

Toxikologische und trinkwasserhygienische Bewertung von relevanten und nicht relevanten Metaboliten von Pflanzenbehandlungs- und Schädlingsbekämpfungsmitteln im Grund- und Trinkwasser

Kommentar zur Empfehlung „Bewertung stoffrechtlich
„nicht relevanter“ Metaboliten (nrM) von Wirkstoffen aus
Pflanzenschutzmitteln im Trinkwasser“ des
Umweltbundesamts vom April 2008

Dr. rer. nat. Hermann H. Dieter

1 Vorgeschichte

Metaboliten von Pflanzenbehandlungs- und Schädlingsbekämpfungsmitteln (PSM) im Trinkwasser bewerteten bis Ende Mai 1994 das Bundesgesundheitsamt (BGA) und seither das Umweltbundesamt (UBA) gemäß jeweils gültiger Fassung der Trinkwasserverordnung (TrinkwV). Dies geschah in Abstimmung mit dem Bundesinstitut für Risikobewertung (BfR) beziehungsweise dessen Vorgängerinstitut BgVV (Bundesinstitut für gesundheitlichen Verbraucherschutz und Veterinärmedizin).

Erstes gemeinsames Beratungsergebnis war die „PBSM-Empfehlung“¹ von 1989 des damaligen BGA [1]. Sie enthielt Maßnahmewerte (MW) für 97 Wirkstoffe und annähernd 50 Metaboliten, deren Auftreten im Trinkwasser zum Teil aber nur theoretisch postuliert worden war. Ihre Maßnahmewerte in Höhe von 1,0–3,0–5,0 und 10,0 µg/l entsprachen einem dringenden Vollzugsbedarf aus den das Trinkwasser überwachenden Landesbehörden nach gesundheitlich duldbaren und trinkwasserhygienisch vorübergehend hinnehmbaren Höchstwerten während Überschreitungen des PBSM-Grenzwertes der TrinkwV 1990. Ihre Freigabe eröffnete den Vollzugsbehörden die Möglichkeit, in betroffenen Einzugsgebieten auf Grundlage des damaligen § 4 TrinkwV 1990 problemadäquate Sanierungen und Maßnahmen zur Senkung der Belastung unter den gültigen PBSM-Grenzwert einzuleiten, ohne auf den Begriff „Notfall“ des § 4 der TrinkwV 1990 rekurrieren zu müssen [2].

Die MW von 1989 schöpften pro Stoff in 2 Litern Trinkwasser maximal 10 % der lebenslang täglich gesundheitlich duldbaren Zufuhr aus und sind, wenn auch für mittlerweile zum Teil andere Wirkstoffe, in Höhe von 1,0–3,0 und 10,0 µg/l pro Stoff auf Basis von § 9 TrinkwV 2001 auch als deren Maßnahmewerte nach wie vor akzeptiert [3].

1 PBSM: Pflanzenbehandlungs- und Schädlingsbekämpfungsmittel einschließlich ihrer toxischen Hauptabbauprodukte, vergleiche TrinkwV 1990 (Anlage 2/Parameter 13). Zu PBSM gehörten einschließlich ihrer toxischen Hauptabbauprodukte auch nicht (mehr) zugelassene Wirkstoffe und Wirkstoffe aus anderen als agrochemischen Anwendungsbereichen.

1418 Stellungnahmen und Empfehlungen des Umweltbundesamtes

Offen war bis 2003, ob seit Erlass der TrinkwV 2001 tatsächlich alle Metaboliten ihren PSMBP²-Grenzwert und damit (bei Grenzwertüberschreitungen) auch den Vorschriften ihres §9(6–8) unterliegen oder ob beides nur auf eine Gruppe von Metaboliten von PSM zutrif, die gemäß Drinking Water Directive 83/98/EG anhand ihrer wirkungsbasierten Stoffeigenschaften bereits 1998 als „relevant“³ hätten definiert werden müssen.

