

**Zeitschrift:** Mitteilungen der Naturforschenden Gesellschaft Schaffhausen  
**Herausgeber:** Naturforschende Gesellschaft Schaffhausen  
**Band:** 47 (2003)  
  
**Artikel:** Methyl-tert-butylether (MTBE) : ein ubiquitärer Umweltschadstoff  
**Autor:** Seiler, Kurt / Pfefferli, Hildegard / Biedermann, Roger  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-585527>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 08.02.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

# **Methyl-tert-butylether (MTBE) – ein ubiquitärer Umweltschadstoff**

von

**Kurt Seiler, Hildegard Pfefferli, Roger Biedermann**

**Zusammenfassung:** Seit den 80er Jahren wird MTBE (Methyl-tert-butylether) in grösseren Mengen unserem Benzin als Antiklopfmittel und Bleiersatz beigemischt. Mit der steigenden Mobilität haben wir diese Chemikalie in zunehmenden Mengen in unserer Umwelt verteilt. Über verschiedene Wege erreicht die Substanz das Grundwasser und wird dort praktisch nicht mehr abgebaut. Das Amt für Lebensmittelkontrolle und Umweltschutz hat die wichtigsten Grundwasser in seinen vier Partnerkantonen auf Rückstände von MTBE untersucht. In rund 15% aller Proben war das unerwünschte MTBE anzutreffen. Erfreulicherweise konnten jedoch keine hohen Konzentrationen gefunden werden. Die Resultate zeigen einen klaren Zusammenhang mit der Siedlungsstruktur: In urbanen Gebieten waren erwartungsgemäss mehr positive Befunde zu verzeichnen als in ländlichen Regionen. Da die weitere Entwicklung der Grundwasserbelastung schwer prognostizierbar ist, muss die Substanz auch weiterhin im Auge behalten werden. In Bezug auf Benzin ist eine umweltverträglichere Zusammensetzung und generell für unsere Mobilität eine nachhaltigere Lösung anzustreben.

## **1 Einleitung**

Heute sind weltweit 600 Millionen Autos mit Verbrennungsmotoren unterwegs. Die Minimierung von umweltschädigenden Auswirkungen dieser immer noch steigenden Mobilität ist eine grosse Herausforderung für Wissenschaft und Politik. Dank der Entwicklung von neuen Motoren und Abgasbehandlungssystemen durch die Fahrzeugindustrie und dank der Optimierung der Zusammensetzung der Treibstoffe durch die Mineralölindustrie sind in den letzten zwei Jahrzehnten beachtliche Erfolge erzielt worden. Dazu gehört die Einführung des Dreiwegkatalysators ab den 80er Jahren und die gleichzeitige Verbannung der Bleiverbindungen als Antiklopfmittel aus dem Benzin. Eine beeindruckende Reduktion der Emission von Schadstoffen, wie Kohlenmonoxid (CO), Stickoxiden,

Schwefeldioxid und Kohlenwasserstoffen, war die Folge. Mit dem steigenden Anteil von Dieselfahrzeugen sind aber leider die Partikelemissionen stark angestiegen. Durch den Einsatz von effizienten Partikelfiltern, die bereits heute auf dem Markt sind, sollte dieses Problem jedoch bewältigt werden können. Das Potenzial für weitere drastische Verbesserungen ist auch heute noch intakt. So gilt es, den Anteil der organischen, aromatischen Verbindungen, die bis zu 42% des Schweizer Benzins ausmachen, zu reduzieren (WORLD-WIDE FUEL CHARTER 2002; EU-RICHTLINIE 98/70/EG). Von den Aromaten stellt Benzol eine besondere Gefahr für unsere Gesundheit dar, weil sie zu den Krebs erzeugenden Luftschadstoffen zählt. Gemäss dem neusten Situationsbericht der Eidgenössischen Kommission für Lufthygiene (BUWAL 2003) muss die im Jahre 2000 emittierte Benzolmenge von rund 1'400 Tonnen auf 100 Tonnen reduziert werden, um ein akzeptables Gesundheitsrisiko zu erreichen.

Als Ersatz für das Antiklopfmittel Blei und somit zur Erhöhung der Oktanzahl wurde der Anteil von Methyl-tert-butylether (MTBE) im Benzin in den letzten 20 Jahren erhöht. Heute machen die MTBE-Gehalte im Schweizer Benzin mit grossen regionalen und zeitlichen Schwankungen bis zu 13 Prozent aus. In den USA erhielt das MTBE aus lufthygienischen Überlegungen (CLEAN AIR ACT 1990) zur Erreichung eines Mindestgehaltes an Sauerstoff eine zusätzliche Bedeutung. Obwohl andere Ether und Alkohole als Sauerstoffträger ebenfalls in Frage kamen, setzte sich MTBE aus produktionstechnischen und finanziellen Gründen durch. Heute gehört MTBE weltweit zu den am meisten eingesetzten Verbindungen. In der Schweiz werden jährlich 100'000 Tonnen verbraucht. Ohne Berücksichtigung von Unfällen werden davon jedes Jahr 500 bis 2'600 Tonnen in unsere Umwelt emittiert. Aufgrund der Eigenschaften von MTBE (siehe nächster Abschnitt) führen diese Emissionen zu einer weiträumigen und weitestgehend irreversiblen Verunreinigung unserer Gewässer (SCHMIDT et al. 2001).

