

Verpackungsmaterial aus Polyethylenterephthalat (PET)



Einleitung

Kunststoffflaschen aus Polyethylenterephthalat (PET) haben im letzten Jahrzehnt einen sehr hohen Marktanteil erlangt. Sie ersetzen zunehmend Glasflaschen, Dosen und auch Getränkekartons. PET-Flaschen werden überwiegend als Einwegflaschen eingesetzt. Der Mehrweganteil hat sich in Deutschland aber bei etwa 10 % der Gesamtmenge an PET-Flaschen stabilisiert.

Die ersten Polyester wurden in den 1930er Jahren hergestellt. Damals verwendete man Polyester hauptsächlich für Kunstfasern, welche z. B. unter den Handelsnamen Trevira® und Diolen® vermarktet wurden. Noch heute wird ein Großteil des weltweit produzierten PET-Materials für Fasern verwendet. Beispielsweise bestehen Fleece-Pullover aus PET. Etwas später konnte man aus PET auch Verpackungsfolien herstellen. Für Filmrollen oder Magnetbänder wurden ebenfalls PET-Folien als Träger genutzt. In den 1970er Jahren gelang es schließlich aus PET auch Flaschen herzustellen. Ende der 1980er Jahre wurden die ersten PET-Flaschen in Deutschland auf den Markt gebracht. Zunächst wurden die PET-Flaschen nur für Süßgetränke verwendet, allmählich setzten sich PET-Flaschen dann auch als Mineralwassergebinde durch.

PET wird aus Terephthalsäure (einer Dicarbonsäure) und Ethylenglykol (einem Dialkohol) hergestellt. Beide Substanzen verbinden sich zu langen Polymerketten. Als Reaktionsprodukt entsteht Wasser. Die Polymerisationsreaktion verläuft mehrstufig. Zunächst wird ein sogenanntes Präpolymer hergestellt, welches dann in der Schmelze weiter zu längeren Ketten polymerisiert wird. Die Reaktion benötigt wie die meisten Polymerisationsreaktionen einen Katalysator. Für die Anwendung in PET-Flaschen wird das Polymer dann schließlich in einem weiteren Herstellungsschritt über mehrere Stunden als Granulat erhitzt. Dadurch wird ein Polyester Polymer erhalten, welche die richtigen Eigenschaften zum Herstellen von PET-Flaschen ausweist.

PET als Verpackungsmaterial

PET ist ein farbloses, transparentes Polymer, welches nahezu unzerbrechlich und gut recycelbar ist. Diese guten Eigenschaften führten zur weiten Verbreitung von PET als Verpackungsmaterial für Getränke. Im Gegensatz zur Getränkedose oder dem Getränkekarton ermöglicht die Transparenz den Blick auf das Getränk. Die Unzerbrechlichkeit von PET ist ein Vorteil gegenüber der Glasflasche. Weiterhin ist PET, verglichen mit Glas, deutlich leichter. Heutzutage wiegen PET-Einwegflaschen nur etwa 20 g bis 30 g. Eine Glasflasche mit vergleichbarem Inhalt würde etwa 25x mehr wiegen. PET-Mehrwegflaschen sind durch die etwas dickere Flaschenwand und dem robusteren Boden etwas schwerer. Das geringe Gewicht wirkt sich günstig auf die Transportkosten aus. Zudem werden PET-Einwegflaschen als sogenannte Vorformlinge (Preforms) zu den Abfüllbetrieben transportiert und erst dort zu den fertigen Flaschen geblasen. Dies ermöglicht eine deutlich höhere Auslastung der Transportmittel.

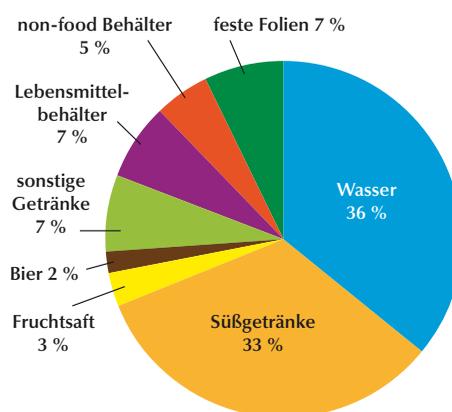
Im Verpackungsbereich wird PET für Folien, Schalen (Trays) und Flaschen verwendet. Dominierend im Verpackungsbereich sind Getränkeflaschen: Etwa 80 % des Materials wurde 2014 für Getränke verwendet, knapp 70 % davon für Mineralwässer und Süßgetränke (Abbildung 2).

