



DUH-Hintergrund

Kreislauf oder Talfahrt? Verpackungsrecycling in der Praxis

Von Maria Elander und Miklas Hahn

1 Verpackungsrecycling und geschlossene Stoffkreisläufe: ein wichtiger Beitrag zur Ressourceneffizienz und Rohstoff- sicherung

Durch Recycling geschlossene Stoffströme sparen in großen Mengen Rohstoffe und Energie ein – und dienen daher sowohl dem Ressourcen- als auch dem Klimaschutz. Die in den vergangenen Jahren deutlich gestiegenen Rohstoffpreise machen im ressourcenarmen Deutschland das Recycling immer rentabler. Die deutsche Volkswirtschaft spart durch Erzeugung und Einsatz von Sekundärrohstoffen jedes Jahr Rohstoffimporte in Höhe von rund 3,7 Milliarden EUR ein. Davon gehen allein 2,2 Milliarden Euro auf das Konto eingesparter Energie, die unter anderem zur Neu-Erzeugung der Materialien nötig gewesen wäre.¹

Doch Recycling ist ein dehnbarer Begriff und die verschiedenen Verpackungsabfälle werden nicht immer gleich hochwertig verwertet. Dies liegt zum Teil am steigenden Kostendruck beim Verpackungsrecycling: Dumpingorientierte Entsorgungsangebote lassen zunehmend weniger Spielraum für eine hochqualitative Sammlung und Verwertung aller Verpackungsmaterialien. Der Entsorger, der auf Qualität achtet, macht dies oft auf eigene Kosten – ohne dadurch einen entsprechenden Wettbewerbsvorteil zu erlangen. Aber die Möglichkeiten für ein hochwertiges Recycling werden auch bereits durch die Eigenschaften der jeweiligen Verpackungsmaterialien sowie die Zusammensetzung der Verpackungsmaterialien bestimmt.

Die verschiedenen Verpackungsmaterialien haben unterschiedliche ökologische und wirtschaftliche Vorzüge, aber auch Nachteile. Ob ein hochwertiges Recycling, bei dem die Sekundärrohstoffe für die Herstellung neuer Verpackungen benutzt werden können (echte Schließung von Stoffkreisläufen), durchgeführt werden kann oder ob das Recycling unvermeidbar nur einen niederwertigen Einsatz der Sekundärstoffen erlaubt (Downcycling), hängt unmittelbar von den Eigenschaften der verwendeten Materialien ab.

¹ Institut der deutschen Wirtschaft Köln (IW), (2006).

2 Aktuelle Entwicklung des Verpackungsverbrauches für Glas, Kunststoff und Getränkekartons in Deutschland

Nach aktuellen Studien der Gesellschaft für Verpackungsmarktforschung (GVM) fielen im Jahr 2006 insgesamt 15,9 Millionen Tonnen Verpackungen an. Der Gesamtverbrauch von Verpackungen (aus Glas, Weißblech, Aluminium, Kunststoffen, Papier, Flüssigkeitskartons) betrug 13,1 Millionen Tonnen. Im Bereich privater Endverbraucher fielen im Jahr 2006 7,0 Millionen Tonnen Verpackungen an.

Dabei lassen sich folgende Entwicklungen bei den verschiedenen Verpackungsarten beobachten:²

- Glas nimmt weiterhin als Verpackungsmaterial ab. Die erfassten Mengen Altglas aus Haushalten gingen in 2005 um weitere 4% zurück, weil erneut weniger Behälterglas in Verkehr gebracht wurde. Bereits in 2004 war die Erfassungsmenge aus Haushalten um 8% zurückgegangen.
- Kunststoffverpackungen nahmen in 2005 erneut stark zu. Die wichtigsten Ursachen sind:
 - Steigender Verbrauch von PET-Getränkeflaschen
 - Zunehmender Einsatz von Kunststoffverschlüssen
 - Anhaltender Trend zu verpackter Scheibenware bei Wurst, Käse etc.
 - Anhaltender Trend zu Mehrweg-Transportverpackungen aus Kunststoff
 - Starker Trend zu (gekühlten) Convenienceprodukten (v.a. in Kunststoff)
 - Substitution von Weißblech- und Glasverpackungen durch Kunststoff
- Der Verbrauch von Gebinden aus Flüssigkeitskarton nimmt seit 2003 ab.

² Gesellschaft für Verpackungsmarktforschung mbH (GVM), (2007), Aufkommen und Verwertung von Verpackungsabfällen in Deutschland im Jahr 2005, UBA-Texte 35/07.

