

Was ist bei der Untersuchung von Trinkwasser auf radioaktive Stoffe in der Praxis zu beachten?

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



Inhalt

- **Wo und wann sind Proben zu untersuchen?**
- **Welche Parameter sind zu untersuchen?**
- **Was ist bei der Probenahme zu beachten?**
- **Wie werden die Proben im Labor untersucht?**
- **Wie sind die Ergebnisse zu bewerten?**

Häufigkeit: Erstuntersuchung

- Ziel: Ermittlung des Jahresdurchschnitts der Radioaktivitätskonzentration im Trinkwasser
- Arithmetischer Mittelwert von vier Messungen in unterschiedlichen Quartalen
- Messungen sollen spätestens in 4 Jahren abgeschlossen sein (bis 26.11.2019)
- Berücksichtigung von
 - Jahreszeitlichen Schwankungen
 - „Beachtung von möglichen Änderungen, die auf technologische Prozesse oder wechselnde Betriebsabläufe zurückzuführen sind“
- Empfehlung von Wiederholungsmessungen
 - bei wesentlichen Änderungen bei der Gewinnung /Aufbereitung mit Auswirkung auf Gehalt an Nukliden

Stelle der Einhaltung (TrinkwV)

- An der Stelle, an der es in die Trinkwasser-Installation übergeben wird (§ 14a)
- Einhaltung kann auch am Wasserwerksausgang geprüft werden (Begründung zur TrinkwV)
 - **Konzentration der Radionuklide erhöht sich i.d.R. nicht im Verteilungsnetz einschließlich Trinkwasser-Installation**

Untersuchungsumfang (Anlage 3a, TrinwV)

- **In der Regel „nur“ natürliche Radionuklide**
 - Radon-222
 - Richtdosis

- **In der Regel keine künstlichen Radionuklide**
 - Tritium, künstliche Einzelnuclide für Richtdosis
 - Erfasst in der Überwachung der Umweltradioaktivität durch die Strahlenschutzmessstellen der Länder (IMIS) (Strahlenschutzvorsorgegesetz) und
 - Emissions- und Immissionsüberwachung kerntechnischer Anlagen durch Betreiber oder Sachverständige (Strahlenschutzverordnung/REI)