Die bereits angesprochene Reduktion des Aromatengehaltes würde ohne Gegenmassnahmen zu einer weiteren, unerwünschten Senkung der Oktanzahl führen. Um trotzdem eine minimale Oktanzahl zu erreichen, wird in der EU eine weitere Erhöhung des MTBE-Gehaltes in Erwägung gezogen. Dies im krassen Gegensatz zu den USA, wo über einen MTBE-Ausstieg diskutiert wird. Diese kontroversen Entwicklungen zeigen auf, dass bei der Herstellung eines möglichst umweltverträglichen Treibstoffes neue und ganzheitliche Lösungen gefunden werden müssen. Eine ökologisch sinnvolle und ökonomisch tragbare Lösung kann nur gefun-

den werden, wenn Autobauer, Erdölgesellschaften, Gesetzgeber und Umweltbehörden zusammenarbeiten. Die Umstellung von Raffinationsprozessen ist aufwändig und muss langfristig geplant werden. Eine Anpassung der Treibstoffrezeptur hat mit der nötigen Vorsicht zu erfolgen, damit nicht neue Probleme geschaffen werden oder Errungenschaften preisgegeben werden. Die von den Kantonalen Laboratorien Zürich und Schaffhausen in den Siebzigerjahren vorgeschlagene Lösung, die Klopfestigkeit der Benzine mittels der Erhöhung des Anteils von verzweigten Kohlenwasserstoffen zu verbessern (KANTONALES LABORATORIUM SCHAFFHAUSEN 1978) wäre auch heute noch ein gangbarer Weg. Ein Weg übrigens, der in den USA beschritten wird.

Entgegen dem sinkenden Trend bei den Schadstoffemissionen stiegen die CO<sub>2</sub>-Emissionen parallel mit dem steigenden Treibstoffverbrauch kontinuierlich an. In Zukunft werden wir aber auch Treibhausgasen wie CO<sub>2</sub> und somit der Motoreffizienz und dem Treibstoffverbrauch unsere Aufmerksamkeit schenken müssen (für einen Überblick siehe: PUSCH 2003). Um den Trend der steigenden CO<sub>2</sub>-Emissionen zu brechen, wurde die Verwendung von biogenen Kraftstoffen vorgeschlagen. Solche Kraftstoffe könnten entweder in speziell dafür entwickelten Autos oder generell dem Benzin, Diesel oder Gas beigemischt werden. Am geeignetsten scheint momentan Ethanol zu sein, mit dem die heute geforderte Oktanzahl auch ohne MTBE erreicht werden könnte. Allerdings vertragen die heutigen Motoren nicht beliebige Mengen Ethanol. Zudem erhöht Ethanol den Dampfdruck des Benzins, was zu Einbussen in den Fahreigenschaften sowie ohne entsprechende Gegenmassnahmen zu zusätzlichen Verdampfungsverlusten führen könnte. Doch Ethanol liesse sich ohne grossen Aufwand in Ethyl-tert-Butylether (ETBE) umwandeln, das als Blendingkomponente vorteilhaftere Eigenschaften aufweist. Tatsächlich wird in Frankreich und in Italien ETBE schon seit einigen Jahren in relevanten Mengen im Benzin eingesetzt. Über den Verbleib dieser Komponente in unserer Umwelt scheint man sich bisher jedoch noch wenig Gedanken gemacht zu haben.

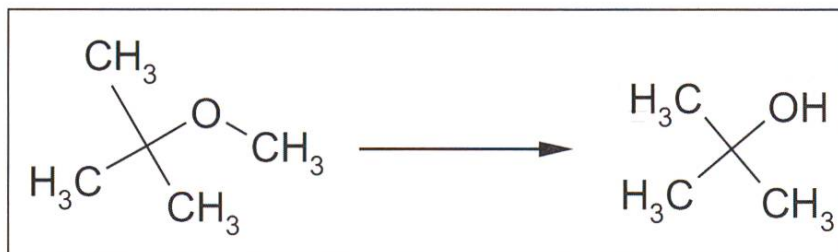
Prinzipiell gilt biogener Kraftstoff als erneuerbare Energie und hat damit das Potenzial, die CO<sub>2</sub>-Emissionen zu drosseln. Bei der Bewertung einer alternativen Energiequelle ist allerdings nicht nur die Umsetzung durch den Automotor, sondern auch die vorgelagerte Energieaufwendung und deren CO<sub>2</sub>-Emission zu berücksichtigen (GUZZELLA 2003). Wir möchten noch weiter gehen: Biogene Benzinkomponenten kommen nur in Frage, wenn ihre Produktion echt nachhaltig ist. Selbst wenn biogene Kraftstoff-



