

## **LCKW (Leicht flüchtige Kohlenwasserstoffe)**

### **Qualitätsanforderungen an Wasser/Grundwasser aus Gartenbrunnen**

hier: Ansatz zur gesundheitlichen Bewertung der Kontaminationsproblematik im Land Bremen

Von Seiten der (Umweltschutz)Behörden werden im Land Bremen Untersuchungen und Maßnahmen durchgeführt und/oder veranlasst, um Schadensfälle (Verunreinigungen des Grundwassers mit Schadstoffen) zu erkennen, um Höhe und Ausmaß der Verunreinigungen/des Schadens festzustellen, um die Quelle(n) zu ergründen und um Abhilfemaßnahmen zur Verminderung der Schadstofflast vorzunehmen.

#### **Arbeitsauftrag**

Nach § 20 des Gesetzes über den Öffentlichen Gesundheitsdienst im Lande Bremen (Gesundheitsdienstgesetz – ÖGDG) bewertet der ÖGD in Zusammenarbeit mit der Umweltschutzbehörde die gesundheitlichen Auswirkungen von Umwelteinflüssen auf die Bevölkerung und kann zum Schutz vor Gesundheitsgefährdung Empfehlungen bekannt geben.

Im April 2003 ist der Senator für Arbeit, Frauen, Gesundheit, Jugend und Soziales vom Senator für Bau, Umwelt und Verkehr, Bereich Bodenschutz/Altlasten, gebeten worden zu prüfen, welche Informationswerte und Werte zur äußeren Abgrenzung im Falle der Verunreinigung von Grundwasser mit leicht flüchtigen Halogenkohlenwasserstoffen (LCKW) bzgl. der weiteren Nutzung von Gartenbrunnen in verschiedenen Stadtgebieten Bremens gesundheitlich tolerabel seien.

Am 30.11.2004 wurde eine entsprechende revidierte Empfehlung des Gesundheitsressorts vorgelegt. Inzwischen sind einzelne Berichte und Datenquellen, auf die sich die Empfehlung bezog, aktualisiert worden. Deshalb wird im Folgenden – wo erforderlich – die Datengrundlage aktualisiert und die davon abgeleiteten Empfehlungen angepasst. Entsprechend ersetzt die vorliegende Fassung die Empfehlung vom 30.11.2004.

#### **Rechtliche Anforderungen**

Es gibt keinen gesetzlich festgelegten Anspruch des einzelnen Bürgers auf „sauberes“ Grundwasser.

Die EU-Kommission hat am 12. Dezember 2006 die „Richtlinie des Europäischen Parlaments und des Rates zum Schutz des Grundwassers vor Verschmutzung und Verschlechterung“ veröffentlicht (EU-Kommission 2006). Sie zielt auf die Darstellung und Einhaltung eines „guten chemischen Zustands“ des Grundwasser(körper)s. Hieraus könnte letztlich durch bundesrechtliche Festlegung von –auch hygienisch und human-toxikologisch begründeten - Schwellenwerten für Schadstoffe in diesem Medium ein rechtlicher Anspruch für den Bürger erwachsen.

Hierbei ist zu berücksichtigen, dass diese Richtlinie dem nachhaltigen Erhalt der universellen Ressource Grundwasser nicht allein für gesundheitliche Erfordernisse des Menschen sondern auch aus ökotoxikologischen und ökologischen Gesichtspunkten dienen soll.

Demgegenüber gibt es seit langem einen rechtlichen –und damit auch einklagbaren- Anspruch auf „sauberes“ Trinkwasser. Dies ist spätestens seit 1976 durch bundesstaatliche Regelungen

zur Trinkwasserqualität verwirklicht. Aktuell maßgebend ist die Trinkwasserverordnung 2001 (TrinkwV 2001) bzw. die sich zur Zeit in Arbeit befindende Novelle dieser Verordnung.

### Zur Frage der Grenzwertfestsetzung für Verunreinigungen (Kontaminationen) des Grundwassers

#### **1. Allgemein/Überregional**

Die Richtlinie 2006/118/EG zum Schutz des Grundwassers (EU-Kommission 2006) enthält konkrete Qualitätsnormen (Schwellenwerte) für Nitrate und Pestizidwirkstoffe, eine Mindestliste der Stoffe oder Ionen, die natürlicherweise oder infolge menschlicher Tätigkeiten vorkommen können (Ammonium, Arsen, Cadmium, Chlorid, Blei, Quecksilber, Sulfat) sowie eine Mindestliste der vom Menschen hergestellten synthetischen Stoffe (Trichlorethylen, Tetrachlorethylen), für die die Mitgliedstaaten Schwellenwerte festlegen müssen. Hierbei bezeichnet Schwellenwert“ nach Artikel 2, Punkt 1. „eine Konzentrationsgrenze für einen Schadstoff im Grundwasser, bei dessen Überschreitung der Zustand des/der betreffenden Grundwasserkörper als schlechter chemischer Zustand einzustufen ist.“ Schwellenwerte sind entsprechend anders zu bewerten als die in der Trinkwasserverordnung 2001 festgelegten Richt- und Grenzwerte.

Dies ist darin begründet, dass bei der Ableitung von Umweltnormen wie den Schwellenwerten anders als bei der alleinigen Ausrichtung auf den Schutz der menschlichen Gesundheit insbesondere der nachhaltige Funktionserhalt des betrachteten Mediums, hier des Grundwassers, von übergeordneter Bedeutung ist. Insofern dürften bei abgeleiteten Normen für Grundwasser hauptsächlich allgemein hygienische Gesichtspunkte bzgl. des Ressourcenerhaltes zum Tragen kommen. Möglicherweise ergeben sich hieraus schärfere Bestimmungen als nach ausschließlich gesundheitlich-toxikologischer Betrachtung erforderlich.

Als grundlegend für die Festlegung von Schwellenwerten in Deutschland werden die Arbeiten des LAWA-Ausschusses Grundwasser angesehen. Nach abgestimmter Ländermeinung in diesem Gremium sollen bundesweit einheitlich die Geringfügigkeitsschwellen der LAWA als Schwellenwerte verwendet werden.

#### **2. Spezielle Festsetzungen für das Land Bremen**

Da Grundwasserkörper in der Regel nicht an regionale oder nationale Grenzen gebunden sind, sollten Empfehlungen des Landes Bremen sich an entsprechenden Regelungen für Verunreinigungen des Grundwassers orientieren, die prinzipiell einvernehmlich zwischen den Ländern (z.B. LAWA) oder in überregionalen Gremien (z.B. EU, WHO) abgesprochen wurden.

Landesspezifische Grenzwerte können zur Zeit nicht festgeschrieben werden. Insofern werden im Folgenden deshalb auf der Grundlage überregional erarbeiteter Vorgaben Konzentrationswerte für LCKW-Verunreinigungen im Brunnenwasser abgeleitet, ab denen Empfehlungen für die Betroffenen zur Wassernutzung ausgesprochen werden sollen (Informationswerte).

