

Gibt es einen Unterschied: Mineralwasser aus Glas- oder Kunststoffflaschen?



Katja Klemm

TU Bergakademie Freiberg, 09599 Freiberg (Sachsen), Deutschland

Zusammenfassung. Weltweit erfährt der Einsatz von Polyethylenterephthalat (PET) bei der Produktion von Mineralwasserflaschen starken Zuspruch. Betrachtet man die Umweltauswirkungen der zwei Verpackungsvarianten vom Herstellungsprozess bis zu Entsorgung, so bietet PET aufgrund des geringeren Gewichts, der Bruchfestigkeit und weiterer Eigenschaften deutliche Vorteile.

Es wird vorausgesetzt, dass Verpackungsmaterialien keine Veränderungen der Eigenschaften des Mineralwassers mit sich bringen. Umstritten ist, ob nicht gesundheitsschädigende Substanzen, so genannte Phthalate, aus dem Kunststoff in die wässrige Phase migrieren.

1 Einleitung

Innerhalb des Themas sind drei Fragen zu diskutieren. Erstens, gibt es einen Geschmacksunterschied? Zweitens, können toxische bzw. endokrine Substanzen aus der Flasche oder den Verschlüssen ins Mineralwasser übergehen? Und drittens – Stichwort: Ökobilanz – wie äußert sich dies in der aktuellen Marktsituation?

2 Gibt es einen Geschmacksunterschied?

Um sich mit der Thematik vertraut zu machen, wurde ein simples Experiment durchgeführt. Drei Testpersonen erhielten jeweils ein Glas Mineralwasser des gleichen Herstellers aus einer Brunnenflasche (grünes Glas) und eines aus einer PET- Mehrwegflasche. Die Personen testeten beide Gläser und versuchten Unterschiede festzustellen. Gleichzeitig sollte erkannt werden, welches Mineralwasser aus welcher Flasche stammte.

Zwei der drei Probanden stellten hierbei keinerlei Unterschiede fest und konnten nur raten. Die dritte Person stellte einen unwesentlichen Unterschied im „Prickeln“ des Mineralwassers fest. „Das Wasser aus der Glasflasche“, konstatierte René Birkenfeld, „prickelt mehr.“ Ein Geschmacksunterschied konnte dennoch nicht festgestellt werden. Auf die Feststellung des Gasverlustes bei PET-Mehrwegflaschen wird später noch eingegangen.

Führt man eine Umfrage mit dem Thema, ob es einen Unterschied zwischen Mineralwasser aus Glas- oder Kunststoffflaschen gäbe, durch, so erhält man geteilte Antworten. Die einen meinen, Wasser aus Glasflaschen schmecke „anders“, frischer als aus Kunststoffflaschen, die anderen sind der Ansicht, es wäre kein Unterschied feststellbar.

3 Glas und PET im Vergleich

3.1 Ökobilanzierung

Welche Getränkeverpackung – Glas- oder Kunststoff- Flasche – ist am umweltfreundlichsten?

Um die Umweltbelastungen unterschiedlicher Produkte zu berechnen und miteinander vergleichbar zu machen, dient die Ökobilanz als hilfreiches Instrument. In diese Bilanz fließen nicht nur die Umweltauswirkungen der eigentlichen Herstellung, sondern auch die der Vorprodukte, Hilfs- und Betriebsstoffe mit ein. Ebenso werden alle notwendigen Transportvorgänge, sowie die Umweltauswirkungen durch Entsorgung bzw. Recycling betrachtet.

3.2 Glasflaschen

Der Werkstoff

Glas, ein amorpher Feststoff, zählt zu den ältesten Werkstoffen des Menschen. Archäologische Funde in Ägypten zeigen, dass bereits rund 4000 bis 5000 Jahre vor Christus die Technik der Glasherstellung bekannt war. Die Erfindung der Glasmacherpfeife vor etwa 2000 Jahren ermöglichte die Herstellung von Hohlglas, also von Flaschen und Gläsern. Seit dem Aufkommen der maschinellen Flaschenproduktion 1898 in den USA entwickelte sich die Glasflasche zum Massenprodukt unserer Konsumgesellschaft. (<http://www.bsr.de...>)

Eigenschaften wie Inertheit, die Möglichkeit, Glas in fast jede beliebige Form zu bringen und die Formstabilität selbst bei höheren Temperaturen machen den Werkstoff zu einem idealen Verpackungsmaterial von Getränken.