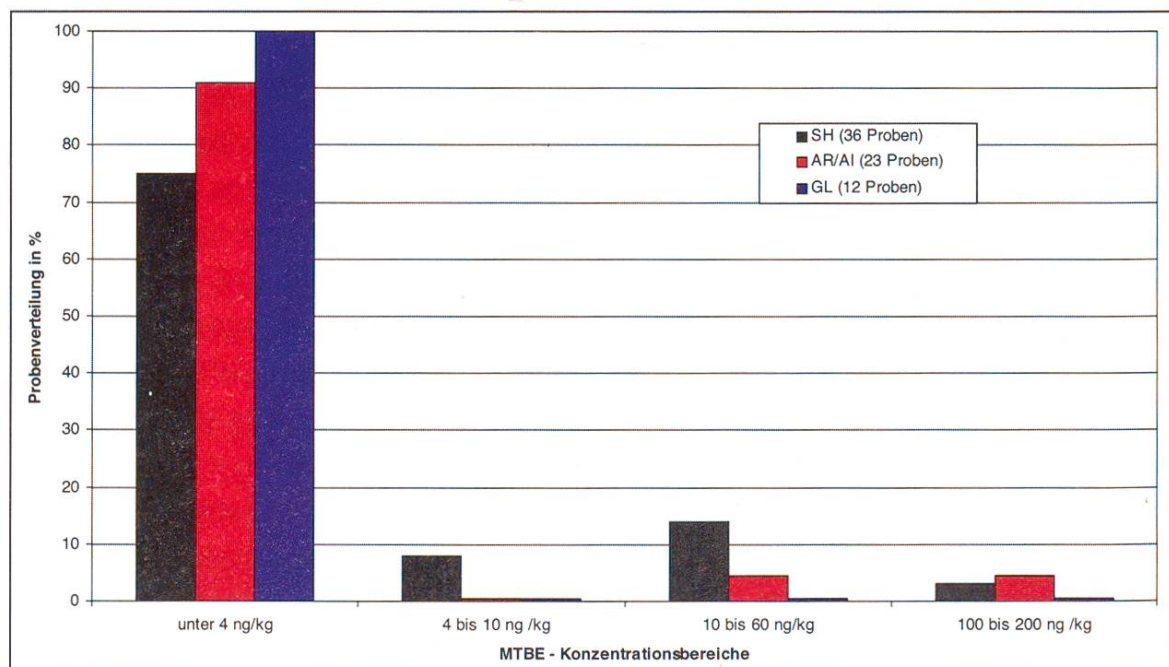
fe eine ökologisch sinnvolle Energiequelle sein sollten, werden sie den Bedarf an Energie durch die weiter steigende Mobilität wohl nie decken können.

## 2 Eigenschaften von MTBE und Verteilung in der Umwelt

MTBE ist eine leichtflüchtige und gut wasserlösliche Flüssigkeit mit einem typischen Geruch nach Ether (Struktur siehe Figur 1). Im Gegensatz zu Benzol wird MTBE als nicht besonders toxisch eingestuft (WHO 1998). An Bodenpartikeln wird sie praktisch nicht adsorbiert. Der Geruchs- und Geschmacksschwellenwert im Wasser liegt bei rund 20 µg/l. Währenddem MTBE in der Luft vergleichsweise schnell abgebaut wird, weist die Verbindung im Grundwasser weitestgehend persistente Eigenschaften auf. Laborversuche deuten darauf hin, dass unter bestimmten Bedingungen ein mikrobieller Abbau zu tertiärem Butylalkohol (TBA, siehe Figur 1) statt-