2 Definition und Regulation relevanter Metaboliten von PSM-Wirkstoffen seit 2003

Zur Klärung der „Relevanz“-Frage wurden die seit 2003 für das Bundesgebiet gültigen „Relevanzkriterien“ bei Michalski et al. [4] auf Grundlage einer nicht rechtsfesten Empfehlung der EU-Kommission [5] für die nationale Anwendung konkretisiert.

„Relevante“ Metaboliten sind demnach solche, denen

- entweder ein pestizides Restwirkungspotenzial
- oder ein ökotoxikologisches Restwirkungspotenzial
- oder ein humantoxikologisches Restwirkungspotenzial

definierter Höhe zuzusprechen ist. Umfang und Art der zwecks Nachweis („Relevanz“) oder Ausschluss („Nichtrelevanz“) dieser Eigenschaften vom Hersteller verbindlich vorzulegenden Daten variieren je nach Muttersubstanz und deren Toxizitätsprofil mitunter stark.

Seither unterliegen eindeutig nur noch relevante Metaboliten von PSM-Wirkstoffen – ebenso wie die Wirkstoffe selbst – dem PSMBP-Grenzwert der TrinkwV 2001 und ihren sich daraus ergebenden Folgeregelungen.

Diese Verfahrensweise berücksichtigt allerdings aus Trinkwassersicht nicht angemessen die Trinkwasserrelevanz (fachlich etwa definierbar als Resultante ihrer Mobilität, Persistenz und Wasserlöslichkeit/Polarität) der pflanzenschutzrechtlich nicht relevanten Metaboliten (nrM, → Abschnitte 3+4).

3 Definition und Regulation nicht relevanter Metaboliten (nrM) von PSM-Wirkstoffen seit 2006

3.1 Trinkwasserkommission

In einer Stellungnahme vom Dezember 2006 regte die Trinkwasserkommission des Bundesministeriums für Gesundheit (TWK) an, nicht relevante Metaboliten (nrM) von PSM-Wirkstoffen aus trinkwasserhygienischen Erwägungen ebenso wie die relevanten grundsätzlich dem PSMBP-Grenzwert von 0,10 µg/l pro Stoff zu unterwerfen [6].

2 PSMBP = Pflanzenschutzmittel und Biozidprodukte einschließlich ihrer relevanten Metaboliten, Abbau- und Reaktionsprodukte, vgl. TrinkwV 2001 (Anlage 2/Teil I, Parameter 10). Zu PSMBP gehören einschließlich ihrer relevanten Metaboliten, Abbau- und Reaktionsprodukte auch nicht (mehr) zugelassene Wirkstoffe und Wirkstoffe aus anderen als agrochemischen Anwendungsbereichen.

3 „entsprechend“ in der deutschen (insofern missverständlichen) Übersetzung dieser Richtlinie.

Streloke et al. stellten die trinkwasserhygienische und die rechtliche Sichtweise hinsichtlich gemeinsamer und trennender Punkte ausführlich dar [7]. Strittig wird insbesondere die Teilfrage beantwortet, ob nrM, aus denen während der Trinkwasseraufbereitung toxikologisch relevante „Reaktionsprodukte“ entstehen, dadurch doch noch relevant werden und im Trinkwasser per PSMBP-Grenzwert zu regulieren wären (→ Abschnitte 2+5).

3.2 Die „nrM-Empfehlung“ des UBA

Der Forderung der TWK nach Beachtung des PSMBP-Grenzwertes hinsichtlich aller Metaboliten von PSM-Wirkstoffen war auf der Grundlage der geltenden wasser- und stoffrechtlichen (pflanzenschutzrechtlichen) und insofern auch am Vorsorgeprinzip orientierten Normen der EU nicht nachzukommen.

Allerdings ergibt sich aus §6(3) TrinkwV 2001 („Minimierungsgebot“) die Möglichkeit, Unsicherheiten, Belastungen und Risiken, mit denen plausibel zu rechnen ist, die aber vorerst nicht quantifizierbar sind, im Trinkwasser vorsorglich zu vermeiden.