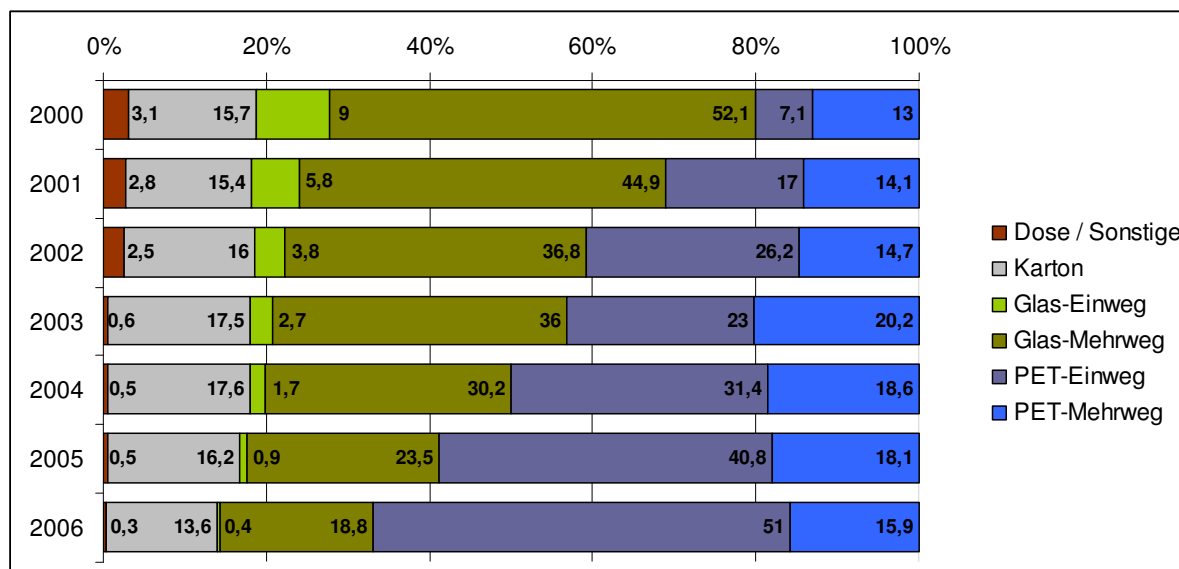


Abbildung 1. Anteil der Verpackungen alkoholfreier Getränke in Prozent (GfK)

Tabelle 1. Aufkommen und Verwertung von Getränkekartons, Kunststoffverpackungen (allgemein) und Glasverpackungen in Deutschland (in 1.000 Tonnen) (GVM)

	2002	2003	2004	2005
Getränkekartons				
Verpackungsaufkommen zur Entsorgung	227,2	250,8	245,4	238,2
Im Inland angefallene, im In- oder Ausland verwertete Verpackungen	144,0	156,0	153,4	148,7
Verwertungsquote (brutto) in %	63,4	62,2	62,5	62,4
Kunststoffverpackungen (allgemein)				
Verpackungsaufkommen zur Entsorgung	2.073,0	2.070,5	2.254,8	2.367,9
Im Inland angefallene, im In- oder Ausland verwertete Verpackungen*	1.042,7	1.139,2	1.101,0	1.127,0
Verwertungsquote (brutto) in %	50,3	55,0	48,8	47,6
Glasverpackungen				
Verpackungsverbrauch zur Entsorgung	3.266,4	3.130,1	3.073,3	2.878,5
Im Inland angefallene, im In- oder Ausland verwertete Verpackungen	2.814,3	2.687,4	2.504,1	2.376,7
Verwertungsquote (brutto) in %	86,2	85,9	81,5	82,6

* inklusive einer geschätzten Menge von 273.000 t (2005) aus der Direktentsorgung des Handels und der Entsorgung von Mehrwegverpackungen;

3 Die gängigsten Verpackungsmaterialien im Überblick

3.1 Getränkekarton/Verbundverpackung

3.1.1 Materialeigenschaften



Ein Getränkekarton ist eine Einwegverpackung für Getränke und flüssige Nahrungsmittel, die aus Verbundstoffen in mehreren Schichten besteht. Der Hauptbestandteil ist Karton, der auf beiden Seiten mit dem Kunststoff Polyethylen (PE) laminiert ist. Je nach Einsatzzweck wird an der Innenseite zusätzlich auch eine Aluminiumfolie als Zwischenlage aufgetragen. Der Karton verleiht dem Getränkekarton Form und Stabilität, die innere Kunststoffbeschichtung macht die Verpackung dicht und schützt das Füllgut. Die Aluminiumschicht (wenn vorhanden) verhindert, dass Licht und Sauerstoff das Füllgut beeinträchtigen, wodurch die Zerstörung bestimmter Vitamine verlangsamt wird. Die äußere Kunststoffbeschichtung schützt den Karton vor Durchnässung und erhöht die Barriereigenschaften des Verbundes.

