

Kriterien zur Bewertung der Relevanz eines Spurenstoffes für die Umwelt

Stoffname: *1H-Benzotriazol* CAS-Nr: 95-14-7

Ausgewählte Funde zum Vorkommen in Gewässern

Bezug/Betrachtungseinheit	Befunde	Quelle																														
Anzahl Flussgebietseinheiten (DE), in denen im Zeitraum 2016 – 2018 Messwerte > BG ermittelt wurden: 9	Jahresmittelwert 0,028 – 6,85 µg/L; Maximum <0,01 – 11 µg/L	UBA/LAWA Stand April 2020																														
Abläufe kommunaler Kläranlagen. (90 in 18 EU-Ländern)	Wiederfindung: 97%; max. 221 µg/L; median 2.7 µg/L;	Loos et al. 2013 (JRC Studie) ¹																														
100 Flüsse in 27 EU-Ländern	8.0 µg/L; median 0.23 µg/L	Loos et al. 2013 (JRC Studie) ¹																														
Grundwasser	0,3 - 1,54 µg/L	Weidauer et al. 2016 ² Hermes et al, 2018 ¹¹																														
Überwachung Oberflächenabläufe auf einem Flughafen	126 µg/L	Cancilla et al. 1998 ³																														
Konzentration Oberflächengewässer (Rhein/IKSR) [ng/L]	<table border="1"> <tbody> <tr><td>Weil am Rhein</td><td>200</td></tr> <tr><td>Karlsruhe/Lauterbourg</td><td>240</td></tr> <tr><td>Mannheim Neckar</td><td>1.300</td></tr> <tr><td>Worms linksrheinisch</td><td>270</td></tr> <tr><td>Worms rechtsrheinisch</td><td>1.400</td></tr> <tr><td>Schwarzbach Treber Hessen</td><td>4.700</td></tr> <tr><td>Bischhofsheim (Mainmündung)</td><td>1.200</td></tr> <tr><td>Koblenz Rhein</td><td>490</td></tr> <tr><td>Koblenz Mosel</td><td>500</td></tr> <tr><td>Bad Honnef</td><td>460</td></tr> <tr><td>Dinslaken (Emschemündung)</td><td>6.300</td></tr> <tr><td>Lobith</td><td>570</td></tr> <tr><td>Bimmen</td><td>500</td></tr> <tr><td>Maasluis</td><td>690</td></tr> <tr><td>Kampen</td><td>580</td></tr> </tbody> </table>	Weil am Rhein	200	Karlsruhe/Lauterbourg	240	Mannheim Neckar	1.300	Worms linksrheinisch	270	Worms rechtsrheinisch	1.400	Schwarzbach Treber Hessen	4.700	Bischhofsheim (Mainmündung)	1.200	Koblenz Rhein	490	Koblenz Mosel	500	Bad Honnef	460	Dinslaken (Emschemündung)	6.300	Lobith	570	Bimmen	500	Maasluis	690	Kampen	580	(IKSR Sondermessprogramm 2017, Probenahmekampagne 2) Daten der Bundesanstalt für Gewässerkunde (http://iksr.bafg.de/)
Weil am Rhein	200																															
Karlsruhe/Lauterbourg	240																															
Mannheim Neckar	1.300																															
Worms linksrheinisch	270																															
Worms rechtsrheinisch	1.400																															
Schwarzbach Treber Hessen	4.700																															
Bischhofsheim (Mainmündung)	1.200																															
Koblenz Rhein	490																															
Koblenz Mosel	500																															
Bad Honnef	460																															
Dinslaken (Emschemündung)	6.300																															
Lobith	570																															
Bimmen	500																															
Maasluis	690																															
Kampen	580																															
Bewertung der Relevanz des Vorkommens	+	+																														
Begründung der Bewertung	Maximalwert von 11 µg/L liegt in der Nähe der chronischen UQN	Maximalwert im Grundwasser ohne Transformationsprodukte ist etwa halb so hoch wie der GOW für Benzotriazole																														