Ökologische/ ökonomische Bewertung

Zur Herstellung von Glas benötigt man als Hauptrohstoff Quarzsand, sowie Soda, Kalk, Dolomit und Feldspat als Zuschlagstoffe. Diese Rohstoffe sind ubiquitär und lassen sich einfach und umweltschonend fördern (http://www.gdb.de/umwelt/glas_pet.php). Damit weist Glas gegenüber Metallen (Weißblech- oder Aluminiumdosen) oder auch gegenüber dem Erdölprodukt Kunststoff (PET-Flasche) deutliche Vorteile auf. Hinzukommt seine uneingeschränkte Recyclingfähigkeit. Die sorten- und farbreine Sammlung des Altglases stellt dabei eine Voraussetzung dar, um das Material unbegrenzt wieder zu verwenden.

Zur Flaschenproduktion werden ca. 65 % Altglas verwendet. Dies bringt den Vorteil, dass der Schmelzpunkt gesenkt wird und damit gleichzeitig der Energiebedarf um knapp 20 % verringert wird (<http://www.bsr.de...>). Der hohe Energiebedarf der Herstellung wird relativiert, indem Glasflaschen nicht nach einmaligem Gebrauch eingeschmolzen, sondern mehrfach genutzt werden. Mehrweg-Glasflaschen können in ihrer maximal sechsjährigen Lebensdauer bis zu fünfzig Mal wiederbefüllt werden. Grundvoraussetzung ist die Unversehrtheit der Flasche. Wird der umweltbelastende Energieaufwand auf die Anzahl der Befüllungen verteilt, so erzielt die Mehrwegflasche gegenüber dem Recycling von Einwegflaschen deutliche Vorteile, selbst wenn Leerguttransport und Reinigung der Flaschen miteinbezogen werden. (<http://www.bsr.de...>)

2.4 PET-Flaschen

Der Werkstoff

Polyethylenterephthalat, kurz PET, ist ein durch Polykondensation hergestellter thermoplastischer Kunststoff aus der Familie der Polyester (www.wikipedia.de).

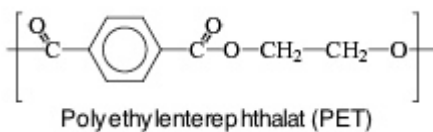


Abbildung 1: Strukturformel

(Quelle: www.wikipedia.de)

PET ist polar gebaut, dadurch entstehen zwischenmolekulare Kräfte. Zusätzlich ist das Molekül von linearer Struktur. Durch diese Eigenschaften ergeben sich eine hohe Bruchfestigkeit und Formbeständigkeit bei einer Temperatur unter 80°C. In der Lebensmittelindustrie wird PET bevorzugt eingesetzt, da es amorph verarbeitet werden kann und in

dieser Form farblos und stark lichtdurchlässig ist. Durch die thermoplastische Formbarkeit eignet sich das Material sehr gut zur Flaschenherstellung. 1990 wurden PET-Flaschen zuerst von der Coca-Cola-Company eingeführt, ab 1995 fand der Kunststoff auch bei der Gesellschaft Deutscher Brunnen Verwendung. Anfangs wurden nur süßliche Getränke in PET-Flaschen abgefüllt, da der Kunststoff mit der Zeit ungefährliches, jedoch nach Wein riechendes Acetaldehyd an die Flüssigkeit abgab. Durch Verbesserung der PET-Verbunde ist seit 1998 die Abfüllung von Mineralwasser in Kunststoffflaschen möglich (www.wikipedia.de).

Ökologische Bewertung

Eine Studie des Fraunhoferinstituts für Lebensmitteltechnologie und Verpackung, Freising zeigt, dass im Vergleich des Energiebedarfs von der Herstellung von Glas- und PET-Flaschen bis zur Entsorgung PET besser abschneidet.

