteilungsnetz oder beim Endverbraucher notwendig.*

## **Anforderungen an Messunsicherheiten / Nachweisgrenzen ...**

# Messunsicherheiten

## TrinkwV, chemische Parameter:

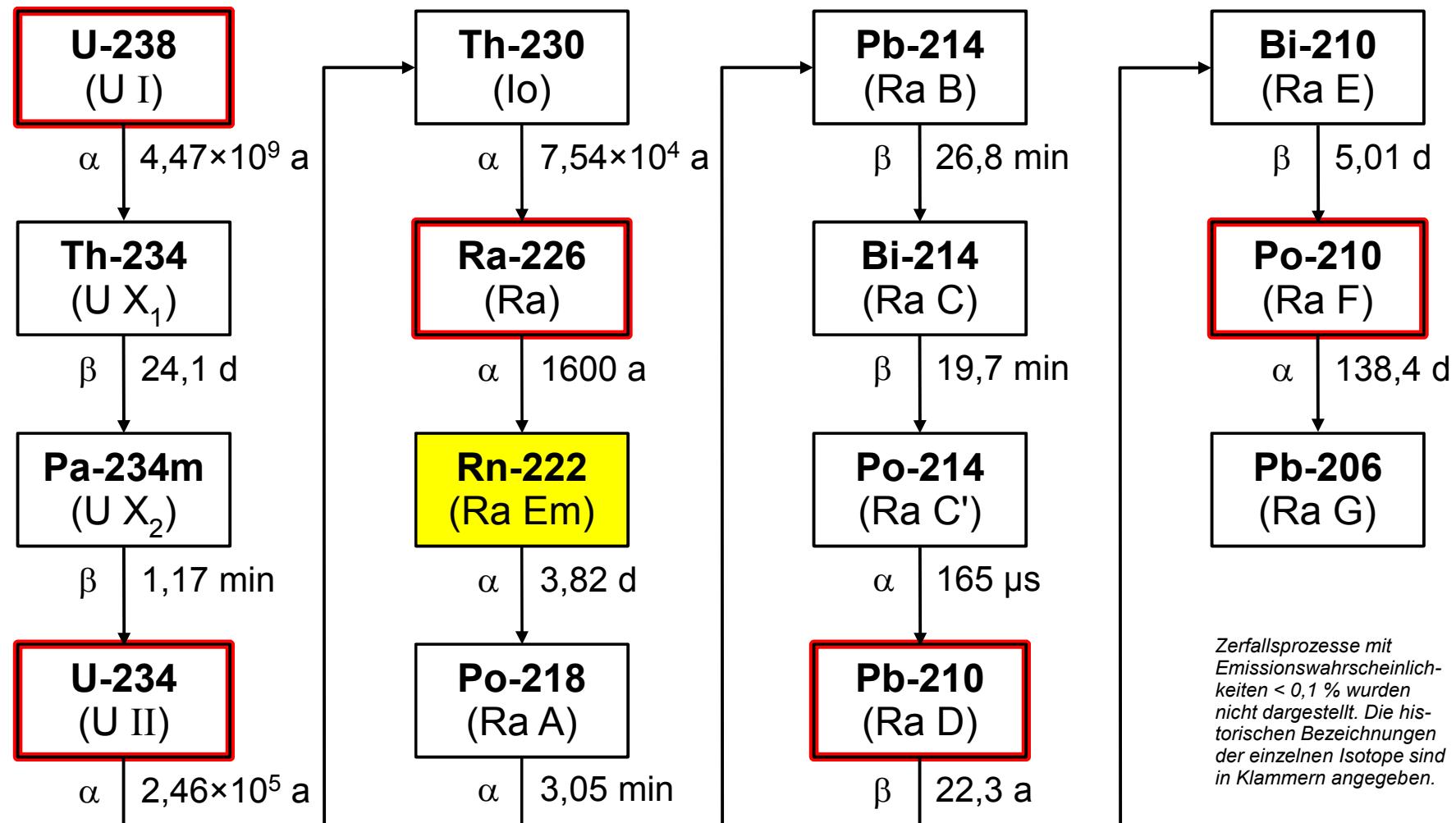
## Anforderungen an Präzision und Richtigkeit

