



ZENTRUM WASSER

BERATUNG – FORSCHUNG – WEITERBILDUNG



Uran im Trinkwasser

Vorkommen, Bewertung, Entfernung

10. Jahrestagung Trinkwasserringversuche
Osnabrück (04. März 2009)

Achim Rübel
(a.ruebel@iww-online.de)



IWW RHEINISCH-WESTFÄLISCHES INSTITUT FÜR WASSER
BERATUNGS- UND ENTWICKLUNGSGESELLSCHAFT MBH

Institut an der

UNIVERSITÄT
DUISBURG
ESSEN



Überblick: Uran im Trinkwasser

- **1. Uran:
Vorkommen und Verhalten in der Umwelt**
- **2. Toxizität**
- **3. Analytik**
- **4. Uran im Trinkwasser**
- **5. Uranentfernung**



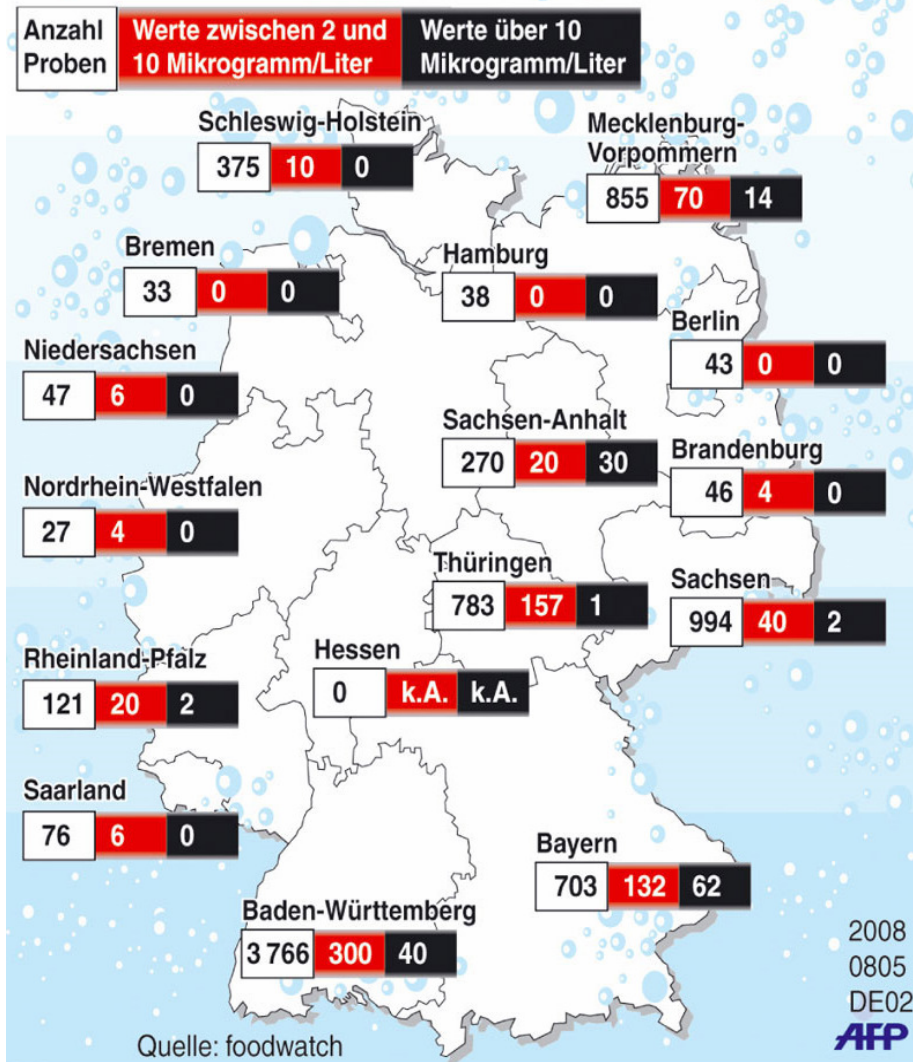
**Deutsches Leitungswasser
deutlich stärker mit Uran belastet als bisher
bekannt!**

**Kein Grenzwert für Uran
im Trinkwasser!**

**Warnung: ab 2 $\mu\text{g/l}$ Uran sollen Säuglinge und
Kleinkinder kein uranhaltiges Wasser trinken!**

Foodwatch: Uran im Trinkwasser!

