Der Senator für Gesundheit

Freie Hansestadt Bremen

Der Senator für Gesundheit
Bahnhofsplatz 29 • 28195 Bremen

Ortsamt Blumenthal
Amtsleitung
Herr Nowack
Postfach 71 05 40
28765 Bremen

Abgesandt am:
26. Aug. 2013

Auskunft erteilt
Antje Post

Zimmer 12/03

T (04 21) 3 61-9559
F (04 21)

E-mail
antje.post@gesundheit.Bremen.de

Datum und Zeichen
Ihres Schreibens

Mein Zeichen
(bitte bei Antwort angeben)
G-45-10

Bremen, 19.08.2013

Kleinräumige Analyse zur Krebsinzidenz in der Region um das Tanklager Farge
Ihre Schreiben vom 9. Juli 2013 (Antrag und Anfrage) sowie Beschluss

Sehr geehrter Herr Nowack,

mich haben insgesamt drei Schreiben von Ihnen zur kleinräumigen Analyse in der Region um das Tanklager Farge erreicht:

1. Ein Antrag (Schreiben vom 9. Juli 2013), in dem der Senator für Gesundheit gebeten wird zu klären, inwieweit die in der Analyse des Bremer Krebsregisters erwähnten Krebsfälle bei Personen auftreten, die auf den von der Grundwasserkontamination betroffenen Grundstücken wohnen. Der Senator für Gesundheit wird aufgefordert, die absolute Zahl von Krebsfällen bezogen auf die betroffenen Grundstücke darzustellen und aufzuschlüsseln, wie · viele Grundstücke von der Grundwasserverseuchung betroffen sind und wie viele Personen in diesem Bereich von Krebs betroffen sind im Vergleich zum übrigen, nach heutigen Kenntnissen nicht kontaminierten Gebiet von Farge und Rönnebeck.

2. Ein Beschluss des Beirats (Eingang im Gesundheitsamt Bremen am 11. Juli 2013), in dem die Gesundheitsbehörde aufgefordert wird, eine umfassende Untersuchung der möglichen gesundheitlichen Auswirkungen des Tanklagers vorzunehmen, die sich nicht ausschließlich auf Krebserkrankungen beschränkt.

3. Eine Anfrage (Schreiben vom 9. Juli 2013), wann und wie oft Untersuchungen des Trinkwassers bzw. welcher Brunnen auf die relevanten und krebserregenden Stoffen mit welchen Ergebnissen durchgeführt wurde;

Ich erlaube mir, nach Erhalt der entsprechenden Informationen aus dem Gesundheitsamt Bremen, diese Punkte wie folgt zu beantworten:

Zu 1.
Eine adressgenaue Darstellung von Krebsfällen auf betroffenen Grundstücken ist aus rechtlichen, insbesondere datenschutzrechtlichen Gründen, nicht möglich:

Das Bremer Krebsregister arbeitet auf der Grundlage des „Gesetzes über das Krebsregister der freien Hansestadt Bremen (BremKRG)". Darin ist geregelt, dass bei Auswertungen lediglich „epidemiologisch notwendige Angaben zum Wohnsitz, aufgrund derer jedoch nicht die Anschrift feststellbar sein darf" verwendet werden dürfen (§ 3 b 3. BremKRG). Damit soll vermieden werden, dass bei Auswertungen ein Personenbezug hergestellt werden kann. In der Praxis sieht es so aus, dass zwar adressgenaue Meldungen beim Krebsregister eingehen, diese jedoch durch ein Computerprogramm so verändert werden, dass eine adressgenaue Zuordnung zu. dem betreffenden Fall nicht mehr möglich ist.

Das Bremer Krebsregister hat - da die Mehrzahl der betroffenen Straßenzüge im Ortsteil Farge liegt - eine zusätzliche Analyse ausschließlich bezogen auf den Ortsteil Farge durchgeführt. Dabei wurden bei allen untersuchten Gruppen des blutbildenden (hämatopoetischen) Systems keine Auffälligkeiten der Erkrankungsraten im Vergleich zum Bremer Stadtgebiet ermittelt.

Die detaillierten Ergebnisse der zusätzlichen Analyse liegen diesem Schreiben bei. Das Bremer Krebsregister wird das betroffene Gebiet weiterhin beobachten und entsprechende Analysen durchführen.

Anzumerken ist in diesem Zusammenhang noch die von der Fraktion DIE LINKE geäußerte Kritik zur verwendeten statistischen Methode des Bremer Krebsregisters. Hierzu hat das Bremer Krebsregister Stellung genommen (siehe Anlage). Die Methodik ist wissenschaftlich korrekt. Der wissenschaftliche Beirat des Bremer Krebsregisters – ein unabhängiges Gremium wissenschaftlicher Expertinnen und Experten – hatte diese Methodik nicht beanstandet, als ihm die Analyse im Vorfeld mit der Bitte um Prüfung vorgelegt wurde.

Zu 2.
Für die gesundheitliche Beurteilung der Nutzung von Grundwasser aus Gartenbrunnen gibt es bis- her keine allgemein verbindlichen Grenzwerte. Die Information der betroffenen Bürgerinnen und Bürger erfolgte deshalb durch die Bremer Umweltbehörde auf der Grundlage .der von der Gesundheitsbehörde herausgegebenen Informationswerte und Erläuterungen zu verschiedenen Schadstoffen; diese Erläuterungen liegen diesem Schreiben bei.

In den Anwohnerinformationen (z.B. „Information zur Grundwasserbeschaffenheit im Bereich Bremen-Farge / Rönnebeck" des SUBV vom 11.06.2013) werden mögliche gesundheitliche Auswirkungen aufgeführt.

Die dort beschriebenen Effekte - mit Ausnahme möglicher Krebs-erregender Wirkungen - könnten insbesondere bei sehr hohen Konzentrationen der Schadstoffe im Grundwasser bei gleichzeitig lang andauernder und intensiver Nutzung des Grundwassers – also unter besonders ungünstigen Nutzungsbedingungen - auftreten und sind dann hauptsächlich vorübergehender Natur.

Solche ungünstigen Bedingungen haben aber voraussichtlich nicht vorgelegen, zumal die übliche Nutzung des Grundwassers im Garten auf bestimmte Jahreszeiten bzw. Trockenperioden begrenzt gewesen sein. dürfte. Spätestens seit 2009 liegt zudem eine gemeinsame Empfehlung der Umwelt- und der Gesundheitsbehörde vor, in der den Anwohnern aus Vorsorgegründen nahe gelegt wird, bei Überschreitung der Werte (unabhängig von der konkreten Kontamination) das Wasser aus Gartenbrunnen nicht mehr zu nutzen. Seit dem Bekanntwerden dieser Empfehlung dürfte insofern keine nennenswerte Exposition durch das Grundwasser mehr stattgefunden haben.
Vor diesem Hintergrund brächte eine weitergehende Untersuchung .auf aktuelle gesundheitliche, nicht mit Krebs in Zusammenhang stehende Wirkungen voraussichtlich keine neuen, insbesondere für die Bevölkerung hilfreichen Erkenntnisse. Ein solches Unterfangen wird deshalb weder als zweckmäßig noch als zielführend angesehen.

Analysen zu Krebserkrankungen werden auch in den kommenden Jahren vorgenommen, wie unter Punkt 1 aufgeführt wurde.