**Übersicht****Leichtflüchtige ChlorKohlenwasserstoffe (LCKW)**

Unter der Bezeichnung LCKW (= Leicht flüchtige Chlorkohlenwasserstoffe; LHKW = Leichtflüchtige Halogenkohlenwasserstoffe) werden insbesondere die aliphatischen Chlorverbindungen mit 1 oder 2 C-Atomen (1C- bzw. 2C-Halogenkohlenwasserstoffe) verstanden. Sie lassen sich je nach Sättigungsgrad und Anzahl der C-Atome in die in **Tabelle I** dargestellten Gruppen einteilen:

**Tabelle I: Ausgewählte Leichtflüchtige ChlorKohlenwasserstoffe**

	<b>Abkürzung</b>	<b>CAS-Nr.*</b>	
<b>Chlormethane</b>			
Chlormethan (Methylchlorid, Monochlormethan)	CM	74-87-3	
Dichlormethan (Methylenchlorid)	DCM	75-09-2	
Trichlormethan (Chloroform, Chloretherid, Methinchlorid))	CF	67-66-3	
Tetrachlorkohlenstoff (Tetrachlormethan, Tetra, Carbontetrachlorid)	TCM	56-23-5	
<b>Chlorethane</b>			
Chlorethan (Ethylchlorid, Monochlorethan)	CA	75-00-3	
1,1-Dichlorethan (Ethylidenchlorid)	1,1-DCA	75-34-3	
1,2-Dichlorethan	1,2-DCA	107-06-2	
1,1,1-Trichlorethan	1,1,1-TCA	75-55-6	
1,1,2,2- Tetrachlorethan		79-34-5	
<b>Chlorethene</b>			
Vinylchlorid	VC	75-01-4	
1,1-Dichlorethen (Vinylidenchlorid)	1,1-DCE	75-35-4	
1,2-Dichlorethen (cis/trans)	1,2-DCE	540-59-0	

**Tabelle I: Ausgewählte Leichtflüchtige ChlorKohlenwasserstoffe (Fortsetzung)**

Trichlorethen	TCE (Tri)	79-01-6	
Tetrachlorethen (Perchlorethylen)	PCE (Per)	127-18-4	

\* Chemical Abstracts Service

LCKW gelang(t)en durch im 19. und 20. Jahrhundert z.T. übliche (nach heutigen Maßstäben jedoch unsachgemäße) Handhabung industrieller Fertigungsprozesse (als Lösemittel, als Syntheseausgangsstoff, als Zwischenprodukt) und im Gewerbe (u.a. als Lösemittel in Chemisch Reinigungen) sowie durch Ablagerungen über den Boden in das Grundwasser. LCKW-Verunreinigungen des Grundwassers sind somit ausschließlich anthropogen bedingt.

Das Auftreten von Vinylchlorid (VC) in Grundwässern ist (nach Dieter, 1994) in der Regel nicht direkt auf seine industrielle Herstellung und Verwendung zurückzuführen. VC soll vielmehr als Zwischenprodukt des mikrobiellen Abbaus ungesättigter halogenhaltiger 2-C-Lösemittel in verunreinigten, reduzierenden Grundwasserleitern entstehen bzw. entstanden sein. Insofern ist bekannt, dass VC über 1,2-Dichlorethen und 1,2-Dichlorethan als Abbauprodukt von Tri- und Tetrachlorethen (von der Trenck et al. 1999) auftritt.

Trichlormethan (Chloroform) gehört zu den Trihalomethanen (einschl. Bromoform, Bromdichlormethan, Dibromchlormethan), die hauptsächlich im Rahmen der Aufbereitung durch Chlorierung des Rohwassers im Trinkwasser erscheinen. Der Vollständigkeit halber wird Trichlormethan bei der Betrachtung der LCKW in den **Tabellen II und III** mit berücksichtigt.

### **Chemische Charakteristika**

Die meisten LCKW sind schwerer als Wasser, gut wasserlöslich und flüchtig. Beispielsweise sind die Monochlorverbindungen Vinylchlorid, Chlorethan und Chlormethan bei 25°C flüchtig.

### **Toxikologie**

Die folgende **Tabelle II** gibt einen Überblick über die im Hinblick auf LCKW zu berücksichtigenden hauptsächlichsten toxikologischen Aspekte.

Der wichtigste (übliche) Expositionspfad des Menschen gegenüber 1C- und 2C-Halogenkohlenwasserstoffen stellt nicht das zum Trinken genutzte Wasser (ggf. Grundwasser) dar (orale Exposition). Vielmehr ist die Aufnahme über die Atemluft von Bedeutung (inhalative Exposition). Entsprechende Untersuchungen zur Toxizität am Menschen sind im Zusammenhang mit (z.T. hohen) inhalativen Expositionen am Arbeitsplatz im Rahmen der industriellen und gewerblichen Anwendung/Verwendung von Löse- und Synthesemittel erhoben worden.

Tabelle II: Toxikologische Aspekte ausgewählter LCKW

Substanz	akut	chron	TDI µg/kg bw x d	Bioak	canc	MAK 2009
Dichlor- methan	gering		6 UF: 1000 he- tatotox		IARC Gruppe 2B (possible)	III.3A
<p><u>Dichlormethan</u></p> <p>gilt als mögliches Humankarzinogen (siehe Einstufung MAK-Kommission). Da bei diesem auch unterhalb einer angenommenen Wirkungsschwelle bei sehr geringen Konzentrationen im (Trink)Wasser gentoxische Metabolite entstehen können (die allerdings kein nennenswertes Risiko erwarten lassen), ist zur Ableitung der tolerablen Zufuhr von der WHO ein hoher Unsicherheitsfaktor (UF) verwendet worden.</p>						
Trichlor- methan (Chloroform)	hepatotox	hepatotox	15  Grundlage: 5% Inzidenz Leberzysten bei oraler Ex- position von Hunden (Beagles)		IARC Gruppe 2B (possible)	0.5 ppm 2.5 mg/m <sup>3</sup> III.4 H (Haut- resorption) C (Schwanger- schaftsgrp.)
Tetrachlor- methan (Tetrachlor- kohlenstoff, Carbontetra- chlorid)	gering	Leber Nieren	1,4 (WHO 2008)  excess risk 600 10 exp-4 60 10 exp-5 6 10 exp-6 (WHO 1996)		IARC Gruppe 2B (possible)  non-geno- toxisch und canc. se- kundär nach WHO 2008	0.5 ppm 3.2 mg/m <sup>3</sup> III.4  H (Haut- resorption) C (Schwanger- schaftsgrp.)

Tabelle II: Toxikologische Aspekte ausgewählter LCKW (Fortsetzung)

Substanz	akut	chron	TDI µg/kg bw x d	Bioak	canc	MAK 2009
1,1-Dichlorethan	gering, schnelle Metabolisierung	kaum Info		-	--	410 mg/m <sup>3</sup> 100 ml/m <sup>3</sup> (ppm)  C (Schwangerschaftsgrp)
1,2-Dichlorethan		Oral: Immunsystem, ZNS, Leber, Niere	excess risk 300 10 exp-4 30 10 exp-5 3 10 exp-6 (WHO 1996)		IARC Gruppe 2B (possible)  potenziell genotoxisch nach WHO 2008	III.2 (Tumor-Initiator)  H (Hautresorption)
1,1,1-Trichlorethan	schnelle Resorption	--	580 UF: 1000		IARC Gruppe 3 (not classified)	1100 mg/m <sup>3</sup> 200 ml/m <sup>3</sup> (ppm)  H (Hautresorption) C (Schwangerschaftsgrp)
<p><u>1,1,1-Trichlorethan</u></p> <p>Nur etwa 1-2 % der aufgenommenen Substanz werden metabolisiert. Da hierbei weder reaktionsfähige noch toxische Stoffwechselprodukte entstehen, ist diese Substanz als relativ wenig toxisch anzusehen.</p>						

Tabelle II: Toxikologische Aspekte ausgewählter LCKW (Fortsetzung)