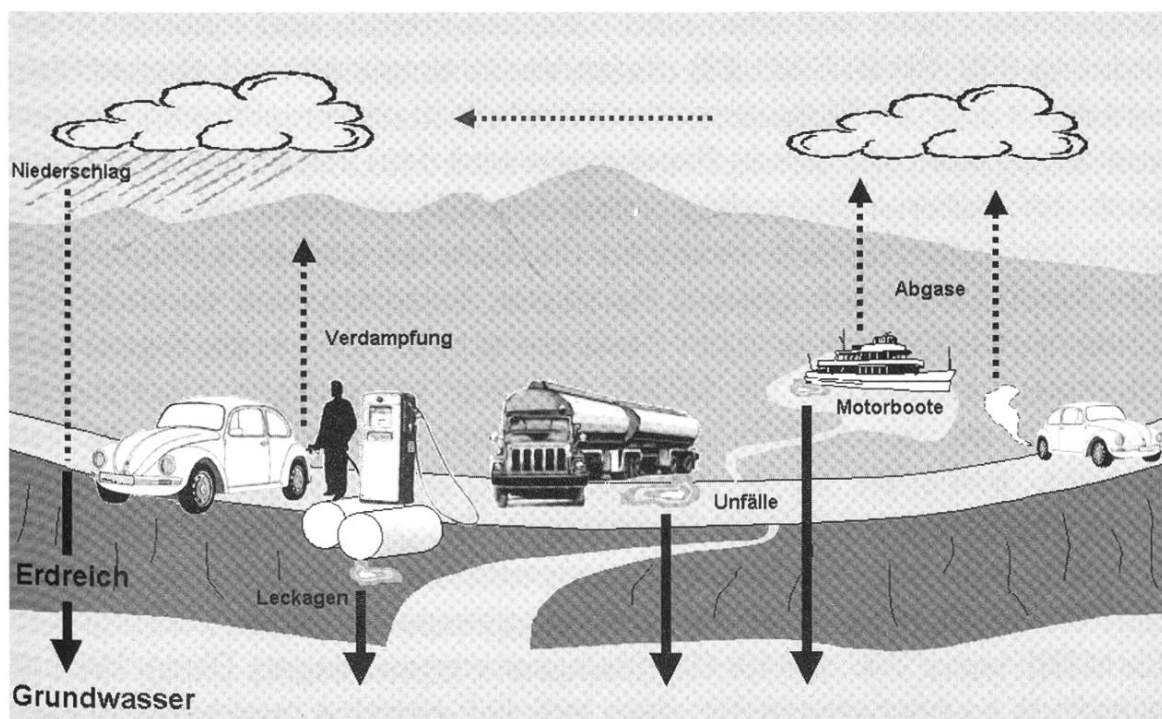


Figur 1: Wichtigster Abbauweg von MTBE (Methyl-tert-Butylether) zu TBA (tert. Butylalkohol)



Figur 2: Gemessene MTBE-Konzentrationen in 72 Grund-/Trinkwasserproben aus den beiden Appenzell (Appenzell Innerrhoden und Appenzell Ausserrhoden), Glarus und Schaffhausen. Die Nachweisgrenze für MTBE beträgt 4 ng/l.

MTBE-Einträge ins Grundwasser erfolgen über unzählige Wege, wie beispielsweise über Tropfverluste, über einen direkten Übergang aus der Gasphase in den Boden, über ein Auswaschen aus der Atmosphäre, über das Versickern von Strassenabläufen und über die Infiltration von belastetem Oberflächenwasser (PANKOW et al. 1997; BUWAL 2002, siehe Figur 3).



Figur 3: Verteilung von MTBE in den verschiedenen Umweltkompartimenten.

Im Gegensatz zu vielen anderen organischen Verunreinigungen wird MTBE durch natürliche Aufbereitungsverfahren wie beispielsweise Ufer- oder Sandfiltration nicht zurückgehalten. Aber auch die üblichen Verfahren der Abwasserreinigung und der Trinkwasseraufbereitung (Ozonierung, Aktivkohlefiltration) führen zu keiner signifikanten Verminderung der MTBE Konzentration (KLINGER et al. 2002; SACHER et al. 2002; JOHNSON et al. 2000).

Man geht davon aus, dass die Aufnahme von MTBE aus der Luft und aus dem Trinkwasser für den Menschen kein gesundheitliches Risiko darstellt (EPA 1997; WHO 1998; EN 2001). Aufgrund der tiefen Geruchs- und Geschmacksschwellenwerte wird kontaminiertes Trinkwasser zurückgewiesen, bevor toxische Effekte auftreten. Aus ökologischer Sicht hingegen muss der Einsatz von MTBE im Sinne des Vorsorgeprinzips eingeschränkt werden, denn wie bereits erwähnt, bleibt es im Grundwasser über lange Zeiträume erhalten und kann mit üblichen technischen Verfahren nicht mehr entfernt werden.

### **3 Gesetzliche Bestimmungen**

Gemäss Gewässerschutzverordnung (GSchV, SR 814.201) vom 28. Oktober 1998 muss die Wasserqualität von oberirdischen Gewässern und von Grundwasser so beschaffen sein, dass im Wasser keine künstlichen, langlebigen Stoffe enthalten sind. Gemäss Fremd- und Inhaltsstoffverordnung (FIV, SR 817.021.23) dürfen Verunreinigungen in Lebensmitteln und somit auch im Trinkwasser nur in technisch unvermeidbaren Mengen vorhanden sein. Mit diesen Regelungen wird dem im Umweltschutz, wie auch im Lebensmittelgesetz verankerten Vorsorgeprinzip Rechnung getragen. Grundsätzlich verlangen die Gesetze also eine Minimierung von Verunreinigungen unserer Gewässer, beispielsweise durch MTBE. Leider sind bisher weder in der Gewässerschutz- noch in der Fremd- und Inhaltsstoffverordnung für MTBE rechtlich verbindliche Höchstwerte festgelegt worden. Auch in der EU ist bislang kein Qualitätsziel definiert worden. Immerhin ist in der neuen EU-Wasserrahmenrichtlinie ein Verschlechterungsverbot für Grundwasser festgeschrieben worden.