Zu
3.
Das Gesundheitsamt Bremen hat die im Anhang beigefügten Analysenwerte der Stadtwerke Bremen für Schadstoffe in Trinkwasserbrunnen im Bereich Blumenthal übermittelt. Aus den Tabellen ist zu ersehen, dass nur Spuren der betrachteten Substanzen/Substanzgruppen im Trinkwasser gefunden werden. Beispielsweise wird der Grenzwert der Trinkwasserverordnung für Benzol (1 Mikrogramm pro Liter Trinkwasser) ebenso wie die Empfehlungswerte der Gesundheitsbehörde für BTX oder MTBE weit unterschritten.

Ich hoffe, dass mit diesen Informationen Ihre Fragen hinreichend beantwortet werden konnten und verbleibe

mit freundlichen
Grüßen im Auftrag

Silke Stroth
Abteilungsleiterin

Messpunkt	P136 tief	P113	P112	P105	P091	P112	P130	P136	P130	P130	P130
Filterbeginn / m	37,2	29	32	36	34	32	21	37,2	21	21	21
Lage	Reepschlägerstraße	Am Knick	Gelände Brunnen 16	Eispohl	Gelände Brunnen 16	Gelände Brunnen 16	Schule Hechelstraße	Reepschlägerstraße	Schule Hechelstraße	Schule Hechelstraße	Schule Hechelstraße
Datum	24.07.2012	24.07.2012	24.07.2012	24.07.2012	13.06.2012	13.06.2012	12.06.2012	15.06.2012	26.06.2012	10.11.2011	05.05.2011

	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
BTEX gesamt	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0	0	0	0			
Benzol	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5		<0,5	<0,5
Toluol	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5		<0,5	<0,5
o-Xylol	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5		<0,5	<0,5
m-Xylol	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5		<0,5	<0,5
Ethylbenzol	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5		<0,5	<0,5
Isopropylbenzol	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5			
1,3,5-Trimethylbenzol	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5			
1,2,4-Trimethylbenzol	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5			
1,2,3-Trimethylbenzol	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5			
Styrol	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5		<0,5	<0,5
Coumol										<0,5	<0,5
Hemellital										<0,5	<0,5
Mesitelyl										<0,5	<0,5
Pseudocumol										<0,5	<0,5
MTBE	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5		

19.02.2013				13.02.2013			
Brunnen 16	Status	Messwert	Einheit	Peilrohr 130	Status	Messwert	Einheit
Methyl-tertiär-butylether (MTBE)	<	0,0002	mg/l	Methyl-tertiär-butylether (MTBE)	<	0,0001	mg/l
Benzol	<	0,0001	mg/l	Benzol	<	0,0001	mg/l
Ethylbenzol	<	0,0002	mg/l	Ethylbenzol	<	0,0002	mg/l
Toluol	<	0,0002	mg/l	Toluol	<	0,0002	mg/l
o-Xylol	<	0,0002	mg/l	o-Xylol	<	0,0002	mg/l
m-xylol	<	0,0002	mg/l	m-xylol	<	0,0002	mg/l
Styrol (Vinylbenzol)	<	0,0002	mg/l	Styrol (Vinylbenzol)	<	0,0002	mg/l
Isopropylbenzol	<	0,0002	mg/l	Isopropylbenzol	<	0,0002	mg/l
1,3,5-Trimethylbenzol	<	0,0002	mg/l	1,3,5-Trimethylbenzol	<	0,0002	mg/l
1,2,4-Trimethylbenzol	<	0,0002	mg/l	1,2,4-Trimethylbenzol	<	0,0002	mg/l
1,2,3-Trimethylbenzol	<	0,0002	mg/l	1,2,3-Trimethylbenzol	<	0,0002	mg/l
Chlorbenzol	<	0,0002	mg/l	Chlorbenzol	<	0,0002	mg/l

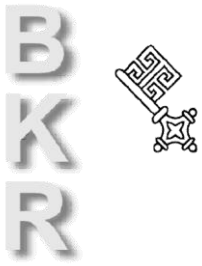
06.06.2013				17.05.2013			
Brunnen 16	Status	Messwert	Einheit	Peilrohr 130	Status	Messwert	Einheit
Methyl-tertiär-butylether (MTBE)	<	0,0001	mg/l	Methyl-tertiär-butylether (MTBE)	<	0,0001	mg/l
Benzol	<	0,0001	mg/l	Benzol	<	0,0001	mg/l
Ethylbenzol	<	0,0002	mg/l	Ethylbenzol	<	0,0002	mg/l
Toluol	<	0,0002	mg/l	Toluol	<	0,0002	mg/l
o-Xylol	<	0,0002	mg/l	o-Xylol	<	0,0002	mg/l
m-xylol	<	0,0002	mg/l	m-xylol	<	0,0002	mg/l
Styrol (Vinylbenzol)	<	0,0002	mg/l	Styrol (Vinylbenzol)	<	0,0002	mg/l
Isopropylbenzol	<	0,0002	mg/l	Isopropylbenzol	<	0,0002	mg/l
1,3,5-Trimethylbenzol	<	0,0002	mg/l	1,3,5-Trimethylbenzol	<	0,0002	mg/l
1,2,4-Trimethylbenzol	<	0,0002	mg/l	1,2,4-Trimethylbenzol	<	0,0002	mg/l
1,2,3-Trimethylbenzol	<	0,0002	mg/l	1,2,3-Trimethylbenzol	<	0,0002	mg/l
Chlorbenzol	<	0,0002	mg/l	Chlorbenzol	<	0,0002	mg/l

	Benzol (mg/l)			
Datum	**WW Blumenthal**	**Brunnen 16**	**Brunnen 17**	**Peilrohr 105 Eispohl**
16.12.2010 14:00				< 0,0005
04.01.2011 10:20	n.n.			
04.04.2011 09:45	n.n.			
03.05.2011 12:40			< 0,0005	
03.05.2011 13:35		< 0,0005		
04.07.2011 09:55	n.n.			
05.10.2011 13:45	n.n.			
08.11.2011 15:10				< 0,0005
06.02.2012 10:27	< 0,0001			
16.04.2012 10:20	n.n.			
27.06.2012 14:50				< 0,0005
17.07.2012 10:30	n.n.			
12.11.2012 10:30	n.n.	n.n.	n.n.	

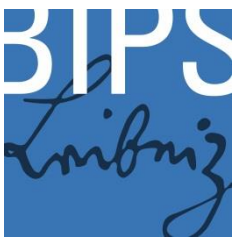
Stellungnahme

zur Beiratssitzung beim Ortsamt Blumenthal am 19.06.2013 bzgl. der „Kleinräumigen Analyse zur Krebsinzidenz in der Region um das Tanklager Farge“

Juli 2013



Registerstelle des Bremer Krebsregisters



Leibniz-Institut
für Präventionsforschung und Epidemiologie – BIPS GmbH
Achterstr. 30
28359 Bremen

Stellungnahme zur Beiratssitzung beim Ortsamt Blumenthal am 19.06.2013 bzgl. der „Kleinräumigen Analyse zur Krebsinzidenz in der Region um das Tanklager Farge“

Autoren:

Dr. med. Sabine Luttmann

Dipl. Biol. Andrea Eberle MPH

Registerstelle des Bremer Krebsregisters

Leibniz-Institut für Präventionsforschung und Epidemiologie – BIPS GmbH

Fachgruppe Statistische Methoden in der Epidemiologie

Achterstr. 30

28359 Bremen

Tel.: 0421-218569-61 oder -62

Email: krebsregister@bips.uni-bremen.de

www.krebsregister.bremen.de

Einleitung

Auf der außerordentlichen Beiratssitzung am 19.06.2013 hat das Bremer Krebsregister auf Einladung des Ortsamtsleiters die Ergebnisse der „Kleinräumigen Analyse zur Krebsinzidenz in der Region um das Tanklager Farge“ erläutert und weitere noch offene Fragen zur Analyse beantwortet.