Ein Vorteil von PET zur Flaschenproduktion liegt im geringen Gewicht, so macht bei den heutigen PET-Mehrwegflaschen die Verpackung weniger als sieben Prozent des Gesamtgewichtes aus

(<http://www.bsr.de...>). Hinzukommt Stabilität, Bruchfestigkeit, Transparenz und Geschmacksneutralität.

Im Durchschnitt werden in Deutschland PET-Mehrweg-Gebinde ca. 25 Mal wiederbefüllt. Anschließend wird der Kunststoff geschreddert, eingeschmolzen und zu Fasern verarbeitet, welche z.B. in Kleidungsstücken aus Fleece Verwendung finden. Für die Herstellung neuer Flaschen kann gebrauchtes PET auch verwendet werden.

Nicht nur PET-Mehrwegflaschen weisen eine Zunahme am Marktanteil auf, auch Einwegflaschen verzeichnen seit 1996 Marktzuwachs (UMWELTBUNDESAMT, 2002) Diesen wird das „Öko-Siegel“ jedoch verwehrt und sie sind seit dem 1. Januar 2003 mit Pflichtpfand belegt. Gründe sind darin zu sehen, dass zurzeit nur die Hälfte der gesammelten PET-Flaschen wieder als Recyclingmaterial eingesetzt werden (<http://www.bsr.de...>).

Gasdurchtritt durch Kunststoff

Ein Nachteil der Verwendung von PET besteht im möglichen Gasdurchtritt durch die Kunststoffmatrix. Auf dem Weg der Permeation durchdringen Gase Kunststoffmaterialien, so dass es im Laufe der Zeit zu einem Verlust an Kohlensäure kommen kann. Aus diesem Grund wird die Mindesthaltbarkeitsfrist deshalb mit neun bis zwölf Monaten nach Abfüllung kürzer angegeben als bei glasverpackter Ware (<http://www.gruener-punkt.de...>).

Das Entweichen von Kohlendioxid bzw. das Eindringen von Sauerstoff geschieht, indem die Gase adsorbieren, sich also im Polymer lösen. „Dabei folgen sie einem Konzentrationsgefälle in Richtung der geringeren Konzentration, diffundieren durch die Membran und desorbieren, also entweichen wieder.“, erläutert Dipl.-Ing. Martin Orzinski, wissenschaftlicher Assistent an der Versuchs- und Lehranstalt für Brauerei in Berlin (<http://www.gruener-punkt.de...>). Des Weiteren informiert er, dass der Produktionsprozess von PET-Flaschen konstant verbessert wird. „Barriereverbesserungen ergeben sich [beispielsweise] durch Multilayertechnologien [...]“. Damit werden extrem niedrige Diffusionskoeffizienten erreicht und der „Durchgang von CO₂ und O₂ [wird] quasi verhindert oder zumindest kräftig [reduziert], indem [die Schichten] eine passive Barriere bilden.“, erklärt Herr Orzinski.

2.5 Reaktionen des Verbrauchers – Vergleich der Anteile von PET- und Glasflaschen auf dem aktuellen Markt

Laut dem VDM nimmt der Einsatz von PET-Mehrwegflaschen in den letzten Jahren stetig zu und verdrängt damit Glas-Mehrweg-Flaschen. Dies bestätigt Tabelle 1. Der Marktanteil der PET-Flaschen liegt heute bei rund 40 Prozent aller Getränkeverpackungen (<http://www.gruener-punkt.de...>).

Tabelle 1: Aktuelle Branchendaten (www.vdm-bonn.de)

Anteile Verpackungen	2002	2003	2004
Glas-Mehrweg	62,4 %	58,7 %	51,1 %
PET-Mehrweg	16,1 %	18,7 %	21,0 %
PET-Cycle		6,6 %	8,7 %
PET-Einweg	20,4 %	15,4 %	18,5 %
Sonstige	1,1 %	0,6 %	0,7 %

Bei dem zum Geschmacksvergleich herangezogenen Mineralwasser ergab ein einfacher Blick auf die Rechnung, dass die Glasflasche im Gegensatz zur PET Mehrwegflasche ca. 2,5 Cent pro Liter teurer ist. Die Mehrkosten, welche unter anderem durch den Gewichtsunterschied entstehen, werden somit auf den Verbraucher umgewälzt.

