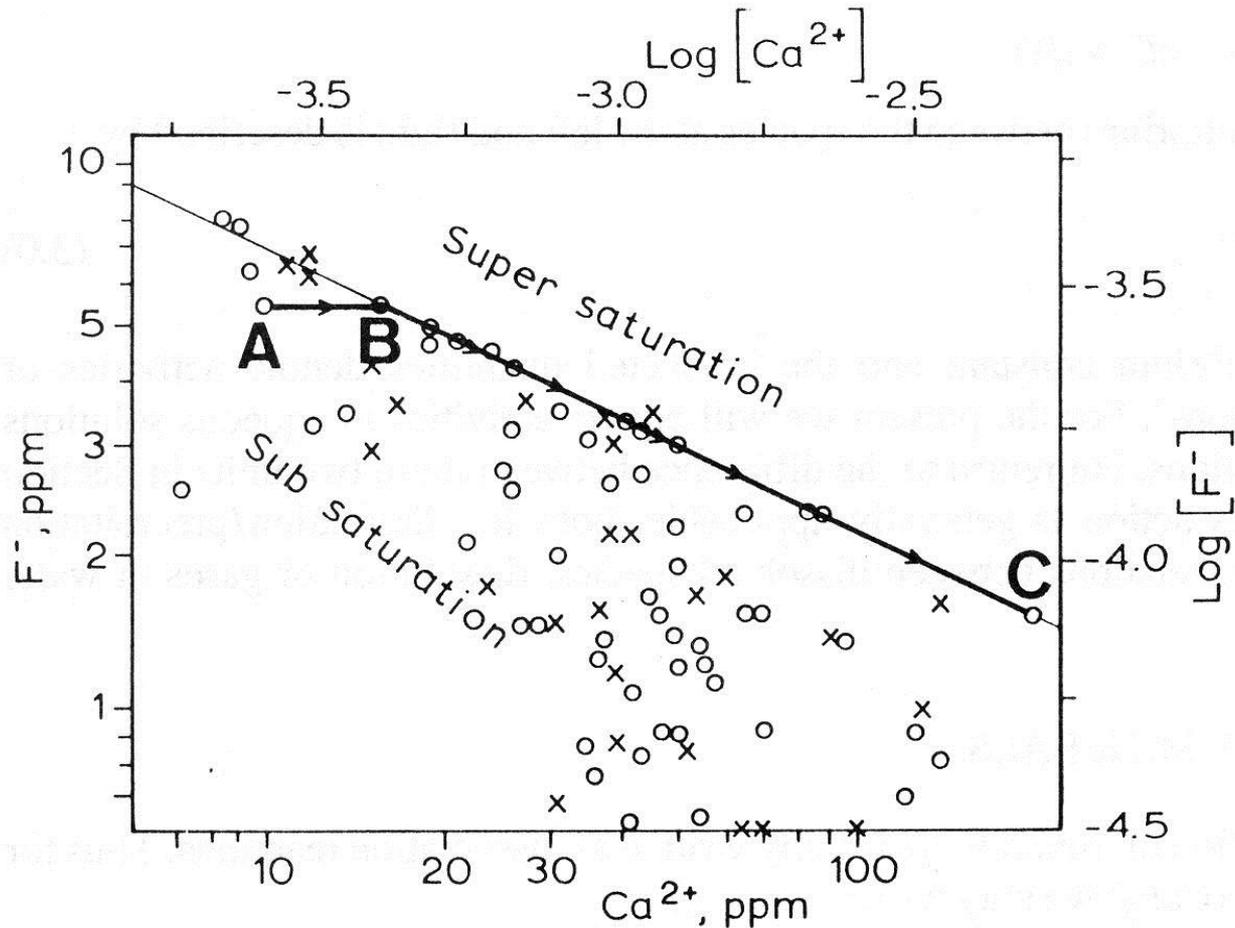


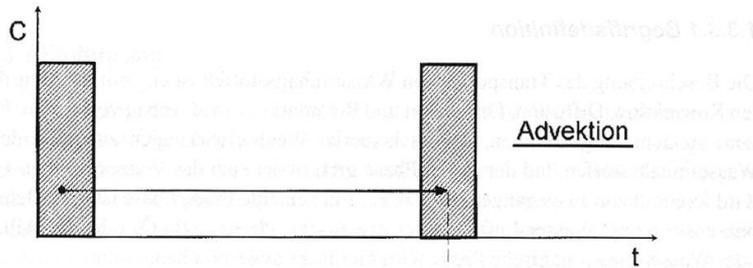
Stofftransport und Stoffhaushalt in hydrologischen Systemen