PET-Flaschen werden in einem zweistufigen Prozess hergestellt. Das PET-Granulat wird bei etwa 280 °C geschmolzen und zum Preform verarbeitet. Dieser Preform hat bereits das spätere Gewinde, ist jedoch klein und kann wie bereits erwähnt gut transportiert werden. Der Preform wird kurz vor dem Füllprozess nochmals auf etwa 120 °C erwärmt und in seine endgültige Flaschenform aufgeblasen. Bei PET-Einwegflaschen erfolgt dieser Schritt direkt beim Abfüller. PET-Mehrwegflaschen werden als fertige Flaschen an den Abfüller geliefert. Durch den sogenannten „Streckblasprozess“ wird das PET-Material teilweise kristallisiert. Ein Herstellungsprozess mit teilkristallinen Bereichen vermindert zwar etwas die Transparenz, verbessert aber die Stabilität der PET-Flaschen und die Barriere gegenüber Sauerstoff und Kohlensäure. Vollständig kristallines PET ist undurchsichtig (opak) und wird zum Beispiel für Mikrowellenschalen verwendet.

Abbildung 1: Preforms und PET-Flasche



Abbildung 2: Weltweiter Verbrauch an PET-Verpackungen für 2014 (ohne Fasern) nach Anwendungen (Gesamtmenge ca. 16 Mio. t)



Lebensmittelrechtliche Konformität von PET-Flaschen

Zwischen allen Verpackungen und dem Lebensmittel treten Wechselwirkungen auf. Beispielsweise kann Sauerstoff von außen in die Verpackung eindringen oder Kohlensäure kann in geringen Mengen durch die Flaschenwand entweichen. Zudem kann es zum Übergang (Migration) von Polymerinhaltsstoffen aus der Verpackung in das Getränk kommen. Im Sinne des gesundheitlichen Verbraucherschutzes sollte diese Migration auf ein Mindestmaß reduziert werden. Die eingesetzten Rohstoffe wie zum Beispiel die Monomere Ethylenglykol und Terephthalsäure oder der Katalysator Antimontrioxid sowie andere verwendete Substanzen sind zusätzlich mit Grenzwerten belegt. Ebenfalls hat das als Additiv für PET-Flaschen zugelassene Anthranilamid einen spezifischen Migrationsgrenzwert (Tabelle 1). Zusätzlich zu diesen spezifischen Grenzwerten ist auch die Gesamtheit aller Substanzen beschränkt, welche in das Lebensmittel übergehen dürfen.

Die Migration von Substanzen aus der Verpackung in das Getränk ist generell bei Kunststoffen nicht auszuschließen. PET hat jedoch im Vergleich zu anderen Kunststoffen sehr inerte Eigenschaften. Dies führt dazu, dass Substanzen aus der Verpackung nur in einem sehr geringen Umfang in das Getränk übergehen. Trotzdem müssen die Getränkeabfüller die Migration aus PET-Flaschen analysieren und bewerten und die entsprechenden Bescheinigungen vorhalten. Generell gilt: Die Migration ist umso geringer, je kürzer die Lagerzeit und je niedriger die Temperatur ist.

Gesamtmigration

Der Grenzwert für die Summe aller Substanzen, die in das Lebensmittel übergehen dürfen, liegt bei 10 mg pro 1 dm² Verpackungsfläche. Die gemessenen Werte für die Gesamtmigration bei PET-Flaschen liegt normalerweise bei etwa 0,1 mg pro dm², also um einen Faktor von 100 unterhalb des Grenzwertes [1].

Monomere

Die Migration der beiden Monomere Ethylenglykol und Terephthalsäure ist ebenfalls sehr gering. Die gesetzlichen Grenzwerte für die Migration von Monomeren wie Ethylenglykol und Terephthalsäure aus PET-Flaschen können praktisch nicht überschritten werden [1].