3 Phthalate – Additive in Kunststoffflaschen

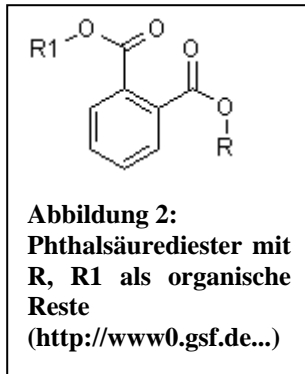
Kunststoffflaschen werden in der Getränkeindustrie wegen ihrer höheren Wirtschaftlichkeit im Vergleich zu Glasflaschen verstärkt eingesetzt. In PET-Flaschen werden jedoch z.T. Weichmacher und Stabilisatoren verwendet, die aus dem Kunststoff gelöst und somit in das Getränk migrieren können. Als Weichmacher werden häufig Phthalate verwendet. Wegen ihres Verdachts auf hormonelle und fruchtbarkeithemmende Nebenwirkungen sowie Begünstigung östrogensensitiver Krebse sind diese Stoffe in Getränken nicht erwünscht.

Begriffsklärung

Phthalate sind Diester aus Benzoldicarbonsäuren, auch als *o*-Phthalsäuren bezeichnet, und verschiedenen aliphatischen Alkoholen. Natürlich entstehen sie bei der Verbrennung von Kohle und Klärschlamm. Durch ihren Einsatz als Weichmacher in Kunststoffen kommen wir täglich mit ihnen in Berührung. Verwendung finden sie auch als Trägersubstanzen für Duftstoffe in Parfums und Körperpflegemitteln. Des Weiteren werden sie als Formulierungsmittel in Pestizidanwendungen, als industrielle Lösemittel und Schmierstoffe sowie als Additive in der Textilindustrie eingesetzt.

Phthalate werden den Kunststoffen, denen elastische Eigenschaften verliehen werden sollen, in mehr oder weniger hohen Konzentrationen (bis zu 40 % Massenanteil) zugesetzt (KORTE, 1992). Sie wirken dabei als so genannte äußere Weichmacher, da sie den Chemismus des Kunststoffes nicht verändern. Aus diesem Grund können sie relativ leicht wieder aus dem Kunststoff herausgelöst werden. Die Extrahierbarkeit der Phthalate aus der polymeren Matrix mit Wasser ist, wegen der geringen Wasserlöslichkeiten, naturgemäß sehr gering und liegt, von wenigen Ausnahmen abgesehen, unterhalb 0,1% (24h, 50°C) (KORTE, 1992). Die Volatilität der Phthalate aus ihrer polymeren Matrix steigt mit zunehmendem Dampfdruck. Die Bedeutung dieser Größen liegt darin, dass diese Eigenschaften für

das Vorkommen und die Verteilung der Phthalate in der Umwelt, aber auch deren Ingestion beim Menschen (Blutkonserven), mitverantwortlich sind.



Die vielseitige Verwendung der Phthalate führt zu einer ubiquitären Verteilung in der Umwelt.

Die biologische Abbaubarkeit ist im Allgemeinen gut, Ausnahmen bilden schlecht wasserlösliche Phthalate wie DEHP. Diese werden als schwer abbaubar eingestuft. Da die Allgemeinbevölkerung diesen Substanzen ständig ausgesetzt ist, besteht großer arbeits- und umweltmedizinischer Wissensbedarf. Dabei stehen heute vor allem endokrine und entwicklungstoxische Wirkungen im Mittelpunkt der

Diskussion. Tierversuche zeigten, dass die Gabe von Phthalaten zu geringerem Gewicht des Fötus, verlangsamter Knochenbildung und bei hohen Konzentrationen zu Missbildungen u.a. von Fortpflanzungsorganen, Nieren und Augen führte (<http://www.arbeitsmedizin.uni-erlangen.de...>).