Im Jahr 2006 wurden für den deutschen Markt ca. 230.000 Tonnen Getränkekartons produziert. Dies entspricht etwa einer Menge von rund 10 Milliarden Packungseinheiten oder einem Pro-Kopf-Aufkommen von rund 2,5 kg im Jahr.³

3.1.2 Recycling

In Deutschland gibt es derzeit zwei Recyclinganlagen für Getränkekartons. Durch den mehrschichtigen Aufbau ist der Recyclingvorgang komplizierter als beispielsweise bei Monofolien. Bevor die einzelnen Materialien des Getränkekartons recycelt werden können, müssen die verschiedenen Schichten und Materialien voneinander getrennt werden. Dafür müssen die Getränkekartons zerkleinert und zusammen mit Wasser in eine große Trommel gegeben werden. Die Kartonfasern saugen sich mit Wasser voll, quellen auf und lösen sich von den Polyethylen- und Aluminiumfolien. Die Kartonfasern können so abgetrennt werden.

Der Kartonanteil in Getränkekartons beträgt 75%-80% des Getränkekartongewichtes und besteht aus dem nachwachsenden Rohstoff Holz. Die beim Recycling zurück gewonnenen Zellstoff-Fasern dienen als Sekundärrohstoff in der Pappe- und Papierproduktion. Der Karton aus den Getränkekartons wird fast ausschließlich zu Faltschachteln, Wellpappe und Hülsenkarton verarbeitet. Letztendlich können Papierfasern 6-8 Mal recycelt werden, danach sind die Zellstoff-Fasern zu kurz. Die Zellstoff-

³ Fachverband Kartonverpackungen für flüssige Nahrungsmittel e.V. (FKN), (2007).

Fasern aus Getränkekartons können (als Störstoffe) nur zu maximal 10% in der normalen Papierherstellung eingesetzt werden.

Der PE-Anteil des Getränkekartons beträgt ca. 20%. Der Kunststoff wird aus dem fossilen Rohstoff Erdöl hergestellt und kann grundsätzlich werkstofflich wiederverwertet werden. Allerdings ist bei Getränkekartons eine sortenreine Rückgewinnung des PE nicht möglich. Daher werden die PE-Reststoffe ausschließlich als Ersatzbrennstoffe energetisch verwertet.

Der Anteil an Aluminium in Höhe von bis zu 4% kann ohne Qualitätseinbußen wieder werkstofflich verwertet werden. Allerdings werden die in den zwei deutschen Papierfabriken, die Getränkekartons recyceln, anfallenden Folienreste derzeit ausschließlich in Zementfabriken verwertet. Das Aluminium dient in der Zementindustrie als Bauxitersatz, welches normalerweise dem Zement zur Verfestigung zugeführt wird (rohstoffliche Verwertung).⁴

3.1.3 Zur ökologischen Vorteilhaftigkeit von Getränkekartons

Der Getränkekarton ist in der Verpackungsverordnung als „ökologisch vorteilhafte“ Einwegverpackung eingestuft. Er ist leichter als Glasflaschen, kann gut gepackt werden und ist als leerer Karton zusammenfaltbar. Dadurch entstehen beim Transport pro Verpackung und Kilometer weniger Umweltauswirkungen. Das Umweltbundesamt hat im Jahr 2000 (ergänzt im Jahr 2002) eine umfangreiche Ökobilanz über Getränkeverpackungen erstellt.^{5 6} Die Studie kommt zu dem Ergebnis, dass der Einweg-Getränkekarton aus ökologischer Sicht mit der Mehrweg-Glasflasche etwa gleichwertig sei. Eine der Hauptannahmen für diese Einstufung ist die angenommene hohe Sammel- und Recyclingmenge der Getränkekartonverpackungen.