Im Verlauf der Sitzung wurde insbesondere von der Fraktion DIE LINKE das methodische Vorgehen in dieser Studie kritisiert. Die Kritikpunkte sind:

1. Die unspezifische Auswahl der betroffenen Wohngebiete
2. Das Übersehen von möglicherweise signifikant erhöhten Krebsraten durch die Berechnung des zweiseitigen Signifikanzniveaus.

Zu Punkt 2 ist von Herrn Dr. Restat von der Fraktion DIE LINKE eine „Reanalyse“ der bereits veröffentlichten Erkrankungsraten durchgeführt worden. Da diese Analyse dem Krebsregister erst kurz vor der Beiratssitzung übermittelt worden ist, konnte auf der Sitzung keine Klärung erfolgen.

In der vorliegenden Stellungnahme erläutert das Krebsregister noch mal detailliert das methodische Vorgehen ihrer durchgeführten, epidemiologischen Analyse und ergänzt die bereits vorliegende Auswertung durch eine veränderte Auswahl der betroffenen Bevölkerung.

Auswahl der betroffenen Wohngebiete

Für die kleinräumige Analyse in der Region um das Tanklager Farge wurden vom Bremer Krebsregister die Ortsteile Farge und Rönnebeck als potentiell gefährdeter Bereich ausgewählt. Als Grundlage dieser Entscheidung diente die vom Senator für Umwelt veröffentliche Auflistung der Straßenzüge, die im Bereich der Grundwasserkontamination liegen. Der gefährdete Bereich liegt direkt im Grenzgebiet der beiden Ortsteile, wobei die Mehrzahl der Straßenzüge zum Ortsteil Farge gehört.

Die Kritik an der Auswahl des betroffenen Gebiets bezieht sich auf die Gefahr, dass eine möglicherweise erhöhte Erkrankungsrate in einem kleinen Teilbereich der Bevölkerung sich in der Rate der Gesamtbevölkerung nicht mehr widerspiegelt. In epidemiologischen, kleinräumigen Untersuchungen stellt die Auswahl der betroffenen Bevölkerung jedoch immer einen Abwägungsprozess dar: Zum einen kann eine größere Bevölkerung ausgewählt werden, die die Berechnung von statistisch stabileren Raten mit engeren Konfidenzintervallen ermöglicht oder es wird eine relativ kleine Bevölkerungsgruppe ausgewählt, deren Erkrankungsraten aufgrund der kleinen Fallzahlen jedoch starke statistische Schwankungen aufweisen.

Um das Problem einer möglichen „Verwaschung“ zu klären, hat das Krebsregister in einer zusätzlichen Analyse nur das Erkrankungsgeschehen im Ortsteil Farge ausgewertet. Für Farge wurde aufgrund der kleinen Bevölkerung von knapp 3.000 Einwohnern jedoch nur ein 10-jähriger Beobachtungszeitraum (2000-09) analysiert. Die Ergebnisse sind in Tabelle 1 dargestellt.

Tab. 1 Krebserkrankungen im Ortsteil Farge und erwartete Fallzahlen im Diagnosezeitraum 2000 – 2009 (Referenzgebiet: Übriges Bremer Stadtgebiet ohne Rönnebeck).

Zeitraum	**Beobacht. Fälle** im Ortsteil Farge	**Erwartete Fälle** im Ortsteil Farge mit 95%-Konfidenzintervall	Altersstand. Inzidenzrate /100.000 Einwohner [Europastandard]		SIR mit 95%-Konfidenz-intervall
			Ortsteil Farge	Übriges Bremer Stadtgebiet (ohne Rönnebeck)	
III Akute nicht lymphatische Leukämien, Myelodysplastisches Syndrom					
2000-09	2	2,8 *[0,6 – 8,8]*	5,8	5,2	0,72 *[0,07 – 2,64]*
IV Akute nicht lymphatische Leukämien, Myelodysplastisches Syndrom, Non-Hodgkin-Lymphome, Multiples Myelom					
2000-09	15	14 *[7,7 – 23,5]*	33,3	28,2	1,07 *[0,60 – 1,78]*
V Gesamtheit der malignen Erkrankungen des hämatopoetischen Systems					
2000-09	17	16,8 *[9,9 – 27,2]*	37,9	34,7	1,01 *[0,59 – 1,62]*
VII Nicht-melanotischer Hautkrebs					
2000-09	67	52,2 *[38,8 – 68,2]*	130,7	100,1	1,28 *[0,99 – 1,63]*

In dieser zusätzlichen Analyse wurden nur die Erkrankungsgruppen eingeschlossen, die bezüglich der Grundwasserkontamination eine hohe Relevanz ausweisen. Dies sind insbesondere die Erkrankungsgruppen aus dem Bereich des hämatopoetischen Systems (Gruppe III-V). Die Gruppe der nicht-melanotischen Hauttumoren wurde aufgrund der bereits beobachteten, signifikant erhöhten Erkrankungsraten im Bereich Farge-Rönnebeck eingeschlossen. Als Referenzgebiet wurde wieder das übrige Stadtgebiet von Bremen gewählt, wobei in dieser Analyse um eine Vergleichbarkeit zur vorangegangenen Auswertung zu gewährleisten, der Ortsteil Rönnebeck gänzlich aus der Analyse ausgeschlossen worden ist.

Die Auswertung des Erkrankungsgeschehens im Ortsteil Farge im Zeitraum 2000-2009 weist für alle untersuchten Gruppen des hämatopoetischen Systems keine Auffälligkeiten im

Vergleich zum Bremer Stadtgebiet auf. Mit einem SIR um 1 bzw. unter 1 zeigen sich im Ortsteil Farge keine Unterschiede zum Erkrankungsgeschehen im Bremer Stadtgebiet.

Die Erkrankungsraten beim nicht-melanotischen Hautkrebs liegen in Farge oberhalb des Erkrankungsgeschehens im übrigen Stadtgebiet – dieser Befund unterscheidet sich jedoch nicht von der gemeinsamen Analyse der Ortsteile Farge und Rönnebeck.

Des Weiteren wurde vom Bremer Krebsregister noch die Verteilung der Fälle im Ortsteil Farge untersucht. Diese Analyse zeigt keine Häufung von Erkrankungsfällen im durch Grundwasserkontamination gefährdeten Bereich. Die Ergebnisse werden aus Gründen des Datenschutzes nicht veröffentlicht, da die analysierten Fallzahlen so niedrig sind, dass eine Darstellung die Persönlichkeitsrechte der betroffenen Personen verletzen würde.