Substanz	akut	chron	TDI µg/kg bw x d	Bioak	canc	MAK 2009
Vinylchlorid (Chlorethen)	SH- Reizung narkotisch gastroin- testinale Störun- gen gering		excess risk 50 10 exp-4 5 10 exp-5 0.5 10 exp-6 (WHO 1996)		IARC Gruppe I div.Tumore; davon 50% Leber- tumoren	III.1
1,1- Dichlorethen (Vinyliden- chlorid)	H/SH hepatotox ZNS depr bei hohen Konz > 4000 mg/m <sup>3</sup>		46 UF: 1000	Leber, Nieren, Lunge	IARC Gruppe 3 (not clas- sif.)	III.3B 8 mg/m <sup>3</sup> 2 ml/m <sup>3</sup> (ppm) C (Schwanger- schaftsgrp)
1,2- Dichlorethen	begrenzte Daten Analogie- schluss zu 1,1 - DCE		17 (trans) (cis ver- gleichbar)		--	800 mg/m <sup>3</sup> 200 ml/m <sup>3</sup> (ppm)
Trichlor- ethen (Tri, TCE)	Entwicklungstox	Leber, Nie- ren, Herz > 400 ppm	1,46 (Herzfehl- entwicklung) UF: 100	Fettgew Leber, Niere, Lunge, Gehirn	IARC Gruppe 2A (probable)	III.1
Tetrachlor- ethen (PCE, PER)	SH- Reizung 100 ppm Atemwe- ge- Reizung 500-1000 ppm div. allg	NS, Leber, Nieren (Herz)	14 UF: 1000	?	IARC Gruppe 2A (probable)  nicht geno- tox nach WHO 2008	III.3B H (Haut- resorption)

**Tabelle II: Toxikologische Aspekte ausgewählter LCKW (Fortsetzung)**Trichlorethen, Tetrachlorethen

gelten als wahrscheinliche bzw. mögliche Humankarzinogene (siehe Einstufung MAK-Kommission). Da auch unterhalb angenommener Wirkungsschwellen bei sehr geringen Konzentrationen im (Trink)Wasser genotoxische Metabolite entstehen können (die allerdings kein nennenswertes Risiko erwarten lassen), ist zur Ableitung der tolerablen Zufuhr von PER von der WHO ein hoher Unsicherheitsfaktor (UF) verwendet worden.

<b>akut</b>	= akute Exposition
<b>bioak</b>	= Bioakkumulation (Speicherung, Anhäufung)
<b>canc</b>	= Kanzerogenität, Karzinogenität, Krebs erzeugung
<b>chron</b>	= chronische Exposition
<b>Fettgew</b>	= Fettgewebe
<b>H</b>	= Hautresorption
<b>Hepatotox</b>	= Leberfunktionsstörungen
<b>nephrotox</b>	= Nierenfunktionsstörungen

**IARC** = International Agency for Research on Cancer

Gruppe 1:

(karzinogen beim Menschen)

Gruppe 2A

(probably carcinogenic to humans; wahrscheinlich karzinogen beim Menschen)

Gruppe 2B

(inadequate evidence in humans; sufficient evidence in experimental animals; possibly carcinogenic to humans; möglicherweise karzinogen beim Menschen)

Gruppe 3:

(Inadequate evidence; nicht klassifizierbar bzgl. der Karzinogenität beim Menschen)

**KG** = Körpergewicht (in Kilogramm, kg)

**NS** = Nervensystem

**ppm** = parts per million; z.B. ml/m<sup>3</sup> Luft

**SH** = Schleimhaut

**Schwangerschaftsgruppe (MAK 2009)**

Gruppe C

Eine Fruchtschädigung braucht bei Einhaltung des MAK und BAT-Wertes nicht befürchtet zu werden.

**TDI** = tolerable daily intake; duldbare tägliche Zufuhr

**UF** = Unsicherheitsfaktor

**ZNS** = Zentrales Nervensystem

Zur Erläuterung:

### MAK-Werte-Liste 2009

#### III. Krebserzeugende Arbeitsstoffe

- 1) Stoffe, die beim Menschen Krebs erzeugen und bei denen davon auszugehen ist, dass sie einen nennenswerten Beitrag zum Krebsrisiko leisten. Epidemiologische Untersuchungen geben hinreichende Anhaltspunkte für einen Zusammenhang zwischen einer Exposition beim Menschen und dem Auftreten von Krebs. Andernfalls können epidemiologische Daten durch Informationen zum Wirkungsmechanismus beim Menschen gestützt werden.

gilt für: Vinylchlorid, Trichlorethen

- 2) Stoffe, die als krebserregend für den Menschen anzusehen sind, weil durch hinreichende Ergebnisse aus Langzeit-Tierversuchen oder Hinweise aus Tierversuchen und epidemiologischen Untersuchungen davon auszugehen ist, dass sie einen nennenswerten Beitrag zum Krebsrisiko leisten. Andernfalls können Daten aus Tierversuchen durch Informationen zum Wirkungsmechanismus und aus In-vitro- und Kurzzeit-Tierversuchen gestützt werden.

gilt für: 1,2-Dichlorethan

- 3) Stoffe, die wegen erwiesener oder möglicher krebserzeugender Wirkung Anlass zur Besorgnis geben, aber auf grund unzureichender Informationen nicht endgültig beurteilt werden können. Die Einstufung ist vorläufig.

3A) Stoffe, bei denen die Voraussetzungen erfüllt wären, sie der Kategorie 4 oder 5 zuzuordnen. Für die Stoffe liegen jedoch keine hinreichenden Informationen vor, um einen MAK- oder BAT-Wert abzuleiten.

gilt für: Dichlormethan

3 B): Aus in-vitro oder aus Tierversuchen liegen Anhaltspunkte für eine krebserzeugende Wirkung vor, die jedoch zur Einordnung in eine andere Kategorie nicht ausreichen. Zur endgültigen Entscheidung sind weitere Untersuchungen erforderlich. Sofern der Stoff oder seine Metaboliten keine genotoxischen Wirkungen aufweisen, kann ein MAK- oder BAT-Wert festgelegt werden.

gilt für: Chlorethan

Chlormethan

1,1-Dichlorethen (Vinylidenchlorid)

1,1,2,2-Tetrachlorethan

Tetrachlorethen

1,1,2-Trichlorethan

- 4) Stoffe mit krebserzeugender Wirkung, bei denen genotoxische Effekte keine oder nur eine untergeordnete Rolle spielen. Bei Einhaltung des MAK- und BAT-Wertes ist kein nennenswerter Beitrag zum Krebsrisiko für den Menschen zu erwarten. Die Einstufung wird insbesondere durch Befunde zum Wirkungsmechanismus gestützt, die darauf hinweisen, dass Steigerungen der Zellproliferation oder Änderungen der Differenzierung im Vordergrund stehen. Zur Charakterisierung eines Risikos werden die vielfältigen Mechanismen, die zur Kanzerogenese beitragen können, sowie ihre charakteristischen Dosis-Zeit-Wirkungsbeziehungen berücksichtigt.

gilt für: Tetrachlormethan

Trichlormethan

**Vorhandene Regelungen für Grundwasser mit Gesundheitsbezug (Tab.III)**

Zur Beurteilung des Mediums Grundwasser sind zur Zeit weiterhin die Empfehlungen der Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) von 1994 maßgeblich. Hierin werden Orientierungswerte (Prüfwerte, Maßnahmenwerte) für LHKW (nicht kanzerogen) und LHKW (kanzerogen) angegeben. Diese Werte sind keinesfalls schematisch anzuwenden, sondern allein als Ausgangspunkt(e) für eine auf die örtlichen Bedingungen abgestimmte Bewertung des Einzelfalles zu sehen.

Ein Grundlagenpapier der LAWA von 2004 (LAWA 2004) sieht Geringfügigkeitsschwellen für kleinräumige Verunreinigungen im Grundwasser vor. Die Geringfügigkeitsschwelle bildet hierbei die Grenze zwischen einer geringfügigen Veränderung der chemischen Beschaffenheit des Grundwassers und einer schädlichen Verunreinigung. Die Einhaltung dieser Schwelle soll gewährleisten, dass „im oder durch das Grundwasser keine relevanten ökotoxischen Wirkungen auftreten können“ und „im Grundwasser die Anforderungen der Trinkwasserverordnung oder entsprechend abgeleiteter Werte eingehalten werden“ (Von der Trenck et al. 1999). Letztere Anforderung umfasst die Unbedenklichkeit für die menschliche Gesundheit, die Minimierung von Schadstoffgehalten mit vertretbarem Aufwand nach dem Stand der Technik und schließlich auch die ästhetisch einwandfreie Qualität des Wassers. Die so abgeleiteten Werte sind als Orientierungswerte anzusehen.