## Strahlenschutz: GUM

## Leitfaden:

„Eine Aufnahme der den konkreten Messwerten zugeordneten Messunsicherheiten in den Prüfbericht ist nach allgemeiner Praxis im Bereich des Vollzugs der TrinkwV nicht gefordert. Allerdings fordern die geltenden Standards im Bereich der Kernstrahlungsmessung zwingend die Angabe des so genannten vollständigen Messergebnisses, das neben dem eigentlichen Messwert die Messunsicherheit mit einschließt. **Es wird deshalb empfohlen, im Prüfbericht die jeweiligen Messunsicherheiten anzugeben.**“

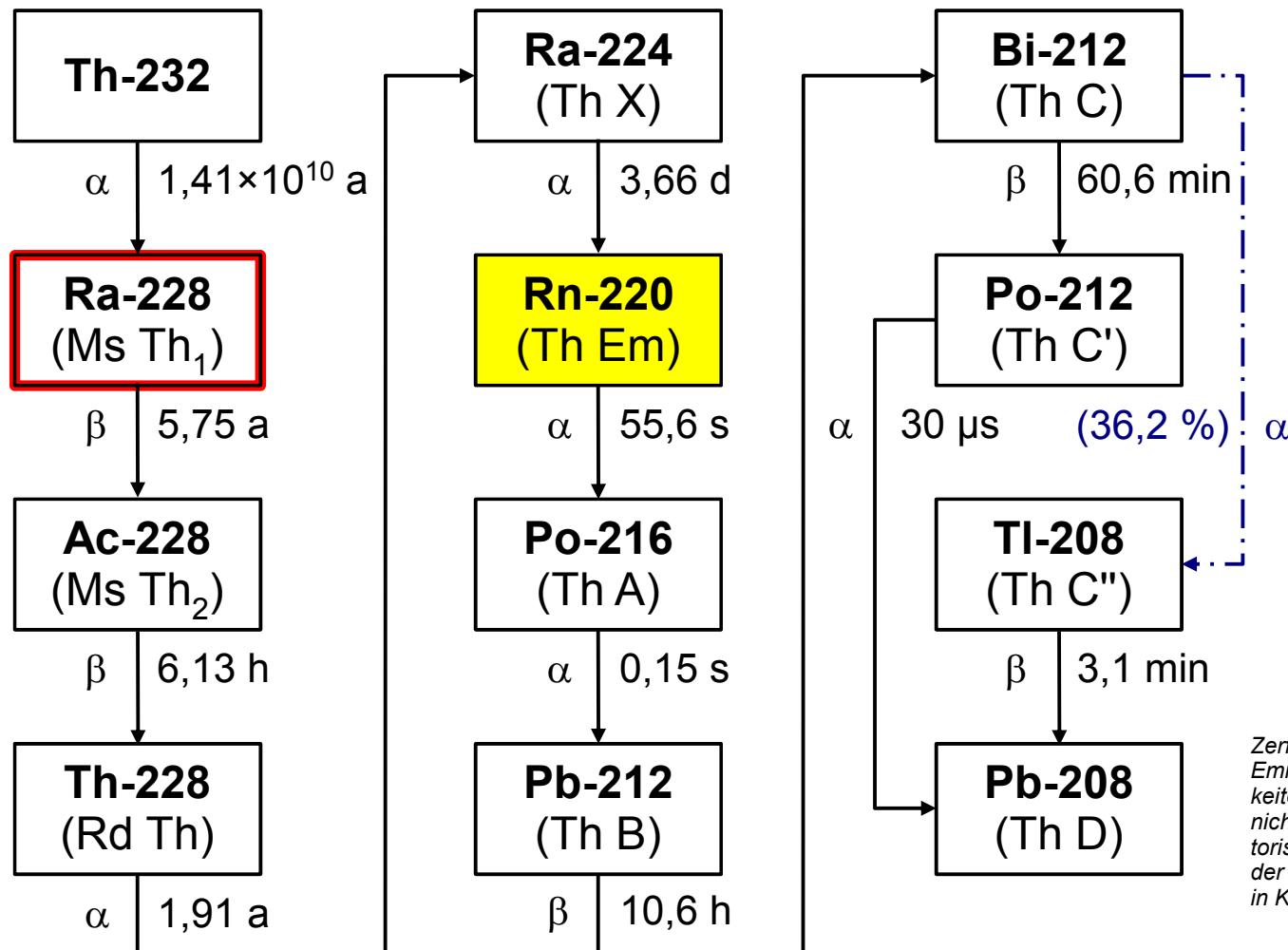
## Zerfallsreihe des Uran-238



Zerfallsprozesse mit Emissionswahrscheinlichkeiten < 0,1 % wurden nicht dargestellt. Die historischen Bezeichnungen der einzelnen Isotope sind in Klammern angegeben.