Vorlesung im Blockkurs (1. Woche)

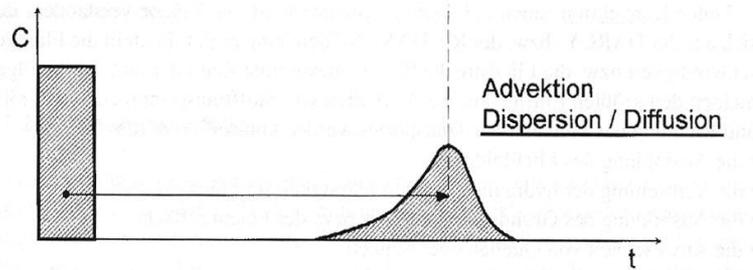
Dr. C. Külls



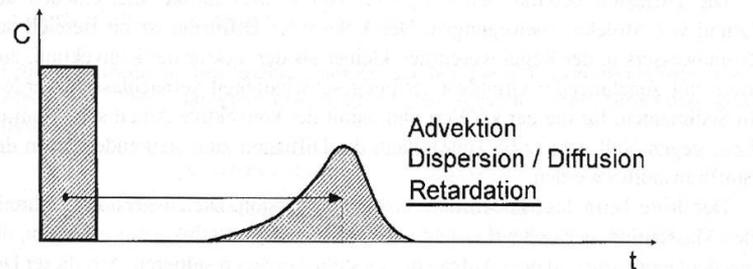
The stability of fluorite and the saturation of groundwaters from Sirohi, W. Rajasthan, India (modified from Handa, 1975). The evolution in water chemistry upon addition of gypsum is described by the pathway A, B to C as discussed in the text.



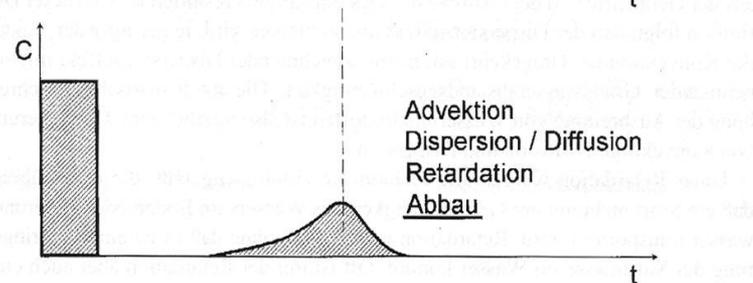
Advektion



Advektion mit Dispersion



und mit Sorption



und mit Abbau

Anwendungsbereiche

Es gibt keine Reaktionen:

- Mischung: Event, Pre-Event
- 2 Teileinzugsgebiete
- 2 oder mehr Aquifere

EMMA

Es gibt Reaktionen, diese ,haben aber Zeit, ins Gleichgewicht zu kommen, weil sie schnell sind, oder weil die Verweilzeit lang genug ist‘:

- Phasengleichgewichte, Gaslösung
- welche Minerale lösen sich, welche fallen aus
- woher kommt ein Wasser
- Sorption
- Redox
- Speziesverteilung