Stoffeigenschaften			
	Bezugswert / Triggerwert	Daten für jeweiligen Stoff	Bewertung der Besorgnis
Persistenz/ biologische Abbaubarkeit	Persistent, wenn: „nicht leicht biologisch abbaubar“ / „nicht inhärent abbaubar“; oder DT50 > 40 d (OECD 309) bzw. DT50 > 120d (OECD 308)	DT50 nicht vorh. OECD 111, 301D: stabil bzgl. Hydrolyse; kein biologischer Abbau	+
Bioakkumulation/ Lipophilie		log Kow 1.34	-
Mobilität/ Adsorptionsfähigkeit	Mobil, wenn: log Koc < 4 oder WL > 100 mg/L	log Koc: 1,89, geringe Sorption WL: 19.800 mg/L; sehr gut wasserlöslich	+
Humantoxizität	Kriterium erfüllt, wenn: Klassifizierung Kanzerogen gemäß MAK Kategorie: 1A, 1B, 2; oder nach CLP Verordnung Kategorie 1A, 1B, 2 oder wenn GHS Gefahrenklasse: STOT RE 1 oder 2	Oral: MAK Kategorie 3B (Hartwig, MAC Commission 2019) ⁵	-
Ökotoxizität (akut/ chronisch; Standardtests)	Geringe Ökotoxizität wenn: EC ₅₀ > 0,1 mg/L; NOEC > 0,01 mg/L	EC ₅₀ (Daphnie) 63 mg/L LC ₅₀ (Fisch) 100 mg/L (beides Abschätzung mit EPA-ECOSARv1.11) NOEC 3 mg/L ⁶	-

Risikoabschätzung Umwelt und Mensch

Bewertung der Präsenz		
Bezugswerte zur Bewertung	Oberflächenwasser: UQN-Vorschlag Schweiz: 19 µg/L (chronisch), 160 µg/L (akut) ⁴	Grundwasser/Trinkwasser; GOW: 3 µg/L
Bewertung der Relevanz des Vorkommens		
Begründung der Bewertung	Maximalwert von 11 µg/L liegt in der Nähe der chronischen UQN	Maximalwert im Grundwasser ohne Transformationsprodukte ist etwa halb so hoch wie der GOW

Bewertung der Ökotoxikologie und Toxikologie		
Ökotoxikologische Informationen aus Standardtests	PNEC Abschätzung auf Basis der vorliegenden Daten nicht möglich; NOEC von 3 mg/L weist auf eine geringe Ökotoxizität in Standardtests hin	Im Vergleich von Umweltkonzentrationen im Mittel bis 10 µg/L und NOEC von 3 mg/L ist das durch Standardtests indizierte ökotoxische Risiko als gering einzuschätzen
Humantoxizität	GOW = 3µg/L abgeleitet aus Langzeitversuch mit Nagern (Endpunkt Karzinogenität)	Aufgrund von Grundwasserkonzentrationen im µg/l-Bereich kann eine Trinkwasserrelevanz nicht ausgeschlossen werden.

Gleichwertige zusätzliche Besorgnisgründe		
Bewertungskriterium	Bewertungsgrundlage	Bewertung
Transformationsprodukte	Bildung von 4- und 5-Hydroxybenzotriazol Weidauer et al. (2016) ² , Borowska et al. (2016) ⁷	+
Aquatische Toxizität	CLP Einstufung (Verordnung (EG) Nr.1272/200): Aquatisch chronisch 2 (H411): langfristig wassergefährdend	+
Endokrine Wirksamkeit	Hormonelle Wirksamkeit ^{8,9,10}	+
Neurotoxizität / Verhalten	zentralnervöse paralytische Effekte ⁵	+
Mischungstoxizität (z.B. Additivität)	Bedeutung der Transformations-produkte; ggf. Additivität	+/-