Katalysator Antimon

Antimontrioxid wird als Katalysator bei der Polymerisation von PET verwendet. Prinzipiell bleiben Katalysatoren nach der Polymerisation im PET zurück. Daher muss die Migration der Katalysatorreste überprüft werden. Es wurden auch alternative Katalysatoren entwickelt, meist auf Basis der Elemente Titan oder Germanium. Diese alternativen Katalysatoren haben sich jedoch bislang nicht bei PET-Flaschen durchgesetzt.

Im Vergleich zu Glasflaschen, welche kein Antimon enthalten, ist die Migration von Antimon bei PET-Flaschen höher. Aus diesem Grund kam es in den letzten Jahren immer wieder zu Medienberichten, welche über höhere Migrationswerte im Vergleich zu Glasflaschen berichteten. Wie alle Substanzen, die zur Herstellung von PET verwendet werden, unterliegt auch Antimon in Europa gesetzlichen Auflagen. Es darf aus einer PET-Flasche maximal 0,04 mg Antimon in ein Liter Getränk übergehen. Trinkwassergrenzwerte für Antimon liegen deutlich niedriger als der Migrationsgrenzwert aus Verpackungen. In Europa darf beispielsweise maximal 0,005 mg Antimon pro Liter Trinkwasser nachgewiesen werden. Der im Vergleich zu Verpackungen deutlich niedrigere Trinkwassergrenzwert begründet sich darin, dass Trinkwasser zusätzlich auch zum Kochen und Waschen verwendet wird. Der Gesetzgeber wird diesem Umstand durch einen niedrigeren Grenzwert gerecht.

Die Migration von Antimon aus PET-Flaschen in das Getränk ist ebenfalls sehr niedrig. Der Grenzwert von Antimon bei PET-Flaschen kann innerhalb der angegebenen Haltbarkeit des Getränks nicht überschritten werden, selbst wenn die Flaschen über Jahre hinweg bei erhöhten Temperaturen (z. B. Tropenklima) gelagert werden. Der niedrigere Trinkwassergrenzwert kann ebenfalls nicht überschritten werden [2]. Die in den Zeitungsberichten vorgebrachten Bedenken sind daher unbegründet. Allerdings wird zu Recht darauf hingewiesen, dass die Migration von Antimon in Getränke bei PET-Flaschen höher ist als bei Glasflaschen.

Acetaldehyd

Acetaldehyd ist ein Nebenprodukt bei der Herstellung von PET. Es entsteht, wenn man PET bei hohen Temperaturen schmilzt, beispielsweise bei der Herstellung der PET-Preforms. Acetaldehyd kommt jedoch nicht nur in PET vor. Beispielsweise enthalten viele Getränke und Lebensmittel von Natur aus geringe Mengen an Acetaldehyd (Tabelle 1). Von daher sind Spuren von Acetaldehyd in Mineralwasser gesundheitlich unbedenklich. Allerdings ruft Acetaldehyd in Mineralwasser ein süßliches Fehlaroma hervor. Ab einer Konzentration von 0,02 mg Acetaldehyd pro Liter Mineralwasser kann der durchschnittliche Verbraucher Acetaldehyd geschmacklich wahrnehmen. Dieses Fehlaroma in Mineralwasser ist natürlich unerwünscht. Die Hersteller von PET-Flaschen haben daher zusammen mit den Mineralbrunnen die Herstellungsverfahren von PET-Flaschen optimiert und so die Migration von Acetaldehyd verringert. Typischerweise liegt die Konzentration von

Tabelle 1: Substanzen in PET und deren spezifische Migrationsgrenzwerte

Substanz	spezifischer Migrationsgrenzwert
Acetaldehyd	6 mg/l
Ethylenglykol und Diethylenglykol	30 mg/l
Terephthalsäure	7,5 mg/l
Isophthalsäure	5 mg/l
Antimontrioxid	0,04 mg/l
Anthranilamid	0,05 mg/l

Acetaldehyd in der PET-Flaschenwand bei 1 bis 2 mg/kg. Dies ermöglicht eine Haltbarkeit von etwa 9 Monaten (Abbildung 3).