Entsprechend schreibt die Verpackungsverordnung vor, dass mindestens 60 Gewichts-% der Getränkekartons einer stofflichen Verwertung zugeführt werden sollen. Nach Daten der Gesellschaft für Verpackungsmarktforschung mbH (GVM) wurden im Jahr 2005 62,4 Gewichts-% der Getränkekartons stofflich verwertet. Untersuchungen der DUH zu den Quotenberechnungen deuten jedoch drauf hin, dass die tatsächlichen Verwertungsquoten deutlich geringer sind.

Die DUH hat hierbei beispielhaft Gewichtsuntersuchungen von Getränkekartons durchgeführt, um festzustellen wie hoch der jeweils in den Kartons verbleibende Restinhalt ist. Elf verschiedene Kartons wurden zunächst nach normaler Leerung und dann noch einmal nach Ausspülen und Trocknen gewogen. Die Messungen ergaben, dass zwischen 14 und 50% der gesammelten Getränkekarton-Masse durch im Karton verbleibende Restinhalte generiert werden. Entsprechend müssten die bilanzierten Verwertungsquoten um diesen Anteil nach unten korrigiert werden. Im Durch-

⁴ Fachverband Kartonverpackungen für flüssige Nahrungsmittel e.V. (FKN), (2007).

⁵ Umweltbundesamt (2000), Ökobilanz für Getränkeverpackungen II (Hauptteil), UBA-Texte 37/2000.

⁶ Umweltbundesamt (2002), Ökobilanz für Getränkeverpackungen II (Phase II), UBA-Texte 51/2002.

schnitt ist von einem Korrekturwert von etwa 20% auszugehen. Zu ähnlichen Ergebnissen führen auch Analysen von Gelben Säcken und Auswertungen beim Versuch „Gelb in Grau“. Zieht man bei den Getränkeverpackungen von dem verwerteten Gewicht (siehe oben) 20% als Restinhalte ab, so verbleiben noch etwa verwertete 49,9%. Die DUH geht davon aus, dass eine unabhängige Überprüfung der behaupteten Verwertungsquoten bei Getränkekartons ergeben könnte, dass die bisherigen Berechnungen zur Recyclingpraxis nicht korrekt waren und die laut Verpackungsverordnung geforderte Quote von 60% nicht erreicht wurde. Als Folge wäre die Einstufung des Getränkekartons als „ökologisch vorteilhaft“ nicht mehr aufrecht zu erhalten.

Zudem ist ein Großteil der marktüblichen Kartons dickwandiger als noch Mitte der 90er Jahre und mit Schraubverschluss ausgestattet. Diese heute eingesetzten Kartons sind um 29 bis 43% schwerer als beispielsweise die in der Ökobilanz des UBA vom Jahr 2002 bilanzierten Kartons, 14% dieser Zuwächse entstehen dabei durch die Kunststoffverschlüsse.

3.2 PET

3.2.1 Materialeigenschaften



Polyethylenterephthalat (PET) ist ein thermoplastischer Kunststoff aus der Familie der Polyester und wird zu 100% aus dem fossilen Rohstoff Erdöl sowie recyceltem PET-Material hergestellt.

PET ist leicht, farblos, bruchstabil und von hoher Lichtdurchlässigkeit. PET wird in vielen Formen verarbeitet und vielfältig eingesetzt. Zu den bekanntesten Verwendungszwecken zählen die Herstellung von Kunststoffflaschen und die Verarbeitung zu Textilfasern (Polyester). Weitere Verwendungsbereiche sind die Herstellung von Filmmaterial, Folien und Packbändern.

Durch das geringe Eigengewicht hat PET den Vorteil, dass die relevanten Umweltauswirkungen beim Transport der PET-Verpackungen relativ gering sind. Für den Verbraucher

ist neben dem Gewicht die geringe Bruchanfälligkeit vorteilhaft. Aufgrund der Durchlässigkeit des Materials haben allerdings Sauerstoffaufnahme und Lichteinfluss einen negativen Einfluss auf in PET abgefüllte Getränke. Sauerstoff gelangt durch Diffusion aus der Umgebung durch das PET-Material in das Getränk und führt dort durch Oxidation zu einer Geschmacksveränderung und unter Umständen zu einer vorzeitigen Zersetzung. Bier gilt als sehr empfindlich gegenüber Luftsauerstoff. Schon ein Gehalt von 1 mg/l in der Bierflasche bei der angegebenen Mindesthaltbarkeit (bis zu 12 Monaten) führt zu geschmacklichen Veränderungen (Altersgeschmack). Besonders für sensible Getränke wie Fruchtsäfte bietet PET nicht ausreichend Lichtschutz; durch