Darstellung eines zweiseitigen 95%-Konfidenzintervalls

Im folgendem möchten wir noch mal die epidemiologischen Methoden der Datenauswertung veranschaulichen:

Da die beobachteten Fallzahlen einem Zufallsprozess unterliegen, ist es üblich, neben der errechneten SIR ein Intervall anzugeben, welches mit einer vorgegebenen Wahrscheinlichkeit die "wahre" SIR überdeckt. Als Konfidenzniveau für einen solchen Bereich hat sich in allen Bereichen epidemiologischer Forschung (Krebsepidemiologie, Umweltepidemiologie, Klinische Epidemiologie) eine Wahrscheinlichkeit von 95% etabliert, d.h. es werden in entsprechenden Untersuchungen standardmäßig 95%-Konfidenzintervalle (95%-KI) als Bereichsschätzer ausgewiesen. Das Konfidenzniveau von 95% wird in der Regel auch dann gewählt, wenn beispielsweise vermutet wird, dass sich die Inzidenz in einem bestimmten Gebiet von der in anderen Gebieten nicht nur unterscheidet, sondern erhöht ist. Dies sei nachfolgend mit einigen prominenten Beispielen aus der jüngeren Vergangenheit belegt:

Publikation: Sermage-Faure C, Demoury C, Rudant J, Goujon-Bellec S, et al. Childhood leukaemia close to high-voltage power lines - the Geocap study, 2002-2007. Br J Cancer. 2013;108(9):1899-906.

Hypothese: "High-voltage overhead power lines (HVOLs) are one of the major sources of extremely low-frequency magnetic fields (ELF-MFs), considered a possible risk factor for childhood leukaemia."

Statistik: "The ORs, their 95% confidence intervals and two-sided p-values were estimated by unconditional logistic regression adjusted for age in 5-year categories and Departement."

Publikation: Visser O, van Wijnen JH, van Leeuwen FE. Incidence of cancer in the area around Amsterdam Airport Schiphol in 1988-2003: a population-based ecological study. BMC Public Health 2005, 5:127 doi:10.1186/1471-2458-5-127

Hypothese: “Amsterdam Airport Schiphol is a major source of complaints about aircraft noise, safety risks and concerns about long term adverse health effects, including cancer. We investigated whether residents of the area around Schiphol are at higher risk of developing cancer than the general Dutch population.”

Statistik: “The expected numbers were compared with the observed numbers (O) and standardized incidence ratios (SIRs) were calculated as the ratio between the observed and expected numbers. Exact 95%-confidence intervals (CI) based on the Poisson distribution of O were calculated using STATA 7.0”

Publikation: San Sebastián M, Armstrong B, Córdoba JA, Stephens C. Exposures and cancer incidence near oil fields in the Amazon basin of Ecuador. Occup Environ Med 2001; 58:517–522.

Hypothese: “Benzene is a well known cause of leukaemia, and perhaps other haematological neo-plasms and disorders...”

Statistik: “Observed and expected values, observed/expected ratios, and their 95% confidence intervals (95% CIs) based on the Poisson distribution exact method are reported.”

Publikation: Guizard AV, Boutou O, Pottier D, et al. The incidence of childhood leukaemia around the La Hague nuclear waste reprocessing plant (France): a survey for the years 1978-1998. J Epidemiol Community Health. 2001; 55(7):469-74.

Hypothese: “A previous study has suggested an increased incidence rate of leukaemia from 1978 to 1992 in people aged 0 to 24 years and living in the vicinity of the La Hague nuclear waste reprocessing plant...”

Statistik: “The risk of leukaemia in Nord Cotentin was estimated from the ratio of the number of cases observed to the number expected as a SIR. The 95%CI for the SIR were calculated assuming that the number of observed cases followed a Poisson distribution.”

Die Analysen zu den Krebserkrankungen um das Tanklager Farge sind somit State-of-the Art. Dennoch möchten wir die Gelegenheit gerne nutzen, noch ein paar Sätze zur Problematik des ein- bzw. zweiseitigen Testens und der Interpretation von Konfidenzintervallen hinzuzufügen. In der Tat ist es häufig so, dass Konfidenzintervalle leider oftmals nur danach beurteilt werden, ob sie eine bestimmte Grenze einschließen oder nicht und somit auf die Signifikanz eines Punktschätzers hinweisen. Besser ist, die durch die Angabe von Konfidenzintervallen zusätzlich gewonnene Information zu nutzen und gerade bei „knappen“ Ergebnissen die Möglichkeit eines signifikanten Ergebnisses bei höherer Fallzahl in die Beurteilung der Ergebnisse mit einzubeziehen. Die alleinige Fixierung auf Signifikanzen gleicht einer unangemessenen Schwarz-Weißmalerei und das, obwohl eine informative Illustration der Ergebnisse mittels Verwendung von Graustufen angebracht wäre. D.h., ein nicht signifikanter Unterschied sollte nicht losgelöst vom dazugehörigen Konfidenzintervall betrachtet und auch nicht als “Beweis“ für ein nicht vorhandenes Risiko interpretiert werden. Ebensowenig würde ein statistisch signifikanter Zusammenhang

zwangsläufig bedeuten, dass beispielsweise das Tanklager Farge mit der erhöhten Erkrankungshäufigkeit *ursächlich* zu tun hat. Die von uns durchgeführten Analysen liefern einen Hinweis auf höhere Erkrankungsraten in der Untersuchungsregion, die sich nach vorliegender Datenlage allerdings auch noch mit einer zufälligen Erhöhung erklären ließen. Erhöhte Inzidenzraten für Erkrankungen des hämatopoetischen Systems sind auch in der Region mit ähnlicher Sozialstruktur beobachtbar.

Aus den oben genannten Gründen wird das Bremer Krebsregister, wie bereits in der kleinräumigen Analyse beschrieben, die Region um das Tanklager weiterhin gezielt beobachten.

Die Senatorin für Arbeit, Frauen
Gesundheit, Jugend und Soziales

Dr.L.Müller, Referat 34
10.05.2010

Freie Hansestadt Bremen

Benzol / BTEX / PAK / Benzo(a)pyren / Naphthalin

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 Juli 2004 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 Benzol, BTEX, PAK, Benzo(a)Pyren und Naphthalin gesundheitlich tolerabel seien.

Am 30.09.2004 wurde eine entsprechende 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 30.09.2004.

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 die 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.

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 Verunreinigungen im Brunnenwasser der in **Tabelle I** aufgelisteten Stoffe / Stoffgruppen abgeleitet, ab denen Empfehlungen für die Betroffenen zur Wassernutzung ausgesprochen werden sollen (Informationswerte).

Tabelle I: Ausgewählte Stoffe / Stoffgruppen

Stoffe / Stoffgruppen		**CAS-Nr.***
Benzol		71-43-2
BTEX	Summe aus	
	Benzol	
	Toluol	108-88-3
	Ethylbenzol	100-41-4
	Xylol	1330-20-7
PAK, PAH	Polyzyklische Kohlenwasserstoffe, Polycyclic Aromatic Hydrocarbons, Polynuclear Hydrocarbons	
B(a)P	Benzo(a)pyren, hauptsächlicher Vertreter der PAK	50-32-8
Naphthalin		91-20-3

*CAS = Chemical Abstracts Service

Übersicht

Benzol, BTEX (Benzol, Toluol, Ethylbenzol, Xylol), Naphthalin

Unter der Bezeichnung BTEX wird in der Regel die Summe aus Benzol, Toluol, Ethylbenzol und Xylol(en) verstanden. Die Abkürzung findet auch Verwendung für die Bezeichnung von leicht flüchtigen aromatischen Kohlenwasserstoffen unter Einschluss von Styrol und Cumol sowie generell für einkernige Aromaten.

Die flüchtigen Kohlenwasserstoffe kommen normalerweise nur in sehr geringen Konzentrationen in der Natur vor. Beispielsweise entsteht Benzol bei der unvollständigen Verbrennung organischer Verbindungen und wird – wie auch Toluol – u.a. bei Waldbränden freigesetzt. In nicht speziell belasteten Grundwässern werden diese Verbindungen in der Regel nur in Spuren nachgewiesen (**Tabelle II**).