Zusammenfassung der vertieften Bewertung	
Kriterium	Bewertung
Stoffdatenverfügbarkeit und Datenqualität	Es sind im Rahmen dieser Bewertung ausreichend Stoffdaten in qualitativ adäquater Form verfügbar
Besorgnisgründe gemäß Fließschema	Die Relevanz ist in Bezug auf die Bewertungskriterien Persistenz und Mobilität gemäß des Bewertungskonzepts Spurenstoffdialog bereits erfüllt. Der Verdacht, dass ein photolytischer Abbau selbst durch Sonnenlicht möglich ist und somit Einfluss auf die Persistenzbewertung hat ^{2,7} , kann nicht bestätigt werden, da die durchgeführten Studien unter Laborbedingungen stattfanden. Hierbei stand die Aufklärung der Abbauprodukte im Vordergrund. Es ist deshalb davon auszugehen, dass die Versuche unter optimierten Bedingungen stattfanden, die Einflussfaktoren in der Umwelt nicht abbilden können. In Gesamtschau ist also festzuhalten, dass der Beitrag der Photolyse am Gesamtabbau in der wässrigen Phase als vernachlässigbar zu bewerten ist. Hinzu kommt, dass die Anwendungen von 1H-Benzotriazol vorrangig zu Einträgen in größere Oberflächengewässer führen, nicht in Entwässerungsgräben in der Landwirtschaft, die nur eine geringe Tiefe aufweisen. Maßgeblich für Bewertung der Persistenz von 1H-Benzotriazol im Rahmen des Spurenstoffdialogs sind demnach die vorliegenden Daten zu Hydrolyse und biologischem Abbau. Diese liefern starke Hinweise, dass der Stoff in der Umwelt persistent ist. Der Photolyse in der Wasserphase kann aufgrund der oben genannten Argumente kein nennenswerter Einfluss auf das Abbauverhalten von 1H-Benzotriazol in der Umwelt zugesprochen werden.
Zusätzliche Besorgnisgründe	Verdacht auf endokrine Effekte bei Umweltorganismen Info zu CLP-Verordnung: Antrag auf harmonisierte Einstufung als aquatisch Chronisch 2, H411, liegt bei ECHA vor. Der Stoff weist aus Sicht der dt. Ständigen Senatskommission zur Prüfung gesundheitsschädlicher Arbeitsstoffe hinreichende Verdachtsmomente für eine Einstufung als karzinogen 3B auf; Zusätzlich sind neurotoxische Eigenschaften bekannt ⁵ .
Mischungstoxizität	Fehlende Daten, Möglichkeit der Additivität
Schutzziele/Stoffeigenschaften/Gewichtung	Trinkwasserversorgung wird beeinträchtigt durch Persistenz und Mobilität. Ökosysteme werden beeinträchtigt durch Persistenz, Mobilität sowie durch endokrine, karzinogene und neurotoxische Eigenschaften des Stoffes.

ENTSCHEIDUNG

Basierend auf dem Factsheet des UBA und dem Expertenwissen der Kommission wurde folgende Entscheidung zur Relevanz des Stoffes gefällt: **1H-Benzotriazol ist ein relevanter Spurenstoff.**

1H-Benzotriazol wird in deutschen Oberflächengewässern regelmäßig im µg/L-Bereich nachgewiesen, Spitzenwerte von bis zu 11 µg/L wurden berichtet. Im Grundwasser waren Konzentrationen an 1H-Benzotriazol von bis zu 1,54 µg/L nachweisbar. Der GOW liegt bei 3 µg/L, sodass eine Überschreitung des GOW nicht in allen Fällen auszuschließen ist. Auch die Transformationsprodukte 4-Methyl- und 5-Methyl-Benzotriazol sind in der Umwelt regelmäßig nachweisbar.