Die Arbeitsgruppe «Wegleitung Grundwasserschutz» hat scheinbar ohne die Konsultation versierter Ökotoxikologieexperten einen Vorsorgewert für MTBE von 2'000 ng/l für Grundwasser vorgeschlagen. Dieser Wert ist allerdings so hoch angesetzt, dass lediglich einzelne punktuelle Quellen betroffen sind, währenddem diffuse Einträge in einem deutlich tieferen



Konzentrationsbereich liegen. Ein so hoher Wert trägt daher dem Anspruch nach minimaler Verunreinigung unserer Gewässer keineswegs Rechnung. Unter Berücksichtigung des Vorsorgeprinzips müsste für Trink- oder Grundwasser ein Höchstwert in der Grössenordnung des Toleranzwertes für Pestizide von 100 ng/kg, einschliesslich allfälliger Metabolite, festgelegt werden.

#### **4 Messkampagne**

Währenddem im Kanton Zürich bereits im Jahre 1995 MTBE – Messungen durchgeführt worden sind, bestanden in den meisten anderen Kantonen auch im Jahre 2001 noch Wissenslücken über das Vorkommen dieser Komponente in unserer Umwelt.

Am 20. März 2001 organisierten wir zusammen mit dem AWEL (Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft des Kantons Zürich) und der EAWAG (Eidgenössische Anstalt für Wasserversorgung, Abwasserreinigung und Gewässerschutz) einen Workshop für einen ersten Erfahrungs- und Informationsaustausch. Unter der Leitung von T. Schmidt von der EAWAG wurde dann im Jahre 2001 eine MTBE-Untersuchungskampagne in der gesamten Ostschweiz durchgeführt. Für die Analysen der Proben stellten sich nebst unserer Amtsstelle weitere Institutionen als Schwerpunktlaboratorien zur Verfügung. Wir untersuchten nicht nur Proben aus unseren vier Partnerkantonen, sondern auch Proben aus den Kantonen Thurgau und Graubünden. Es wurde beschlossen, sich im Rahmen dieser Untersuchungsaktion primär auf die Matrix «Grundwasser» zu konzentrieren, da Messungen in der Luft oder im Meteorwasser als zu aufwändig und zu komplex beurteilt wurden. Bei relevanten Infiltrationen sollten ergänzend auch einzelne Oberflächenwasser untersucht werden. In diesem Beitrag berichten wir ausschliesslich über die Messergebnisse in unseren vier Partnerkantonen.

#### **5 Untersuchungsmethode**

Im Laufe des Sommers 2001 entwickelten wir ein äusserst empfindliches Analyseverfahren für MTBE. Nicht nur aufgrund der hohen Empfindlichkeit, sondern auch aus Kostengründen entschieden wir uns für die SPME-Technik (solid phase micro extraction), kombiniert mit einer gaschromatographischen Auftrennung und einer massenselektiven Detektion (ACHTEN & PÜTTMANN 2000; PIAZZ et al. 2001). Nebst MTBE nahmen wir ca.



60 weitere flüchtige organische Verbindungen (VOC, volatile organic compounds), einschliesslich dem wichtigsten Abbauprodukt von MTBE, dem t-Butylalkohol (TBA), ins Analyseprogramm auf. Mit 4 ng/l erzielten wir für MTBE eine sehr tiefe Nachweisgrenze (Massenspektrometer im Fullscanmodus betrieben). Sie lag um mehr als einen Faktor 5 unter derjenigen, die normalerweise mit der Purge & Trap-Technik erhalten wird (SCHMIDT et al. 2001). Zudem erlaubte die SPME-Technik im Gegensatz zur Purge & Trap-Technik auch die Erfassung des Abbauproduktes TBA. Mit der erfolgreichen Teilnahme an einem Ringversuch, organisiert vom Analytikzentrum IFA Tulln (Interuniversitäres Forschungsinstitut für Agrobiotechnologie) in Österreich, konnten wir die Validierung unserer Untersuchungsmethode abschliessen.

Um eine ungewollte Kontamination der Probe zu verhindern, galt es nicht nur bei der Analytik, sondern bereits bei der Probenahme, rigorose Vorsichtsmassnahmen zu beachten: Nur speziell vorbereitete Probenahmefässer durften verwendet werden. Während des Transportes mussten die Proben ständig gekühlt und die Analyse innerhalb von 48 Stunden vorgenommen werden.

## **6 Untersuchungsergebnisse**

Im Laufe des Herbstes 2001 erhoben wir in unseren vier Partnerkantonen Appenzell Ausserrhoden, Appenzell Innerrhoden, Glarus und Schaffhausen 72 Grund-/Trinkwasser- und 8 Oberflächenwasserproben. Bei der Wahl der Probenahmestellen legten wir Wert auf die Erfassung der für die Trinkwasserversorgung wichtigen Aquifere sowie auf eine Erfassung von möglichst verschiedenen hydrogeologischen Grundwassertypen.

