


Austauschblätter Anhang II b Untersuchungsstrategie Grundwasser – Leitfaden zur Untersuchung bei belasteten Standorten (LUBW 2008)

 LUBW-Tabellenwerk (2024):
Bausteine der GFS-Werte (LAWA 2017),
E_{max}-Werte (GFS und humantox) der LUBW
und Grenzwerte der TrinkwV (2023)



Baden-Württemberg

BEARBEITUNG

LUBW Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg
Postfach 100163, 76231 Karlsruhe
Referat 22 – Boden, Altlasten
Cosima Hillmert, Alicia Graf, Jochen Stark

STAND

Juni 2024

Nachdruck – auch auszugsweise – ist nur mit Zustimmung des Herausgebers unter Quellenangabe und Überlassung von Belegexemplaren gestattet.



Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Bausteine der GFS-Werte, GFS-Werte, E_{\max} -GFS, E_{\max} -humantox sowie Werte der TrinkwV (2023) für anorganische Parameter	7
Tabelle 2: Bausteine der GFS-Werte, GFS-Werte, E_{\max} -GFS, E_{\max} -humantox sowie Werte der TrinkwV (2023) für organische Parameter	9
Tabelle 3: Bausteine der GFS-Werte, GFS-Werte, E_{\max} -GFS, E_{\max} -humantox sowie Werte der TrinkwV (2023) für Wirkstoffe in Pflanzenschutzmittel und Biozidprodukten	14
Tabelle 4: Bausteine der GFS-Werte, GFS-Werte, E_{\max} -GFS, E_{\max} -humantox sowie Werte der TrinkwV (2023) für zinnorganische Verbindungen.....	17
Tabelle 5: Bausteine der GFS-Werte, GFS-Werte, E_{\max} -GFS, E_{\max} -humantox sowie Werte der TrinkwV (2023) für sprengstofftypische Verbindungen.....	18
Tabelle 6: Bausteine der GFS-Werte, GFS-Werte, E_{\max} -GFS, E_{\max} -humantox aus LAWA (2017c) – keine eigenen Datenblätter sowie Werte der TrinkwV (2023) für PFAS	19

Der Bezug vom Bodenschutzrecht zum Wasserrecht wird durch BBodSchG § 4 (3) Satz 3: „Die bei der Sanierung von Gewässern zu erfüllenden Anforderungen bestimmen sich nach dem Wasserrecht“ hergestellt.

Beim Grundwasser und Oberflächengewässer sind wasserrechtliche Vorschriften (WHG, GrwV, OGewV) in Verbindung der LAWA-GFS-Werte (LAWA 2017a/b) mit öko- und humantoxikologisch abgeleiteten Werten der Geringfügigkeitsschwelle und bei Trinkwasser die TrinkwV zu beachten. Das Ableitungsschema der Geringfügigkeitsschwellen ist der folgenden Abbildung 1 zu entnehmen:

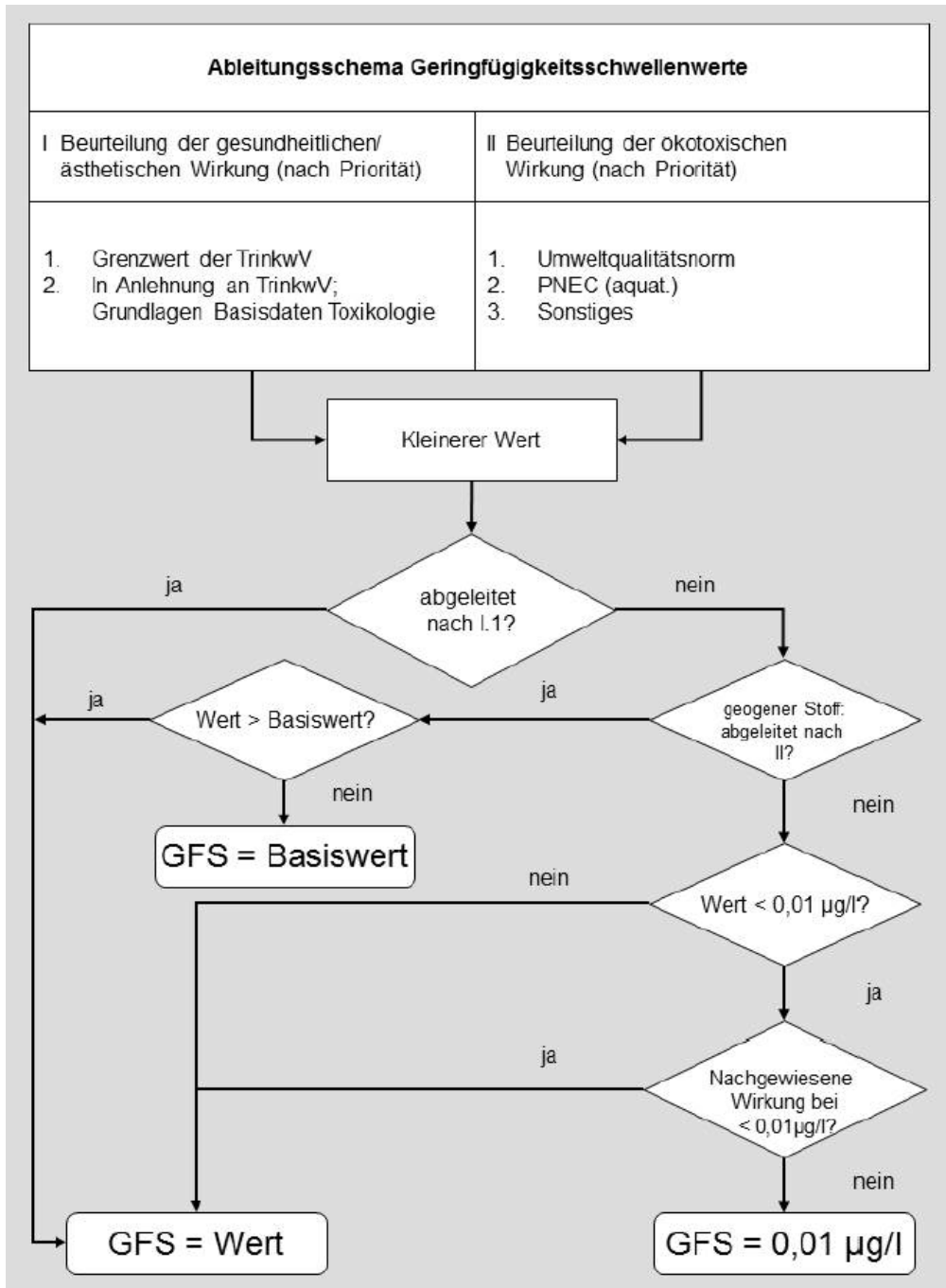


Abb. 1: Ableitungsschema der Geringfügigkeitsschwellen (LAWA 2017a/b)

Quellen: LAWA (2017a und 2017b), jeweils Seite 24

Die Veränderung der Wasserbeschaffenheit ist nachteilig, wenn sie eine nicht nur geringfügige Beeinträchtigung im Vergleich zur natürlichen Grundwasserbeschaffenheit darstellt. Die GFS-Werte werden bei der Prüfung herangezogen um zu beurteilen, ob mit den ermittelten Stoffkonzentrationen eine nachteilige Veränderung der Grundwasserbeschaffenheit vorliegt (LAWA 2017a/b, S. 15) und somit ein Anhaltspunkt für eine schädliche Gewässerveränderung besteht.