PhreeqC

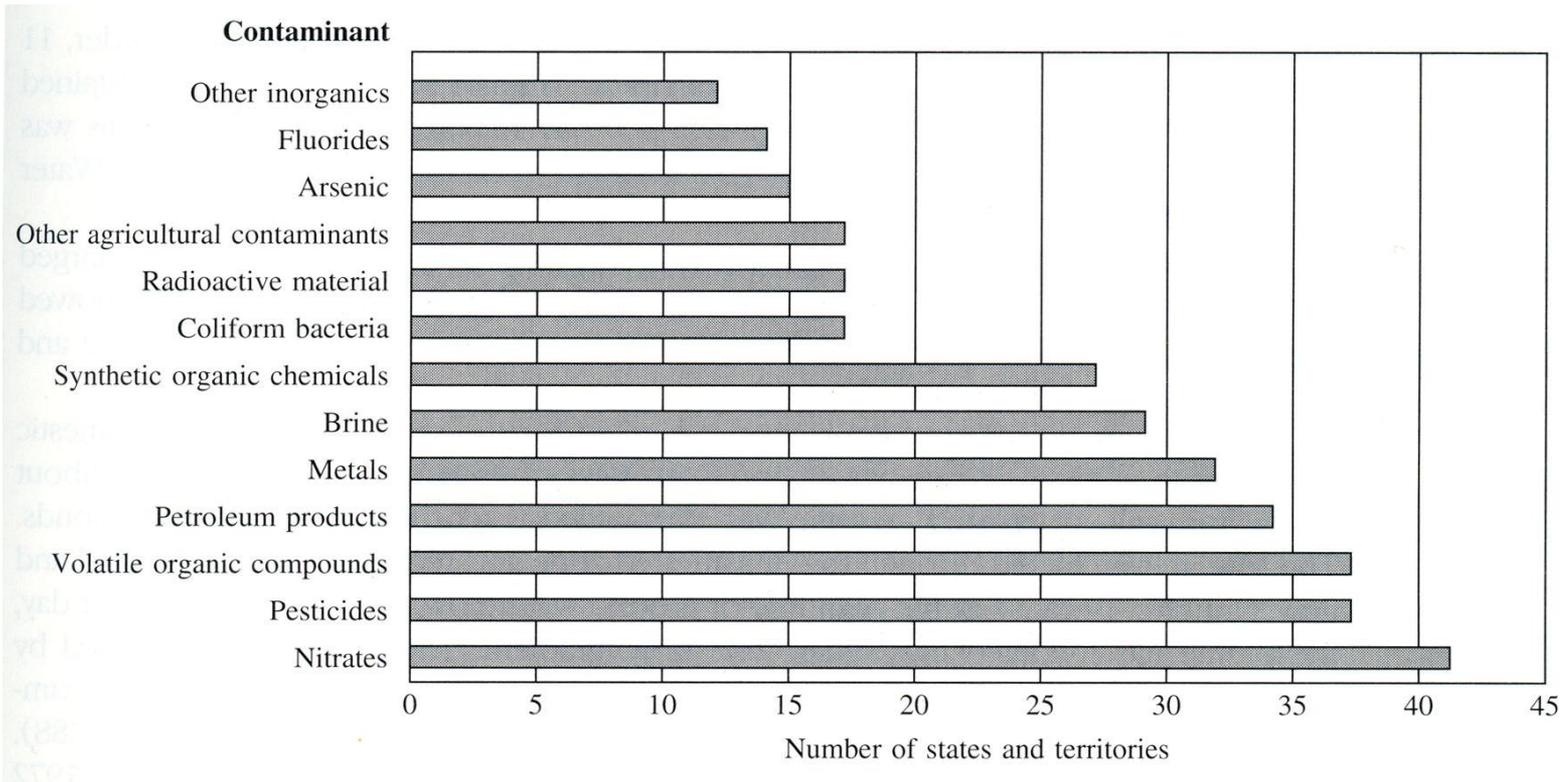
Vorhersage der Verteilung von Stoffen in einem Fließsystem

ADG

Was leistet hydrogeochemische Modellierung?

- Ermittlung der Speziesverteilung, Bindung an Liganden
- Sättigungsindizes (Lösung / Fällung?)
- Wässer mischen
- Temperatureinfluß berechnen
- Verdunstungseinfluß berechnen
- beliebige chemische Reaktionen modellieren (Gleichgewichts-/Ungleichgewichtsreaktionen)
- Genese von Wässern ermitteln

- Sorption modellieren (Kationenaustausch, Oberflächenkomplexierung)
- Reaktiver Stofftransport