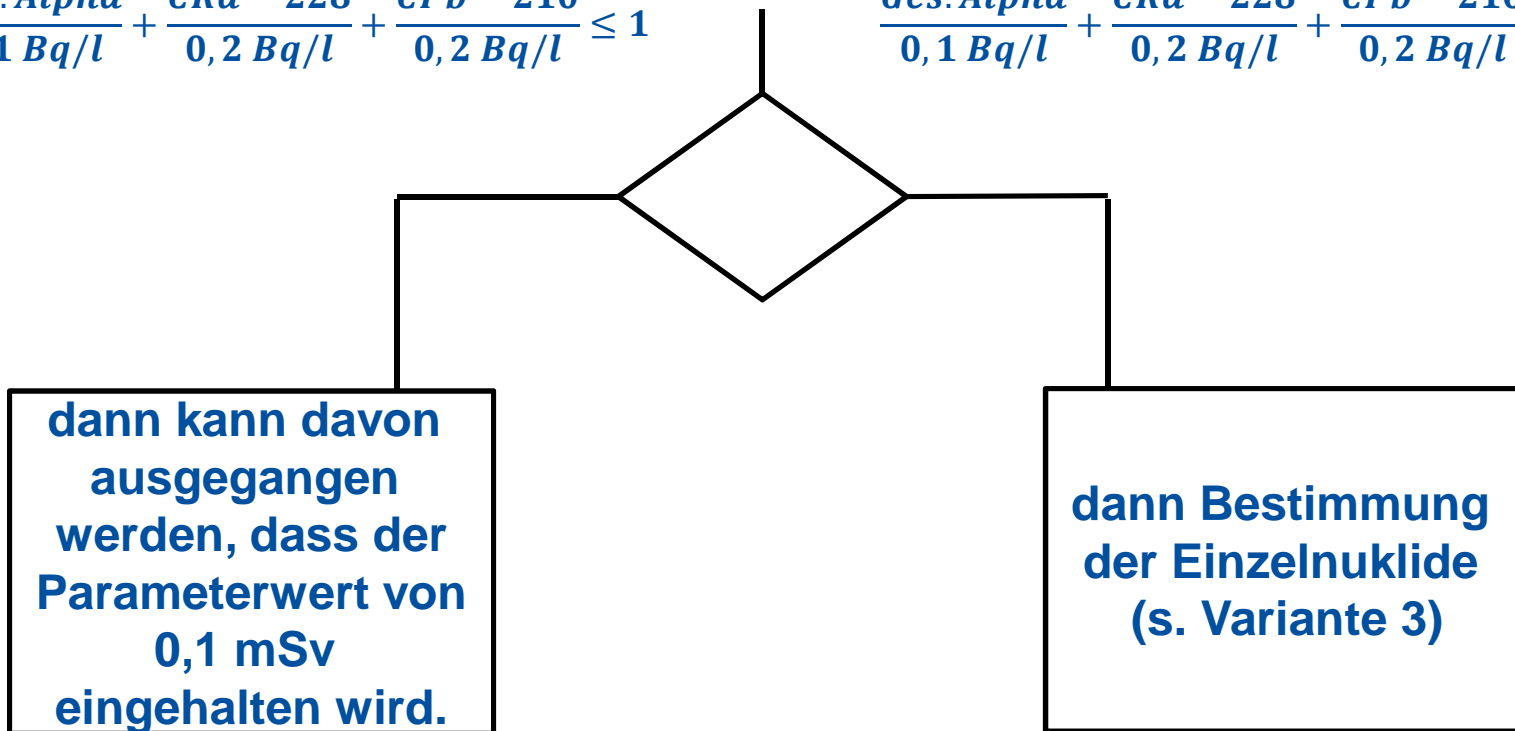
Prüfstrategie Richtdosis (I): TrinkwV

Variante 1 (aa)

Screening-Verfahren- Gesamt-Alpha-Aktivität + Bestimmung von Radium-228 und Blei-210 (Beta-Strahler)

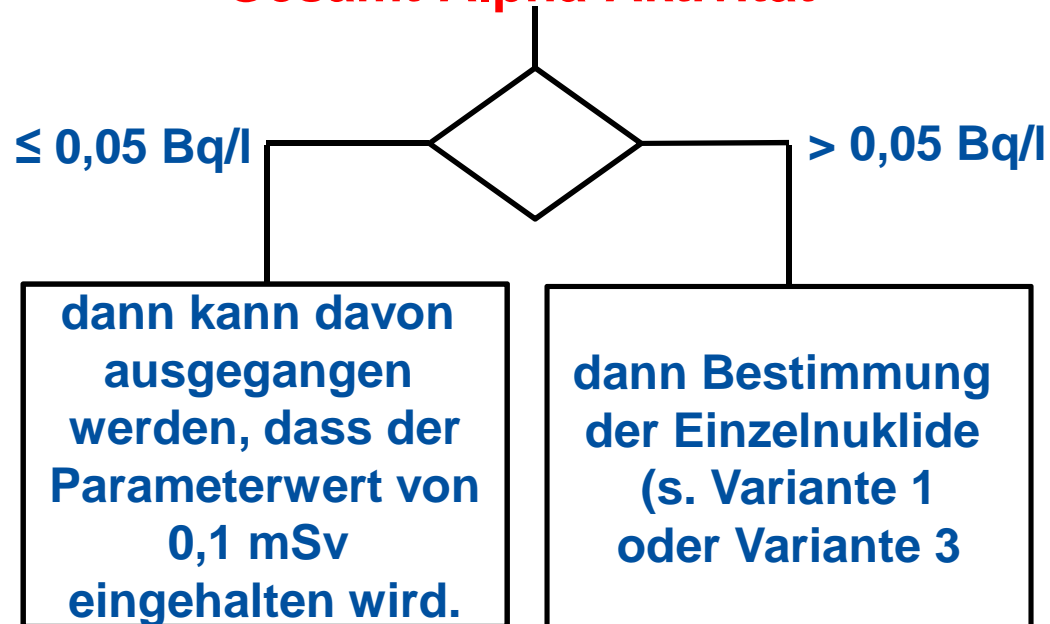
$$\frac{\text{Ges. Alpha}}{0,1 \text{ Bq/l}} + \frac{C_{\text{Ra} - 228}}{0,2 \text{ Bq/l}} + \frac{C_{\text{Pb} - 210}}{0,2 \text{ Bq/l}} \leq 1$$