Im Rahmen der Gefahrenbeurteilung sollen die Anwendungsgrundsätze im Kapitel 3.3 der LAWA (2017a/b) bei der Verdachtsbewertung bzw. der Frage, ob eine schädliche Gewässerveränderung des Grundwassers vorliegt oder zu erwarten ist, berücksichtigt werden. Der Tatbestand einer schädlichen Gewässerveränderung im nachsorgenden Gewässerschutz wird in Kap. 3.1.2 beschrieben. „Zum Eintritt einer schädlichen Gewässerveränderung wird auf Kap. 3.3 hingewiesen“ (LAWA 2017a/b, Seite 17). In Kap. 3.3 Nr. 5 steht mit dem Hinweis auf die vorrangige Beachtung der Schwellen der gesundheitlichen (humantoxikologischen) und sensorischen Wirkung: „Überschreiten die Stoffkonzentrationen im Grundwasser die Schwellen der gesundheitlichen oder sensorischen Wirkung (I) liegt eine schädliche Gewässerveränderung vor“ (LAWA 2017a/b, Seite 19). Damit ist die gesundheitliche Bewertung gemäß TrinkwV oder Trinkbarkeit des Wassers gemeint. „Unterschreiten die Stoffkonzentrationen die Schwellen der gesundheitlichen oder sensorischen Wirkung (I), überschreiten jedoch die Schwellen für die ökotoxische Wirkung (II), ist zu prüfen, inwieweit Beeinträchtigungen von Oberflächengewässern oder grundwasserabhängigen Landökosystemen vorliegen können“ (LAWA 2017a/b, S. 19, s.a. Abb.1).

Beeinträchtigungen von Oberflächengewässern sind gemäß der Begründung BBodSchV (2021) wie folgt zu beurteilen: Bei der Prüfung zur Gefahrenbeurteilung kann bei einer 10-fachen Überschreitung des ökotoxikologischen Kriteriums eine schädliche Gewässerveränderung eintreten. Es wird ein Konventionsfaktor von 10 auf das ökotoxikologische Kriterium der GFS-Werte (Umweltqualitätsnorm, PNEC (ohne Wirkungsvermutung)) angewandt. „Bei Unterschreitung der mit dem Faktor 10 multiplizierten ökotoxikologischen GFS-Werte ist davon auszugehen, dass bei kleinräumiger Mittelung (typischerweise werden durch Altlasten nur kleine Anteile eines Wasserkörpers gemäß Wasserrahmenrichtlinie berührt) diese GFS im Gewässerbett unterschritten sind“ (BR Drucksache 494/21, S. 313/314).

Die einzelfallbezogene Beurteilung im Grundwasser gemäß den Anwendungsgrundsätzen im LAWA GFS-Papier 2017 (Nachsorge, Seite 19) unterscheidet, ob Einwirkungen auf Oberflächengewässer bestehen oder nicht. Die schädliche Ökotox-Wirkung von belastetem Grundwasser auf Oberflächengewässer durch die Altlast bzw. SBV hinsichtlich tolerabler Konzentrationen und Frachten im Grundwasser ist einzelfallbezogen zu ermitteln und kann nicht pauschal in Listen festgelegt werden. Im Schutzgut Grundwasser sind nach LAWA die GFS-Werte maßgeblich. Konsequenterweise müssen für die Frachtbetrachtungen und Herleitung der E_{\max} -Werte die neuen GFS-Werte herangezogen werden (s.a. LUBW 2023). Daher liegen den aufgelisteten E_{\max} -Werten in den folgenden Tabellen die aktuellen GFS-Werte (E_{\max} -GFS) zu Grunde.

Zur einzelfallbezogenen Beurteilung im Grundwasser ohne Einwirkungen auf Oberflächengewässer oder grundwasserabhängige Landökosysteme werden ausschließlich die Humantox-Werte betrachtet. Diese können den folgenden Tabellen entnommen werden. Eine Überschreitung des Humantox-Werts bewirkt grundsätzlich eine schädliche Veränderung des Grundwassers hinsichtlich der Trinkbarkeit des Grundwassers (Prüfung der Signifikanz nach Maßgabe Immissions-/Emissions-Betrachtung).

Zur einzelfallbezogenen Beurteilung im Grundwasser mit Einwirkungen auf Oberflächengewässer oder grundwasserabhängige Landökosysteme werden die Humantox-Werte sowie die maximal 10-fachen Ökotox-Werte betrachtet. Liegt als pragmatischer Ausdruck des Basisabflusses bzw. Trockenwetterabflusses des Vorfluters das Mischungsverhältnis MNQ (Mittlerer Niedrigwasserabfluss in L/s) des Fließgewässers zum belasteten Grundwasserabfluss ins Fließgewässer gerade bei 10:1, bedeutet eine Überschreitung von 10xÖkotox-Wert im Grundwasser im ungünstigsten Fall eine schädliche Veränderung für Einwirkungen im Oberflächengewässer. Dabei stellt der Faktor 10 die Kappungsgrenze nach oben dar. Liegt das Mischungsverhältnis darunter, wird der Multiplikationsfaktor für den Ökotox-Wert proportional angepasst und ist kleiner als 10.

Die Geringfügigkeitsschwellen der LAWA, die zunächst nur eine nachteilige Veränderung der Grundwasserbeschaffenheit indizieren, sind nicht unmittelbar als Sanierungsziele für das Grundwasser heranzuziehen. Sanierungsziele sind stets einzelfallbezogen festzulegen. Sie heben nicht nur auf Konzentrationen ab, sondern müssen weitere Bewertungskriterien wie Immissions- und Emissionsbegrenzung (Fracht im Grundwasser) berücksichtigen sowie dem Grundsatz der Verhältnismäßigkeit folgen.

Die für die Bearbeitung benötigten Angaben können den folgenden Tabellen entnommen werden. Diese enthalten dazu folgende Datensätze:

**LUBW-Tabellenwerk GFS-Werte und tolerable Schadstofffrachten im Grundwasser (2024):
Bausteine der Geringfügigkeitsschwellen sowie die daraus abgeleiteten GFS-Werte (2017) der LAWA,
 E_{\max} -Werte (E_{\max} -GFS), Werte E_{\max} -humantox der LUBW und Grenzwerte der TrinkwV (2023)**