Eine Arbeitsgruppe der Universität Würzburg stellte 2-Ethylhexansäure (2-EHA) in Babynahrung und Fruchtsäften fest, die in Glasbehältern mit Metalldeckeln verpackt waren (<http://www.bfr.bund.de...>). Salze der 2-EHA werden bei der Herstellung von Dichtmassen als Stabilisatoren verwendet, um Dichtungen hitzestabil zu machen. Die Säure stammt vermutlich aus diesen Salzen. 2-EHA wirkt bei höherer Dosierung im Tierversuch fruchtschädigend. Das ergaben verschiedene Studien zur Reproduktionstoxizität (<http://www.bfr.bund.de...>). Zudem tritt 2-EHA als Metabolit beim Abbau verschiedener als Weichmacher verwendeten Ester, z.B. Di-ethylhexyladipat (DEHA) auf. Die Aufnahme von DEHA führt so zu einer zusätzlichen internen Belastung mit 2-EHA.

4 Untersuchungen

Die EU-Richtlinie 89/109/EWG und das Lebensmittel- und Bedarfsgegenständegesetz (§ 31 LMBG) stellen an Verpackungen für Lebensmittel die Anforderung, dass keine Stoffe auf die Lebensmittel übergehen dürfen. Mineralwasserabfüllungen versichern, dass dies auch nicht der Fall ist. ‚Stiftung Warentest‘ behauptet das Gegenteil. Bei einer Untersuchung 2002 wurde festgestellt, dass Abbauprodukte des PET, beispielsweise Acetaldehyd, ins abgefüllte Getränk übergehen (<http://netzwerk-regenbogen.de...>). Wissenschaftliche Untersuchungen belegen, dass Lebensmittel und Wasser mit Komponenten der Kunststoffbehälter durch Migration kontaminiert werden können (TICE und MCGUINNESS, 1987, ASHBY, 1988, GILBERT et al., 1988). Folglich sind Kenntnisse über Art und Menge der Additive notwendig, um potentielle Gesundheitsrisiken, welche durch diese Substanzen ausgehen, einschätzen zu können. Um die Migration von UV-Stabilisatoren und Antioxidantien, welche dem Abbau von Nahrung und Kunststoff vorbeugen, und den Inhalt von Zusatzstoffen zu verifizieren, sind sensitive und präzise Analysemethoden erforderlich.

Untersuchung auf chemische Unterschiede von Mineralwasser in Kunststoff- und Glasflaschen mittels GC/MS und HPLC

In einem studentischen Projekt der Fachhochschule Bonn-Rhein-Sieg 2003 (<http://fb05.fh-bonn-rhein-sieg.de...>) untersuchte man Mineralwasser in Kunststoff- und Glasflaschen vom gleichen Hersteller qualitativ auf unerwünschte Stoffe. Dabei standen Phthalate im Mittelpunkt. Die Methodik bestand darin, dass die Additive durch Festphasenextraktion herausgelöst, damit aufkonzentriert und anschließend mittels GC/MS sowie HPLC gegen Vergleichssubstanzen identifiziert wurden. Dabei wurde darauf geachtet, dass während der Probenvorbereitung keine phthalathaltigen Materialien mit der Probe in Berührung kamen.

Die Analyse lieferte folgende Ergebnisse. Die Mineralwasserprobe aus der Glasflasche wies keine besonderen Auffälligkeiten auf. Im Chromatogramm der Mineralwasserprobe aus der PET-Flasche waren mehrere Substanzen sichtbar. Dabei ließ sich massenspektrometrisch Diisooctylphthalat (DIOP) identifizieren. Die HPLC-Analyse bestätigte den Nachweis. Hieraus wurde abgeleitet, dass unerwünschte Zusatzstoffe in die Flüssigkeit migrieren können.