In 11 der 72 Grund-/Trinkwasserproben (15%) und in 7 der 8 Oberflächenwasser konnten Spuren von MTBE nachgewiesen werden. Für Grund-/Trinkwasser lag die höchste Konzentration bei lediglich 200 ng/l (siehe Figur 2). Somit liegen sämtliche gefundenen Konzentrationen um mindestens den Faktor 10 unterhalb des von der Arbeitsgruppe «Wegleitung Grundwasserschutz» vorgeschlagenen Höchstwertes von 2000 ng/l. In keiner einzigen Probe war das wichtigste Abbauprodukt von MTBE, das TBA, nachzuweisen. Allerdings lag die Nachweisgrenze für diesen Metaboliten mit 200 ng/l vergleichsweise hoch.

**Schaffhausen:** Im Kanton Schaffhausen wurden insgesamt 36 Proben Grund-/Trinkwasser untersucht. In 9 Proben konnte MTBE nachgewiesen werden (25%). Die höchste Konzentration lag bei 200 ng/l. Das betreffende Gebiet ist als urban zu bezeichnen und im Einzugsgebiet des Grundwasserstromes befindet sich eine Tankstelle, die zu dieser eher hohen Belastung geführt haben könnte. Alle übrigen nachgewiesenen Konzentrationen lagen unterhalb von 40 ng/l.

**Appenzell:** In den beiden Appenzell erhoben wir insgesamt 23 Grund-/Trinkwasserproben. In lediglich zwei Proben (9%) konnten Spuren von MTBE nachgewiesen werden. In der einen Probe betrug die Konzentration 50 ng/l und in der anderen Probe 140 ng/l. Beide beprobten Grundwasser liegen in einem eher urbanen Gebiet mit vergleichsweise viel Strassenverkehr.

**Glarus:** Im Kanton Glarus wurden insgesamt 13 Proben Grund-/Trinkwasser untersucht. In keiner dieser Proben konnte MTBE nachgewiesen werden. Dieser Befund stimmt mit der allgemeinen Feststellung überein, wonach in ländlich-alpinen Gegenden weniger MTBE-Rückstände gefunden werden können als in städtischen oder stadtnahen Gebieten mit viel Automobilverkehr.

**Saisonale Schwankungen:** Von den insgesamt 72 im Jahr 2001 untersuchten Grund-/Trinkwasser beprobten wir deren 37 im Mai 2002 ein zweites Mal. Sämtliche Wasser, in denen MTBE-Rückstände im Jahre 2001 nachgewiesen werden konnten, wurden wiederum in das Untersuchungsprogramm einbezogen.

Das Gesamtbild der Rückstandsbelastung aus dem Jahr 2001 konnte weitestgehend bestätigt werden. Lediglich bei einem Grund-/Trinkwasser konnte kein MTBE mehr nachgewiesen werden, nachdem im Vorjahr noch 30 ng/l gefunden werden konnten.

Die gute Übereinstimmung zeigt, dass die Rückstandsbelastungen der beprobten Grundwasser keinen kurzfristigen Schwankungen unterliegen.

**Oberflächenwasser:** Die Beprobung von Oberflächenwasser erfolgte im Herbst 2001 lediglich stichprobenweise. Eine sorgfältige Erfassung der allgemeinen Situation hätte ein umfangreiches Monitoringprogramm bedingt. Einen ersten Anhaltspunkt können die total 8 untersuchten Oberflächenwasser trotzdem geben.

Im Kanton Schaffhausen wurden an verschiedenen Orten des Rheins 6 Proben erhoben. In allen Proben konnten erwartungsgemäss Spuren von MTBE im Bereich von 20 bis 40 ng/l gefunden werden. Diese Konzentrationen liegen rund 3 bis 10 Mal unterhalb der Mengen, die weiter rheinabwärts (z. B. bei Mannheim oder Karlsruhe) gefunden wurden (Klinger et al. 2002).

Im Kanton Glarus wurden 2 Oberflächenwasser (Klöntalersee und Mettmensee) beprobt. Währenddem im Mettmensee keinerlei organische Rückstände gefunden werden konnten, waren im Klöntalersee 40 ng/l MTBE nachweisbar. Diese Rückstände sind zweifelsohne auf den Motorbootverkehr auf dem Klöntalersee zurückzuführen. Auf dem Mettmensee hingegen verkehren keine Motorboote.

**Schnee:** Im Winter weist MTBE eine geringere Verflüchtigung und einen geringeren Abbau auf als im Sommer, wenn höhere Temperaturen und intensivere photochemische Prozesse für einen schnellen Abbau in der Luft sorgen. So findet man im Regen im Winterhalbjahr normalerweise mehr MTBE als im Sommer. Schneeflocken weisen aufgrund ihrer grossen Oberfläche einen guten Auswascheffekt auf, was zu erhöhten Werten führen kann. Vermutlich ist dies der Grund dafür, dass wir im Schnee auf dem Klausenpass MTBE nachweisen konnten, währenddem wir im Glarner Grund-/ Trinkwasser wie bereits erwähnt nicht fündig wurden.