Bei Süßgetränken, Säften und Bier spielt diese geschmackliche Beeinträchtigung durch Acetaldehyd keine Rolle, weil die Konzentration von Acetaldehyd im Getränk selbst bereits deutlich höher ist als die Migration aus der PET-Flasche (Tabelle 2).

Anthranilamid

Geringe Mengen an Acetaldehyd können in das Mineralwasser übergehen und dort ein süßliches Fehl aroma auslösen. Um dies zu verhindern, wird bei der Herstellung der PET-Flaschen das Additiv Anthranilamid verwendet, welches Acetaldehyd chemisch bindet und die Konzentration von Acetaldehyd in der PET-Flaschenwand dadurch verringert. Dies führt zu einer geringeren Migration von Acetaldehyd in das Mineralwasser, wodurch die Geschmacksschwelle von Acetaldehyd in Mineralwasser innerhalb des Haltbarkeitszeitraums nicht mehr überschritten wird (Abbildung 3). Das eingesetzte Additiv Anthranilamid kann jedoch wiederum selbst in das Mineralwasser migrieren. Die Konzentrationen an Anthranilamid in Mineralwasser bleiben jedoch unterhalb des gesetzlich erlaubten Migrationsgrenzwerts [4]. Bei PET-Flaschen für Süßgetränke, Saft und Bier wird kein Anthranilamid eingesetzt.

Enthält PET Weichmacher?

Weichmacher werden verschiedenen Kunststoffen zugesetzt, um die Materialeigenschaften der Kunststoffe zu beeinflussen. In der Regel handelt es sich hierbei um Phthalsäureester oder Adipinsäureester. Weichmacher dienen dazu, Kunststoffe „weicher“ zu machen. Bei Polyvinylchlorid (PVC) zum Beispiel ist das notwendig. Bei PET ist es jedoch gerade erwünscht, dass die Flaschen hart und steif sind. Dadurch können die PET-Flaschen dünner gestaltet werden und es verringert sich das Flaschengewicht. Weiterhin können die Flaschen dadurch auf den Paletten besser gestapelt werden. Von daher wäre es gar nicht sinnvoll den PET-Flaschen Weichmacher zuzusetzen. PET-Flaschen enthalten daher keine Weichmacher.

Die als Monomer eingesetzte Terephthalsäure klingt vom Namen her sehr ähnlich wie die für Weichmacher verwendete Ausgangssubstanz Phthalsäure. Daher wird oftmals fälschlicherweise ein Zusammenhang zwischen PET und Weichmachern hergestellt. Chemisch gesehen sind Weichmacher jedoch kleine Moleküle, die sich zwischen die langen Polymerketten schieben und so das Polymer flexibler („weicher“) machen. PET ist dagegen ein sehr großes, ein sogenanntes Makromolekül.

Enthält PET Bisphenol A?

Bisphenol A ist eines der Monomere von Polycarbonat (PC). Bisphenol A und auch Polycarbonat werden jedoch nicht zur Herstellung von Mineralwasserflaschen verwendet. Eine Anwendung von Polycarbonat waren Baby-Fläschchen. Polycarbonat bringt hier die notwendigen Materialeigenschaften mit sich. Zum Beispiel können diese Flaschen wiederholt ausgekocht und so sterilisiert werden, was mit PET-Flaschen nicht möglich wäre. Baby-Fläschchen aus Polycarbonat können somit Spuren des Monomers Bisphenol A abgeben. Bisphenol A wird als eine hormonaktive Substanz eingestuft. Um seiner Sorgfaltspflicht nachzukommen, hat der Gesetzgeber jedoch vorsorglich die Verwendung von Bisphenol A zur Herstellung von Baby-Fläschchen verboten. Für die Herstellung von PET-Flaschen wird kein Bisphenol A verwendet.