Die Werte für die Geringfügigkeitsschwellen für LCKW sind sowohl für nicht-kanzerogene als auch kanzerogene LCKW humantoxikologisch und hygienisch unter dem Gesichtspunkt der Trinkbarkeit des Wassers begründet. Die ökotoxikologische Betrachtung führt nicht zu einer hiervon abweichenden, schärferen Festlegung. Die Werte der Richtlinie über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch bzw. der Trinkwasserverordnung 2001 wurden übernommen.

Die Bundesbodenschutzgesetzgebung (BBodSchVO 1999) legte einen Summenwert (Prüfwert) für LCKW in entsprechender Höhe für den Pfad Boden-Grundwasser (Grenze zwischen ungesättigter und gesättigter Zone) fest.

Aufgrund des grundlegenden Bezugs zur Trinkwasserverordnung werden die hierin und in den umsetzungsorientierten Leitlinien festgelegten Normen für LCKW (LHKW) aufgelistet.

## LCKW

Tabelle III: Überregionale Orientierungswerte für ausgewählte LCKW

A: Trihalogenmethane ( $\mu\text{g/Liter}$ )

TrinkwV 2001	Leitlinien § 9 TrinkwV 2001 (BMGS 2003) Parameterhöchstwerte	Guidelines for drinking water WHO 2008	BBodSchV 12.07.1999 Wirkungspfad Boden-Grundwasser Anh. 2.3.1	LAWA 1994	LAWA Geringfügigkeits-schwellen (2004)
Trihalogenmethane (Summe) 50	Chloroform/Trichlormethan (10 J) (allg. u. Säugl./Kleink.) 200*	Chloroform 300	-	-	-

Maßnahmenwert CCl<sub>3</sub>: 200  $\mu\text{g/Liter}$ , nach UBA 2003

B: Tetrachlormethan ( $\mu\text{g/Liter}$ )

TrinkwV 2001	Leitlinien § 9 TrinkwV 2001 (BMGS 2003) Parameterhöchstwerte	Guidelines for drinking water WHO 2008	BBodSchV 12.07.1999 Wirkungspfad Boden-Grundwasser Anh. 2.3.1	LAWA 1994	LAWA Geringfügigkeits-schwellen (2004)
-	-	4 (60 mit $R=10 \exp^{-5}$ ; WHO 1996)	-	-	-

Tabelle III: Überregionale Orientierungswerte für ausgewählte LCKW (Fortsetzung)

**C: Dichlorethan ( $\mu\text{g}/\text{Liter}$ )**

<b>TrinkwV 2001</b>	<b>Leitlinien § 9 TrinkwV 2001 (BMGS 2003) Parameterhöchstwerte</b>	<b>Guidelines for drinking water WHO 2008</b>	<b>BBodSchV 12.07.1999 Wirkungspfad Boden-Grundwasser Anh. 2.3.1</b>	<b>LAWA 1994</b>	<b>LAWA Geringfügigkeits-schwellen (2004)</b>
-		1,1-DCA Kein Wert wegen begrenzter Daten	-	-	
	1,2-DCA (allg 10J) (Säugl./Kleink 10J) 20*	1,2-DCA 30 (mit $R= 10 \exp^{-5}$ ; WHO 1996)			1,2-DCA 2**
	1,2-DCA (allg 3J) 60*				
	1,2-DCA (Säugl./Kleink 3J) 20*				

**D: Trichlorethan ( $\mu\text{g}/\text{Liter}$ )**

<b>TrinkwV 2001</b>	<b>Leitlinien § 9 TrinkwV 2001 (BMGS 2003) Parameterhöchstwerte</b>	<b>Guidelines for drinking water WHO 2008</b>	<b>BBodSchV 12.07.1999 Wirkungspfad Boden-Grundwasser Anh. 2.3.1</b>	<b>LAWA 1994</b>	<b>LAWA Geringfügigkeits-schwellen (2004)</b>
-	-	Kein Wert wegen Vorkommen nur unterhalb tox. Dosen	-	-	-

Tabelle III: Überregionale Orientierungswerte für ausgewählte LCKW (Fortsetzung)

E: Vinylchlorid (Chlorethen) ( $\mu\text{g}/\text{Liter}$ )

TrinkwV 2001	Leitlinien § 9 TrinkwV 2001 (BMGS 2003) Parameterhöchstwerte	Guidelines for drinking water WHO 2008	BBodSchV 12.07.1999 Wirkungspfad Boden-Grundwasser Anh. 2.3.1	LAWA 1994	LAWA Geringfügigkeits-schwellen (Entwurf 01.04.2003)
0,5	(allg 10J) (Säugl./Kleink 10J) 3,5*	0,3 <sup>1</sup> (5 mit $R= 10 \exp^{-5}$ ; WHO 1996)	-	-	0,5**
	(allg 3J) <sup>2</sup> 10*				
	(Säugl./Kleink 3J) 3,5*				
<p>1: Lineare Extrapolation auf der Grundlage einer Tumorfrequenz in 10% der Tiere (Ratten-Bioassay) mit einem Risiko von <math>10 \exp^{-5}</math> und Annahme eines doppelten Risikos bei Exposition von Geburt an</p> <p>2: Maßnahmenwert nach UBA 2003: 10 <math>\mu\text{g}/\text{Liter}</math> (3 Jahre, 3 <math>\mu\text{g}/\text{Liter}</math> (10 Jahre)</p>					

F: Dichlorethen ( $\mu\text{g}/\text{Liter}$ )

TrinkwV 2001	Leitlinien § 9 TrinkwV 2001 (BMGS 2003) Parameterhöchstwerte	Guidelines for drinking water WHO 2008	BBodSchV 12.07.1999 Wirkungspfad Boden-Grundwasser Anh. 2.3.1	LAWA 1994	LAWA Geringfügigkeits-schwellen (2004)
-	-	1,1-DCE 30	-	-	-
		1,2- DCE 50			

Tabelle III: Überregionale Orientierungswerte für ausgewählte LCKW (Fortsetzung)

G: Trichlorethen (TCE, Tri), Tetrachlorethen (Perchlorethylen, PCE) ( $\mu\text{g/Liter}$ )

TrinkwV 2001	Leitlinien § 9 TrinkwV 2001 (BMGS 2003) Parameterhöchstwerte	Guidelines for drinking water WHO 2008	BBodSchV 12.07.1999 Wirkungspfad Boden-Grundwasser Anh. 2.3.1	LAWA 1994	LAWA Geringfügigkeits-schwellen (2008)
TCE + PCE 10	TCE + PCE (Säugl./Kleink 3J) <sup>12</sup> 200		-	-	TCE + PCE 10
	TCE (allg. 3J) <sup>1</sup> 350	TCE 20 (vorläufig)			
	PCE (allg. 3J) <sup>1</sup> 500	PCE 40			

<sup>1</sup> in der Diskussion befindet sich eine Erweiterung auf 3x3 Jahre

<sup>2</sup> Maßnahmenwert nach UBA 2003: 200  $\mu\text{g/Liter}$  (Säugl./Kleink); 1000  $\mu\text{g/Liter}$  (Erw.)