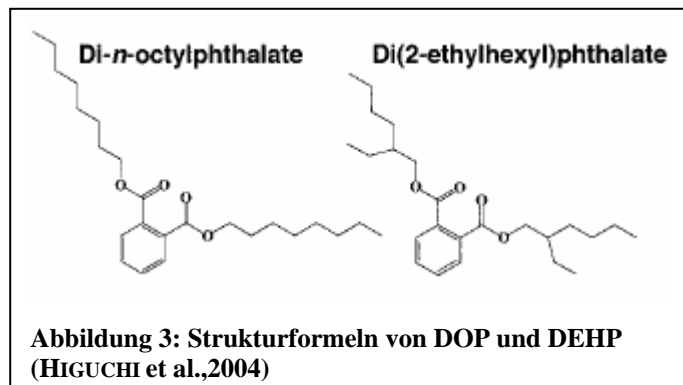
Untersuchung zur Migration von Mutagenen/ Carcinogenen aus PET-Flaschen in Mineralwasser

BISCARDI et al. (2003) führten eine Studie durch, welche sich mit der Abgabe mutagener/ carcinogener Substanzen ins Mineralwasser (natürlich und kohlenensäurehaltig) aus PET-Flaschen beschäftigte. Angewendet wurden ein pflanzlicher Mutagenitätstest (Trad-MCN-Test), der bei Vorhandensein genotoxischer Substanzen Keimzellenmutationen in den *Tradescantia*-Knospen hervorruft, ein Test, welcher die DNA menschlicher Leukozyten schädigt (Comet Test), sowie Gaschromatographie/Massenspektrometrie (GC/MS) zur Charakterisierung der Migranten. Die Wasserproben wurden in einer Abfüllanlage abgeholt und in PET-Flaschen für einen bis zwölf Monate aufbewahrt. Jeden Monat wurden Proben zufällig entnommen und gefriergetrocknet. Die übrig gebliebenen Puder wurden mit organischen Lösungsmitteln extrahiert und dann mit GC/MS analysiert, dem Comet Test unterzogen oder mit destilliertem Wasser wiederhergestellt, um Konzentrationen zum Auslösen der Infloreszenz von *Tradescantia* zu erhalten.

Ein Anstieg an Mikronuclei in den Pollen wurde nur in natürlichem Mineralwasser festgestellt, das 2 Monate gelagert wurde. DNA-schädigende Aktivitäten wurden in vielen natürlichen und kohlenensäurehaltigen Wasserproben nachgewiesen. Bei Quellwasser waren der Trad-MCN-Test und der Comet-Test negativ. Dagegen zeigte Quellwasser, das aus der Abfüllanlage entnommen wurde, DNA-schädigende Effekte. Dies lässt auf Herauslösen genotoxischer Substanzen aus den Abfüllungsrohre schließen. Die GC/MS-Analyse identifizierte in Mineralwasser nach neun Monaten Lagerung in PET-Flaschen Di(2-ethylhexyl)phthalat, eine Verbindung mit carcinogener und teratogener Aktivität. Da DEHP nicht genotoxisch ist, steht die Gegenwart dieser Substanz nicht mit der auftretenden Genotoxizität in Zusammenhang. Damit ergaben die biologischen und chemischen

Analysen Mineralwasserkontaminationen mit genotoxischen/ carcinogenen Verbindungen, welche aber nicht nur aus der Lagerung in PET-Flaschen stammen, sondern auch aus der Abfüllungsrohren der Anlage.

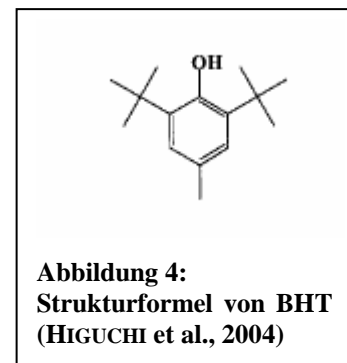
Untersuchung auf endokrin wirksame Substanzen in Mineralwasser



HIGUCHI et al. (2004) untersuchten Trinkwasserproben auf die Existenz hormonell wirksamer Substanzen. Mit der GC/MS-Analyse wurden Dioctylphthalate [Di-*n*-octylphthalat (DOP) und Di(2-Ethylhexyl)phthalat (DEHP)] in der Größenordnung ppb gefunden. Dabei war nicht ausschlaggebend, ob das Wasser

aus Glas- oder PET-Flaschen stammte. Geschlussfolgert wurde daraus, dass die Kontamination vom Abfüllungsprozess stammte und nicht aus dem Kunststoff herausgelöst wurde. Im Mineralwasser der Glasflaschen wurde zusätzlich Butylhydroxytoluen (BHT) entdeckt. Diese Substanz wird als Antioxidationsmittel in Kunststoffen wie Polyethylen, verwendet. Mithilfe der ATR-IR Spektroskopie (Attenuated Total Reflection – Infrared Spectroscopy) wurde herausgefunden, dass die Innenseite der Verschlüsse der Glasflaschen mit Polyethylen abgedichtet war.