Abbildung 3: Migration von Acetaldehyd in Mineralwasser (1 l Flasche) in Abhängigkeit der Lagerzeit und der Flaschenwandkonzentration (rote Linie: Geschmacksschwelle 0.02 mg/l)

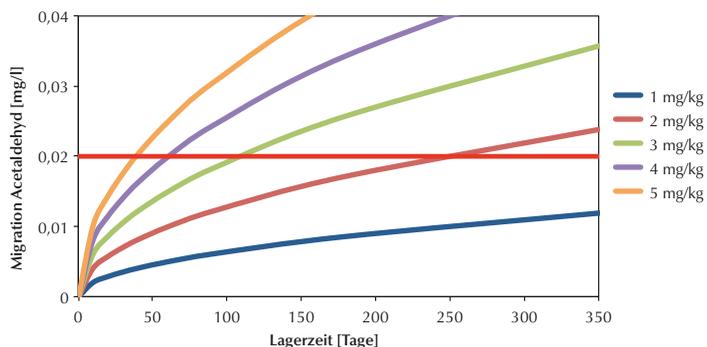


Tabelle 2: Konzentrationen von Acetaldehyd in Lebensmitteln [3]

Lebensmittel	Konzentration [mg l ⁻¹ bzw. mg kg ⁻¹]
Essig	20 bis 1060
Brot	4,9 bis 10,0
Wein, Sekt	2,5 bis 493
Zitrusfrüchte	1,2 bis 230
Orangensaft	0,7 bis 192
Joghurt	0,7 bis 76
Bier	0,6 bis 63
Apfelsaft	0,2 bis 11,8
Mineralwasser in PET-Flaschen (höchste Konzentrationen)	0,03 bis 0,04
Mineralwasser in PET-Flaschen (typischer Wert)	< 0,01
Geschmacksschwelle von Acetaldehyd in Mineralwasser	ca. 0,02
Grenzwert in Europa für die Migration aus Verpackungen	6

Hormonell wirksame Substanzen in PET-Flaschen?

Im Jahr 2009 wurde in den Medien berichtet, dass aus PET-Flaschen hormonaktive Substanzen in Mineralwässern gelangen. Hormonaktive Substanzen wirken beim Menschen ähnlich wie das natürliche Hormon Östradiol. Daher drückt man die Konzentrationen in Östradiol-Äquivalenten aus. Als Spitzenwert wurden angeblich 75 ng (Nano-Gramm, ein Milliardstel Gramm) Östradiol-Äquivalente in einem Mineralwasser in PET-Flaschen nachgewiesen. Die dafür verantwortlichen Substanzen wurden jedoch nicht gefunden. Das Deutsche Bundesinstitut für Risikobewertung (BfR) veröffentlichte umgehend eine Bewertung und kam darin zum Schluss, dass die Ergebnisse keinen Rückschluss auf die Herkunft derartiger hormonell wirkender Substanzen aus PET-Flaschen zulassen [5]. In mehreren daraufhin durchgeführten Studien durch nationale Überwachungslabors wurden Mineralwasserproben untersucht [6,7]. Die gefundenen Konzentrationen lagen bei maximal 5 pg (Piko-Gramm, ein Billionstel Gramm) pro Liter Mineralwasser, also um etwa einen Faktor 15000 niedriger als die ursprünglich diskutierten 75 ng. Eine Übersicht der Literatur zu endokrin wirksamen Substanzen in Mineralwasser gibt Lit. [9].

Die Weltgesundheitsorganisation WHO [8] leitet eine zulässige Tagesdosis für Östradiol von 3 µg (Mikro-Gramm, ein Millionstel Gramm) pro Person und Tag ab. Dieser Wert bezieht sich auf eine Person mit einem Körpergewicht von 60 kg. Die gefundenen Konzentrationen im Bereich von 5 pg Östradiol-Äquivalente pro Liter Mineralwasser liegen demnach einen Faktor von etwa 600.000 darunter. Die Medienberichte aus dem Jahre 2009 sind daher unbegründet. Weder konnten die hohen Konzentrationen an Östradiol-Äquivalenten durch Folgestudien bestätigt werden, noch stellen die Konzentrationen eine Gesundheitsgefahr für den Verbraucher dar.

Recycling von PET-Flaschen

PET-Flaschen sind im Verpackungsrecycling in jeglicher Hinsicht ein Sonderfall. Sie haben einen hohen Anteil am Verpackungsaufkommen und können sehr gut automatisch aussortiert werden. Dadurch fallen hohe Mengen an gebrauchten (post-consumer) PET-Flaschen an, welche recycelt werden können. In den letzten Jahren ist die Sammelmenge in Europa stark angestiegen. Im Jahr 2014 wurden europaweit 1,7 Mio. Tonnen gebrauchte PET-Flaschen gesammelt und dem Recycling zugeführt (Abbildung 4).