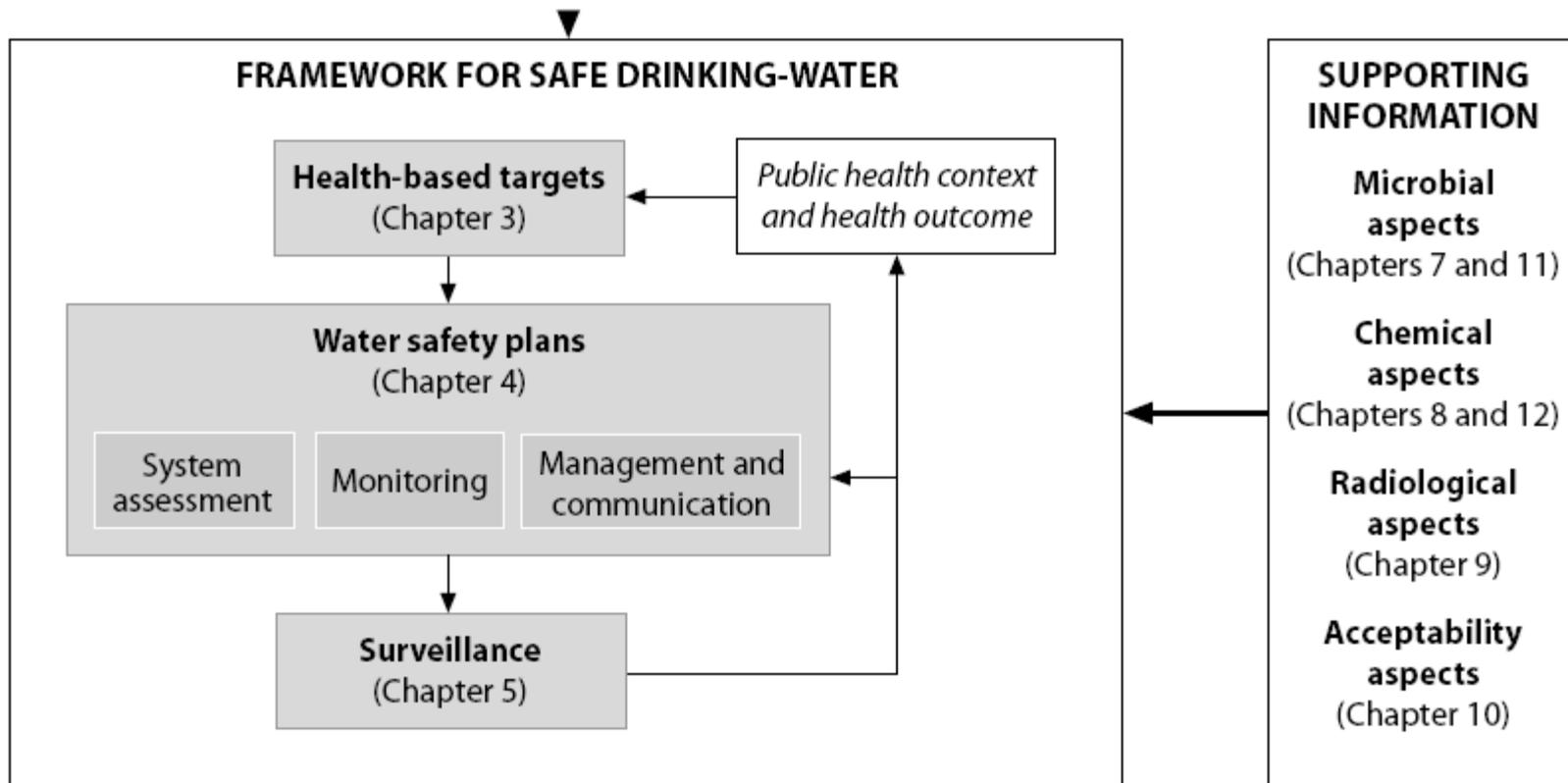
Frequency of various contaminants considered by states and territories of the United States to be a major threat to ground-water quality. Source: National Water Quality Inventory, 1988 Report to Congress, Environmental Protection Agency, 1990.

Source of chemical constituents	Examples of sources
Naturally occurring	Rocks, soils and the effects of the geological setting and climate
Industrial sources and human dwellings	Mining (extractive industries) and manufacturing and processing industries, sewage, solid wastes, urban runoff, fuel leakages
Agricultural activities	Manures, fertilizers, intensive animal practices and pesticides
Water treatment or materials in contact with drinking-water	Coagulants, DBPs, piping materials
Pesticides used in water for public health	Larvicides used in the control of insect vectors of disease
Cyanobacteria	Eutrophic lakes