Der einfachste aromatische Kohlenwasserstoff, Benzol, im angelsächsischen Sprachgebrauch: Benzene, wird aus dem Steinkohlenteer und petrochemisch gewonnen. Er findet breite Anwendung als Lösemittel und Grundsubstanz für weiterführende chemische Synthesen.

Aufgrund ihrer Funktion als Benzolersatz (z.B. in Lösungsmitteln, auch zur Einstellung der Oktanzahl in Kraftfahrstoffen) finden Toluol, Ethylbenzol und Xylole in weiten Bereichen des täglichen Lebens Verwendung. Toluol wird als Lösungsmittel in zahlreichen Wasch-, Reinigungs- und Pflegemitteln, in Farb- und Deckenanstrichen, in Klebstoffen etc. eingesetzt. Es dient als Ausgangsstoff einer Vielzahl von organischen Verbindungen.

Xylole kommen als Lösungsmittel in Farben, Klebstoffen etc. und in Erzeugnissen für Druckereibetriebe in den Handel.

Naphthalin besitzt einen charakteristischen und intensiven Geruch. Es wird überwiegend in der Herstellung von Kunststoffen, von Azofarbstoffen und Insektiziden verwendet

Die genannten Verbindungen gelangten und gelangen noch heutzutage durch die unsachgemäße Handhabung (z.B. von Lösemittel) im Rahmen industrieller Fertigungsprozesse, im Zusammenhang mit der privaten oder gewerblichen Verwendung von Mineralölen und Kraftstoffen (Tankstellen etc.) sowie durch Ablagerungen über den Boden in das Grundwasser. Verunreinigungen des Grundwassers sind somit ganz überwiegend anthropogen bedingt.

PAK (Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe)

PAK (Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe; Polycyclic aromatic hydrocarbons, PAH) wurden/ werden insbesondere durch unvollständige Verbrennung von organischem Material freigesetzt. Insofern erfolgt der Eintrag (ggf. über Bodenpassage) durch Forstfeuer und Vulkanausbrüche (nicht anthropogen) und in der Hauptsache anthropogen über die Verbrennung von fossilen Energieträgern, über die Emission bei Betrieb von Kohleöfen und durch Verkehrsabgase.

Tabelle II:

Vorkommen von ausgewählten PAK in nicht speziell belastetem Grundwasser

(µg/Liter)

Benzol	< 5 0.(018 – 0.045)	Eikmann u.Göen (2000), WHO (2008)
Toluol	bis 0.7 (Regenwasser)	Neubert u.Gericke (2007)
Ethylbenzol	< 1	WHO (2008)
Xylol	≤ 8	WHO (2008)
PAK , PAH	0 – 0.005	WHO (2008)

Toxikologie

Die folgende **Tabelle III** gibt einen kurzen Überblick über die im Hinblick auf Benzol, BTEX, PAK, Benzo(a)pyren und Naphthalin zu berücksichtigenden hauptsächlichen toxikologischen Aspekte.

Die Zufuhr der genannten flüchtigen Kohlenwasserstoffe beim Menschen erfolgt in der Regel nicht über Wasser (Grundwasser, Trinkwasser) sondern vielmehr über die (zubereitete) Nahrung (insbesondere PAK, Benzo(a)pyren) und über die Atemluft. (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 erhoben worden.

Tabelle IIIA: Toxikologische Aspekte (Auswahl)

Substanz	**akut**	**chron**	**TDI**	**Bioak / Sonstiges**	**canc**	**MAK 2009**
			µg/ kg bw x d			
Benzol	bei hohen Dosen: ZNS-Störungen	Unspez.: Schwindel, Kopfschmerzen etc. Spez. Schädigung des blutbildenden Systems u.a. Leukämien		-	+ IARC Gruppe 1 diverse Organe	III.1 H (Haut-resorption)
Toluol	Schleimhaut-reizung narkotisch wirksam; ZNS-Wirkungen	ZNS Bei hohen Dosen: Ggf.tox.org. Psychsyndrom Ggf. Hepatotox nephrotox	223	interferiert mit Biotransformation anderer Substanzen	keine gesicherten Erkenntnisse für den Menschen IARC Gruppe 3	50 ml/m3 (ppm) 190 mg/m3 H (Haut-resorbtion) C (Schwanger-schaftsgrp)
Ethyl-benzol	Im allg. geringe Tox. bei hohen Dosen: Schleimhaut-reizung	Ggf. hepatotox nephrotox	97,1		?	III.3A H (Haut-resorption)
Xylol(e)*	Im allg. geringe Tox. narkotisch wirksam; Schleimhaut-reizungen Hoch: narkotisch	Ggf. geringe Wachstumseffekte Ggf. unspez.ZNS-Störungen ggf. hepatotox. nephrotox.	179		-	100 ml/m3 (ppm) 440 mg/m3 H (Haut-resorption) D (Schwanger schaftsgrp)

Tabelle IIIB: Toxikologische Aspekte (Auswahl)

Substanz	**akut**	**chron**	**TDI**	**Bioak / Sonstiges**	**canc**	**MAK 2004**
			µg/ kg bw x d			
PAK	Div wachstums reduzierend	Kanz.	-	?	+ (oral fraglich)	III.1; III.2 III.3B
Benzo(a) pyren	div.	div. Tumoren (nach Applikation sart)	-	?	+ IARC Gruppe 2A (oral fraglich)	III.2 H (Haut-resorption) 2 (Keimzell-mutagen)

div = diverse Organschäden, insbesondere bei hoher Konzentration in Abhängigkeit von der Applikationsart (bei Tieren): über Magen-Darm, Haut, Lunge

Substanz	**akut**	**Chron**	**TDI**	**Bioak**	**canc**	**MAK 2003**
Naphthalin	inh. irritativ, lokal reizend	unklar wg. häufiger Mischexpo-sition (z.B. mit PAK, Tabak-rauch)			ggf. Tumore nach Inhalation	III.2 H (Haut-resorption) 3B (Keimzell-mutagen)

* alle Isomeren

** Pyrolyseprodukte aus organischem Material

akut = akute Exposition

bioak = Bioakkumulation (Speicherung, Anhäufung)

canc = Kanzerogenität, Karzinogenität, Krebserzeugung

chron = chronische Exposition

H = Hautresorption

Hepatotox = Leberfunktionsstörungen

nephrotox = Nierenfunktionsstörungen

IARC

(International Agency for Research on Cancer)

Gruppe 1:

(karzinogen beim Menschen)

Gruppe 2A

(probably carcinogen; möglicherweise karzinogen beim Menschen)

Gruppe 3:

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

KG = Körpergewicht (in Kilogramm, kg)

Keimzellmutagen (MAK 2009)

2:

Keimzellmutagene, deren Wirkung anhand einer erhöhten Mutationsrate unter den Nachkommen exponierter Säugetiere nachgewiesen wurde.

3B:

Stoffe, für die aufgrund ihrer genotoxischen Wirkungen in somatischen Zellen von Säugetieren in vivo ein Verdacht auf eine mutagene Wirkung in Keimzellen abgeleitet werden kann. In Ausnahmefällen Stoffe, für die keine In-vivo-Daten vorliegen, die aber in vitro eindeutig mutagen sind und die eine strukturelle Ähnlichkeit zu In-vivo-Mutagenen haben.