Das UBA publizierte deshalb nach Anhörung der TWK am 4.4.2008 zunächst online und später schriftlich eine eigene Empfehlung zur Bewertung nicht relevanter Metaboliten von PSM-Wirkstoffen im Trinkwasser [8]. Die Motivation für diese Empfehlung, die auch der Stellungnahme der TWK vom Dezember 2006 zugrunde gelegen hatte, war der dauerhafte Schutz von Reinheit und gesundheitlicher Qualität des Trinkwassers vor nrM durch folgende Handlungsansätze:

1. vorsorgliche Minimierung der Konzentration trinkwasserrelevanter Umweltkontaminanten auch aus dem agrochemischen Bereich („nrM“) auf das (landwirtschafts)technisch unvermeidbare Maß,
2. vorsorglich-gesundheitliche Bewertung von Stoffen im Trinkwasser mit unvollständiger experimentell-toxikologischer Datenbasis, zu denen auch viele nrM gehören, auf Grundlage des international anerkannten, regulatorisch-toxikologischen Konzepts der „toxikologischen Warnschwelle“(TTC-Konzept)⁴;
3. vorsorgliche Vermeidung solcher nrM-Konzentrationen im Rohwasser, die während der Trinkwasseraufbereitung Anlass zur Bildung nennenswerter Mengen toxikologisch relevanter Reaktionsprodukte bieten könnten.

Je nach toxikologischer Datenbasis und trinkwasserhygienisch hinnehmbarer Belastungsdauer unterscheidet (und unterstützt) das UBA in dieser Empfehlung unterschiedlich wählbare und dauerhaft hinnehmbare GOW von 1,0 µg/l oder 3,0 µg/l pro nrM von einem nur vorübergehend hinnehmbaren Vorsorgemaßnahmewert in Höhe von VMW = 10 µg/l pro nrM.

Primär richtet sich die „nrM-Empfehlung“ des UBA an die regionalen Gesundheitsämter und Wasserversorgungsunternehmen. Ihnen schlägt das UBA vor, freiwillige Kooperationen mit weiteren staatlichen Ämtern, den PSM-Herstellern und den Landwirten mit dem Ziel auf den Weg zu bringen, auch die Verfrachtung nicht relevanter Abbauprodukte von PSM-Wirkstoffen ins Trinkwasser proaktiv auf das funktional und (landwirtschafts)technisch unvermeidliche Maß zu begrenzen. Die Ausweisung neuer Trinkwasserschutzgebiete sei hierfür das wirksamste Rechtsinstrument.

4 TTC:Threshold of toxicological concern.

Diese „nrM-Empfehlung“ des UBA besitzt spätestens seit Anfang 2009 die Unterstützung aller entscheidenden Akteure [9].

Die verbindlich als „nicht relevant“ und im Trinkwasser anhand dieser Empfehlung des UBA entsprechend bewertbaren Metaboliten werden seitdem von dem pflanzenschutzrechtlich federführenden Bundesinstitut für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit (BVL)⁵ gelistet und auf Anfrage herausgegeben. Die stoffspezifisch aktuellen GOW hierzu veröffentlicht das UBA nach fachlicher Abstimmung mit dem BfR laufend an seinem Netzstandort.

Mit Stand vom 13. 3. 2009 waren insgesamt knapp 30 nrM der Wirkstoffe Carfentrazon-ethyl, Chloridazon, Chlorthalonil, Dichlobenil, Metazachlor, Quinmerac, S-Metolachlor und Tolyfluanid per GOW bewertet [10].