Quelle: Fetter, Contaminant Hydrology, 1995

- Grenzwerte sollen den lebenslangen, unbedenklichen Konsum von [Trinkwasser] auch für sensible Bevölkerungsgruppen gewährleisten.
(Scheidleder et al. 1999)
- Trinkwasserverordnung, Mineralwasserverordnung
- WMO-Grenzwerte
- EU-WRRL
- Wasserhaushaltsgesetz
- Spezielle Verordnungen des Bodenschutzes und Grundwasserschutzes, Bodenschutzverordnung

- “This volume of the **Guidelines** for Drinking-water Quality explains requirements to ensure drinking-water safety, including minimum procedures and specific guideline values, and how those requirements are intended to be used. The volume also describes the approaches used in deriving the guidelines, including guideline values. It includes **fact sheets** on significant microbial and chemical hazards. The development of this third edition of the Guidelines for Drinking-water Quality includes a substantive revision of approaches to ensuring microbial safety. This takes account of important developments in microbial risk assessment and its linkages to risk management.”



$$\text{TDI} = (\text{NOAEL or LOAEL}) / \text{UF}$$

where:

- NOAEL = no-observed-adverse-effect level
- LOAEL = lowest-observed-adverse-effect level
- UF = uncertainty factor

The guideline value (GV) is then derived from the TDI as follows:

$$\text{GV} = (\text{TDI} \times \text{bw} \times \text{P}) / \text{C}$$

where:

- bw = body weight (see Annex 3)
- P = fraction of the TDI allocated to drinking-water
- C = daily drinking-water consumption (see Annex 3)

Quelle: WHO Guidelines for Drinking-water Quality (2004)

- (1) Diese Verordnung regelt die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch. Sie gilt nicht für 1. natürliches Mineralwasser im Sinne des § 2 der Mineral- und Tafelwasserverordnung vom 1. August 1984 (BGBl. I S. 1036), die zuletzt durch Artikel 2 § 1 der Verordnung vom 21. Mai 2001 (BGBl. I S. 959) geändert worden ist, 2. Heilwasser im Sinne des § 2 Abs. 1 des Arzneimittelgesetzes.
- (2) Für Anlagen und Wasser aus Anlagen, die zur Entnahme oder Abgabe von Wasser bestimmt sind, das nicht die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch hat, und die zusätzlich zu den Wasserversorgungsanlagen nach § 3 Nr. 2 im Haushalt verwendet werden, gilt diese Verordnung nur, soweit sie auf solche Anlagen ausdrücklich Bezug nimmt.

Anlage 1, Teil I Verteilungsnetz

Lfd. Nr.	PARAMETER	GRENZWERT
1	Escherichia coli (E. coli)	0/250 ml
2	Enterokokken	0/250 ml
3	Pseudomonas aeruginosa	0/250 ml
4	Koloniezahl bei 22° C	100/ml
5	Koloniezahl bei 36° C	20/ml
6	Coliforme Bakterien	0/250 ml

Anlage 1, Teil II: Abfüllung

Lfd. Nr.	PARAMETER	GRENZWERT (Anzahl/100 ml)
1	Escherichia coli (E. coli)	0
2	Enterokokken	0
3	Coliforme Bakterien	0