NS = Nervensystem

ppm = parts per million; z.B. ml/m3 Luft

SH = Schleimhaut

Schwangerschaftsgruppe (MAK 2009)

Gruppe C

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

Gruppe D

Für die Beurteilung der fruchtschädigenden Wirkung liegen entweder keine Daten vor oder die vorliegenden Daten reichen für eine Einstufung in A, B oder c nicht aus.

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: Benzol, Pyrolyseprodukte aus organischem Material

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: Naphthalin, Pyrolyseprodukte aus organischem Material

(u.a. Benzo(a)anthrazen, Benzo(b)fluoranthen, Benzo(k)fluoranthen, Benzo(a)pyren, Indeno (1,2,3-cd)pyren)

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: Ethylbenzol

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 gentoxischen Wirkungen aufweisen, kann ein MAK- oder BAT-Wert festgelegt werden.

gilt für: Pyrolyseprodukte aus organischem Material

Vorhandene Regelungen für Grundwasser mit Gesundheitsbezug (Tab.II)

Zur Beurteilung des Mediums Grundwasser sind zur Zeit weiterhin die Empfehlungen der Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) von 1994 maßgeblich. Hierin werden Orientierungswerte (Prüfwerte, Maßnahmenwerte) für Benzol, BTEX, PAK und Napthalin 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 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 der Verbindungen sind humantoxikologisch und hygienisch unter dem Gesichtspunkt der Trinkbarkeit des Wassers begründet. Die ökotoxikologische Betrachtung führt nicht zu einer hiervon abweichenden, schärferen Festlegung. Sofern hierin festgelegt, wurden ebenfalls die Werte der Richtlinie über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch bzw. der Trinkwasserverordnung 2001 aufgelistet.

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

Wegen des grundlegenden Bezugs zur Trinkwasserverordnung werden die hierin und in den umsetzungsorientierten Leitlinien festgelegten Normen für die genannten Kohlenwasserstoffe aufgelistet.

Tabelle IV: Überregionale Orientierungswerte für Benzol / BTEX / PAK / Benzo(a)pyren / Naphthalin

A: Benzol (µg/Liter)

TrinkwV 2001	**Leitlinien § 9 TrinkwV 2001 (BMGS 2003) Parameter-höchstwerte**	**Guidelines for drinking water WHO 2008**	**BBodSchV 12.07.1999 Wirkungs-pfad Boden-Grundwasser Anh. 2.3.1**	**LAWA 1994**	**LAWA Geringfügig-keits-schwellen (2004)**
1	7 10J (allg. + Säuglinge u. Kleinkinder) 20 3 J (allg.)	10 Mit excess risk 1 10 exp-6 **10** 10 exp-5 100 10 exp-4	1	1 - 3[a] 5 – 10[b]	1

Maßnahmenwert nach UBA 2003: 6 µg/Liter (allg, 10 Jahre)

B: BTEX (µg/Liter)

TrinkwV 2001	**Leitlinien § 9 TrinkwV 2001 (BMGS 2003) Parameter-höchstwerte**	**Guidelines for drinking water WHO 2008**	**BBodSchV 12.07.1999 Wirkungs-pfad Boden-Grundwasser Anh. 2.3.1**	**LAWA 1994***	**LAWA Geringfügig-keits-schwellen (2004)**
	-	-	2**	10 - 30 [a] 50 - 120 [b]	20***

a Prüfwert nach LAWA 1994 (Ewers et al. 1996)
b Maßnahmen-Schwellenwert nach LAWA 1994 (Ewers et al. 1996)

* einschl. Styrol und Cumol
** Leichtflüchtige aromatische Kohlenwasserstoffe (Benzol, Toluol, Xylole, Ethylbenzol, Styrol, Cumol)

*** Summe alkylierte Benzole

Tabelle IV: Überregionale Orientierungswerte für Benzol / BTEX / PAK / Benzo(a)pyren / Naphthalin (Fortsetzung)

B-1: Toluol (µg/Liter)

TrinkwV 2001	Leitlinien § 9 TrinkwV 2001 (BMGS 2003) Parameter-höchstwerte	Guidelines for drinking water WHO 2008	BBodSchV 12.07.1999 Wirkungs-pfad Boden-Grundwasser Anh. 2.3.1	LAWA 1994	LAWA Geringfügig-keits-schwellen (2004)
	-	700	-	-	-

B-2: Ethylbenzol (µg/Liter)

TrinkwV 2001	Leitlinien § 9 TrinkwV 2001 (BMGS 2003) Parameter-höchstwerte	Guidelines for drinking water WHO 2008	BBodSchV 12.07.1999 Wirkungs-pfad Boden-Grundwasser Anh. 2.3.1	LAWA 1994	LAWA Geringfügig-keits-schwellen (2004)
-	-	300	-	-	-

B-3 : Xylol(e) (µg/Liter)

TrinkwV 2001	Leitlinien § 9 TrinkwV 2001 (BMGS 2003) Parameter-höchstwerte	Guidelines for drinking water WHO 2008	BBodSchV 12.07.1999 Wirkungs-pfad Boden-Grundwasser Anh. 2.3.1	LAWA 1994	LAWA Geringfügig-keits-schwellen (2004)
-	-	500	-	-	-

Tabelle IV: Überregionale Orientierungswerte für Benzol / BTEX / PAK / Benzo(a)pyren / Naphthalin (Fortsetzung)

C: PAK (µg/Liter)

TrinkwV 2001 **Entwurf TrinkwV 2010**	**Leitlinien § 9 TrinkwV 2001 (BMGS 2003) Parameter-höchstwerte[1]**	**Guidelines for drinking water WHO 2008**	**BBodSchV 12.07.1999 Wirkungs-pfad Boden-Grundwasser Anh. 2.3.1**	**LAWA 1994**	**LAWA Geringfügig-keits-schwellen (2004)**
0.1*	0.7 3J. (Säuglinge u.Kleinkinder) 2.0 3 J. (allg.)	siehe Benzo(a)pyren als Vertreter der Gruppe	0,2 **	0.1-0.2[a] 0.4- 2[b] (ohne Naphth.)	0.2** (ohne Naphth.)
1 Maßnahmenwerte nach UBA 2003: 2 µg/Liter (3 Jahre); 0.6 µg/Liter (10 Jahre)					

a Prüfwert nach LAWA 1994 (Ewers et al. 1996)
b Maßnahmen-Schwellenwert nach LAWA 1994 (Ewers et al. 1996)

* Summe der nachgewiesenen und mengenmäßig bestimmten nachfolgenden Stoffe: Benzo-(b)-fluoranthen, Benzo-(k)-fluoranthen, Benzo-(ghi)-perylen und Indeno-(1,2,3-cd)-pyren

** PAK gesamt: Summe der polyzyklischen 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 Heterocyclen wie Chinoline).