- Die Einzelwerte, die der Ableitung der LAWA-GFS-Werte zu Grunde liegen, wurden den Datenblättern (LAWA 2017b) entnommen. Die Hintergrundfarbe der abgeleiteten **GFS-Werte 2017** orientiert sich an der Ableitung des für die Festsetzung des GFS-Wertes maßgeblichen Wertes (s. Ableitungsschema Abb.1, Wirkung I oder Wirkung II): Werte der **gesundheitlichen/ästhetischen Wirkung (humantox)** wurden blau, Werte der **ökotoxikologischen Wirkung (ökotox)** grün sowie bei Schwermetallen die Konzentrationen des geogenen Hintergrundes der Grundwasserlandschaften (**Grundwasser-Basiswerte**) beige hinterlegt
- Die mit den GFS-Werten 2017 hergeleiteten E_{\max} -Werte (E_{\max} -GFS) gemäß LUBW (2023, Anhang II a) sowie die zusätzlich neu berechneten Werte E_{\max} -humantox (bezogen auf Werte, die sich auf Grundlage der gesundheitlichen/ästhetischen (humantox) Wirkung errechnen (LAWA 2017b)
- Die **Grenzwerte der TrinkwV (2023)**

Tabelle 1: Bausteine der GFS-Werte, GFS-Werte, E_{max} -GFS, E_{max} -humantox sowie Grenzwerte der TrinkwV (2023) für anorganische Parameter

anorganische Parameter	Die Bausteine der GFS-Werte 2017			GFS-Werte 2017 *** [µg/l]	E_{max} -GFS [g/d]	E_{max} -humantox [g/d]	Grenzwerte TrinkwV 2023 [µg/l]
	Gesundheitliche/ ästhetische Wirkung (humantox) TrinkwV 2001/ analog TrinkwV [µg/l]	Ökotoxikologische Wirkung (ökotox) [µg/l]	Grundwasser-Basiswert 2015 [µg/l]				
Aluminium				150 ^A	324 ^B		200
Ammonium				500 ^A	1080 ^B		500
Antimon (Sb)	5	113	0,17	5	10,8	10,8	5
Arsen (As)	10	0,5	3,2	3,2	6,9	21,6	10 ^E
Barium (Ba)	1000	29	175	175	378	2.160	
Blei (Pb)	10	1,2	1,1	1,2	2,6	21,6	10 ^F
Bor (B)	1000	180	116	180	389	2.160	1.000
Cadmium (Cd)	3	0,19	0,3	0,3	0,6	6,5	3
Chrom (ges)	50		1,8	3,4 ^D	7,3 ^D	108	25 ^G
Chrom (III)		4,7					
Chrom (VI)		3,4					
Kobalt (Co)	10	0,5	2	2	4,3	21,6	^G
Kupfer (Cu)	2000	3,8	5,4	5,4	11,7	4.320	2.000
Molybdän (Mo)	35	340	1,3	35	75,6	75,6	
Nickel (Ni)	20	3,6	7,1	7	15,1	43,2	20
Quecksilber (Hg)	1	0,05	0,09	0,1	0,2	2,16	1
Selen (Se)	10	3	1,3	3	6,5	21,6	10
Thallium (Tl)	0,8	0,2	0,06	0,2	0,4	1,7	
Vanadium (V)	4	5,1	1,7	4	8,6	8,4	
Zink (Zn)	5000	7,8	57,6	60	130	10.800	
Chlorid	250.000 ausschlaggebend	94	i.d.Regel wenige mg/l	250.000	540.000	540.000	250.000

anorganische Parameter	Gesundheitliche/ ästhetische Wirkung [µg/l]	Ökotoxizität [µg/l]	Grundwasser-Basiswert 2015 [µg/l]	GFS-Werte 2017 *** [µg/l]	E _{max} -GFS [g/d]	E _{max} -humantox [g/d]	Grenzwerte TrinkwV 2023 [µg/l]
Cyanid gesamt (wenn kein freies Cyanid vorliegt)	50		kein Wert angegeben	50	108	108	50
Cyanid, leicht freisetzbar		10	kein Wert angegeben	10	21,6		
Fluorid (F ⁻)	1500	900	269	900	1.940	3.240	1.500
Sulfat (SO ₄ ²⁻)	250.000	675.000	i.d.Regel wenige mg/l	250.000	540.000	540.000	250.000
Zinn				40 ^A	86,4 ^B		



- ^A Da kein GFS-Wert vorliegt, wurde der betreffende Prüfwert aus der VwV Orientierungswerte (1998) bzw. LUBW (2008) eingetragen
- ^B Da kein GFS-Wert vorliegt, wurde der Prüfwert aus der VwV Orientierungswerte (1998) bzw. LUBW (2008) zur Berechnung von E_{max} herangezogen
- ^C Wert allein aus Ökotoxikologie
- ^D Im Datenblatt zu Chrom (Anhang 3 LAWA 2017b) wird keine Unterscheidung zwischen den Oxidationsstufen getroffen – für Chrom gesamt wird ein GFS-Wert von **3,4 µg/l** angegeben (UQN-Rhein, IKS 2009). Deshalb wird auf eine E_{max}-Wert-Berechnung für Cr_{V1} verzichtet.
- ^E Grenzwert gilt bis zum Ablauf des 11. Januar 2028. Grenzwert gilt für Wasserversorgungsanlagen, die vor dem 12. Januar 2028 in Betrieb genommen worden sind, bis zum Ablauf des 11. Januar 2036; **4 µg/l** gilt ab dem 12. Januar 2036 für alle Wasserversorgungsanlagen und für Wasserversorgungsanlagen, die ab dem 12. Januar 2028 neu in Betrieb genommen werden, bereits ab dem 12. Januar 2028
- ^F Grenzwert gilt bis zum Ablauf des 11. Januar 2028. Er gilt als überschritten, wenn bei einer gestaffelten Stagnationsbeprobung der Messwert einer der drei Proben S0, S1 oder S2 oder bei der Zufallsstichprobe der Messwert über dem Grenzwert liegt; ab dem 12. Januar 2028 gilt ein Grenzwert von **5 µg/l**.
- ^G Grenzwert gilt bis zum Ablauf des 11. Januar 2030. Der Grenzwert **5 µg/l** gilt ab dem 12. Januar 2030.

Diese Fußnoten beziehen sich auch auf alle weiteren Tabellen:

*eigenes Datenblatt vorhanden

**kein eigenes Datenblatt vorhanden

***Farbgebungen in der Spalte GFS-Werte 2017 orientieren sich an der Herkunft des für die Ableitung des GFS-Wertes maßgeblichen Wertes (s. Ableitungsschema LAWA 2017 a/b)