Anschließend wurde nachgewiesen, dass die Dioctylphthalate und BHT durch Pervaporation aus der wässrigen Lösung abgetrennt und aufkonzentriert werden können. Hinter dem Begriff Pervaporation verbirgt sich ein technisches Membranverfahren zur Reinigung von Flüssigkeitsgemischen.



SODIS-Analysen zur Migration organischer Komponenten von PET-Flaschen ins Wasser

Das Projekt „Solar Water Disinfection“, kurz SODIS, ist eine Maßnahme, welche die Solarstrahlung nutzt, um pathogene Mikroorganismen, die sich im Wasser aufhalten, untätig zu machen bzw. zu zerstören. Dazu wurden transparente Behälter mit Wasser gefüllt und dem Sonnenlicht ausgesetzt. Gründe für weitere Untersuchungen sind der einfachen Handhabung und den niedrigen Kosten und der damit verbundenen Möglichkeit, dies in Entwicklungsländern zu Reinigung der verschmutzten Gewässer für den Hausgebrauch nutzen, zu sehen.

Ein interdisziplinäres Forschungsteam aus der Schweiz, sowie Feldexperimente Irischer und Malaysischer Forscher beschäftigen sich nun mit der Frage, was geschieht, wenn Wasser in Glas- oder

PET-Flaschen über einen längeren Zeitraum starker Hitze und Sonnenstrahlung ausgesetzt sind (WEGELIN et al., 2001). Dabei stehen die Bildung von Photoprodukten und die Migration von Verbindungen in die Flüssigkeit im Mittelpunkt der Betrachtung. Photoprodukte würden die Effizienz von SODIS minimieren, migrierende Stoffe werfen die Frage nach möglichen Gesundheitsrisiken auf. Da Glas inert ist und damit keine Photoproduktion stattfindet, wären Glasflaschen mit guter UV-A Übertragung ideal für SODIS-Anwendungen. Aber Glas zerbricht leichter, ist schwerer und teurer als Kunststoff. Im Gegensatz zu PVC enthält PET weniger Zusatzstoffe (Photostabilisatoren, Weichmacher), so dass die Auswahl fällt die auf PET-Flaschen.

Mehrere Tests wurden durchgeführt, um die Auswirkungen von Sonnenstrahlung auf eventuelle Herauslösung von Substanzen aus dem Kunststoff und den Übergang in die wässrige Phase nachzuweisen.

Herausgefunden wurde, dass Substanzen, wie Aldehyde, organische Photoprodukte, Additive oder Phthalate entweder gar nicht (Nachweisgrenze: 1 µg/l) oder nur in sehr geringen Konzentrationen, welche die Sicherheit des Trinkwassers nicht gefährden, detektiert wurden. Die angewandten Methoden brachten keinen Nachweis für Migration von eventuell vorhandenen Photoprodukten und Additiven aus dem Kunststoff ins Wasser.

In einer weiteren Studie der EAWAG (MEIERHOFER und WEGELIN, 2003) untersuchte man die Möglichkeit der Migration organischer Komponenten aus PET-Flaschen ins Wasser. Dafür wurden sechs Flaschen 17 Stunden lang Sonnenstrahlung ausgesetzt. Weitere sechs Flaschen wurden zusätzlich auf 60 °C erhitzt. Als Referenz dienten drei Flaschen, welche im Dunkeln bei Zimmertemperatur gelagert wurden. Die Quantifizierung von DEHP und DEHA erfolgte mittels Kopplung von Gaschromatographie und Massenspektrometrie (GC/MS). Des Weiteren wurden mittels full-scan GC/MS-Analyse auftretende Komponenten identifiziert.