$$\frac{\text{Ges. Alpha}}{0,1 \text{ Bq/l}} + \frac{C_{\text{Ra} - 228}}{0,2 \text{ Bq/l}} + \frac{C_{\text{Pb} - 210}}{0,2 \text{ Bq/l}} > 1$$



Prüfstrategie Richtdosis (II): TrinkwV

Variante 2 (bb) Screening-Verfahren – Gesamt-Alpha-Aktivität



Variante 3 (cc) Messung der dosisrelevanten Einzelnuklide

U-238, U-234, Ra-226, Ra-228, Po-210, Pb-210
(außer Rn-222, K-40, H-3)

Berechnung der effektiven
Folgedosis

$$H_i = \sum H_{i,RNr} = \sum C_r \cdot g_{t,r} \cdot U_i$$

Vergleich mit
Parameterwert:
0,1 mSv/a

Untersuchungsverfahren

- Die Probenahme- und Untersuchungsverfahren richten sich nach den allgemein anerkannten Regeln der Technik (Anlage 3a)

Verfahrenskennwerte

Laufende Nummer	Parameter, Gesamt-Aktivitätskonzentrationen und Radionuklide	Nachweisgrenze (Anmerkungen 1 und 2)
1	Tritium	10 Bq/l
2	Radon	10 Bq/l
3	Gesamt-Alpha-Aktivitätskonzentration	0,04 Bq/l (Anmerkung 3)
	Gesamt-Beta-Aktivitätskonzentration	0,4 Bq/l

Probenahme

	Radon-222	Gesamt-Alpha-Aktivität	Richtdosis Einzelnuclide
Behälter	PET (gasdicht) Glas / Vollstopfen	Kunststoff	Kunststoff
Probenahme-technik	Flüchtige Stoffe	Nichtflüchtige Stoffe	Nichtflüchtige Stoffe
Probenvolumen	Mind. 100 ml (500 ml)	Mind. 100 ml (500 ml)	Mind. 10 Liter
Analysentechnik	z.B. LSC	z.B. LSC	z.B. Alpha-/ Gamma Spektrometrie, nach Probenvorbereitung
Bemerkung	Beginn de Analytik innerhalb von 3 Tagen nach Probenahme	-	-

Radon Probenahme

- Behälter mit Schlauchtechnik befüllen
- Behälter verschließen luftblasenfrei unter Wasseroberfläche
- Luftblasenfrei gefüllten Behälter prüfen



Analytik von radioaktiven Stoffen

- **Anforderungen nach § 15 TrinkwV:
Untersuchung einschließlich Probenahme nur
von zugelassenen Untersuchungsstellen**
- **IWW-Labor ist akkreditiert nach
DIN EN ISO 17025 für**
 - Radon-222 (LSC/Flüssigszintillation)
 - Richtdosis (Gesamt-Alpha-Aktivität
Screening-Verfahren –
LSC mit Alpha-/Beta-Diskriminierung)
- **Analytik im Fremdauftrag**
 - Richtdosis (Einzelnuklid-Bestimmung)
 - Tritium

Richtdosis: Berechnung (I)