H: LCKW, LHKW ges ( $\mu\text{g/Liter}$ )

TrinkwV 2001	Leitlinien § 9 TrinkwV 2001 (BMGS 2003) Parameterhöchstwerte	Guidelines for drinking water WHO 2008	BBodSchV 12.07.1999 Wirkungspfad Boden-Grundwasser Anh. 2.3.1	LAWA 1994	LAWA Geringfügigkeits-schwellen (2004)
-	-	-	LHKW ges 10	LHKW ges 2-10 (Prüfwert) 20-50 (Maßn.w)	LHKW ges 20***
				LHKW karzino- gen**** 1-3 (Prüfwert) 5-15 (Maßn.w)	

\* „Zusätzlich sollten die Verbraucher informiert werden, dass, wenn irgend möglich, für die Ernährung möglichst geeignetes abgepacktes oder einwandfreies Trinkwasser und ggf. für die Körperreinigung wegen möglicher Schleimhautkontakte bzw. möglicher inhalativer Aufnahme beim Duschen auf einwandfreies Trinkwasser ausgewichen werden sollte.“

\*\* Geringfügigkeitsschwellen für kanzerogene Stoffe orientieren sich an einem Zusatzrisiko von  $1 \times 10^{-6}$  (exp-6)

\*\*\* LHKW, gesamt: Leichtflüchtige Halogenkohlenwasserstoffe, d.h. Summe der halogenierten C1- und C2-Kohlenwasserstoffe; einschließlich Trihalogenmethane. Die GFS (Geringfügigkeitsschwelle) zu Tri- und Tetrachlorethen, Dichlorethan und Chlorethen ist zusätzlich einzuhalten.

\*\*\*\* Summe LHKW, karzinogen: besondere Festlegung für die Summe der erwiesenermaßen karzinogenen LHKW Tetrachlormethan (CCl<sub>4</sub>), Chlorethen (Vinylchlorid, C<sub>2</sub>H<sub>3</sub>Cl) und 1,2-Dichlorethan

**Tabelle IV: Weitere nationale Empfehlungen**

Stoff/ Stoffgruppe	Zielvorgabe/ Orientierungswert µg/l	Schutzgut	Quelle
Organische Chlorverbindungen *	1.0	Grundwasser als Trinkwasserversorgungsressource	Umweltbundesamt 1999
Nicht- oder nur teilbewertbare Stoffe	0.1 **	Trinkwasser	Umweltbundesamt 2003

\* die nicht bereits in der EG-Trinkwasserrichtlinie 98/83/EG (bzw. TrinkwV 2001) geregelt sind

\*\* GOW: gesundheitlicher Orientierungswert

### Ländereigene Regelungen

Eine Länderumfrage bei den Gesundheitsbehörden in 2003 hat ergeben, dass damals keine speziellen ländereigenen Regelungen zur Problematik LCKW im Grundwasser / Brunnenwasser bestanden. Nach heutiger Kenntnis ist die Sachlage unverändert. Im konkreten Fall wird vielmehr auf die in **Tab.III** bezeichneten, für Trinkwasser gesetzlich festgelegten oder empfohlenen Parameterwerte bzw. für den Grundwasserpfad empfohlenen Leitwerte der BBodSchV und der LAWA Bezug genommen. Für Kleingartengebiete, in denen neben der Brunnenversorgung keine separate Trinkwasserversorgung besteht, wird in der Regel empfohlen, sich an das Stadtwassernetz anzuschließen.

### Toxikologische Betrachtung

Zur besseren Übersicht sind in **Tabelle V** die hier betrachteten LCKW-Einzelstoffe nach der in **Tabelle II** dargestellten Einstufung hinsichtlich ihrer Kanzerogenität aufgelistet.

**Tabelle V**  
**Kanzerogenitätsstufen-Betrachtung (summarisch)**

	Nach IARC	Nach MAK 2009	
Vinylchlorid	1	III.1	
Trichlorethen (Tri, TCE)	2 A	III.1	
1,2-Dichlorethan	2 B	III.2	
Dichlormethan	2 B	III.3A	
Tetrachlorethen (PCE, PER)	2 A	III.3B	
1,1-Dichlorethen	3	III.3B	
Trichlormethan (CF)	2 B	III.4	
Tetrachlormethan (TCM)	2 B	III.4	
1,1,1-Trichlorethan	3	Keine Einstufung	
1,1-Dichlorethan	Keine Einstufung	Keine Einstufung	
1,2-Dichlorethen	Keine Einstufung	Keine Einstufung	

#### Nicht oder nicht anerkannt human-kanzerogene LCKW im Grundwasser

Für nicht-kanzerogene und möglicherweise kanzerogene Substanzen (MAK-Kategorie III.3A, III.3B, III.4) können entsprechend MAK 2009 und WHO 2008 über einen Wirkungsschwellenwert tolerable Zufuhrwerte (u.a. TDI) ermittelt werden. Wird der Trinkwasserpfad (orale Exposition) (hilfsweise) zugrunde gelegt, ergäben sich bei 10 bzw. 100%iger Auslastung des TDI-Wertes die in **Tabelle VI** geschätzten toxikologisch orientierten Werte, die hier im Unterschied zum bereits (von der EU) festgelegten Begriff der „Schwellenwerte (für das Grundwasser)“, „Belastungswerte“ genannt werden sollen, oberhalb denen Handlungsbedarf bestehen kann. Die Tabelle zeigt, dass für die mit einem TDI versehenen LCKW, Einzelwerte theoretisch abgeleitet werden könnten, die je nach betrachteter Personengruppe voraussichtlich zwischen 1.46 (Trichlorethen) und 1740 µg/l (1,1,1-Trichlorethan) lägen. Als Vorschlag für die Summe der LCKW im Medium Wasser ergibt sich hieraus 10 µg/l bzw. 100 µg/l

**Tab. VI A**  
**Wirkungsschwellen-abhängige Belastungswerte**  
**für LCKW im als Trinkwasser genutzten Grundwasser**

	<b>Schätzung nach Von der Trenck et al., 1999</b>	<b>Eigene Schätzung (2010)</b>	
	<b>Erwachsener, 60 kg KG, 2 l Trinkw. pro Tag</b>	<b>Kleinkind, 3 J 10 kg KG, 1 l Trinkw. pro Tag</b>	
	µg/l	µg/l	
	a)	a)	b)
Trichlorethen (Tri, TCE)	72	1.46	14.6
Tetrachlorethen (PCE, PER)	42	14	140
1,1-Dichlorethen	27	46	460
1,2-Dichlorethen (cis/trans)	51	17	
Dichlormethan	18	6	60
Trichlormethan	45	15	150
1,1,1-Trichlorethan	1740	580	5800
<b>Summe (Vorschlag)</b>		<b>10</b>	<b>100</b>

Grundlage: TDI-Werte der **Tab.II**;  
 Annahme der Verwendung als Trinkwasser  
 10% (a) bzw. 100 % (b) Zuteilung des TDI auf die täglich zugeführte Wassermenge (2 bzw. 1 Liter)

Für von verschiedenen Gremien anerkannte kanzerogene Stoffe lassen sich in der Regel tolerable Belastungswerte im Grundwasser nur in Abhängigkeit von einem angenommenen akzeptablem Risiko abschätzen. Sie sind in **Tabelle VIB** für die Annahme eines zusätzlichen Risikos von 10 (exp-5) und 10 (exp-6) aufgeführt (WHO 1996, 2008).

**Tabelle VI B**  
**Risiko (R) -abhängige Belastungswerte für LCKW im als Trinkwasser genutzten Grundwasser**

	µg/Liter (mit R= 10 exp-5)	µg/Liter (mit R= 10 exp-6)
TCM	60	6
1,2-Dichlorethan (1,2-DCA)	30	3
Vinylchlorid (VC)	5	0.5

Ausgehend von den in den **Tabellen VIA+B** abgeschätzten tolerablen Belastungswerten für einzelne LCKW ergibt sich eine für die Toxizität bzw. Kanzerogenität auf Substanzmasse pro Volumeneinheit (µg/l) bezogene vorläufige Rangfolge:

(Vermutete) Humankanzerogene und toxische Stoffe:  
TCE > DCM > 1,2-DCE > PCE > 1,1-DCE >> 1,1,1-TCA

Humankanzerogene:  
VC >> 1,2-DCA > TCM

---

## Umwelthygienische Betrachtung

---

### Grundsatz

Nach Dieter (1996) ist im Hinblick auf die Festlegung von Grenzwerten die „Umwelthygienische Grundregel“ zu beachten, wonach

- nutzlose Belastungen möglichst zu vermeiden sind
- nützliche Belastungen vernünftig zu minimieren sind
- schädliche Belastungen zu unterbinden sind.