Anlage 2, Teil I

Stoffe deren Konzentration
Im Verteilungsnetz in der
Regel nicht mehr ansteigt

Acrylamid, Benzol
1,2-Dichlorethan, PSM
Tetrachlorethen,
Trichlorethen

Bor, Bromat,
Chrom, Hg, Se
Cyanid, Fluorid, Nitrat

Lfd. Nr.	Parameter	Grenzwert mg/l	Bemerkungen
1	Acrylamid	0,0001	Der Grenzwert bezieht sich auf die Restmonomerkonzentration im Wasser, berechnet auf Grund der maximalen Freisetzung nach den Spezifikationen des entsprechenden Polymers und der angewandten Polymerdosis
2	Benzol	0,001	
3	Bor	1	
4	Bromat	0,01	
5	Chrom	0,05	Zur Bestimmung wird die Konzentration von Chromat auf Chrom umgerechnet
6	Cyanid	0,05	
7	1,2-Dichlorethan	0,003	
8	Fluorid	1,5	
9	Nitrat	50	Die Summe aus Nitratkonzentration in mg/l geteilt durch 50 und Nitritkonzentration in mg/l geteilt durch 3 darf nicht größer als 1 mg/l sein
10	Pflanzenschutzmittel und Biozidprodukte	0,0001	Pflanzenschutzmittel und Biozidprodukte bedeutet: organische Insektizide, organische Herbizide, organische Fungizide, organische Nematizide, organische Akarizide, organische Algizide, organische Rodentizide, organische Schleimbekämpfungsmittel, verwandte Produkte (u. a. Wachstumsregulatoren) und die relevanten Metaboliten, Abbau- und Reaktionsprodukte. Es brauchen nur solche Pflanzenschutzmittel und Biozidprodukte überwacht zu werden, deren Vorhandensein in einer bestimmten Wasserversorgung wahrscheinlich ist. Der Grenzwert gilt jeweils für die einzelnen Pflanzenschutzmittel und Biozidprodukte. Für Aldrin, Dieldrin, Heptachlor und Heptachlorepoxid gilt der Grenzwert von 0,00003 mg/l
11	Pflanzenschutzmittel und Biozidprodukte insgesamt	0,0005	Der Parameter bezeichnet die Summe der bei dem Kontrollverfahren nachgewiesenen und mengenmäßig bestimmten einzelnen Pflanzenschutzmittel und Biozidprodukte
12	Quecksilber	0,001	
13	Selen	0,01	
14	Tetrachlorethen und Trichlorethen	0,01	Summe der für die beiden Stoffe nachgewiesenen Konzentrationen

Anlage 2, Teil II

Stoffe, deren Konzentration im Verteilungsnetz noch ansteigen kann

Nitrit

Antimon, Arsen, Blei, Cadmium, Kupfer, Nickel

Benzo-a-pyren, Epichlorhydrin, PAK, Trihalogenmethane, Vinylchlorid

Lfd. Nr.	Parameter	Grenzwert mg/l	Bemerkungen
1	Antimon	0,005	
2	Arsen	0,01	
3	Benzo-(a)-pyren	0,00001	
4	Blei	0,01	Grundlage ist eine für die durchschnittliche wöchentliche Wasseraufnahme durch Verbraucher repräsentative Probe; hierfür soll nach Artikel 7 Abs. 4 der Trinkwasserrichtlinie ein harmonisiertes Verfahren festgesetzt werden. Die zuständigen Behörden stellen sicher, dass alle geeigneten Maßnahmen getroffen werden, um die Bleikonzentration in Wasser für den menschlichen Gebrauch innerhalb des Zeitraums, der zur Erreichung des Grenzwertes erforderlich ist, so weit wie möglich zu reduzieren. Maßnahmen zur Erreichung dieses Wertes sind schrittweise und vorrangig dort durchzuführen, wo die Bleikonzentration in Wasser für den menschlichen Gebrauch am höchsten ist
5	Cadmium	0,005	Einschließlich der bei Stagnation von Wasser in Rohren aufgenommenen Cadmiumverbindungen
6	Epichlorhydrin	0,0001	Der Grenzwert bezieht sich auf die Restmonomerkonzentration im Wasser, berechnet auf Grund der maximalen Freisetzung nach den Spezifikationen des entsprechenden Polymers und der angewandten Polymerdosis
7	Kupfer	2	Grundlage ist eine für die durchschnittliche wöchentliche Wasseraufnahme durch Verbraucher repräsentative Probe; hierfür soll nach Artikel 7 Abs. 4 der Trinkwasserrichtlinie ein harmonisiertes Verfahren festgesetzt werden. Die Untersuchung im Rahmen der Überwachung nach § 19 Abs. 7 ist nur dann erforderlich, wenn der pH-Wert im Versorgungsgebiet kleiner als 7,4 ist
8	Nickel	0,02	Grundlage ist eine für die durchschnittliche wöchentliche Wasseraufnahme durch Verbraucher repräsentative Probe; hierfür soll nach Artikel 7 Abs. 4 der Trinkwasserrichtlinie ein harmonisiertes Verfahren festgesetzt werden
9	Nitrit	0,5	Die Summe aus Nitratkonzentration in mg/l geteilt durch 50 und Nitritkonzentration in mg/l geteilt durch 3 darf nicht höher als 1 mg/l sein. Am Ausgang des Wasserwerks darf der Wert von 0,1 mg/l für Nitrit nicht überschritten werden
10	Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe	0,0001	Summe der nachgewiesenen und mengenmäßig bestimmten nachfolgenden Stoffe: Benzo-(b)-fluoranthen, Benzo-(k)-fluoranthen, Benzo-(ghi)-perylen und Indeno-(1,2,3-cd)-pyren
11	Trihalogenmethane	0,05	Summe der am Zapfhahn des Verbrauchers nachgewiesenen und mengenmäßig bestimmten Reaktionsprodukte, die bei der Desinfektion oder Oxidation des Wassers entstehen: Trichlormethan (Chloroform), Bromdichlormethan, Dibromchlormethan und Tribrommethan (Bromoform); eine Untersuchung im Versorgungsnetz ist nicht erforderlich, wenn am Ausgang des Wasserwerks der Wert von 0,01 mg/l nicht überschritten wird
12	Vinylchlorid	0,0005	Der Grenzwert bezieht sich auf die Restmonomerkonzentration im Wasser, berechnet auf Grund der maximalen Freisetzung nach den Spezifikationen des entsprechenden Polymers und der angewandten Polymerdosis