D: Benzo(a)pyren (µg/Liter)

TrinkwV 2001 **Entwurf TrinkwV 2010**	**Leitlinien § 9 TrinkwV 2001 (BMGS 2003) Parameter-höchstwerte[1]**	**Guidelines for drinking water WHO 2008**	**BBodSchV 12.07.1999 Wirkungs-pfad Boden-Grundwasser Anh. 2.3.1**	**LAWA 1994**	**LAWA Geringfügig-keits-schwellen (2004)**
0.01	0.5 3J. u. 10 J. (Säuglinge u. Kleinkinder) 10 J. (allgemein) 1.5 3 J. (allgemein) *	0.7 mit excess risk 0.07 10 exp-6 **0.70 10 exp-5** 7.00 10 exp-4	-	-	0.01
1 Maßnahmenwerte nach UBA 2003: 1 µg/Liter (3 Jahre); 0.4 µg/Liter (10 Jahre)					

Tabelle IV: Überregionale Orientierungswerte für Benzol / BTEX / PAK / Benzo(a)pyren / Naphthalin (Fortsetzung)

E: Naphthalin (µg/Liter)

TrinkwV 2001	**Leitlinien § 9 TrinkwV 2001 (BMGS 2003) Parameter-höchstwerte**	**Guidelines for drinking water WHO 2008**	**BBodSchV 12.07.1999 Wirkungs-pfad Boden-Grundwasser Anh. 2.3.1**	**LAWA 1994**	**LAWA Geringfügig-keits-schwellen (2004)**
-	-	-	2	1- 2[a] 4-10[b]	1*
					2**

a Prüfwert nach LAWA 1994 (Ewers et al. 1996)
b Maßnahmen-Schwellenwert nach LAWA 1994 (Ewers et al. 1996)

* Naphthalin und Methylnaphthaline

** Naphthalin und Methylnaphthaline nach von der Trenk et al. 1999

Geringfügigkeitsschwellen für kanzerogene Stoffe orientieren sich an einem Zusatzrisiko von 1 x 10 (exp-6)

Tabelle V: Weitere nationale Empfehlungen

Stoff/ Stoffgruppe	**Zielvorgabe/ Orientierungs-wert µg/l**	**Schutzgut**	**Quelle**
Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK)*	0.025	Grundwasser als Trinkwasserver-sorgungs-ressource	Umweltbundes-amt 1999
Benzo(a)pyren	0,010		
Nicht- oder nur teilbewertbare Stoffe	0.1 **	Trinkwasser	Umweltbundes-amt 2003

* pro Stoff außer Benzo(a)pyren

** GOW: gesundheitlicher Orientierungswert

Tabelle VI: Geruchs- und Geschmacksschwellen

Verbindung	**Geruchsschwelle in µg/ Liter Wasser**	**Geschmacksschwelle µg/ Liter Wasser**
Benzol	ca. 10 000	500 – 4 500
Toluol	24 – 170	40 - 120
Ethylbenzol	2 – 130	72 - 200
Xylol(e)	20 - 1 800	300 - 1 800

(Angaben aus: WHO 1996, WHO 2008)

Toxikologische Betrachtung

Benzol und Benzo(a)pyren sind anerkannte Kanzerogene. Insofern ist auf sie bei Untersuchungen des zu nutzenden Grundwassers in den jeweiligen Gruppen der BTEX bzw. der PAK ein besonderes Augenmerk zu richten.

Demgegenüber gibt es allein auf der Grundlage weniger Tierversuche Anhaltspunkte, die auf eine mögliche krebserzeugende Wirkung von Naphthalin hinweisen (Kategorie 3 nach TRGS 905 Ausgabe 2001 / BArbBl. 9/2003). Toluol, Ethylbenzol und Xylol(e) besitzen eine vergleichsweise geringe akute und chronische Toxizität.

Insgesamt ist festzustellen, dass die toxikologische Datenlage hinsichtlich der Wirkung der meisten der genannten Kohlenwasserstoffe auf den Menschen nach oraler Zufuhr sehr begrenzt ist. Ableitungen zur Toxizität resultieren insbesondere aus Erfahrungen am Arbeitsplatz oder bei Unfällen nach Einwirkung hoher Konzentrationen über den Atemweg.

Für die anerkannt kanzerogenen Stoffe Benzol und Benzo(a)pyren lassen sich die in **Tabelle VII** gelisteten Schwellenwerte ableiten:

A) bei Annahme eines zusätzlichen Risikos von 10 (exp-5) nach WHO (1996, 2008)
B) in grober Anlehnung an die Ermittlung von gefahrenbezogenen Prüfwerten für kanzerogene Schadstoffe im Boden (Bekanntmachung 1999) mit einem „gefahrenbezogenen“ Risiko von jeweils 5 x 10 (exp-5) unter Zugrundelegung der WHO-Daten (WHO 1996).

Tabelle VII
Abschätzung von Schwellenwerten für anerkannt human-kanzerogene Kohlenwasserstoffe im Grundwasser

	µg/Liter (Annahme A)	µg/Liter (Annahme B)
Benzol	10	50
Benzo(a)pyren	0.7	3.5

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 nutzlosen Schadstoffen zählen die auch anthropogen eingebrachten Kohlenwasserstoffe.

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 bestenfalls nur vorübergehend geduldet werden.

Spezielle Betrachtung

Problematik Trinkwasserbezug

Die Daten zu den bezeichneten Kohlenwasserstoffen weisen zwar Mängel auf (insb. hauptsächliche Ausrichtung auf die inhalative Exposition bei mangelnden / fehlenden Daten zur oralen Verfügbarkeit und Toxizität). Die Verbindungen sind jedoch im Vergleich zu anderen im Trinkwasser vorkommenden Stoffen (z.B. Arzneistoffe) gut untersucht. Zu einzelnen Stoffen der BTEX-Gruppe sind duldbare Zufuhrwerte (TDIs) dargestellt worden (**Tab. III**). Ebenso sind Abschätzungen des zusätzlichen Krebsrisikos zumindest für Benzol und Benzo(a)pyren verfügbar. Dies verdeutlicht, dass die genannten Kohlenwasserstoffe nicht zu den nicht oder nur teilweise bewertbaren Stoffen im (Trink)Wasser zählen. Insofern ist der bereits 2003 vorgeschlagene GOW von 0.1 µg/l für Einzelstoffe in diesem Bezug nicht anzuwenden (**Tab. V**).

Tabelle IV gibt Überschreitungshöchstwerte im Trinkwasser nach § 9 Trinkwasserverordnung 2001 im Zusammenhang mit der Dauer der Überschreitung (3 Jahre; 10 Jahre) vor. Dies weist zwar darauf hin, dass auch u.a. bei Kanzerogenen höhere als die in der Trinkwasserverordnung festgeschriebenen Konzentrationen im Problemfall über einen befristeten Zeitraum 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 Komplexizität 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 die Anforderungen 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.

Die tabellarischen Auflistungen (insb. **Tab. IV**) zeigen, dass für besondere Stoffe (insbesondere für die anerkannt krebserzeugenden Stoffe Benzol und Benzo(a)pyren) vorsorglich spezielle Höchstwerte vorgegeben werden können, die in der Regel (weit) unterhalb eines annehmbaren Summenwertes (für BTEX bzw. PAK) liegen.

Problematik Ressourcenschutz

Auf der Grundlage der allgemein hygienischen Forderung des Ressourcenschutzes hat das Umweltbundesamt (1999) sehr niedrige Vorgaben für die PAK-Konzentration und die Trinkwasserverordnung 2001 äquivalente Vorgaben für die Benzo(a)pyren-Konzentration im Grund/Trinkwasser formuliert (**Tab. V**).

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 den genannten Kohlenwasserstoffen 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 der Kohlenwasserstoffe ist in der Regel erst bei derart hohen Konzentrationen in der Atemluft (insbesondere) 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 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 vorsorglich empfohlen wird, das Brunnenwasser nicht weiter zu verwenden, unterschieden werden muss.