Im Gegensatz zu geogenen/biogenen Schadstoffen, deren Vorkommen z.B. im Medium Trinkwasser/Grundwasser hinzunehmen und auf dieser Basis zu regulieren sind, sind nützliche und in weit stärkeren Maße nutzlose anthropogene Substanzen/Schadstoffe im Trinkwasser/Grundwasser schärfer zu regulieren. Dies folgt einer hygienisch-ästhetischen Position, wonach insb. Trinkwasser (weitgehend) frei sein sollte von anthropogen bedingten Verunreinigungen. Entsprechend wird in § 4, Absatz 1 (TrinkwV 2001) das Reinheitsgebot für Trinkwasser unterstrichen.

Zu den heutzutage nutzlosen Schadstoffen zählen die auch anthropogen eingebrachten LCKWs.

Nutzlose Verunreinigungen sind auch schon unterhalb nachgewiesener oder vermuteter Schädigungsschwellen abzulehnen (Dieter, 1996). Sie sind –wie im Falle der Brunnennutzung bei bestehendem Stadtwasseranschluss- grundsätzlich vermeidbar und können deshalb ggf. nur vorübergehend geduldet werden.

### Spezielle Betrachtung

#### Problematik Trinkwasserbezug

Die LCKW sind im Vergleich zu anderen im Trinkwasser vorkommenden Stoffen (z.B. Arzneistoffe) gut untersucht. Die Darstellung von TDIs (**Tab. II**; wenn auch z.T. mit hohen Unsicherheitsfaktoren) bzw. die Abschätzungen auf der Grundlage eines zusätzlichen Krebsrisikos von 10 (exp-6) (d.h. 1: 1.000.000) bis 10 (exp-5) (d.h. 1: 100.000) verdeutlichen, dass LCKW relativ gut charakterisiert sind und nicht zu den nicht oder nur teilweise bewertbaren Stoffen im (Trink)Wasser zählen. Insofern ist der 2003 vorgeschlagene gesundheitliche Orientierungswert (GOW) von 0.1 µg/l für Einzelstoffe in diesem Bezug nicht anzuwenden (**Tab. IV**).

**Tabelle III** gibt Überschreitungshöchstwerte im Trinkwasser nach § 9 Trinkwasserverordnung 2001 im Zusammenhang mit der Dauer der Überschreitung (3 Jahre; 10 Jahre) vor. Hiernach ist anzunehmen, dass zwar auch u.a. bei Kanzerogenen höhere als die in der Trinkwasserverordnung festgeschriebenen Konzentrationen im Problemfall über einen befristeten Zeitraum voraussichtlich nicht zu gesundheitlichen Effekten beitragen werden. Eine solche Bemessung ist jedoch nur tolerierbar, sofern im Rahmen des Befristungszeitraums durch entsprechende Abhilfemaßnahmen die Vorgaben/Grenzwerte (hier: der Trinkwasserverordnung) (im Trinkwasser) wieder eingehalten werden können.

Bei den in Betracht stehenden Grundwasserschäden ist aufgrund der Komplexität der Zusammenhänge (Erkundung / Feststellung der Quelle; umfangreiche Untersuchungs- und Sicherungsmaßnahmen; Ermittlung des Verursachers; Sanierungsmaßnahmen) a priori nicht davon auszugehen, dass ein konkretes Datum für die nahe Zukunft angegeben werden kann, ab dem die Konzentration der jeweilig in Rede stehenden Verunreinigung großflächig so abgesenkt ist, dass Anforderungen im Sinne der Trinkwasserverordnung eingehalten werden könnten.

Insofern sind die für Ausnahmefälle abgeleiteten 3-Jahres-Höchstwerte bei Überschreitung von Trinkwassergrenzwerten als Maß für Höchstkonzentrationen im Grundwasser nur bedingt anwendbar und praktikabel. Demgegenüber könnten sich ggf. die 10-Jahres-Höchstwerte für Trinkwasser in Bezug auf Säuglinge/Kleinkinder besser zur Orientierung zur Festlegung befristeter Höchstwerte im Grundwasser eignen.

Für nicht oder nicht anerkannt human-kanzerogene LCKW lassen sich einzelne noch tolerable Belastungswerte des Grundwassers ableiten (**Tab. VI**). Sie dokumentieren die unterschiedliche massenbezogene Wirkungsintensität der Einzelstoffe. Die tabellarischen Auflistungen (insb. **Tab.III**) zeigen, dass für besondere Stoffe (insbesondere für die krebserzeugenden Stoffen Vinylchlorid und 1,2-Dichlorethan vorsorglich spezielle Höchstwerte vorgegeben werden, die in der Regel unterhalb eines annehmbaren Summenwertes für LCKW liegen.

Dennoch ist im Hinblick auf die Praktikabilität / auf den Kontrollaufwand eine summarische Betrachtung dieser Stoffgruppe unter Festlegung eines Summenorientierungswerts sinnvoll. Die Trinkwasserverordnung sieht für die Summe aus Tetrachlorethen und Trichlorethen einen Grenzwert von 10 µg/l vor. Gleichmaßen legt die LAWA für die Summe aller entsprechenden LCKW eine Geringfügigkeitsschwelle (GFS) in gleicher Größenordnung fest. Darauf Bezug nehmend nutzen Bundesländer, wie z.B. NRW, entsprechend der EU-Forderung die GFS als Schwellenwert für die Charakterisierung des Grundwasserzustands.

### **Problematik Ressourcenschutz**

Auf der Grundlage der allgemein hygienischen Forderung des Ressourcenschutzes hat das Umweltbundesamt (1999) (indirekt) die Geltung des Summengrenzwertes der TrinkwV 2001 (bzw. der Vorgabe in der entsprechenden Richtlinie) für Tetrachlorethen + Trichlorethen von 10 µg/l auch für das Grundwasser bestätigt. Darüber hinaus empfiehlt das Umweltbundesamt mit der gleichen Zielsetzung, für nicht bereits im Trinkwasserrecht geregelte organische Chlorverbindungen einen Einzelwert von 1.0 µg/l anzusetzen. Bei Vorhandensein von weiteren LCKW neben PCE und TCE im Grundwasser ergäbe sich für dieses Medium de facto eine auch im Hinblick auf den Ressourcenschutz höhere tolerierbare LCKW-Konzentration als 10 µg/l.

### **Expositionsproblematik**

Als Trinkwasserquelle unterläge der Brunnen (als Trinkwasserversorgungsanlage nach § 3 2.b) TrinkwV 2001 bzw. § 3 2.c der anstehenden Trinkwasserverordnungs-Novelle) den Regelungen der Trinkwasserverordnung und somit auch der Überwachung durch das Gesundheitsamt. In der Praxis wird der Brunnen jedoch nicht angemeldet / angezeigt, und das Grundwasser / Brunnenwasser wird nicht als Trinkwasserquelle genutzt, sofern die Hausinstallation an das Stadtwassernetz angeschlossen ist. Wasser aus Gartenbrunnen wird vielmehr in der Hauptsache als Spreng- / Gießwasser für Rasen, Zierpflanzen, Obst- und Gemüsebeete und als Füllwasser für Planschbecken genutzt.