## 7 Die Resultate im Vergleich

In der Literatur sind verschiedene Angaben zur Hintergrundbelastung, erzeugt durch diffuse Einträge, zu finden. Die meisten Zahlen sind allerdings mit Vorsicht zu geniessen, da zur Berechnung der Hintergrundbelastung oft nur die positiven Befunde berücksichtigt wurden. Zudem ist die Vergleichbarkeit von Resultaten stark erschwert, weil Analysemethoden mit sehr unterschiedlichen Nachweisgrenzen eingesetzt werden.

Währenddem in urbanen Gebieten mit bis zu 50% positiven Befunden zu rechnen ist, liegen die positiven Befunde im ländlich/alpinen Raum in der Regel unter 10% (KLINGER et al. 2002; SCHMIDT & HADERLEIN 2000). Auch unsere Resultate zeigen klar, dass im ländlich/alpinen Raum weniger Rückstände gefunden werden können.

Im Jahre 1999 fand das AWEL in 25% der Grundwasserproben im Kanton Zürich MTBE-Konzentrationen über 50 ng/l (SCHMIDT & HADERLEIN 2000). Im Vergleich dazu lag im Kanton Schaffhausen nur gerade eine

einzigste Konzentration oberhalb von 50 ng/l, was bezogen auf alle untersuchten Proben einem Anteil von lediglich 3% entspricht. Konzentrationen bis in den mg/l-Bereich, wie sie in der Nähe von Punktquellen beobachtet werden können, konnten nicht gefunden werden.

Um die zukünftige Entwicklung der MTBE-Konzentrationen in den Gewässern abzuschätzen, liess das BUWAL verschiedene Modellrechnungen durchführen (BUWAL 2002). Für die Gewässer wurden unter Gleichgewichtsbedingungen MTBE-Konzentrationen im Bereich von 60 bis 140 ng/l berechnet. Von den total 72 gemessenen Grund-/ Trinkwasserproben in unseren vier Partnerkantonen liegen demnach lediglich 2 in diesem Bereich. Alle acht Messwerte für das Oberflächenwasser lagen deutlich unterhalb dieses Bereiches. Für die nächsten Jahre prognostiziert das BUWAL eine Abnahme des Eintrags von MTBE in die Atmosphäre (BUWAL 2002). Abhängig von der Aufenthaltszeit des Grundwassers ist von einer entsprechend verzögerten Entwicklung im Grundwasser auszugehen. Bei langen Aufenthaltszeiten wäre also trotz einer allfälligen Abnahme der MTBE-Emissionen vorerst mit einem Anstieg der Rückstände im Grundwasser zu rechnen.

Solche Modellrechnungen sind mit grossen Unsicherheiten behaftet, da die Emittentenstruktur zu wenig bekannt ist. Zudem werden von Expertenseite reine Gleichgewichtsbetrachtungen als zu einfach beurteilt, weil dabei im Wesentlichen ein Verbleib von MTBE in der Atmosphäre angenommen wird (SCHMIDT 2002).

Die weitere Entwicklung der Rückstandssituation im Grundwasser ist also trotz Modellberechnungen mit grossen Unsicherheiten behaftet.

## **8 Schlussfolgerungen**

Ab 1980 wurde der MTBE-Gehalt im Benzin erhöht. Vor rund 5 Jahren konnten in der Schweiz die ersten Rückstände von MTBE im Grundwasser nachgewiesen werden. Über den Verbleib von MTBE in unserer Umwelt weiss man heute deutlich mehr als noch vor wenigen Jahren. Fest steht: Das MTBE, das wir immer noch in grossen Mengen in unsere Umwelt emittieren, werden wir so schnell nicht mehr los.

In immerhin rund 15% der Trink-/Grundwasserproben konnten MTBE-Rückstände nachgewiesen werden. Es besteht ein signifikanter Zusammenhang zwischen der Rückstandsbelastung und der Siedlungsstruktur. Die weitere Entwicklung der MTBE-Rückstände im Grundwasser ist unklar. Aus diesem Grunde sollten auch in Zukunft punktuell Messungen



durchgeführt werden, um eine längerfristige Tendenz überhaupt erkennen zu können. Die hier präsentierten Messungen stellen lediglich eine Momentanaufnahme dar. Sollten die Berechnungen des BUWAL stimmen, dann ist in den meisten Grundwassern mit steigenden MTBE-Konzentrationen zu rechnen.

Nebst MTBE muss aber auch dem wichtigsten Abbauprodukt, TBA, Aufmerksamkeit geschenkt werden. Bis heute ist wenig über den Verbleib dieser Verbindung bekannt, weil sie analytisch nur schlecht zugänglich ist.

Bei der Überwachung des Grundwassers muss nach Unfällen auch das MTBE in die Untersuchungen aufgenommen werden, da sie eine wichtige Indikatorsubstanz darstellt.