Als **Informationswert Summe BTEX** für eine zu empfehlende Einschränkung der Verwendung von Brunnenwasser durch die Nutzer wird ein Wert in Höhe von **360 µg/l** vorgeschlagen. Dieser Wert berücksichtigt insbesondere die in **Tabelle IV** gelisteten Richtwerte der WHO für Toluol, Ethylbenzol und Xylol(e) im (Trink)Wasser unter Einbezug der TDIs und der möglichen Exposition von Kleinkindern. Er entspricht numerisch dem mit √10 multiplizierten oberen Maßnahmenwert der LAWA. Als Informationswert für die äußere Abgrenzung des möglichen Schadensgebietes wird vorsorglich der obere Maßnahmenwert der LAWA von **120 µg/l** angesetzt. Je nach Höhe der absoluten Konzentrationen von Toluol, Ethylbenzol und Xylol(en) im Wasser, können die Verunreinigungen bereits unterhalb der angezeigten Informationswerte von empfindlichen Personen geruchlich wahrgenommen werden (**Tab. VI**).

Als **Informationswert Summe PAK** für eine zu empfehlende Einschränkung der Verwendung von Brunnenwasser durch die Nutzer wird ein Wert in Höhe von **6 µg/l** vorgeschlagen. Dieser Wert hat einen eher pragmatischen Charakter, indem er, anders als die TrinkwV 2001, als Summe das Auftreten aller 16 von der EPA zur Untersuchung vorgeschlagenen PAK annimmt. Gleichermaßen Berücksichtigung findet die durch die erforderliche Grundwassersanierung im Verunreinigungsfall anzusetzende Befristung einer möglichen Exposition. Als Informationswert für die äußere Abgrenzung des möglichen Schadensgebietes wird vorsorglich der obere Maßnahmenwert der LAWA von **2 µg/l** angesetzt.

Die Werte für PAK gelten ohne Berücksichtigung von Naphthalin, das u.U. in hohen Konzentrationen im Grundwasser/Brunnenwasser auftreten kann. Aus der erforderlichen Einzelstoffbetrachtung ergibt sich im Unterschied zu den (übrigen) PAKs für Naphthalin eine hinsichtlich Toxikologie und möglicher Kanzerogenese günstigere Ausgangslage für die gesundheitliche Bewertung. Hiernach wird **als Informationswert Naphthalin** ein Wert von **30 µg/l** vorgeschlagen. Als Informationswert für die äußere Abgrenzung des möglichen Schadensgebietes wird vorsorglich der obere Maßnahmenwert der LAWA von **10 µg/l** angesetzt.

Anerkannt kanzerogene Stoffe im Grundwasser / Brunnenwasser bilden im Vergleich zu den z.B. aus Tierversuchen vermutet kanzerogenen und auch zu den nicht-kanzerogenen Stoffen ein erheblich höheres Gefährdungspotenzial für die Nutzerinnen und Nutzer. Bei der Wertefestlegung wurde insbesondere die Nichtnutzung als Trinkwasser und die mögliche Spannbreite der Abschätzung einer tolerablen Konzentration in diesem Medium nach **Tabelle IV** unter Annahme einer befristeten Exposition (in Anlehnung an Angaben in den Leitlinien zu § 9 TrinkwV 2001 für Säuglinge) berücksichtigt.

Insofern wird empfohlen, die Betroffenen ab einer Verunreinigung von **7 µg/l Benzol bzw. 0.5 µg/l Benzo(a)pyren** über die Einschränkung der Wassernutzung zu informieren. Diese beiden Werte sollen vorsorglich auch als Informationswert für die äußere Abgrenzung des Schadensgebietes gelten.

Summarische Betrachtung

Sowohl weiträumige als auch lokal hohe Verunreinigungen des Grundwassers / Brunnenwassers mit den Kohlenwasserstoffen Benzol, Toluol, Ethylbenzol, Xylol(en), PAK, Benzo(a)pyren und Naphthalin 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 (obligat) 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 festzulegender zulässiger 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 BTEX und PAK und für spezielle Kohlenwasserstoffe (Benzol, Benzo(a)pyren und Naphthalin) 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 Verunreinigungen mit organischen Kohlenwasserstoffen wird empfohlen:

- **Informationswert Benzol**

Prioritär sind Empfehlungen an Betroffene ab einer Benzol-Konzentration von ≥ (größer gleich) 7 µg/l zu richten.

- **Informationswert BTEX**

Sofern diese Bedingung nicht erfüllt ist, sollten Empfehlungen ab einer Summe der BTEX von ≥ (größer gleich) 360 µg/l ausgesprochen werden.

- **Informationswert Benzo(a)pyren**

Prioritär sind Empfehlungen an Betroffene ab einer Benzo(a)pyren-Konzentration von ≥ (größer gleich) 0.5 µg/l zu richten.

- **Informationswert PAK**

Sofern diese Bedingung nicht erfüllt ist, sollten Empfehlungen ab einer Summe der PAK von ≥ (größer gleich) 6 µg/l (ohne Naphthalin) ausgesprochen werden.

- **Informationswert Naphthalin**

Empfehlungen an Betroffene sind ab einer Naphthalin-Konzentration von ≥ (größer gleich) 30 µg/l zu richten.

Diese Werte sind für die Bewertung von Einzelbrunnen heranzuziehen.

Falls in mehreren Brunnen Überschreitungen der vorgenannten Werte nachgewiesen werden und von einer flächigen Grundwasserverunreinigung auszugehen ist, wird eine Anwohnerinformation für das betroffene Gebiet empfohlen.

Zur Bezeichnung der **äußeren Abgrenzung** dieses Gebietes sollen die folgenden Werte herangezogen werden:

Benzol	≥ (größer gleich)	7 µg/l
BTEX	≥ (größer gleich)	120 µg/l
B(a)P	≥ (größer gleich)	0.5 µg/l
PAK	≥ (größer gleich)	2 µg/l
Naphthalin	≥ (größer gleich)	10 µg/l

Sofern der für die genannten Kohlenwasserstoffe (Einzelwerte, Summenwerte) 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 „Verordnung zur Emissionsbegrenzung von leichtflüchtigen halogenierten organischen Verbindungen“ vom 10. Dezember 1990 (BGBl. I S. 2694), zuletzt geändert durch Artikel 3 der Verordnung vom 23. Dezember 2004 (BGBl. I S. 3758)

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.

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. Umweltmed.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

Eikmann, Th., Göen, Th: Organische Verbindungen/Benzol. In: Handbuch Umweltmedizin (Hrsg. H.E.Wichmann, H.W.Schlipköter, G.Fülgraff) IV-4, 2000

EU-Kommission: 2006: 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

Ewers,U., Viereck-Götte, L., Kouros, B.: Boden, Grundwasser. In: Handbuch Umweltmedizin (Hrsg. H.E.Wichmann, H.W.Schlipköter, G.Fülgraff) XI-1.2, 1996

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

Neubert, D., Gericke, C.: Organische Verbindungen/Toluol. In: Handbuch Umweltmedizin (Hrsg. H.E.Wichmann, H.W.Schlipköter, G.Fülgraff) IV-4, 2007

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

Sagunski, H.: Richtwerte für die Innenraumluft: Toluol. Bundesgesundhbl. 11 (1996) 416-421

Sagunski, H., Heger, W.: Richtwerte für die Innenraumluft: Naphthalin. Bundesgesundheitsbl-Gesundheitsforsch-Gesundheitsschutz 47 (2004) 705-712

Senator für Arbeit, Frauen, Gesundheit, Jugend und Soziales: Empfehlung zu „Qualitätsanforderungen an Wasser / Grundwasser aus Gartenbrunnen – Ansatz zur gesundheitlichen Bewertung der LCKW (Leicht flüchtige Halogenkohlenwasserstoffe)-Problematik“ vom 30.06.2004

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

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