4 Die Trinkwasserrelevanz von nrM und deren Bewertung

Nicht relevante Metaboliten (nrM) von PSM-Wirkstoffen haben oft noch eine hohe Affinität zur aquatischen Umwelt. Sie sind oft sehr polar und entsprechend wasserlöslich, sorbieren kaum an Bodenschichten und werden nicht biologisch abgebaut. Hohe Hydrophilie, mangelhafte Sorbierbarkeit und hohe Persistenz machen sie aus trinkwasserhygienischer Sicht zu trinkwasserrelevanten Stoffen. Ebenso wie zahlreiche hydrophile/polare Gewässerkontaminanten anderer Herkunft überwinden sie als „trinkwasserrelevante (Umwelt)kontaminanten“ zumindest die naturnahe Trinkwasseraufbereitung, mitunter auch Ozonung und/oder Aktivkohlefiltration. Für größere Wasserversorger, die ihr Rohwasser so oder anders auch technisch aufbereiten, sind sie zumindest „wasserwerksrelevant“. Das Auftreten solcher Stoffe im Trinkwasser ist ungeachtet ihrer Konzentration, tagesaktuellen toxikologischen Relevanz und Wirkung oder möglicher sensorischer Beeinträchtigungen der Trinkwasserqualität allenfalls vorübergehend hinnehmbar [11].

Mit der erwarteten Klimaänderung und Verknappung des verfügbaren Süßwasservolumens wird – zumal weltweit – immer mehr Wasser auch als Trinkwasser kreisläufig genutzt werden (müssen). Trinkwasserrelevante Stoffe kumulieren dort nur solange (noch) nicht im klassischen Sinne, wie der zirkulierende Anteil des Wasserkompartimentes dafür (noch) zu groß erscheint oder entsprechend groß gehalten werden kann. Die dauerhafte Anwesenheit von nrM (aus der Landwirtschaft) beziehungsweise von trinkwasserrelevanten Umweltkontaminanten anderer Herkunft (zum Beispiel von Arzneimitteln aus dem menschlichen Körper) im Wasserkreislauf würde langfristig nicht nur Ästhetik und Appetitlichkeit, sondern auch die gesundheitliche Qualität des Trinkwassers aufs Spiel setzen [12].

Um die unterschiedlichen gesellschaftlichen Interessen an der agrochemischen Kontamination oder Nichtkontamination des Trinkwassers durch trinkwasserrelevante Umweltkontaminanten auf einen Nenner zu bringen, bedurfte es also der Benennung konsensual erarbeiteter Höchstwerte auch für nrM im Trinkwasser durch das UBA (→ Abschnitt 3). Nur als (wesentlich höhere) und kurzfristig

5 Zuletzt am 11. 6. 2008.

anzuwendende Maximalwerte hätten sie einer gesundheitlich scharfen und tagesaktuellen Begründung bedurft. De facto handelt es sich aus gesundheitlicher Sicht um

- sehr konservative,
- regulatorisch entsprechend „weichere“ und
- trinkwasserhygienisch „bis auf Weiteres (vorerst dauerhaft)“ hinnehmbare

Werte. Namentlich letzterem Anspruch genügen sie nicht nur aus funktionalem (agrochemischem) Blickwinkel, sondern auch (noch) aus trinkwasserhygienischer (wasserwirtschaftlicher) und Verbrauchersicht. Immerhin tragen sie der oft lückenhaften experimentell-toxikologischen Datenbasis von nrM aus gesundheitlicher [13] und trinkwasserhygienischer [14] Sicht tatsächlich bereits ohne stoffspezifischen Wirkungsverdacht vorsorglich Rechnung.

Damit genügt die nrM-Empfehlung des UBA vom 4.4.2008 dem dreifachen Anspruch der umwelthygienischen Handlungsregel oder -maxime [15]

- schädliche Belastungen vorsorglich verhindern,
- nützliche Belastungen (auf noch funktionaler Mindesthöhe) optimieren,
- nutzlose Belastungen (nach dem Prinzip ALARA) minimieren.

5 Reaktions- und Transformationsprodukte von nrM aus der oxidativen Trinkwasseraufbereitung

5.1 Problem

Bei der oxidativen Trinkwasseraufbereitung können nrM – genau so wie trinkwasserrelevante Umweltkontaminanten anderer als agrochemischer Herkunft oder auch wie geogene Inhaltsstoffe – zum Ausgangspunkt toxikologisch relevanter Reaktionsprodukte werden. Dieser Sachverhalt ist für die Gruppe der Desinfektionsnebenprodukte längst bekannt und seit Jahrzehnten Gegenstand intensiver Forschung und Bewertung.