1H-Benzotriazol ist als persistent und mobil einzustufen. 1H-Benzotriazol und seine Transformationsprodukte 4-Methyl- und 5-Methyl-Benzotriazol zeigen neben einer geringen biologischen Abbaubarkeit auch niedrige Sorptionsneigungen. Aufgrund der geringen Sorptionsneigung der mäßigen Abbaubarkeit ist daher nur mit einer schwachen Eliminierung von 1H-Benzotriazol und seinen Transformationsprodukten bei der kommunalen Abwasserbehandlung zu rechnen^{11,12}. Dies wurde auch beobachtet.

Die im Moment vorliegenden Daten deuten nicht darauf hin, dass die expliziten Relevanzkriterien für Ökotoxizität auf der Basis von Standardtests gemäß des Bewertungsschemas Spurenstoffdialog erfüllt werden. Dennoch liefern (1) die unter der CLP-Verordnung angestrebte harmonisierte Einstufung als aquatisch chronisch H411, (2) die beobachteten endokrinen Effekte *in vivo* und *in vitro* und (3) die Neurotoxizität des Stoffes eindeutige Hinweise, dass bei Freisetzung des Stoffes von unakzeptablen Auswirkungen auf aquatische Ökosysteme auszugehen ist.

Quellen

¹ Loos, R. et al. (2013). EU-wide monitoring survey on emerging polar organic contaminants in wastewater treatment plant effluents. *Wat. Res.* 47: 6475-6487

² Weidauer et al. (2016) Sunlight photolysis of benzotriazoles - Identification of transformation products and pathways. *Chemosphere* 154:416-424

³ Cancelli, D.A., Martinez, J., Van Aggelen, G.C. (1998). Detection of aircraft deicing/antiicing fluids in a perched water monitoring well at an international airport. *Env. Sci. Technol.* 32: 3834-3835.

⁴ Mikroverunreinigungen: EAWAG im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt (BAFU)
https://www.oekotoxzentrum.ch/media/2207/2011_goetz_beurteilungskonzept_mikroverunreinigungen_de.pdf

⁵ Hartwig, A., MAK Commission (2019). Benzotriazol¹³ [MAK Value Documentation in German language, 2019], Volume 4, Issue 2
<https://doi.org/10.1002/3527600418.mb9514kskd0067>

⁶ Hem L J; Weideborg M; Schram E (2000): Degradation and toxicity of additives to deicing fluids; the effect of discharge of such fluids to municipal wastewater treatment, Proceedings from 2000 WEF and Purdue Univ. Industrial Wastes Technical Conference, St. Louis, USA, May 21–24, 2000

⁷ Borowska et al. (2016) Oxidation of benzotriazole and benzothiazole in photochemical processes: Kinetics and formation of transformation products. *Chemical Engineering Journal* 304:852-863

⁸ Harris, C.A., Routledge, E.J., Schaffner, C., Brian, J.V., Giger, W., and Sumpter, J.P. (2007). Benzotriazole is antiestrogenic *in vitro* but not *in vivo*. *Env. Toxicol. Chem.* 26: 2367-2372.

⁹ Fent, K., Chew, G., Li, J., and Gomez, E. (2014). Benzotriazole UV-stabilizers and benzotriazole: Antiandrogenic activity *in vitro* and activation of aryl hydrocarbon receptor pathway in zebrafish eleuthero-embryos. *Sci. Total Environ.* 482-483: 125-136.

¹⁰ Liang X., Wang M., Chen X., Zha J., Chen H., Zhu L., and Wang Z. (2014): Endocrine disrupting effects of benzotriazole in rare minnow (*Gobio cypris rarus*) in a sex-dependent manner. *Chemosphere* 112: 154-162.

¹¹ Hermes et al. (2018) *Journal of Chromatography A*, 1531: 64– 73.

¹² Giger W, Schaffner C, Kohler HP (2006) Benzotriazole and tolytriazole as aquatic contaminants. 1. Input and occurrence in rivers and lakes. *Env. Sci. Technol.* 40:7186–7192.

¹³ Kiss A, Fries E (2009) Occurrence of benzotriazoles in the rivers Main, Hengstbach and Hegbach (Germany). *Env. Sci. Poll. Res.* 16:702–710.