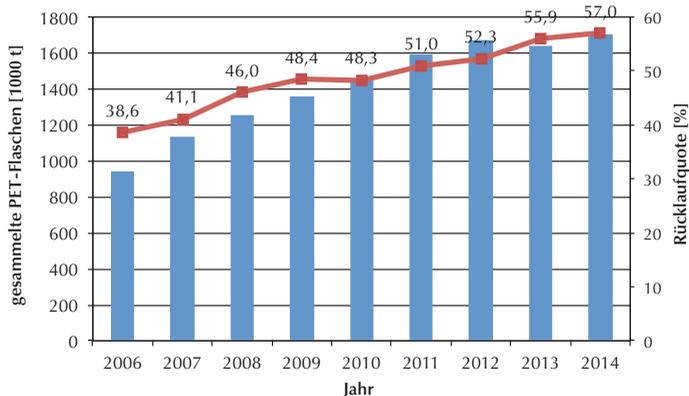
Europaweit werden damit etwa 57 % aller am Markt befindlichen PET-Flaschen wieder eingesammelt und recycelt. In einigen Ländern wie Deutschland, Island, Norwegen und der Schweiz ist die Rücklauf-Quote bei etwa 90 %.

PET ist zu 100 % recycelbar, das heißt, es kann nahezu beliebig oft wieder eingeschmolzen werden. Im PET-Recycling werden die Flaschen zunächst zerkleinert und die Etiketten und die Verschlüsse entfernt. Nach einem Waschprozess steht das Rezyklat wieder als Ausgangsstoff für hochwertige Produkte zur Verfügung, zum Beispiel für Fleece-Pullover, Schlafsäcke oder Dämmmaterialien. Die stetige Weiterentwicklung von Recyclingprozessen führte in den zwei letzten Jahrzehnten auch zu PET-Rezyklaten, welche wieder in neue PET-Flaschen eingearbeitet werden können [9]. Aus einer PET-Flasche wird also wieder eine neue PET-Flasche. Dies erfordert jedoch zusätzliche Reinigungsschritte, die sogenannten „super-clean“ Recyclingprozesse. Super-clean Prozesse unterliegen einer Zulassung durch die Europäische Lebensmittelsicherheitsbehörde EFSA. So ist gewährleistet, dass nur Recyclingbetriebe mit einem effektiven Reinigungsprozess und einem Qualitätssicherungskonzept „super-clean“ Rezyklate produzieren dürfen, welche dann in die PET-Flaschen eingearbeitet werden dürfen. Unter dem Gesichtspunkt der Migration sind diese Rezyklate nicht mehr von PET-Neuware zu unterscheiden. PET-Flaschen mit Rezyklat sind daher genauso sicher wie Flaschen aus PET-Neuware. Der Rezyklatanteil in PET-Flaschen kann bis zu 100 % betragen. PET-Flaschen aus 50 % Rezyklat sind heutzutage Standard.

Fazit

Durch die sehr guten Eigenschaften wie Transparenz, Recyclingfähigkeit und ein geringer Übergang von Substanzen in das Lebensmittel hat PET sich als Verpackungsmaterial einen großen Anteil geschaffen, insbesondere bei Getränken. Und dieser positive Trend scheint ungebrochen. Marktforschungsinstitute sagen

Abbildung 4: Entwicklung der Sammelmengen an gebrauchten PET-Flaschen in Europa und deren Rücklaufquote



PET-Verpackungen ein weltweites Wachstum von jährlich knapp 4 % voraus. Negativmeldungen zu PET wie Weichmacher, Bisphenol A und hormonähnlichen Substanzen, welche angeblich in PET-Flaschen gefunden wurden, haben sich dagegen nicht bestätigt. PET ist daher ein gutes Verpackungsmaterial mit einer erfolgreichen Zukunft.