Tabelle 2: Bausteine der GFS-Werte, GFS-Werte, E_{max}-GFS, E_{max}-humantox sowie Grenzwerte der TrinkwV (2023) für organische Parameter

organische Parameter	Die Bausteine der GFS-Werte 2017		GFS-Werte 2017 *** [µg/l]	E _{max} -GFS [g/d]	E _{max} -humantox [g/d]	Grenzwerte TrinkwV 2023 [µg/l]
	Gesundheitliche/ ästhetische Wirkung (humantox) TrinkwV 2001/ analog TrinkwV [µg/l]	Ökotoxikologische Wirkung (ökotox) [µg/l]				
Σ PAK ^A	0,2 ^B 0,10 Summe: Benzo[b]fluoranthene*, Benzo[k]-fluoranthene*, Benzo[ghi]perylene* und Indeno[1,2,3-cd]pyren*; 0,010 Benzo[a]pyren *	Σ Ökotox nicht bewertbar Einzelstoffe: 0,1 Anthracen*, 0,1 Fluoranthene*, 0,5 Phenanthren 0,022 Benzo[a]pyren*, 0,017 Benzo[b]fluoranthene*, 0,017 Benzo[k]fluoranthene*; 0,017 Benzo[ghi]perylene*, 0,017 Indeno[1,2,3-cd]pyren*	0,2 ^A	0,4	0,4	0,10 Summe ^C Benzo(b)fluoranthene, Benzo(k)fluoranthene, Benzo(ghi)perylene und Indeno(1,2,3-cd)pyren.
Anthracen	2.000	0,1	0,1	0,2	4.320	
Benzo[a]pyren	0,01	0,022	0,01	0,02	0,02	0,01
Benzo[b]fluoranthene ^D	0,10 Summe von Benzo[b]fluoranthene, Benzo[k]-fluoranthene, Benzo[ghi]perylene und Indeno[1,2,3-cd]pyren (0,010 Benzo[a]pyren)	0,017	0,017	0,04	0,2	0,10 Summe ^C Benzo(b)fluoranthene, Benzo(k)fluoranthene, Benzo(ghi)perylene und Indeno(1,2,3-cd)pyren
Benzo[k]-fluoranthene ^D	0,10 Summe Benzo[b]fluoranthene, Benzo[k]-fluoranthene, Benzo[ghi]perylene und Indeno[1,2,3-cd] pyren (0,010 Benzo[a]pyren)	0,017	0,017	0,04	0,2	0,10 Summe ^C Benzo(b)fluoranthene, Benzo(k)fluoranthene, Benzo(ghi)perylene und Indeno(1,2,3-cd)pyren
Summe Benzo[ghi]perylene und Indeno(123-cd)pyren ^D	0,10 Summe Benzo[b]fluoranthene, Benzo[k]-fluoranthene, Benzo[ghi]perylene und Indeno[1,2,3-cd]pyren (0,010 Benzo[a]pyren)	0,0082	0,0082 ^M	0,02	0,2	0,10 Summe ^C Benzo(b)fluoranthene, Benzo(k)fluoranthene, Benzo(ghi)perylene und Indeno(1,2,3-cd)pyren
Dibenz[a,h]anthracen	0,01	ökotox-Werte unzureichend	0,01	0,02	0,02	

organische Parameter	Gesundheitliche/ ästhetische Wirkung [µg/l]	Ökotoxizität [µg/l]	GFS-Werte 2017 *** [µg/l]	E _{max} -GFS [g/d]	E _{max} -humantox [g/d]	Grenzwerte TrinkwV 2023 [µg/l]
Fluoranthren	140	0,1	0,1	0,2	302,4	
Σ Naphthalin u. Methylnaphthaline, gesamt	2	2	2	4,3	4,3	
Summe Benzo[b]fluoranthren und Benzo[k]-fluoranthren** E			0,03	0,06		
Phenanthren		0,5				
Σ LHKW	20 F (10 Σ Tri + Tetrachlorethen + 10 Σ aller anderen LHKW) 10 (Σ Tri- und Tetrachlorethen); 3,0 (1,2 Dichlorethan)*; 0,50 (Chlorethen (VC))*; 50 (Σ Trihalomethane)	20 Dichlormethan 12 Tetrachlormethan 10 1,1-Dichlorethan; 1,2-Dichlorethan*, 1,1-Dichlorethen; 1,2- Dichlorethen; Hexachlorethan; 1,1,2,2,-Tetrachlorethan; 1,1,1-Trichlorethan; Tetrachlorethen; 1,1,2-Trichlorethan; Trichlorethen 2,5 Trichlormethan* 2 1,2-Dibromethan*; Chlorethen (VC)*	20 F (10 Σ Tri + Tetrachlorethen + 10 Σ aller anderen LHKW)	43,2	43,2	
Σ Tri- und Tetrachlorethen** G	10	Je 10	10	21,6	21,6	10
1,2- Dibromethan	0,02	2	0,02	0,04	0,04	
1,2 Dichlorethan	3	10	3	6,5	6,5	3
Trichlormethan	50 (Σ Trihalomethane)	2,5	2,5	5,4	108	50 (Σ Trihalomethane)
Chlorethen (Vinylchlorid)	0,5	2	0,5	1,1	1,1	0,5
Dichlormethan**		20				
Tetrachlormethan**		12				
1,1-Dichlorethan**		10				
1,2-Dichlorethan**		10				3
1,1-Dichlorethen**		10				
1,2-Dichlorethen**		10				

organische Parameter	Gesundheitliche/ ästhetische Wirkung [µg/l]	Ökotoxizität [µg/l]	GFS-Werte 2017 *** [µg/l]	E _{max} -GFS [g/d]	E _{max} -humantox [g/d]	Grenzwerte TrinkwV 2023 [µg/l]
Hexachlorethan**		10				
1,1,2,2-Tetrachlorethan**		10				
1,1,1-Trichlorethan**		10				
Tetrachlorethen**		10				
1,1,2-Trichlorethan**		10				
Trichlorethen**		10				
Σ aller PCB ^H	0,005 ^I	0,0176 ^N	0,01 ^I	0,02	0,02	
PCB-28, -52, 101, 118, -138, -153 und -180		jeweils 0,0005	jeweils 0,0005	jeweils 0,001		
Kohlenwasserstoffe (Summe C10 – C40)	100 ^K	kein Wert	100	216	216	
Σ Benzol und Alkylierte Benzole (mit kurzen Seitenketten bis C3) (BTEX) ^L	1,0 Benzol 24 Toluol^K, 20 Xylol^K, 2,4 Ethylbenzol^K, 20 Styrol^K	je 10 für Benzol*, Cumol, Ethylbenzol, Toluol, o-Xylol, m-Xylol, p-Xylol	20 ^K (wird als unterer Geruchsschwellenwert angesetzt – Einzelstoffe davon unberührt)	43,2	43,2	
Benzol	1	10	1	2,2	2,2	1
Ethylbenzol**	2,4 ^K	10	2,4	5,2	5,2	
Toluol**	24 ^K	10	10	21,6	51,8	
Xylol**	20 ^K	10	10	21,6	43,2	
m-Xylol**		10				
p-Xylol**		10				
Styrol**	20 ^K				43,2	
Cumol**		10				
Etheroxygenate (insb. ETBE, MTBE, und TAME)	5 ^K , davon max. 2,5 ^K µg ETBE/l	s. Einzelstoffe	5 ^K , davon max. 2,5 ^K µg ETBE/	10,8	10,8	
ETBE	2,5	37	2,5	5,4	5,4	
MTBE	5	2.600	5	10,8	10,8	
TAME	5	67,8	5	10,8	10,8	