- umfasst **alle** nachgewiesenen natürlichen und künstlichen Radionuklide (inkl. **langlebige Radon-Zerfallsprodukte Pb-210, Po-210**) **außer** Tritium, Radon und kurzlebige Radon-Zerfallsprodukte, Kalium-40
- Berechnung der Richtdosis speziell definiert für Trinkwasser (interne Strahlenexposition durch Radionuklide im Trinkwasser, Ingestions-Folgedosis)
- Berücksichtigt Schutzphilosophien, Konventionen

Richtdosis: Berechnung (II)

■ Richtdosis ist Rechengröße: effektive Folgedosis

$$H_i = \sum H_{i,RNr} \quad H_{i,RNr} = C_r \cdot g_{i,r} \cdot U_i$$

- **H_i**: Richtdosis
- **C**: Aktivitätskonzentration des Radionuklids r in Trinkwasser Bq/l
- **g**: Ingestions-Folgedosiskoeffizient für Personen der Altersgruppe i und das Radionuklid r in Sv/Bq
- **U**: konsumierte Trinkwassermenge der Altersgruppe i in l (730 l)

	Dosiskoeffizienten (g) mSv/Bq (Ingestion; > 17a)
U-238	0,000045
U-234	0,000049
Ra-228	0,00028
Ra-226	0,00069
Po-210	0,0012
Pb-210	0,00069

Richtdosis: Prüfung der Einhaltung des Parameterwertes nach TrinkwV (Anlage 3a)

Vereinfachte Überprüfung, ob Parameterwert eingehalten

$$\sum_{i=1}^n \frac{C_i(\text{mess})}{C_i(\text{ref})} \leq 1$$

- $C_i(\text{mess})$: gemessene Aktivitätskonzentration des Radionuklids in Trinkwasser in
- $C_i(\text{ref})$: Referenz-Aktivitätskonzentration des Radionuklids i

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

	Referenz-Aktivitätskonzentration
U-238	3,0
U-234	2,8
Ra-228	0,2
Ra-226	0,5
Po-210	0,1
Pb-210	0,2

$$H_{i,RNr} = C_r \cdot g_{i,r} \cdot U_i$$

$$C_{i(\text{ref})} = 0,1 / (g_{i,r} \cdot U_i)$$

Angabe Ergebnisse (nach Leitfaden 2012)

Formblatt für Einhaltung Parameterwert

Quartals-Nr. ¹⁾: 1 von 4

Parameter	Einheit	Verfahren	Nachweisgrenze ²⁾	Richtwert	$C_{r,mess}$
$C_{\alpha-ges}$	mBq/l		25	50	
C_{Rn-222}	Bq/l		20	100	

Formblatt für Zusammenfassung

Quartalsmessung		1	2	3	4	Mittelwert
Probenahmedatum						
Parameter	Einheit	$C_{r,mess}$	$C_{r,mess}$	$C_{r,mess}$	$C_{r,mess}$	$\bar{C}_{r,mess}$ ¹⁾
$C_{\alpha-ges}$	mBq/l					
C_{Rn-222}	Bq/l					

$\bar{C}_{\alpha-ges} \leq 50 \text{ mBq/l}$ ²⁾ ja nein
 $\bar{C}_{Rn-222} \leq 100 \text{ Bq/l}$ ³⁾ ja nein
 $\bar{C}_{\alpha-ges} \leq 250 \text{ mBq/l}$ und $\bar{C}_{Rn-222} \leq 100 \text{ Bq/l}$ ⁴⁾ ja nein

Maßnahmen bei Überschreitung Parameterwert

- **Meldung an Behörde (§ 16) von USI**
- **Prüfung von Behörde und Entscheidung von Maßnahmen (Verhältnismäßigkeit beachten)**
 - Überschreitung dauerhaft zulassen
 - Maßnahmen zur Reduzierung (Zeitvorgabe)
 - Versorgung unterbrechen
- **Information**
 - Unterrichtung Verbraucher über Beschaffenheit (USI)
 - Unterrichtung über Maßnahmen (ggf. Verwendungsbeschränkung) (USI, Behörde)

Empfohlene Maßnahmen bei Nichteinhaltung der Parameterwerte (nach Leitfaden 2012)

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