Literatur

- [1] A. Störmer, R. Franz, F. Welle, New concepts for food Law compliance testing of polyethylene terephthalate bottles, Deutsche Lebensmittel-Rundschau, 2004, 100(2), 47-52
- [2] F. Welle, R. Franz, Migration of antimony from PET bottles into beverages: Determination of the activation energy of diffusion and migration modelling compared to literature data, Food Additives and Contaminants, 2011, 28(1), 115-126.
- [3] L. M. Nijssen, C. A. van Ingen-Visscher, J. J. H. Donders, VCF (Volatile Compounds in Food) database, TNO, Zeist, The Netherlands, 2009. Available online <http://www.vcf-online.nl>
- [4] R. Franz, M. Gmeiner, A. Gruner, D. Kemmer, F. Welle, Diffusion behaviour of the acetaldehyde scavenger 2-aminobenzamide in polyethylene terephthalate for beverage bottles, Food Additives and Contaminants, 2016, 33(2), 364-372.
- [5] Hormonell wirkende Substanzen in Mineralwasser aus PET-Flaschen, Information Nr. 006/2009 des BfR vom 18. März 2009 zu einer Studie der Universität Frankfurt am Main.
- [6] B. J. Brüscheweiler, P. Y. Kunz, Hormonaktive Substanzen in abgepacktem Mineralwasser? Schweizerisches Bundesamt für Gesundheit BAG Bulletin 14/11 2011.
- [7] K. Bopp, B. Kuch, M. Roth, Hormonelle Aktivität in natürlichen Mineralwässern? Deutsche Lebensmittel-Rundschau, 2010, 106(7), 489-500.
- [8] Evaluations of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (JECFA): Estra-1,3,5(10)-triene-3, 17-beta-diol, CAS No. 50-28-2, available online: <http://apps.who.int/ipsc/database/evaluations/chemical.aspx?chemID=1835>
- [9] F. Welle, Hormone in Mineralwasser? Eine kritische Analyse, Deutsche Lebensmittel-Rundschau, 2014, 110(4), 162-166.
- [10] F. Welle, Twenty years of PET bottle to bottle recycling – An overview, Resources, Conservation and Recycling, 2011, 55(11), 865-875.

Autor:

**Dr. Frank Welle, Fraunhofer Institut für Verfahrenstechnik und Verpackung IVV,
Giggenhauser Straße 35, 85354 Freising, Welle@ivv.fraunhofer.de**

Kontakt:

Dr.-Ing. Annette Schmelzle, DLG-Fachzentrum Lebensmittel, A.Schmelzle@DLG.org

**In Zusammenarbeit mit dem DLG-Ausschuss für Lebensmitteltechnologie
(www.DLG.org/lebensmitteltechnologie.html).**

© 2016

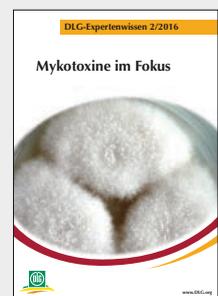
Alle Informationen und Hinweise ohne jede Gewähr und Haftung. Vervielfältigung und Übertragung einzelner Textabschnitte, Zeichnungen oder Bilder – auch für den Zweck der Unterrichtsgestaltung – nur nach vorheriger Genehmigung durch DLG e.V., Marketing, Eschborner Landstraße 122, 60489 Frankfurt am Main.

DLG-Expertenwissen: Kompakte Informationen zu aktuellen Themen der Lebensmittelbranche

Expertenwissen, Trends und Strategien aus erster Hand. In zahlreichen Publikationen informiert die DLG regelmäßig über aktuelle Themen und Entwicklungen in den Bereichen Lebensmitteltechnologie, Qualitätsmanagement, Sensorik und Lebensmittelqualität.

In der Reihe „DLG-Expertenwissen“ greifen Experten aktuelle Fragestellungen auf und geben kompakte Informationen und Hilfestellungen. Die einzelnen Ausgaben der DLG-Expertenwissen stehen als Download zur Verfügung unter: www.DLG.org/publikationen.html.

Weitere Informationen zu den DLG-Expertenwissen: DLG e.V., Marketing, Guido Oppenhäuser, E-Mail: G.Oppenhauer@DLG.org



DLG e.V.
Fachzentrum Lebensmittel
Eschborner Landstr. 122
60489 Frankfurt a. M.
Tel.: +49 69 24788-311
Fax: +49 69 24788-8311
FachzentrumLM@DLG.org
www.DLG.org