organische Parameter	Gesundheitliche/ ästhetische Wirkung [µg/l]	Ökotoxizität [µg/l]	GFS-Werte 2017 *** [µg/l]	E _{max} -GFS [g/d]	E _{max} -humantox [g/d]	Grenzwerte TrinkwV 2023 [µg/l]
Epichlorhydrin	0,1	10	0,1	0,2	0,2	0,1
Phenol	210	7,7	8	17,3	453,6	
Nonylphenol	50	0,3	0,3	0,6	108	
Σ Chlorphenole	1	10 für Mono- und Dichlorphenole (jeweils Einzelstoffe) 1 für Trichlorphenole (jeweils Einzelstoffe) 0,4 Pentachlorphenol*	1	2,2	2,2	
Pentachlorphenol (PCP)	0,1	0,4	0,1	0,2	0,2	
Trichlorphenole (jeweils Einzelstoffe)**		1				
Mono- und Dichlorphenole (jeweils Einzelstoffe**)		10				
Σ Chlorbenzole	1,0 ästhetisch begründet	10 je Dichlorbenzol 1 Chlorbenzol, 1 1,2,4,5-Tetrachlorbenzol 0,4 Trichlorbenzole* 0,01 Hexachlorbenzol* 0,007 Pentachlorbenzol*	1,0	2,2	2,2	
Hexachlorbenzol	0,1	0,01	0,01	0,02	0,2	
Pentachlorbenzol	2,8	0,007	0,007	0,02	6	
1,4-Dichlorbenzol	300 humantox - 1,0 - ästhetisch	10	1,0 - ästhetisch	2,0 (648- human toxikologisch)	2,0	
1,2-Dichlorbenzol	1.000 humantox - 1,0 - ästhetisch	10	1,0 - ästhetisch	2,0 (2.160 – human toxikologisch)	2,0	
Chlorbenzo**1		1				
je Dichlorbenzol**		10				
1,2,4,5-Tetrachlorbenzol**		1				
Σ Trichlorbenzole	humantox 20, (ästhetisch 5,0 µg/l – fehlt in Datenblatt)	0,4	0,4	0,9	humantox 43,2 ästhetisch 10,8.	

- ^A **PAK, gesamt:** Summe der polycyclischen aromatischen Kohlenwasserstoffe ohne Naphthalin und Methylnaphthaline, in der Regel Bestimmung über die Summe von 15 Einzelsubstanzen gemäß Liste der US Environmental Protection Agency (EPA) ohne Naphthalin; ggf. unter Berücksichtigung weiterer relevanter PAK (z.B. aromatische Heterozyklen wie Chinoline). Bei der Festlegung des Summenwertes für PAK wird der Grenzwert der Trinkwasserverordnung von 0,1 µg/l für die Summe von 4 Einzelstoffen zugrunde gelegt. Da diese Stoffe häufig gemeinsam mit anderen PAK-Einzelstoffen vorkommen, ist für letztere ebenfalls ein Wert von 0,1 µg/l anzusetzen, so dass sich ein Geringfügigkeitsschwellenwert von 0,2 µg/l für die Summe aller PAK ergibt. Die Geringfügigkeitsschwellenwerte für Einzelstoffe bleiben hiervon unberührt.
- ^B Bei der Festlegung des Summenwertes für **PAK** wird der Grenzwert der Trinkwasserverordnung von 0,1 µg/l für die Summe von 4 Einzelstoffen zugrunde gelegt. Da diese Stoffe häufig gemeinsam mit anderen PAK-Einzelstoffen vorkommen, ist für letztere ebenfalls ein Wert von 0,1 µg/l anzusetzen, so dass sich ein Geringfügigkeitsschwellenwert von 0,2 µg/l für die Summe aller PAK ergibt. Die Geringfügigkeitsschwellenwerte für Einzelstoffe bleiben hiervon unberührt.
- ^C Messwerte unterhalb der Bestimmungsgrenze, werden bei der Summenbildung nicht berücksichtigt
- ^D humanxtox-Wert nicht als Einzelverbindung vorhanden – nur Summe 4 TVO-PAK gelistet
- ^E diese Summe aber ist in der Tabelle des Anhang 2, Teil 2, Seite 26 der LAWA (2017a) gelistet (im Internet verfügbar), für Summe kein eigenes Datenblatt – Datenblätter für Einzelsubstanzen vorhanden – s. dort
- ^F **LHKW:** Ausgangspunkt bei der Festlegung des Summenwertes für LHKW ist der Grenzwert der Trinkwasserverordnung von 10 µg/l für die Summe von Trichlorethen und Tetrachlorethen. Für andere LHKW einschl. der Abbauprodukte, die im Grundwasser heute oft eine größere Rolle spielen, ist ebenfalls ein Wert von 10 µg/l anzusetzen. Damit ergibt sich ein Geringfügigkeitsschwellenwert von 20 µg/l für die Summe aller LHKW. Die Geringfügigkeitsschwellenwerte für Einzelstoffe bleiben hiervon unberührt
- ^G GFS-Wert aus Übersichtsliste. Für diese Summe kein eigenes Datenblatt vorhanden. Einzelinformationen aus Datenblatt zu Summe LHKW
- ^H **PCB, gesamt:** Summe der polychlorierten Biphenyle; Summe der 6 PCB-Kongenere (PCB-28, -52, -101, -138, -153, und -180) und PCB-118,
- ^I Humantox-Wert wurde analog der TrinkwV (I.2) abgeleitet und ist mit Unsicherheiten behaftet. Gemäß dem Ableitungsschema (s. Abb. 1) wurde deshalb der GFS-Wert für PCB gesamt per Konvention auf 0,01 µg/l als Untergrenze festgelegt (s. Anhang 3 Datenblätter der LAWA (2017b) zu PCB dortige Erläuterung). Die Geringfügigkeitsschwellen für Einzelstoffe sind davon unberührt.
- ^K ästhetisch begründet
- ^L Ausschlaggebend für die Festlegung des Geringfügigkeitsschwellenwertes der Summe sind ökotoxikologische und humantoxikologische Kriterien. Die Geringfügigkeitsschwellenwerte für Einzelstoffe bleiben hiervon unberührt.
- ^M Angabe aus Datenblatt; diese entspricht nicht der Angabe in der Tabelle, die auch im Internet veröffentlicht ist – der Wert in der Tabelle im Internet lautet 0,002 µg/l – die LAWA wurde dazu angefragt – ihre Antwort steht aus
- ^N Berechnung erfolgte nach Maßgabe des Datenblattes „**PCB, gesamt**“: „Die Umweltqualitätsnormen liegen für 7 Einzelkongenere bei jeweils 0,0005 µg/l. Bei der Festlegung eines Summenwertes für PCB ist zu berücksichtigen, dass die Zusammensetzung der zu bewertenden Mischungen variiert und die Wirkungsstärke von Mischungen nicht oder nur unzureichend vorhersagbar ist. Werden die Umweltqualitätsnormen für die einzelnen Kongenere addiert und, wie in den Normen zur Untersuchung von PCB beschrieben, ein Faktor genutzt, um aus diesen Einzelwerten auf die Summe zu schließen, ergibt sich ein Wert deutlich über dem humantoxikologisch begründeten Wert.“
- $7 \times 0,0005 \mu\text{g/l} \times 5 \text{ (Faktor)} = \mathbf{0,0176 \mu\text{g/l}}$