Lfd. Nr.	Parameter	Einheit, als	Grenzwert/ Anforderung	Bemerkungen
1	Aluminium	mg/l	0,2	
2	Ammonium	mg/l	0,5	Geogen bedingte Überschreitungen bleiben bis zu einem Grenzwert von 30 mg/l außer Betracht. Die Ursache einer plötzlichen oder kontinuierlichen Erhöhung der üblicherweise gemessenen Konzentration ist zu untersuchen
3	Chlorid	mg/l	250	Das Wasser sollte nicht korrosiv wirken (Anmerkung 1)
4	Clostridium perfringens (einschließlich Sporen)	Anzahl/100 ml	0	Dieser Parameter braucht nur bestimmt zu werden, wenn das Wasser von Oberflächenwasser stammt oder von Oberflächenwasser beeinflusst wird. Wird dieser Grenzwert nicht eingehalten, veranlasst die zuständige Behörde Nachforschungen im Versorgungssystem, um sicherzustellen, dass keine Gefährdung der menschlichen Gesundheit auf Grund eines Auftretens krankheitserregender Mikroorganismen, z. B. Cryptosporidium, besteht. Über das Ergebnis dieser Nachforschungen unterrichtet die zuständige Behörde über die zuständige oberste Landesbehörde das Bundesministerium für Gesundheit
5	Eisen	mg/l	0,2	Geogen bedingte Überschreitungen bleiben bei Anlagen mit einer Abgabe von bis zu 1000 m ³ im Jahr bis zu 0,5 mg/l außer Betracht
6	Färbung (spektraler Absorptionskoeffizient Hg 436 nm)	m ⁻¹	0,5	Bestimmung des spektralen Absorptionskoeffizienten mit Spektralphotometer oder Filterphotometer
7	Geruchsschwellenwert		2 bei 12 °C 3 bei 25 °C	Stufenweise Verdünnung mit geruchsfreiem Wasser und Prüfung auf Geruch
8	Geschmack		für den Verbraucher annehmbar und ohne anormale Veränderung	
9	Koloniezahl bei 22 °C		ohne anormale Veränderung	Bei der Anwendung des Verfahrens nach Anlage 1 Nr. 5 TrinkwV a. F. gelten folgende Grenzwerte: 100/ml am Zapfhahn des Verbrauchers; 20/ml unmittelbar nach Abschluss der Aufbereitung im desinfizierten Wasser; 1000/ml bei Wasserversorgungsanlagen nach § 3 Nr. 2 Buchstabe b sowie in Tanks von Land-, Luft- und Wasserfahrzeugen. Bei Anwendung anderer Verfahren ist das Verfahren nach Anlage 1 Nr. 5 TrinkwV a. F. für die Dauer von mindestens einem Jahr parallel zu verwenden, um entsprechende Vergleichswerte zu erzielen. Der Unternehmer oder sonstige Inhaber einer Wasserversorgungsanlage hat unabhängig vom angewandten Verfahren einen plötzlichen oder kontinuierlichen Anstieg unverzüglich der zuständigen Behörde zu melden
10	Koloniezahl bei 36 °C		ohne anormale Veränderung	Bei der Anwendung des Verfahrens nach Anlage 1 Nr. 5 TrinkwV a. F. gilt der Grenzwert von 100/ml. Bei Anwendung anderer Verfahren ist das Verfahren nach Anlage 1 Nr. 5 TrinkwV a. F. für die Dauer von mindestens einem Jahr parallel zu verwenden, um entsprechende Vergleichswerte zu erzielen. Der Unternehmer oder sonstige Inhaber einer Wasserversorgungsanlage hat unabhängig vom angewandten Verfahren einen plötzlichen oder kontinuierlichen Anstieg unverzüglich der zuständigen Behörde zu melden
11	Elektrische Leitfähigkeit	µS/cm	2500 bei 20 °C	Das Wasser sollte nicht korrosiv wirken (Anmerkung 1)
12	Mangan	mg/l	0,05	Geogen bedingte Überschreitungen bleiben bei Anlagen mit einer Abgabe von bis zu 1000 m ³ im Jahr bis zu einem Grenzwert von 0,2 mg/l außer Betracht