Der wichtigste Expositionspfad gegenüber 1C- und 2-C-Halogenkohlenwasserstoffen stellt insofern nicht das Trinkwasser, oder das ggf. zum Trinken genutzte Grundwasser dar. Vielmehr sind Expositionen über die Haut (durch Spritzwasser, Planschbeckenwasser) und über die Atemluft vorrangig zu berücksichtigen. Die haut- bzw. schleimhautreizende Wirkung von LCKW ist in der Regel erst bei derart hohen Konzentrationen in der Atemluft und im Wasser zu vermuten, bei denen bereits die weitere Verwendung des Brunnenwassers aufgrund grundsätzlicher Bedenken (z.B. hinsichtlich des kanzerogenen Potenzials) nicht mehr empfohlen wird.

Insofern erscheinen die strengen Qualitätsnormen der Trinkwasserverordnung nicht unmittelbar anwendbar.

### Maßnahmenwerte / Informationswerte

Aus den obigen Darstellungen ist zu folgern, dass zwischen den im Umweltbezug festgelegten Maßnahmenwerten (in der Regel LAWA-Werte), die die Schwelle zur Einleitung von konkreten Abhilfemaßnahmen vor Ort vorgeben, und Informationswerten, ab denen aus gesundheitlichen Gründen einem ggf. breiten Anteil der Bevölkerung empfohlen wird, das Brunnenwasser nicht weiter zu verwenden, unterschieden werden muss.

- **Vinylchlorid**

Unter den kanzerogenen Stoffen besitzt insbesondere das Vinylchlorid ein hohes Potenzial zur Gesundheitsgefährdung. Insofern wird empfohlen, ab Verunreinigungen in Höhe von **5 µg/l (Informationswert Vinylchlorid)**, also dem Zehnfachen des nach Trinkwasserverordnung 2001 für die lebenslange Nutzung des Wassers als Trinkwasser noch zulässigen Wertes, über die Einschränkung der Wassernutzung zu informieren. Der Wert berücksichtigt die vom Umweltbundesamt (UBA 2003) vorgeschlagenen Maßnahmenwerte für die befristete Überschreitung des Trinkwassergrenzwertes.

- **Summe kanzerogene LCKW**

In der Regel enthält das verunreinigte Brunnenwasser auch (lokal z.T. in erheblichem Maß vorkommende) Abbauprodukte von Tetrachlorethen und Trichlorethen, die –wie Vinylchlorid– als kanzerogen anzusehen sind. Nach WHO (1993) weist die Anwesenheit von 1,2-Dichlorethen (cis/trans) zudem insbesondere auch auf das Vorhandensein von toxischeren Substanzen, wie Vinylchlorid, im Grundwasser hin.

Die LAWA-Empfehlung (1994) sieht einen Maßnahmenwert von 5-15 µg/l als Summe der kanzerogenen LHKW (Tetrachlormethan, 1,2,-Dichlorethan, Vinylchlorid) vor (**Tab.III**).

Anerkannt kanzerogene Stoffe im Grundwasser / Brunnenwasser bilden ein im Vergleich zu den nicht-kanzerogenen Stoffen höheres Gefährdungspotenzial für die Nutzer. Insofern wird empfohlen, die Betroffenen ab einer Verunreinigung von **20 µg/l (Informationswert Summe kanz-LCKW)** über die Einschränkung der Wassernutzung zu informieren. Dieser Wert berücksichtigt die Abschätzung von tolerablen Belastungswerten im Grundwasser nach **Tab. VIB** sowie den oberen Maßnahmenwert der LAWA (**Tab. III**).

- **Summe LCKW**

Trichlorethen (Trichlorethylen, Tri, TCE), Tetrachlorethen (Tetrachlorethylen, Per, PCE) und cis-1,2-Dichlorethen stellen oft die hauptsächlichen, im Grundwasser / Brunnenwasser anzutreffenden Verunreinigungen im Altlastenfall dar. Die in Bremen bislang gefundenen LCKW-Verunreinigungen im Grundwasser betragen häufig mehrere 100 µg/l (Summe LCKW). Von Seiten der Umweltschutzbehörde werden dann Maßnahmen eingeleitet und in Absprache mit dem Gesundheitsamt die lokal betroffene Bevölkerung informiert. Durch langwierige Sanierungsanstrengungen wird angestrebt, die von der LAWA vorgegebenen Maßnahmenwerte im Bereich von 20-50 µg/l (Summe LCKW, **Tab. III**) zu unterschreiten.

Von hohen festgestellten Verunreinigungsgraden des Grundwassers ausgehend, erscheint es angemessen, die Betroffenen so zeitnah wie möglich zu informieren. Als **Informationswert Summe LCKW** für eine zu empfehlende Einschränkung der Verwendung von Brunnenwasser durch die Nutzer wird ein Wert in Höhe von **150 µg/l** vorgeschlagen. Dieser Wert berücksichtigt die in **Tab. VIA** vorgenommene Abschätzung von Grundwasserbelastungswerten in Bezug auf Kleinkinder bei voller Zuteilung des TDI. Er bezieht die vom Umweltbundesamt (UBA 2003) für befristete Konzentrationsüberschreitungen von TCE und PCE im Trinkwasser vorgeschlagenen Maßnahmenwerte mit ein. Er entspricht zudem numerisch dem mit  $\sqrt{10}$  multiplizierten oberen Maßnahmenwert der LAWA für die Summe LHKW (**Tab. III**).

### Summarische Betrachtung

---

Sowohl weiträumige als auch lokale hohe Verunreinigungen des Grundwassers / Brunnenwassers mit LCKW stellen hinsichtlich der möglichen (privaten) Nutzungen ein toxikologisch zumindest nicht wünschenswertes, hygienisch vermeidbares Gesundheitsrisiko für den Menschen dar. Der Ansatz der Vermeidbarkeit ist hoch zu werten, weil die Nutzung eines Brunnens als Wasserversorgungsquelle für verschiedene Zwecke im Außenbereich bei Vorhandensein eines Hausanschlusses an das Stadtwasser nicht zwingend erforderlich ist.

Das Ausbringen von hochgradig verunreinigtem Wasser auf Böden (durch Rasensprengen, Bewirtschaftung von Anpflanzungen) kann zudem die Belastung des Bodens mit diesen Stoffen erhöhen. Aus Gründen der Gesundheitsvorsorge, des Ressourcenschutzes und der Praktikabilität vorzuziehender akzeptabler Werte im Umweltmedium Grundwasser, erscheint es unzweckmäßig für verschiedene Nutzungen verschieden hohe Eingreif- oder Informationswerte vorzuschlagen.

Vielmehr sollten für die Auslösung von **Sanierungsmaßnahmen** im Allgemeinen die bereits überregional verfügbaren LAWA-Werte herangezogen werden.

Zur Beurteilung der gesundheitlichen Bedeutung und damit zur Festlegung einer **Informationsschwelle für die Bevölkerung** sollten die genannten Informationswerte als grundsätzliche Orientierung herangezogen werden.

---

## Empfehlung

**Zusammenfassend wird davon abgesehen, für aus Gartenbrunnen gefördertes Wasser spezielle Wertevorgaben für einzelne Nutzungen (Bewässerung von Rasen und Bepflanzungen, Verwendung als Füllwasser u.a. für Planschbecken) in Hinblick auf die Summe der LCKW und für spezielle LCKW (insb. TCM, 1,2-Dichlorethan, Vinylchlorid) zu empfehlen.**

---

Für die Einleitung von Sanierungsmaßnahmen sind die im Umweltrecht bzw. in den Richtlinien von Umweltgremien (z.B. der LAWA) verzeichneten Maßnahmenwerte maßgeblich.

Die Betroffenen sollten zeitnah informiert werden,

- als im **Einzelfall** direkt Betroffene, sofern in ihrem Brunnenwasser vergleichbar hohe Kohlenwasserstoff-Konzentrationen festgestellt worden sind.
- als im **Schadensgebiet** möglicherweise später Betroffene, sofern das Auftreten von den zunächst in den Einzelfällen beobachteten vergleichbar hohen Kohlenwasserstoff-Konzentrationen im Brunnenwasser in absehbarer Zeit auch aufgrund der verunreinigten Grundwasserfahne in weiteren Brunnen des Schadensgebietes erwartet wird.