URANBELASTUNG IM TRINKWASSER



Grafik: foodwatch/AFP [M]

- 8177 Messwerte
- ca. 800 Werte 2 – 10 µg/l
- ca. 150 Werte über 10 µg/l
- max. Wert: 39 µg/l
- Rein- und Rohwasserdaten
- z.T. mehrere Messwerte pro Wasserwerk

Wo kommt Uran vor? (1)

- **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. granitische Gesteine)**
 - **Sekundäre Lagerstätten: Ton-, Kalk- und Sandsteine, anmoorige Gebiete**
 - kleinräumig: **„Urananomalien!!!“**

Wo kommt Uran vor? (2)

■ Phosphatdünger:

Ø 100 – 130 mg/kg Rohmaterial

Bereich: 8 – 220 mg/kg Rohmaterial

- Abschätzung der Anreicherung in der Landwirtschaft über Phosphatdünger: 3,7 µg pro ha und a
- Verlagerung in Grundwasser?
- Abschwemmung in Oberflächengewässer

■ Kernkraftwerke, Atombomben, Uranbergbau, DU-Munition, Kohleverbrennung

- Keine Bedeutung für Uranbelastung im Trinkwasser

Wo kommt Uran vor? (3)

- Meerwasser ca. 3 µg/l
- Flüsse (D) ø 1 – 3 µg/l
- Oberflächenwasser (D) 0,007 – 43,7 µg/l
Median: 0,33 µg/l
- Grundwasser (Bayern) < 0,1 – 57 µg/l
- Mineralwasser (D) < 0,1 – 29 µg/l
- Trinkwasser (D) < 0,1 – 40 µg/l

Natürliches Uran

■ Isotope des natürlichen Urans

Isotop	Häufigkeit (%)	Halbwertszeit (Jahre)
$^{238}_{92}\text{U}$	99,3	4.500.000.000
$^{235}_{92}\text{U}$	0,7	704.000.000
$^{234}_{92}\text{U}$	0,0056	245.000

- Schwermetall
- Instabil, radioaktiv (schwacher alpha-Strahler)
- Zerfallsreihe U 238 und U 235