Ende 2006 überraschte das Karlsruher Technologiezentrum Wasser hinsichtlich des bis dahin nicht beachteten und wegen seiner stoffinhärenten Eigenschaften als nrM des Wirkstoffs Tolyfluamid zu bewertenden Dimethylsulfamid (DMS) mit dem Nachweis, dass bei der Ozonung eines mit Spuren von DMS kontaminierten Rohwassers unter bestimmten Umständen das stark genotoxische und wahrscheinlich humankarzinogene N-Nitroso-Dimethylamin entsteht [16].

Das ehemalige Bundesgesundheitsamt hatte bereits 1989 darauf aufmerksam gemacht, dass sich aus agrochemischen Kontaminanten des Trinkwassers während der oxidativen Trinkwasseraufbereitung toxikologisch relevante „Teilabbau- oder Umsetzungsprodukte“ bilden könnten [1]. Auch im Guidance Document der EU zur Unterscheidung relevanter von nicht relevanten Metaboliten [5] findet sich (auf Seite 10) ein entsprechender Hinweis.

5.2 Widerstreitende Rechtsauffassungen

Artikel 4 der EU-Zulassungsrichtlinie 91/414/EWG verlangt mit Blick auf die Verantwortlichkeit der Mitgliedsstaaten, dass „das aus einem als Rohwasser genutzten Grundwasser gewonnene Trinkwasser unter Berücksichtigung des angewandten Aufbereitungsverfahrens die Vorgaben der EG-Trinkwasserrichtlinie 98/83/EG erfüllt“.

Über das ressourcengerechte Aufbereitungsverfahren entscheiden die Wasserversorgungsunternehmen (WVU). Gemäß § 6(3) TrinkwV 2001 und technischem Regelwerk sind sie gehalten, ihre Rohwasser-Ressource(n) und naturnahen bis großtechnischen Aufbereitungsverfahren von Anfang an so auszuwählen und zu betreiben, dass das aufbereitete Trinkwasser am Wasserwerksausgang („Reinwasser“) allenfalls ein technisch unvermeidbares Minimum an Verunreinigungen [§ 6(3)] oder potenziell schädlichen Stoffen [§ 3(1, 2)] enthält. Es ist einem WVU nicht zuzumuten, auf ein optimiertes und prozessual unerlässliches Aufbereitungsverfahren, das – wenn auch zulassungsrechtlich konform – völlig unerwartet einen plötzlich aufgetretenen nrM in ein toxikologisch relevantes Transformationsprodukt umwandelt, zu verzichten, falls es für das plötzliche Auftreten dieses Metaboliten in einer bis dahin unbeeinträchtigten Rohwasser-Ressource keinerlei ursächliche Verantwortung trägt, geschweige denn eine solche tragen könnte.

Die Schnittstelle zur Trennung des pflanzenschutzrechtlichen vom trinkwasserhygienischen Verantwortungsbereich ist aus dieser Sicht die Grenze des Einzugsbereichs des betroffenen, bis dahin in seiner Qualität unbeeinträchtigt gewesenen Rohwasserkörpers.

Demgemäß trüge die Pflanzenschutzseite, ebenso wie auch andere Beeinflusser der Rohwasserqualität, die Verantwortung einschließlich der Kosten dafür, dass sie die Nutzbarkeit eines als Rohwasser beanspruchten Grundwassers sowie die Qualität des aus ihm (etwa durch oxidative Aufbereitung) hergestellten Trinkwassers nicht ursächlich in einem mehr als technisch unvermeidbaren Ausmaß durch Eintrag anthropogener Stoffe (hier also von nrM oberhalb von 0,1 µg/l) mindert.