Das Problem «MTBE» lässt sich mit umfangreichen Messprogrammen nicht beheben. Vielmehr muss es an der Wurzel gepackt werden: Wenn unsere Gesellschaft zum Schluss kommt, dass eine so persistente Verbindung nicht ins Wasser gehört, dann müssen die MTBE-Emissionen möglichst bald reduziert und dann ganz zum Verschwinden gebracht werden. Dazu sind Anpassungen der Benzinrezeptur nötig. Es sind nachhaltige Lösungen gefragt, die unsere Umwelt als Ganzes berücksichtigen. Sowohl Wasser als auch Boden und Luft sollen vor anthropogenen und irreversiblen Beeinflussungen möglichst umfassend geschützt werden. Eine sinnvolle und möglichst umweltverträgliche Lösung kann nur gefunden werden, wenn Treibstoff, Auto und generell unsere Mobilität als Ganzes betrachtet werden.

## **Literatur**

ACHTEN, CH. & W. PÜTTMANN (2000): Determination of Methyl tert-Butyl Ether in surface water by use of solid-phase microextraction. Environ. Sci. Technol. 34, 1359–1364

BUWAL (2003): Benzol in der Schweiz. Bericht der Eidgenössischen Kommission für Lufthygiene (EKL). Schriftenreihe Umwelt Nr. 350, Luft

BUWAL (2002): Abschätzung der Altlastenrelevanz von Methyl-tert-butylether (MTBE). Umwelt-Materialien Nr. 151, Altlasten/Gewässerschutz, Bern

EN (2001): Commission recommendation of 7 November 2001 on the results of the risk evaluation and the risk reduction strategies for the substances: acrylaldehyde, dimethyl sulphate, nonylphenol phenol, 4-nonyl-, branched, tert-butyl methyl ether. 2001/838/EC

EPA 1997: Drinking water advisory: Consumer acceptability advice and health effects analysis on methyl tertiary-butyl ether (MtBE). United States: Environmental protection agency. Office of water Nr. 4304, EPA-822-F-97-009.

GUZZELLA, L. (Prof. am Institut für Mess- und Regeltechnik, ETH Zürich, 2003): Technische Lösungsansätze für eine sinnvolle individuelle Mobilität, Vortrag, gehalten am 20. Jan. 2003 im Rahmen der Wintervortragsreihe der Naturforschenden Gesellschaft Schaffhausen

JOHNSON, R., J. PANKOW, D. BENDER, C. PRICE & J. ZOGORSKI (2000): MTBE, to what extent will past releases contaminate community water supply wells?. Environ. Sci. Technol. 2A-9A

KANTONALES LABORATORIUM SCHAFFHAUSEN (1978): Jahresbericht

KLINGER, J., F. SACHER & H. J. BRAUCH (2002) MTBE (Methyl-tertiär-butylether) – Ein Problemstoff für die Wasserversorgung? Wasser, Abwasser 143 / Nr. 3, 166–171

PANKOW, J. F., N. R. THOMSON, R. L. JOHNSON, A. L. BAEHR & J. S. ZOGORSKI (1997): The urban atmosphere as a non-point source for the transport of MTBE and other volatile organic compounds (VOCs) to shallow groundwater. Environ. Sci. & Technol. 31, 2821–2828

PASTERIS, G., D. WERNER, K. KAUFMANN & P. HÖHENER (2002): Vapor phase transport and biodegradation of volatile fuel compounds in the unsaturated zone: a large scale lysimeter experiment. Environ. Sci. & Technol., 36, 30–39

PIAZZ, F., A. BARBIERI, F. S. VIOLANTE & A. RODA (2001): A rapid and sensitive method for methyl tert-butyl ether analysis in water samples by use of solid phase microextraction and gas chromatography-mass spectrometry, Chemosphere 44, 539–544

PUSCH (Praktischer Umweltschutz Schweiz, 2003): Thema Umwelt: Klimawandel: Auswirkungen und Massnahmen in der Schweiz, Heft Nr. 1

SACHER, F., CH. BAUS & H. J. BRAUCH (2002): Einschätzung und Bewertung von MTBE aus Sicht der Wasserversorgung. Präsentation am MTBE-Workshop vom 5. Dezember 2002 an der EAWAG, Dübendorf

SCHMIDT, T. C. & ST. B. HADERLEIN (2000): Does the use of MTBE pose environmental problems in Switzerland? Results of a pilot study carried out at EAWAG, Dübendorf

SCHMIDT, T. C., H. A. DUONG, M. BERG & ST. B. HADERLEIN (2001): Analysis of fuel oxygenates in the environment, Analyst 126, 405–413

WHO 1998 (world health organization): Methyl-tertiary-butylether, Environmental health criteria 206, WHO, Geneva

WORLD-WIDE FUEL CHARTER (December 2002): Acea, Alliance, EMA or JAMA, Bruxelles, Belgium

Adresse der Autoren:

Kurt Seiler, Hildegard Pfefferli, Roger Biedermann

Amt für Lebensmittelkontrolle der Kantone AR, AI, GL und SH

Amt für Lebensmittelkontrolle und Umweltschutz des Kantons SH

Mühlentalstrasse 184, Postfach

8201 Schaffhausen