Tabelle 3: Bausteine der GFS-Werte, GFS-Werte, E_{max} -GFS, E_{max} -humantox sowie Grenzwerte der TrinkwV (2023) für Wirkstoffe in Pflanzenschutzmitteln und Biozidprodukten

organische Parameter	Die Bausteine der GFS-Werte 2017		GFS-Werte 2017 *** [µg/l]	E_{max} -GFS [g/d]	E_{max} -humantox [g/d]	Grenzwerte TrinkwV 2023 [µg/l]
	Gesundheitliche/ ästhetische Wirkung (humantox) TrinkwV 2001/ analog TrinkwV [µg/l]	Ökotoxikologische Wirkung (ökotox) [µg/l]				
Summe aller Pflanzenschutzmittel und Biozidprodukte (PSMBP, gesamt)	0,5	0,5	0,5	1,1	1,1	0,5
PSMBP Einzelstoff	0,1 PSMBP-Einzelstoff; 0,030 Aldrin*; 0,030 Dieldrin*; 0,030 Heptachlor*; 0,030 Heptachlorepoxyd*	10 1,3-Dichlorpropen; 0,1 2,4,5-Trichlorphoxyessigsäure, 2,4-Dichlorphenoxyessigsäure, Bentazon; Demeton; Demeton + Verbindungen; Demeton-o; Demeton-s; Demeton-s-methylsulphon; Dichlorprop; Dimethoat; Heptachlor*; Heptachlorepoxyd*; Linuron; MCPA; Mecoprop; Methamidophos; Oxydemeton-methyl; Monolinuron; Omethoat; Propanil; Pyrazon (Chloridazon) 0,07 Coumaphos; 0,03 Triazophos*; 0,01 Dibutylzinn-Kation*; 0,008 Phoxim* ; 0,004 Disulfoton*; 0,003 Chlordan* (cis und trans); 0,002 Trichlorfon*; 0,0002 Mevinphos*; 0,001 Tetrabutylzinn*;	0,1	0,2	0,2	0,1

organische Parameter	Gesundheitliche/ ästhetische Wirkung [µg/l]	Ökotoxizität [µg/l]	GFS-Werte 2017 *** [µg/l]	E _{max} -GFS [g/d]	E _{max} -humantox [g/d]	Grenzwerte TrinkwV 2023 [µg/l]
Azinphos-methyl	0,1	0,01	0,01	0,02	0,2	0,1
Chlordan	0,1	0,003	0,003	0,006	0,2	0,1
Cyclodienpestizide, gesamt (Aldrin, Dieldrin, Endrin, Isodrin)	0,030 Aldrin, 0,030 Dieldrin	0,01	0,01	0,02	0,06	je 0,03 für Aldrin, Dieldrin,
Dichlorvos	0,1	0,0006	0,0006	0,001	0,2	0,1
Disulfoton	0,1	0,004	0,004	0,009	0,2	0,1
Diuron	0,1	0,2	0,1	0,2	0,2	0,1
Endosulfan	0,1	0,005	0,005	0,01	0,2	0,1
Etrimfos	0,1	0,004	0,004	0,009	0,2	0,1
Fenitrothion	0,1	0,009	0,009	0,019	0,2	0,1
Fenthion	0,1	0,004	0,004	0,009	0,2	0,1
Heptachlor	0,03	0,1	0,03	0,06	0,06	0,03
Heptachlorepoxid	0,03	0,1	0,03	0,06	0,06	0,03
Hexazinon	0,1	0,07	0,07	0,2	0,2	0,1
Malathion	0,1	0,02	0,02	0,04	0,2	0,1
Mevinphos	0,1	0,0002	0,0002	0,0004	0,2	0,1
Parathion-ethyl	0,1	0,005	0,005	0,01	0,2	0,1
Parathion-methyl	0,1	0,02	0,02	0,04	0,2	0,1
Pentachlorphenol	0,1	0,4	0,1	0,2	0,2	0,1
Phoxim	0,1	0,008	0,008	0,02	0,2	0,1
Triazophos	0,1	0,03	0,03	0,06	0,2	0,1
Trichlorphon	0,1	0,002	0,002	0,004	0,004	0,1
Trifluralin	0,1	0,03	0,03	0,06	0,2	0,1
Aldrin**	0,3				0,06	0,03
Dieldrin**	0,3				0,06	0,03
1,3-Dichlorpropen**		10				0,1

organische Parameter	Gesundheitliche/ ästhetische Wirkung [µg/l]	Ökotoxizität [µg/l]	GFS-Werte 2017 *** [µg/l]	E _{max} -GFS [g/d]	E _{max} -humantox [g/d]	Grenzwerte TrinkwV 2023 [µg/l]
2,4,5-Trichlorphenoxyes- sigsäure**		0,1				0,1
2,4-Dichlorphenoxyessig- säure**		0,1				0,1
Bentazon**		0,1				0,1
Coumaphos**		0,07				0,1
Demeton**		0,1				0,1
Demeton und Verbindungen**		0,1				0,1
Demeton-o**		0,1				0,1
Demeton-s**		0,1				0,1
Demeton-s-methyl-sulp- hon**		0,1				0,1
Dichlorprop**		0,1				0,1
Dimethoat**		0,1				0,1
Linuron**		0,1				0,1
MCPA**		0,1				0,1
Mecoprop**		0,1				0,1
Methamidophos**		0,1				
Monolinuron**		0,1				0,1
Omethoat**		0,1				0,1
Oxydemeton-methyl**		0,1				0,1
Propanil**		0,1				0,1
Pyrazon (Chloridazon)**		0,1				0,1

Tabelle 4: Bausteine der GFS-Werte, GFS-Werte, E_{max} -GFS, E_{max} -humantox sowie Grenzwerte der TrinkwV (2023) für zinnorganische Verbindungen

organische Parameter	Die Bausteine der GFS-Werte 2017		GFS-Werte 2017 *** [µg/l]	E_{max} -GFS [g/d]	E_{max} -humantox [g/d]	Grenzwerte TrinkwV 2023 [µg/l]
	Gesundheitliche/ ästhetische Wirkung (humantox) TrinkwV 2001/ analog TrinkwV [µg/l]	Ökotoxikologische Wirkung (ökotox) [µg/l]				
Dibutylzinn-Kation	0,1	0,01	0,01	0,02	0,2	
Tributylzinn-Kation	0,1	0,0002	0,0002	0,0004	0,2	
Triphenylzinn-Kation	0,1	0,0005	0,0005	0,001	0,2	