5.3 Ausweg

Ein Trinkwasser, in dem die GOW der nrM-Empfehlung des UBA vom 4.4.2008 eingehalten oder unterschritten sind, ist sehr wahrscheinlich auch vor toxikologisch relevanten Konzentrationen möglicher Transformationsprodukte von nrM aus der oxidativen Trinkwasseraufbereitung geschützt. Je nach Struktur möglicherweise anwesender nrM und abhängig vom Aufbereitungsverfahren empfiehlt das UBA jedoch, von Fall zu Fall die Abwesenheit genotoxischer oder anderer hochtoxischer Reaktions-/Transformationsprodukte in standardisierten Kurzzeit-Wirkungstests experimentell abzusichern – insbesondere dann, wenn die nrM-Werte 10 µg/l oder sogar mehr erreichen und das Trinkwasser mit Ozon ohne nachfolgende Aktivkohlefiltration aufbereitet wird.

Mittel- bis langfristig sind standardisierte Tests zu entwickeln, die bereits während des Zulassungsprozesses eine Prognose darüber erlauben, welcher Wirkstoff möglicherweise einen oder mehrere nrM bildet, die sich mit oxidativen Aufbereitungskemikalien im Trinkwasser zu toxikologisch relevanten Transformationsprodukten umsetzen.

Ein Forschungsvorhaben („Ozonungsprojekt“), das dieser Frage nachgeht, begann mit Unterstützung des IVA, des DVGW, der ARW und des UBA am 1. 10. 2008 im TZW Karlsruhe.

6 Fazit

Laut UBA geben die WVU Deutschlands durchweg reine bis sehr reine und gesundheitlich einwandfreie Trinkwässer in ihre Verteilungsnetze. Um diesen Zustand für die Zukunft zu sichern, möchte das UBA mit seiner „nrM-Empfehlung“ alle beteiligten Akteure dazu anregen und sie fachlich dabei unterstützen,

- Verbleib und langfristige Anreicherung trinkwasserrelevanter Stoffe im (Trink)wasserkreislauf zu unterbinden und
- der Möglichkeit des Entstehens toxikologisch relevanter Transformationsprodukte aus nrM während der oxidativen Trinkwasseraufbereitung zuvorzukommen, solange zulassungsrechtliche Regelungen noch nicht (sicher) greifen.

Die UBA-Empfehlung geht damit weit über das aktuelle Stoffrecht der EU hinaus.

Selbst wenn ein Trinkwasser mitunter wenige µg eines oder mehrerer nrM enthalten sollte, bleibt es auch dann bis auf Weiteres uneingeschränkt genusstauglich und gesundheitlich einwandfrei. In fallweise gesondert zu beurteilenden Fällen kann es aber angezeigt sein, ein solches Wasser vorsorglich auf die Anwesenheit toxikologisch relevanter Konzentrationen oxidativer Transformationsprodukte aus nrM zu prüfen, wenn es mit Ozon aufbereitet wurde.

Korrespondenzadresse

(bis 31.01.2012)

Dr. H.H. Dieter

Leiter des Fachgebietes II 3.6. „Toxikologie des Trink- und Badebeckenwassers“, Dienstort Berlin-Dahlem des Umweltbundesamtes

Wörlitzer Platz 1, 06844 Dessau-Roßlau

hermann.dieter@uba.de

Literatur

1. http://www.umweltdaten.de/wasser/themen/trinkwasserkommission/32_s_290-295_massnahmen_gemaess.pdf
2. Klein G, Dieter HH (1989) Pflanzenschutzmittel im Trinkwasser: Vorgehen und Bewertungsansätze bei Grenzwertüberschreitungen. Bundesgesundheitsblatt 32:271–275
3. http://www.bfr.bund.de/cm/218/pflanzenschutz-mittel_wirkstoffe_adi_werte_und_gesundheitliche_trinkwasser_leitwerte.pdf
4. Michalski B, Stein B, Niemann L et al (2004) Beurteilung der Relevanz von Metaboliten im Grundwasser im Rahmen des nationalen Zulassungsverfahrens für Pflanzenschutzmittel. Nachrichtenblatt Deut Pflanzenschutz 56(3):53–59
5. http://ec.europa.eu/food/fs/ph_ps/pro/wrkd/doc/wrkd21_en.pdf
6. Zur regulatorischen Bewertung von pflanzenschutzrechtlich nicht als relevant bewerteten Metaboliten im Rohwasser für die Trinkwassergewinnung und im Trinkwasser (2007) Stellungnahme der Trinkwasserkommission des Bundesministeriums für Gesundheit <http://www.umweltbundesamt.de/wasser/themen/downloads/metaboliten.pdf>. Bundesgesundheitsbl Gesundheitsforsch Gesundheitsschutz 50:521–523