Festgestellt wurde, dass die Gehalte an DEHA und DEHP, die im Wasser der PET-Flaschen, im Bereich des Hintergrundwertes, den Wasser in Glasflaschen darstellt, liegen. Diese Gehalte rühren somit von der ubiquitären Präsenz von Spuren der Weichmacher her.

5 Diskussion

Ob man nun zu Mineralwasser aus PET- oder Glasflaschen greift, entscheidet jeder nach seinem Belieben. Schließlich geht es für den Normalverbraucher um den Geschmack und er schenkt Mineralwasserabfüllern Vertrauen für die Unbedenklichkeit der Produkte.

Auf Grund der vielen Vorteile – Gewicht, Kostenersparnis, spezifische Eigenschaften und weiteres – wird die Glasflasche heute von der PET-Flasche vom Markt verdrängt.

Die vorliegenden Studien zeigen jedoch, dass weiterhin Entwicklungsbedarf besteht, um Lebensmittel vor dem Eintrag organischer Substanzen aus der Verpackung zu schützen und somit eventuelle

gesundheitsschädigende Wirkungen auf den Menschen zu unterbinden. Außerdem sollte bedacht werden, dass die PET-Flasche ein Produkt aus Rohöl darstellt. Bei weiterer Verknappung der Rohstoffe wird es an den Wissenschaftlern liegen, ob weiterhin Kunststoffe in derart immensem Einsatz bleiben.

Literatur

BISCARDI, D., MONARCA, S., DE FUSCO, R., SENATORE, F., POLI, P., BUSCHINI, A., ROSSI, C., ZANI, C. (2003): Evaluation of the migration of mutagensycarcinogens from PET bottles into mineral water by *Tradescantiaymicronuclei* test, Comet assay on leukocytes and GC/MS. In: Science of the Total Environment 302, Ausgabe 1-3, Seiten 101-108

HIGUCHI, A., YOON, B.O., KANEKO, T., HARA, M., MAEKAWA, M., NOHMI, T. (2004): Separation of endocrine disruptors from aqueous solutions by pervaporation: Dioctylphthalate and butylated hydroxytoluene in mineral water. In: Journal of Applied Polymer Science 94, Seiten 1737-1742

KORTE, F. (Hrsg.) (1992): Lehrbuch der Ökologischen Chemie – Grundlagen und Konzepte für die ökologische Beurteilung von Chemikalien. 3. Auflage, Thieme Verlag, Stuttgart, New York

WEGELIN, M., CANONICA, S., ALDER, C., MARAZUELA, D., SUTER, M. J.-F., BUCHELI, TH. D., HAEFLINGER, O. P., ZENOBI, R., MCGUIGAN, K.G., KELLY, M.T., IBRAHIM, P., LARROQUE, M. (2001): Does sunlight change the material and content of polyethylene terephthalate (PET) bottles? – In: Journal of Water supply Research and Technologie – AQUA. 50.3, S. 125 – 133

MEIERHOFER, R., WEGELIN, M. (2003): Migration of organic components from polyethylene terephthalate (PET) bottles to water, Report 429670, EMPA

UMWELTBUNDESAMT (Hrsg.) (2002): Ökobilanz für Getränkeverpackungen für Alkoholfreie Getränke und Wein II

Internet

http://www.bsr.de/bsr/download/alles_oeko_oder_was.pdf (09.12.2005)

http://www.arbeitsmedizin.uni-erlangen.de/Koch_Phthalate.htm (29.12.2005)

www.wikipedia.de (29.12.2005)

http://www.gdb.de/umwelt/glas_pet.php (29.12.2005)

http://www.gruener-punkt.de/Bis_hierhin_und.1333.0.html (03.01.2006)

www.vdm-bonn.de (02.01.2006)

http://fb05.fh-bonn-rhein-sieg.de/data/anna/Projekte/PosterKunststoffflaschen_2003.pdf (04.01.2006)

<http://www.lichtenauer.com/produkte/lexikon/details.php?id=101> (03.01.2006)

http://www.bfr.bund.de/cm/208/taegliche_aufnahme_von_diethylhexylphthalat.pdf (08.01.2006)

<http://www0.gsf.de/flugs/muttermilch9.phtml> (08.01.2006)