13	Natrium	mg/l	200	
14	Organisch gebundener Kohlenstoff (TOC)		ohne anormale Veränderung	Bei Versorgungssystemen mit einer Abgabe von weniger als 10 000 m ³ pro Tag braucht dieser Parameter nicht bestimmt zu werden
15	Oxidierbarkeit	mg/l O ₂	5	Dieser Parameter braucht nicht bestimmt zu werden, wenn der Parameter TOC analysiert wird
16	Sulfat	mg/l	240	Das Wasser sollte nicht korrosiv wirken (Anmerkung 1). Geogen bedingte Überschreitungen bleiben bis zu einem Grenzwert von 500 mg/l außer Betracht
17	Trübung	nephelometrische Trübungseinheiten (NTU)	1,0	Der Grenzwert gilt am Ausgang des Wasserwerks. Der Unternehmer oder sonstige Inhaber einer Wasserversorgungsanlage hat einen plötzlichen oder kontinuierlichen Anstieg unverzüglich der zuständigen Behörde zu melden
18	Wasserstoffionen-Konzentration	pH-Einheiten	≥ 6,5 und ≤ 9,5	Das Wasser sollte nicht korrosiv wirken (Anmerkung 1). Die berechnete Calcitlösekapazität am Ausgang des Wasserwerks darf 5 mg/l CaCO ₃ nicht überschreiten; diese Forderung gilt als erfüllt, wenn der pH-Wert am Wasserwerksausgang ≥ 7,7 ist. Bei der Mischung von Wasser aus zwei oder mehr Wasserwerken darf die Calcitlösekapazität im Verteilungsnetz den Wert von 10 mg/l nicht überschreiten. Für in Flaschen oder Behältnisse abgefülltes Wasser kann der Mindestwert auf 4,5 pH-Einheiten herabgesetzt werden. Für in Flaschen oder Behältnisse abgefülltes Wasser, das von Natur aus kohlenensäurehaltig ist oder das mit Kohlensäure versetzt wurde, kann der Mindestwert niedriger sein
19	Tritium	Bq/l	100	Anmerkungen 2 und 3
20	Gesamtrichtdosis	mSv/Jahr	0,1	Anmerkungen 2 bis 4

Anmerkung 1: Die entsprechende Beurteilung, insbesondere zur Auswahl geeigneter Materialien im Sinne von § 17 Abs. 1, erfolgt nach den allgemein anerkannten Regeln der Technik.

Anmerkung 2: Die Kontrollhäufigkeit, die Kontrollmethoden und die relevantesten Überwachungsstandorte werden zu einem späteren Zeitpunkt gemäß dem nach Artikel 12 der Trinkwasserrichtlinie festgesetzten Verfahren festgelegt.

Anmerkung 3: Die zuständige Behörde ist nicht verpflichtet, eine Überwachung von Wasser für den menschlichen Gebrauch im Hinblick auf Tritium oder der Radioaktivität zur Festlegung der Gesamtrichtdosis durchzuführen, wenn sie auf der Grundlage anderer durchgeführter Überwachungen davon überzeugt ist, dass der Wert für Tritium bzw. der berechnete Gesamtrichtwert deutlich unter dem Parameterwert liegt. In diesem Fall teilt sie dem Bundesministerium für Gesundheit über die zuständige oberste Landesbehörde die Gründe für ihren Beschluss und die Ergebnisse dieser anderen Überwachungen mit.