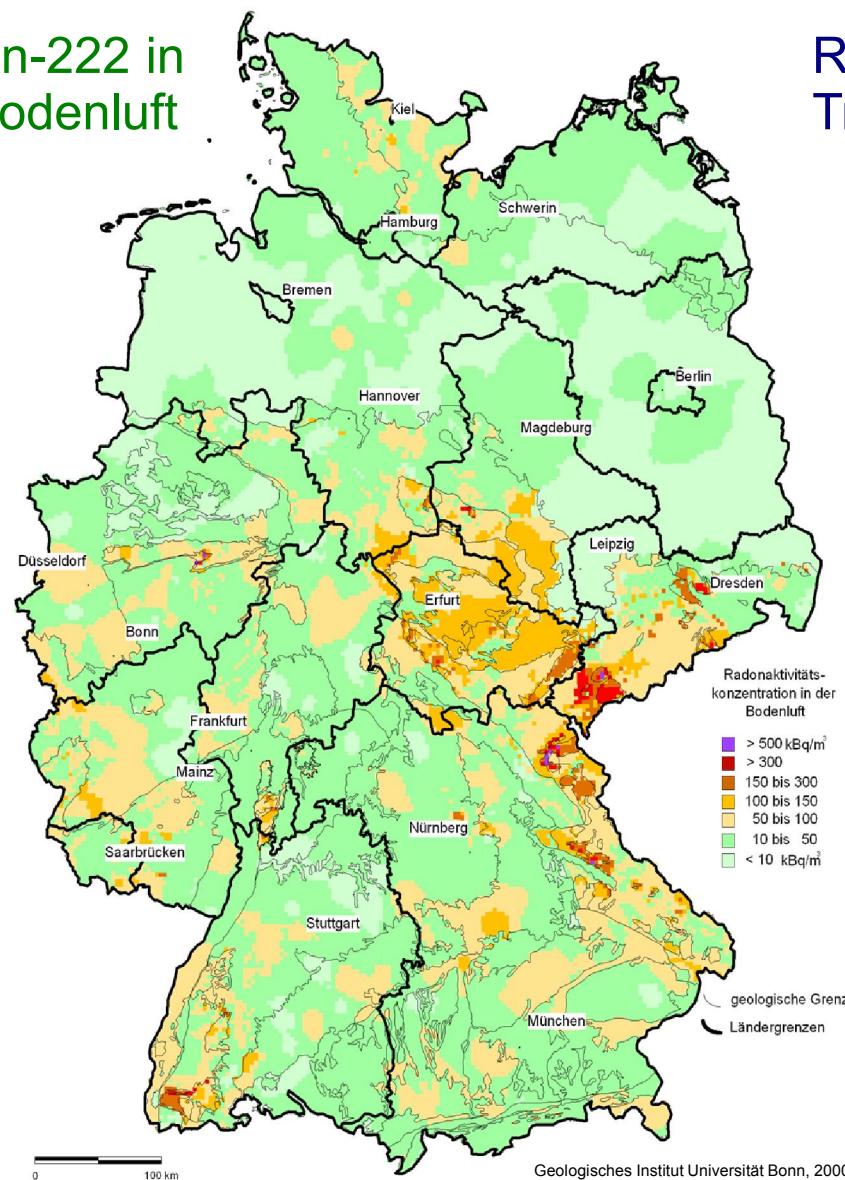
# Zerfallsreihe des Thorium-232



Zerfallsprozesse mit Emissionswahrscheinlichkeiten < 0,1 % wurden nicht dargestellt. Die historischen Bezeichnungen der einzelnen Isotope sind in Klammern angegeben.



## Rn-222 in Bodenluft



## Rn-222 in Trinkwasser