Verhalten von Uran in der Umwelt

**Uranit
(U-IV)**



Ausfällung

Lösung

Komplexierung

Sorption

**Feststoff-
phase**

**reduzierend
unlöslich**



Redoxbedingungen,
pH, Sauerstoff,
Carbonate, Phosphat,
Huminstoffe,

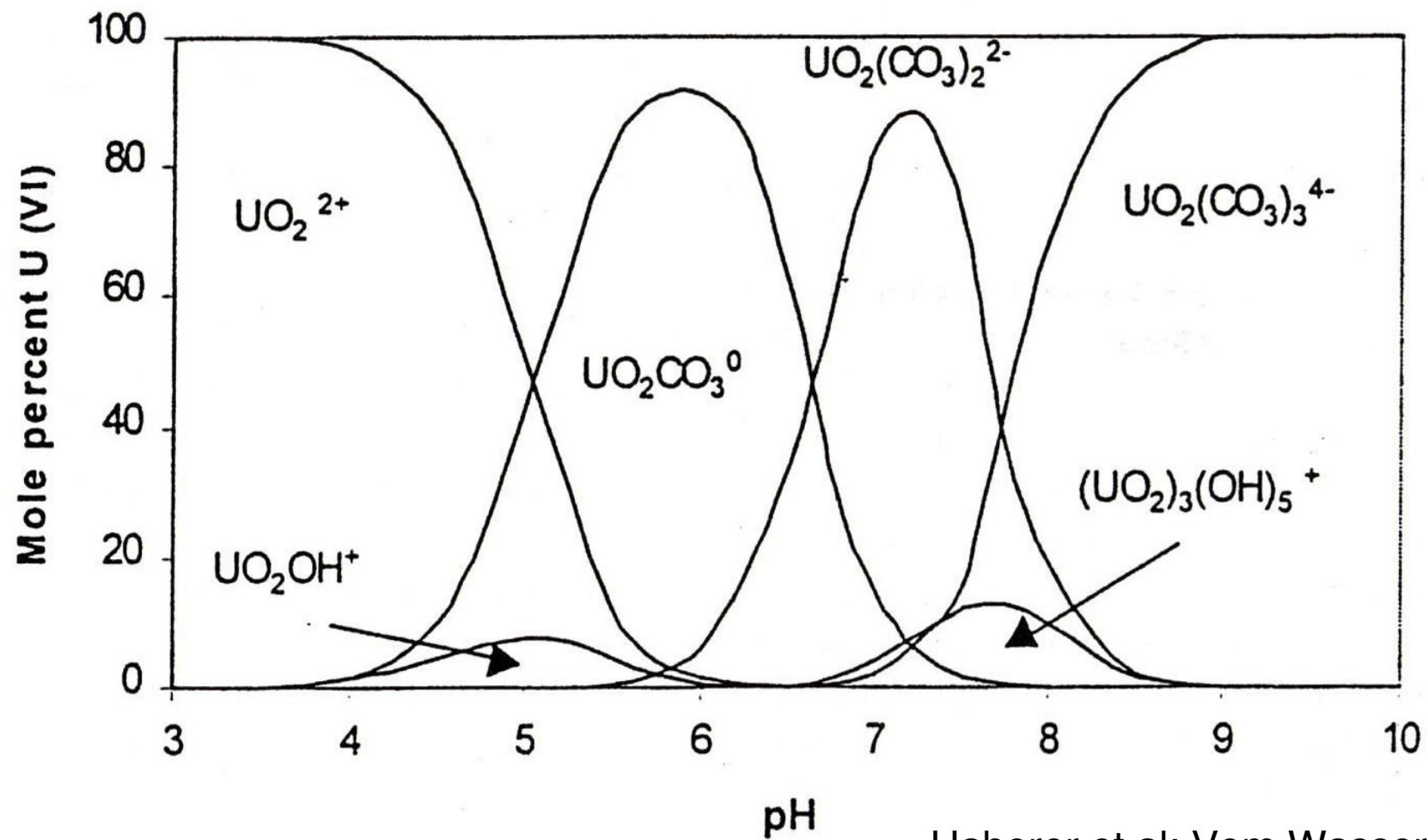
**Uranyl-Komplexe
(UVI)**



**Wasser-
phase**

**oxidierend
löslich**

Uranyl-Komplexe in Wasser



Haberer et al: Vom Wasser 1999

Uran: Toxizität im Trinkwasser



Chemische Toxizität

Niere empfindlichste Zielorgan

UBA Leitwert:	10 µg/l
UBA „Maßnahmewert“	20 µg/l
Revision TrinkwV Grenzwert:	10 µg/l
WHO Leitwert (vorläufig):	15 µg/l
US-EPA Grenzwert:	30 µg/l

Mineral- und TafelwasserV,	kein Grenzwert
bei Angabe „Geeignet für die Zubereitung von Säuglingsnahrung“	2 µg/l



Radiotoxizität

im Trinkwasser nicht relevant ($U < 60 \mu\text{g/l}$)

Gesundheitlicher Leitwert für Uran in Trinkwasser

■ Gesundheitlicher Leitwert: 10 µg/l (124 mBq/l)

Lebenslang duldbar – auch für Säuglinge

- Grundlagen: 70 kg KG; 2 L pro Tag über 70 a; 98 % durch TRW; Sicherheitsfaktor 250 -500
- Maßnahmewert: 20 µg/l
(befristete Überschreitung, Belastungsdauer max. 10 Jahre)

■ Mineral- und Tafelwasserverordnung: 2 µg/l

Kein Grenzwert; nicht toxikologisch begründet

- bei Angabe „Geeignet für die Zubereitung von Säuglingsnahrung“
- Begründung: Besondere Eignung gemäß Diätverordnung (Zusammensetzung muss sich deutlich von anderen Lebensmitteln unterscheiden)

Uran-Analytik in Trink-, Grund- und Rohwässern

■ ICP-MS (Uran-Isotop 238)

- DIN EN ISO 17294-2
- Bestimmungsgrenze:
0,1 µg/l (bis 0,01 µg/l)
- Externe Kalibrierung
- Interner Standard



Verfahrenskenndaten IWW:

Bestimmungsgrenze: 0,05 µg/l

V_{x0} : 0,4 %

Erw. Messunsicherheit: 6 % (bei 2 µg/l)

■ Voltammetrie

- Bestimmung von Uran - Verfahren mittels adsorptiver Stripping-Voltammetrie in Grund-, Roh- und Trinkwässern
DIN 38406-17 (Entwurf Oktober 2007)
- Anwendungsbereich: $\sim 0,1 - 50 \mu\text{g/l U}$

■ (Radioaktivitätsbestimmung)

Uran im Trink- und Rohwasser

	Max. Wert $\mu\text{g/l}$	Anteil 2–10 $\mu\text{g/l}$ %	Anteil >10 $\mu\text{g/l}$ %	Anzahl Werte
KUS-Studie	26,2	7,5	0,5	1790
LfU Bayern	40	19,7	9,4	704
IWW NRW	13	8,5	0,2	457
Foodwatch	39	9,3	1,8	8177

☑ Ionenaustauschverfahren

- **Stark basischer Anionenaustauscher**
Adsorption des Uranyl-Komplexes

Für Kleinanlagen: Ionenaustauscher gut geeignet

- **selektiv**
- **betriebssicher**
- **einfach technisch umsetzbar**

Ionenaustauscher zur Entfernung von Uran: Zulassung gemäß § 11 Liste TrinkwV

■ Liste der Aufbereitungsstoffe und Desinfektionsverfahren gemäß § 11 TrinkwV (Stand Dez. 2008)