Zur Information der Betroffenen über LCKW-Verunreinigungen des Grundwassers wird das folgende gestufte Vorgehen empfohlen.

### ◆ Informationswert Vinylchlorid

Prioritär sind Empfehlungen an Betroffene ab einer VC-Konzentration  $\geq$  (größer gleich) 5  $\mu\text{g/l}$  zu richten.

### ◆ Informationswert kanz-LCKW

Sofern diese Bedingung nicht erfüllt ist, sollten Empfehlungen ab einer Summe der kanzerogenen LCKW (TCM, 1,2-Dichlorethan, Vinylchlorid,) LCKW-kanz  $\geq$  (größer gleich) 20  $\mu\text{g/l}$  ausgesprochen werden.

### ◆ Informationswert Summe LCKW

Sofern diese Bedingung nicht erfüllt ist, sind Empfehlungen ab einer Summe der kanzerogenen und nicht-kanzerogenen LCKW (Summe LCKW)  $\geq$  (größer gleich) 150  $\mu\text{g/l}$  auszusprechen.

Diese Werte sollten für die **Bewertung von Einzelbrunnen** herangezogen werden.

Falls in mehreren Brunnen Überschreitungen dieser Werte nachgewiesen werden und von einer **flächigen Grundwasserverunreinigung** auszugehen ist, sollte eine Anwohnerinformation für das betroffene Gebiet durchgeführt werden.

Die äußere Abgrenzung des Gebietes sollte sich an folgenden Werten orientieren:

- ◆ **Vinylchlorid**  $\geq$  (größer gleich) 5  $\mu\text{g/l}$
- ◆ **kanz-LCKW** (TCM, 1,2-Dichlorethan, Vinylchlorid)  $\geq$  (größer gleich) 15  $\mu\text{g/l}$
- ◆ **Summe LCKW** )  $\geq$  (größer gleich) 50  $\mu\text{g/l}$

---

**Sofern der für VC bzw. für die Summe der kanzerogenen LCKW bzw. für die Summe der LCKW vorgeschlagene Informationswert überschritten wird, ist vorsorglich anzuraten, das Brunnenwasser nicht zur Bewässerung von Rasen und Anpflanzungen sowie für das Füllen von Planschbecken zu nutzen.**

---

Ein Abweichen vom genannten stufenweisen Vorgehen kann im Einzelfall unter Abwägung / Berücksichtigung aller Einflussgrößen vor Ort entschieden werden.

## Literatur/ Grundlagen

2.Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes vom 10.Dez.1990 (BGBl I, S. 2694, geändert durch VO vom 5.6.1991, BGBl I, S.1218)

Bekanntmachung über Methoden und Maßstäbe für die Ableitung der Prüf- und Maßnahmenwerte nach der Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV) vom 18.Juni 1999. Bundesanzeiger 161a (1999) 1-42, Ausgabe 28.08.1999

BMGS 2003: Leitlinien zum § 9 der TrinkwV 2001 – Maßnahmen im Fall nicht eingehaltener Grenzwerte und Anforderungen. Version 31.Jan 2003. Bundesministerium für Gesundheit und Soziale Sicherung.

Böttger, A. Organische Verbindungen / Tetrachlorethen (Perchlorethylen, PER). In: H.E.Wichmann, H.W.Schlipköter, G.M.Fülgraff,(Hrsg.) Handbuch der Umweltmedizin. ecomed, VI-4, 1994

Bundes-Bodenschutz. und Altlastenverordnung (BBodSchV), vom 12.Juli 1999; Bundesgesetzblatt 1999, Teil I, Nr.36, 1554-1582

Dieter, H.H. Trinkwasser. In: H.E.Wichmann, H.W.Schlipköter, G.M.Fülgraff (Hrsg.) Handbuch der Umweltmedizin, ecomed, IV-3.1, 1994

Dieter, H.H.: Sollbedingungen für umwelthygienisch akzeptable Grenzwerte. Umwelt-med.Forsch.Prax. 1(1996) 157-164

Dieter, H.H.: Kommentar zur Bewertung der Anwesenheit nicht oder nur teilbewertbarer Stoffe im Trinkwasser aus gesundheitlicher Sicht. Bundesgesundheitsbl. Gesundheitsforsch.Gesundheitsschutz (2003) 245-248

Dieter, H.H., Henseling, M.: Kommentar zur Empfehlung: Maßnahmenwerte (MW) für Stoffe im Trinkwasser während befristeter Grenzwertüberschreitungen gem. § 9 Abs. 6-8 TrinkwV 2001. Bundesgesundheitsbl.Gesundheitsforsch.Gesundheitsschutz 46 (2003) 701-706

EU-Kommission: Richtlinie 2006/118/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 12. Dezember 2006 zum Schutz des Grundwassers vor Verschmutzung und Verschlechterung. Amtsbl.Europ.Union 27.12.2006 L 372/19-31

Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA): Empfehlungen für die Erkundung, Bewertung und Behandlung von Grundwasserschäden. 1994

Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA). Ableitung von Geringfügigkeitsschwellen für das Grundwasser. Düsseldorf, Dezember 2004

Richtlinie 98/83/EG des Rates über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch; vom 03.November 1998: Amtsblatt der Europ.Gemeinschaften L 330/2 – L330/54 vom 05.12.98

TrinkwV 2001: Verordnung zur Novellierung der Trinkwasserverordnung vom 21. Mai 2001. Verordnung über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch. BGBl I (2001) Nr.24 S.959-980

UBA 2003: Maßnahmenwerte (MW) für Stoffe im Trinkwasser während befristeter Grenzwertüberschreitungen gem. § 9 Abs. 6-8 TrinkwV 2001. Bundesgesundheitsbl.Gesundheitsforsch.Gesundheitsschutz 46 (2003) 707-710

Umweltbundesamt 1999: Anforderungen an Trinkwasserressourcen zum Schutz der Trinkwassergewinnung. Empfehlung des Umweltbundesamtes. Bundesgesundheitsbl. Gesundheitsforsch.Gesundheitsschutz (1999) 969

Umweltbundesamt 2003: Bewertung der Anwesenheit teil- oder nicht bewertbarer Stoffe im Trinkwasser aus gesundheitlicher Sicht. Empfehlung des Umweltbundesamtes. Bundesgesundheitsbl.Gesundheitsforsch.Gesundheitsschutz (2003) 249-251

Von der Trenck, K.T., Röder, R., Slama, H., Markard, C., Kühl, C.: Ableitung von Geringfügigkeitsschwellen zu Beurteilung von Grundwasserverunreinigungen. Teil II: Organische Parameter. Umweltmed.Forsch.Prax. 4 (1999) 335-346

Verordnung über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch – Trinkwasserverordnung – TrinkwV 2001; vom 21.Mai 2001:Bundesgesetzblatt 2001, Teil I Nr. 24, 959-980

WHO (1993) Guidelines for drinking-water quality. 2<sup>nd</sup> edition. Vol.1: Recommendations; World Health Organization, Genf

WHO (1996) Guidelines for drinking-water quality. 2<sup>nd</sup> edition. Vol.2: Health criteria and other supporting information; World Health Organization, Genf

WHO (2008) Guidelines for drinking-water quality. 3<sup>rd</sup> edition. Vol. 1: Recommendations; World Health Organization, Genf

Witten, J.: Organische Verbindungen / Flüchtige halogenierte Kohlenwasserstoffe. In: H.E.Wichmann, H.W.Schlipköter, G.M.Fülgraff (Hrsg.) Handbuch der Umweltmedizin, ecomed, VI-4, 1997

---