1418 Stellungnahmen und Empfehlungen des Umweltbundesamtes

7. Streloke M, Erdtmann-Vourliotis M, Nolting HG et al (2007) Bewertung von Grund- und Trinkwassermetaboliten von Pflanzenschutzmittelwirkstoffen in verschiedenen regulatorischen Verfahren. *J Verbr Lebensm* 2:379–382
8. Trinkwasserhygienische Bewertung stoffrechtlich nicht relevanter Metaboliten von Wirkstoffen aus Pflanzenschutzmitteln im Trinkwasser. Empfehlung des Umweltbundesamtes vom 4. 4. 2008 nach Anhörung der Trinkwasserkommission des Bundesministeriums für Gesundheit <http://resources.metapress.com/pdf-preview.axd?code=21n1042mv8327820&size=largest> und Bundesgesundheitsblatt Gesundheitsforschung Gesundheitsschutz 51:797–801
9. „Gemeinsam die Zukunft sichern“ – Zusammenarbeit von Wasserversorgung und Agrarchemie in Deutschland. Kooperationsvereinbarung zwischen BDEW, IVA, VKU und DVGW vom 22. 1. 2009 <http://www.dvgw.de/wasser/aktuelles-wasser/browse/1/link//d1c71c4212/>
10. http://www.umweltdaten.de/wasser/themen/trinkwassertoxikologie/tabelle_gow_nrm.pdf
11. Brauch HJ, Baus C (2007) Substitution von MTBE durch ETBE als Zusatz in Ottokraftstoffen: Fakten, aktuelle Entwicklungen und Bewertung aus Sicht der Trinkwasserversorgung, gwf – Wasser Abwasser 148:517–529
12. Kapitel 8 und 9 im DWA-Themenband „Anthropogene Stoffe im Wasserkreislauf (Arzneistoffe)“, Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V., Hefen, Mai 2008, ISBN 978-3-940173-74-4 [http://www.dwa.de/dwa/shop/produkte.nsf/EF1A9F5A43796C57C1257539004DABCF/\\$file/vorschau_KA-08-01_2008-05.pdf](http://www.dwa.de/dwa/shop/produkte.nsf/EF1A9F5A43796C57C1257539004DABCF/$file/vorschau_KA-08-01_2008-05.pdf)
13. Bewertung der Anwesenheit teil- oder nicht bewertbarer Stoffe im Trinkwasser aus gesundheitlicher Sicht. Empfehlung des Umweltbundesamtes nach Anhörung der Trinkwasserkommission, Bundesgesundheitsbl Gesundheitsforsch Gesundheitsschutz 2003, 46:249–251; <http://www.springerlink.com/content/hxtkv8w405t2gqp8/fulltext.pdf>
14. Klöpffer W, Wagner O (2007) Persistence revisited. *Environ Sci Pollut Res Int* 14(3):141–142
15. Dieter HH (2004) Festsetzung von Grenzwerten. In: Reichl FX, Schwenk M (Hrsg) *Regulatorische Toxikologie. Gesundheitsschutz-Umweltschutz-Verbraucherschutz*. Springer, Berlin Heidelberg New York, S 437–448
16. Schmidt CK, Brauch HJ (2008) N,N-Dimethylsulfamide as Precursor for N-Nitrosodimethylamine (NDMA) Formation upon Ozonation and its Fate During Drinking Water Treatment. *Environ Sci Technol* 42:6340–6346 <http://pubs.acs.org/doi/pdf/10.1021/es7030467>