**Teil I b Aufbereitungsstoffe, die als Feststoffe
eingesetzt werden**

Verwendungszweck: Entfernung von Uran

- **Modifiziertes tert.-Amin-Acryl-Copolymer**
z.B. Uranex®
- **Styren divinyl-benzen Copolymer mit
Trialkylammonium-Gruppen**
z.B. Lewatit® S 6388

Uran-Entfernung in der Trinkwasseraufbereitung

(2) Literatur: LfU Bayern, Verbundforschungsvorhaben BMBF-DVGW

- **Mitfällung bei Enteisenung und Entmanganung;
Aktivkohleadsorption:
Nicht zuverlässig und dauerhaft wirksam**
- **Uranabtrennung durch Flockung**
 - > 80 % mit Aluminiumsalzen (pH 6,5 – 7,5)
- **Uranabtrennung durch Membranverfahren
(Nanofiltration und Umkehrosmose)**
 - 80 – 100 %
Kosten, Konzentrat, ggf. Aufhärtung

Empfehlungen bei Problemen mit Uran im Trinkwasser (LfU, UBA)

■ Situations-Analyse

- Beurteilung der lokalen geologischen und hydrologischen Situation
- Versorgungssituation (Brunnen, technischer Betrieb..)

■ Technische Veränderungen

- Stilllegung von uranreichen Brunnen;
- günstigere Mischungsverhältnisse;
- Zustrom uranreichen Grundwassers absperren

■ Uranentfernung durch Aufbereitung

■ Anschluss an andere Wasserversorgungen

■ Neuerschließung von Brunnen

(Empfehlung: bei Neuerschließungen von Brunnen immer auch auf Uran untersuchen!)

Zusammenfassung: Uran im Trinkwasser

■ Chemische Toxizität

- Leitwert: 0,01 mg/l (gilt auch für Säuglinge)
- Zukünftig als Grenzwert in TrinkwV

■ Analytik

- ICP-MS
- (Voltammetrie)

■ Messdaten in Trinkwasser

- Bei weitem überwiegend: kein Uran-Problem im Trinkwasser
- lokal erhöhte Urankonzentrationen möglich ($> 10 \mu\text{g/l}$)
- Datensätze bundesweit sehr unterschiedlich

■ Entfernung von Uran aus Trinkwasser

- Anionenaustauscher
- (Nanofiltration)

Literatur (1)

- Konietzka R., Dieter H. H., Voss J.-U.: Vorschlag für einen gesundheitlichen Leitwert für Uran in Trinkwasser; Umwelt Forsch Prax 10 (2) 133 – 143 (2005)
- Deutscher Bundestag: Uran in Phosphatdüngemitteln – Uran im Düngemittel-, Bodenschutz und Wasserrecht (2009), <http://dip21.bundestag.de/dip21/btd/16/115/1611539.pdf>
- Bundesinstitut für Risikobewertung: Ausgewählte Fragen und Antworten zu Uran in Mineralwasser (2009), <http://www.bfr.bund.de/cd/27956>
- Umweltbundesamt: Uran im Trinkwasser (2008), <http://www.umweltbundesamt.de/gesundheit/publikationen/Ausgabe03-2008.pdf>
- Bayerisches Landesamt für Umwelt: Untersuchungen zur Entfernung von Uran aus Trinkwasser (2008), http://www.lfu.bayern.de/doc/uranentfernung_aus_trinkwasser.pdf
- Bayerisches Landesamt für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit und Bayerisches Landesamt für Umwelt: Untersuchungen zum Vorkommen von Uran im Grund- und Trinkwasser in Bayern (2007)
- Umweltbundesamt: Kinder-Umwelt-Survey 2003/06 (KUS) (2008), <http://www.umweltbundesamt.de/gesundheit/survey/us03/uprog.htm>

Literatur (2)

- Schlitt V.: Uran in Trinkwasser, in: Stuttgarter Berichte zur Siedlungswasserwirtschaft, Band 196 (2009)
- Haberer K., Raff O.: Removal of Naturally Occurring Radionuclides from Drinking Water – An Overview, Vom Wasser, Band 93, 305-324 (1999)
- Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe: Geochemical Atlas of Germany, Uranium in Stream Water (2007),
http://www.bgr.bund.de/cln_101/nn_326704/EN/Themen/GG_geol_Info/Projektbeitraege/geochemical_atlas_of_germany/geochemical_atlas_of_germany_pbei_en.html