Tabelle 5: Bausteine der GFS-Werte, GFS-Werte, E_{max} -GFS, E_{max} -humantox sowie Grenzwerte der TrinkwV (2023) für sprengstofftypische Verbindungen

organische Parameter	Die Bausteine der GFS-Werte 2017		GFS-Werte 2017 *** [µg/l]	E_{max} -GFS [g/d]	E_{max} -humantox [g/d]	Grenzwerte TrinkwV 2023 [µg/l]
	Gesundheitliche/ ästhetische Wirkung (humantox) TrinkwV 2001/ analog TrinkwV [µg/l]	Ökotoxikologische Wirkung (ökotox) [µg/l]				
Nitropenta (PETN)	10	Basis Ökotox nicht ausreichend	10	21,6	21,6	
2-Nitrotoluol	1	10	1	2,2	2,2	
3-Nitrotoluol	10	50	10	21,6	21,6	
4-Nitrotoluol	3	70	3	6,5	6,5	
2-Amino-4,6-Dinitrotoluol	0,2	1,1	0,2	0,4	0,4	
4-Amino-2,6-Dinitrotoluol	0,2	1,8	0,2	0,4	0,4	
1,3-Dinitrobenzol	0,3	10	0,3	0,6	0,6	
2,4-Dinitrotoluol	0,05	2	0,05	0,1	0,1	
2,6-Dinitrotoluol	0,05	1,6	0,05	0,1	0,1	
1,3,5-Trinitrobenzol	100	8	8	17,3	216	
2,4,6-Trinitrophenol (Pikrinsäure)	0,2	6	0,2	0,4	0,4	
2,4,6-Trinitrotoluol	0,2	2	0,2	0,4	0,4	
1,3,5-Trinitrohexahydro-1,3,5-triazin (Hexogen)	1	50	1	2,2	2,2	
Hexanitrodiphenylamin (Hexyl)	2	Basis Ökotox nicht ausreichend	2	4,3	4,3	
Nitrobenzol	0,7	0,1	0,1	0,2	1,5	
Tetryl	5	Basis Ökotox nicht ausreichend	5	10,8	10,8	
Octogen	175	Basis Ökotox nicht ausreichend	175	378	378	

Tabelle 6: Bausteine der GFS-Werte, GFS-Werte, E_{max} -GFS, E_{max} -humantox aus LAWA (2017c) – keine eigenen Datenblätter sowie Grenzwerte der TrinkwV (2023) für PFAS

organische Parameter	Die Bausteine der GFS-Werte 2017		GFS-Werte 2017 *** [µg/l]	E_{max} -GFS [g/d]	E_{max} -humantox [g/d]	Grenzwerte TrinkwV 2023 [µg/l]
	Gesundheitliche/ ästhetische Wirkung (humantox) TrinkwV 2001/ analog TrinkwV [µg/l]	Ökotoxikologische Wirkung (ökotox) [µg/l]				
Perfluorbutansäure (PFBA)	10,0	1.260	10 ^B	21,6	21,6	0,1 Summe mit ^D
Perfluorpentansäure (PFPeA)	(GOW: 3,0)	320	(3,0) ^A	(6,5)	(6,5)	0,1 Summe mit ^D
Perfluorhexansäure (PFHxA)	6,0	1.000	6 ^B	13,0	13,0	0,1 Summe mit ^D
Perfluorheptansäure (PFHpA)	(GOW: 0,3)	kein Wert	(0,3) ^A	(0,6)	(0,6)	0,1 Summe mit ^D
Perfluoroktansäure (PFOA)	0,1	570	0,1 ^B	0,2	0,2	0,02 Summe mit ^C 0,1 Summe mit ^D
Perfluornonansäure (PFNA)	0,06	8	0,06 ^B	0,1	0,1	0,02 Summe mit ^C 0,1 Summe mit ^D
Perfluordecansäure (PFDeA)	(GOW: 0,1)	10,0	(0,1) ^A	(0,2)	(0,2)	0,1 Summe mit ^D
Perfluorbutansulfon-säure (PFBS)	6,0	3.700	6,0 ^B	13,0	13,0	0,1 Summe mit ^D
Perfluorhexansulfon-säure (PFHxS)	0,1	250	0,1 ^B	0,2	0,2	0,02 Summe mit ^C 0,1 Summe mit ^D
Perfluorheptansulfon-säure (PFHpS)	(GOW: 0,3)	Kein Wert	(0,3) ^A	(0,6)	(0,6)	0,1 Summe mit ^D
Perfluoroktansulfon-säure (PFOS)	0,1	0,23	0,1 ^B	0,2	0,2	0,02 Summe mit ^C 0,1 Summe mit ^D
6:2 Fluortelomersulfon-säure (H4PFOS)	(GOW: 0,1)	870	(0,1) ^A	(0,2)	(0,2)	0,1 Summe mit ^D
Perfluorooctansulfonamid (PFOSA)	(GOW: 0,1)	Kein Wert	(0,1) ^A	(0,2)	(0,2)	0,1 Summe mit ^D

organische Parameter	Gesundheitliche/ ästhetische Wirkung [µg/l]	Ökotoxizität [µg/l]	GFS-Werte 2017 *** [µg/l]	E _{max} -GFS [g/d]	E _{max} -humantox [g/d]	Grenzwerte TrinkwV 2023 [µg/l]
weitere per- und polyfluorierte Substanzen, z.B. GenX, aDONA, u.a. ^E	(GOW: 0,1)	Kein Wert	(0,1) ^A	0,2	0,2	



- ^A Wenn kein humantox-Wert, sondern nur ein GOW (Gesundheitlicher Orientierungswert) vorliegt, wurde dieser Wert analog einem humantoxikologisch abgeleiteten Wert verwendet – dieser Wert - sowie die Ergebnisse weiterer Berechnungen - wurde dann in Klammer gesetzt – s. GOW-Konzept nach Dieter (Dieter 2003, UBA 2003)
- ^B Für diese GFS-Werte der LAWA gilt die Additionsregel: Zur Bewertung mehrerer gleichzeitig auftretender PFAS im Grundwasser, für die GFS-Werte für PFAS (der LAWA 2017 – PFC) festgelegt wurden, ist die Quotientensumme bzw. der Bewertungsindex analog der Additionsregel der Technischen Regeln für Gefahrstoffe (TRGS 402, BAuA 2014) heranzuziehen (UM-Erlass 22.08.2022 zum PFAS-Leitfaden). Bei der Aufsummierung der E_{max}-Werte ist ebenfalls die Additionsregel anzuwenden. Das bedeutet, dass die Quotienten aus der ermittelten Schadstofffracht der Einzelverbindung gebildet und aufsummiert werden. Eine Quotientensumme > 1 bedeutet dann eine Überschreitung der maximal tolerablen Frachten.
- ^C Summe PFAS-4: 0,02 µg/L Summe der folgenden nachgewiesenen und mengenmäßig bestimmten Stoffe: Perfluorooctansäure (PFOA), Perfluorononansäure (PFNA), Perfluorhexansulfonsäure (PFHxS) und Perfluorooctansulfonsäure (PFOS). Messwerte für die Einzelsubstanz, die unterhalb der Bestimmungsgrenze des jeweiligen Untersuchungsverfahrens liegen, werden bei der Summenbildung nicht berücksichtigt. Die Konzentrationen der zur Summenbildung herangezogenen PFAS sind einzeln auszuweisen.
- ^D Der Grenzwert gilt ab dem 12. Januar 2028.
Summe PFAS-20: 0,1 µg/L - Summe der folgenden nachgewiesenen und mengenmäßig bestimmten Stoffe: Perfluorbutansäure (PFBA), Perfluorpentansäure (PFPeA), Perfluorhexansäure (PFHxA), Perfluorheptansäure (PFHpA), Perfluorooctansäure (PFOA), Perfluorononansäure (PFNA), Perfluordecansäure (PFDA), Perfluorundecansäure (PFUnDA), Perfluordodecansäure (PFDoDA), Perfluortridecansäure (PFTrDA), Perfluorbutansulfonsäure (PFBS), Perfluorpentansulfonsäure (PFPeS), Perfluorhexansulfonsäure (PFHxS), Perfluorheptansulfonsäure (PFHpS), Perfluorooctansulfonsäure (PFOS), Perfluoronansulfonsäure (PFNS), Perfluordecansulfonsäure (PFDS), Perfluorundecansulfonsäure (PFUnDS), Perfluordodecansulfonsäure (PFDoDS) und Perfluortridecansulfonsäure (PFTrDS).
Messwerte für die Einzelsubstanz, die unterhalb der Bestimmungsgrenze des jeweiligen Untersuchungsverfahrens liegen, werden bei der Summenbildung nicht berücksichtigt. Die Konzentrationen der zur Summenbildung herangezogenen PFAS sind einzeln auszuweisen.
Der Grenzwert gilt ab dem 12. Januar 2026.
- ^E LAGA (2021): PFAS: Vorschlag zur Erweiterung des Untersuchungs- und Bewertungsspektrums sowie Vorschlag geeigneter Analysenmethoden, Stand 04. November 2021

Additionsregel der Technischen Regeln für Gefahrstoffe (TRGS 402) gemäß LAWA (2017 – PFC, S. 13):

Es gibt heute noch keine wissenschaftlich schlüssige Methode für die humantoxikologische Bewertung von Mehrstoffbelastungen. Auf das Schutzgut menschliche Gesundheit bezogen, gibt die TRGS 402 für Arbeitsplatzexpositionen eine praktische Anleitung (BAuA 2014). Sie sieht vor, bei mehreren gleichzeitig auftretenden Stoffen aus Messwerten und Bewertungsmaßstäben einzelner Stoffe, Stoffindizes I gemäß

$$I = \frac{C}{BM}$$

mit C = gemessene Konzentration und BM = Bewertungsmaßstab

zu bilden und diese, im vorliegenden Fall mit den humantoxikologisch begründeten GFS_i als BM, zu einem Bewertungsindex BI zu summieren:

$$BI_{GFS_h} = \sum I_i = \frac{C_1}{GFS_{h1}} + \frac{C_2}{GFS_{h2}} + \frac{C_3}{GFS_{h3}} + \dots$$

Ist der Bewertungsindex BI > 1, gilt der Bewertungsmaßstab für die Summe als überschritten. Im vorliegenden Zusammenhang sollen nur Konzentrationen größer oder gleich der Bestimmungsgrenze berücksichtigt werden

Quellen, Literatur und weitere Verweise

BBodSchG (1998): Gesetz zum Schutz vor schädlichen Bodenveränderungen und zur Sanierung von Altlasten (Bundes-Bodenschutzgesetz) vom 17. März 1998 (BGBl. I Nr. 16 S. 502), zuletzt geändert durch Artikel 7 des Gesetzes vom 25. Februar 2021 (BGBl. I S. 306)

BBodSchV (2021): Neufassung der Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung vom 9. Juli 2021 (BGBl. I Teil Nr. 43 S. 2598 und insbes. ab S. 2716)

BGBl (2023), Nr. 159: Zweite Verordnung zur Novellierung der Trinkwasserverordnung vom 20. Juni 2023 https://www.recht.bund.de/bgbl/1/2023/159/regelungstext.pdf?__blob=publicationFile&v=2

BR Drucksache (494/21) – BBodSchV mit Begründung https://www.bundesrat.de/SharedDocs/drucksachen/2021/0401-0500/494-21.pdf?__blob=publicationFile&v=1

BMU (2022): Leitfaden zur PFAS-Bewertung – Empfehlungen für die bundeseinheitliche Bewertung von Boden- und Gewässerverunreinigungen sowie für die Entsorgung PFAS-haltigen Bodenmaterials. https://www.lawa.de/documents/pfas-leitfaden-bf_1646139003.pdf

LAGA (2021) Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Abfall: PFAS: Vorschlag zur Erweiterung des Untersuchungs- und Bewertungsspektrums sowie Vorschlag geeigneter Analysenmethoden, Stand 04. November 2021 https://www.laga-online.de/documents/grundlagenpapier-pfas-analytik_1648109887.pdf

LAWA (2017a) Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser: Ableitung von Geringfügigkeitsschwellenwerten für das Grundwasser – Aktualisierte und überarbeitete Fassung von 2016 https://www.lawa.de/documents/geringfuegigkeits_bericht_seite_001-028_1552302313.pdf

LAWA (2017b) Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser: Ableitung von Geringfügigkeitsschwellenwerten für das Grundwasser – Aktualisierte und überarbeitete Fassung von 2016, Druckversion mit Anhang III (Datenblätter), Kulturbuch-Verlag, Berlin.

LAWA (2017c) Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser: Ableitung von Geringfügigkeitsschwellenwerten für das Grundwasser – Per- und polyfluorierte Chemikalien (PFC) von 2017. https://www.lawa.de/documents/03_anlage_3_bericht_gfs_fuer_pfc_endfassung_22_11_2017_2_1552302208.pdf

LUBW (2008): Untersuchungsstrategie Grundwasser – Leitfaden zur Untersuchung bei belasteten Standorten (Handbuch Altlasten und Grundwasserschadensfälle, Bd. 42), Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg. <https://pd.lubw.de/17358>

LUBW (2022): Sanierungsuntersuchung von Altlasten und schädlichen Bodenveränderungen, Leitfaden zur Untersuchung von Sanierungsverfahren, Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg. <https://pudi.lubw.de/10392>

LUBW (2023) Austauschblätter Anhang II a mit Neuberechnung E_{\max} -Werte (2023), LUBW-Leitfaden Untersuchungsstrategie Grundwasser (2008) <https://pd.lubw.de/17358>

OGewV (2016): Oberflächengewässerverordnung vom 20. Juni 2016 (BGBl. I S. 1373), die zuletzt durch Artikel 2 Absatz 4 des Gesetzes vom 9. Dezember 2020 (BGBl. I S. 2873) geändert worden ist"

Stark, J., Hillmert, C. (2024): GFS-Werte der LAWA für das Grundwasser und Auswirkungen auf die neuen Prüfwerte der BBodSchV. Altlasten Spektrum 1/2024, S. 5 - 15, Erich Schmidt Verlag, Berlin
https://www.lubw.baden-wuerttemberg.de/documents/10184/220086/alts_2024-01_Stark_personalisiert.pdf/0c44e0e5-3d9a-9d71-3c46-73d5795f1cc0?t=1712060703012

WHG (2009): Wasserhaushaltsgesetz (Gesetz zur Ordnung des Wasserhaushalts), Artikel 1 des Gesetzes vom 31.07.2009 (BGBl. I S. 2585), in Kraft getreten am 07.08.2009 bzw. 01.03.2010, das zuletzt durch Artikel 5 des Gesetzes vom 3. Juli 2023 (BGBl. 2023 I Nr. 176) geändert worden ist

Zeddel, A., Quadflieg, A., Utermann, J., Wilhelm, F. (2016): Grundsätze für die Anwendung der aktualisierten Geringfügigkeitsschwellen der LAWA von 2015 in der Altlastenbearbeitung, Altlasten Spektrum 2/2016, S. 56 - 63, Erich Schmidt Verlag, Berlin