den photodynamischen Effekt werden die Farbstoffe im Produkt sowie weitere Inhaltsstoffe – darunter Vitamine – zerstört und somit eine Qualitätsveränderung eingeleitet. Die Materialdurchlässigkeit führt außerdem dazu, dass Kohlensäure aus der Flasche durch das PET-Material nach außen diffundiert und kohlenensäurehaltige Getränke relativ schnell schal werden. Mineralwässer in PET-Flaschen haben daher eine wesentlich kürzere Mindesthaltbarkeitsdauer als in Glasflaschen. Schließlich führt die Materialdurchlässigkeit dazu, dass die Inhaltsstoffe des abgefüllten Getränkes (z.B. Farb- und Aromasubstanzen) teilweise in die Wände des PET-Materials eingelagert werden. Dieser Migrationprozess führt zu Problemen im PET-Recycling (siehe unter 3.2.2).

3.2.2 Recycling

Kunststoff, darunter PET, ist im Vergleich zu Glas, Metall und Papier ein relativ neues Material (seit 1950) mit einer jungen Verwertungsgeschichte. Dank der Entwicklung von modernen Techniken und benötigter Infrastruktur ist das Recycling von gebrauchten PET-Flaschen in Deutschland inzwischen gut etabliert. Derzeit bringt PET-Regranulat gute Erlöse auf dem Rohstoffmarkt.⁷

Das Trennen und Aussortieren von Kunststoffen aus den anfallenden Abfallströmen ist die zentrale Voraussetzung für deren hochwertige Verwertung. Der PET-Flaschenrücklauf erfolgt deshalb über Pfandsysteme (Mehrweg- und Einwegsysteme) sowie über die haushaltsnahe Wertstoffsammlung.

In einem ersten Schritt werden die gesammelten Flaschen zerkleinert und in einem mehrstufigen Heißwaschprozess gewaschen. Das so gewonnene PET-Recyclat in Form von Regranulat (= *Flakes*) findet in erster Linie im „*non-food*“ Bereich, insbesondere als Textilfasern Verwendung. Da durch die konventionellen Waschprozesse keine Aromasubstanzen oder andere, durch die Erstnutzung in das Material migrierte Kontaminationen entfernt werden können, sind diese PET-*Flakes* nicht für den Einsatz im Lebensmitteldirektkontakt geeignet. Hier sind weitere, so genannte „*superclean*“-Recyclingprozesse notwendig. Zwar ist durch dieses aufwändigere Recyclingverfahren der Preis der „*superclean*“-Recyclate deutlich höher. Da die Rohstoffkosten jedoch 80% der Kosten für die Herstellung einer PET-Flasche ausmachen, ist der Einsatz von Recyclaten dennoch wirtschaftlich interessant.⁸

Im Rahmen des *Bottle-to-Bottle*-Recyclings, also der Verwendung von Recycling-PET zur Herstellung neuer PET-Flaschen, entstehen in einem Spritzgussverfahren aus den „*superclean*“-Recyclaten neue Vorformlinge (sog. *Pre-Forms*), die erst in den Abfüllbetrieben wieder auf die handelsgebräuchlichen Größen aufgeblasen werden.

⁷ Rohstoffpreise für PET-Regranulat im August 2007:
PET-Einweg-Regranulat: natur/klar 260-300 EUR pro Tonne; hellblau 40-190 EUR pro Tonne
PET-Mehrweg-Regranulat: hellblau 220-270 EUR pro Tonne

⁸ Getränke! Technologie & Marketing, Ausgabe 4/2007

In Deutschland liegt der jährliche Verbrauch bei ca. 13 Milliarden PET-Flaschen; das entspricht insgesamt 430.000 Tonnen. Gesammelt werden lediglich 300.000 Tonnen, also deutlich weniger als der Verbrauch. Insgesamt verfügt Deutschland derzeit über die Kapazität, jährlich 220.000 Tonnen PET-Flaschen zu *PET-Flakes* verarbeiten zu können.⁹

PET-Mehrwegflaschen lassen sich deutlich besser recyceln als PET-Einwegflaschen. Dies liegt vor allem daran, dass PET-Mehrwegflaschen aus dickerem Material als Einwegflaschen gemacht sind. Die Mehrwegflaschen sind entsprechend schwerer und haben ein besseres Verhältnis von PET-Material zu Etikett und Schraubverschluss. Zudem gibt es durch Aufbereitungs- und Recyclinganlagen bedingte Probleme beim Schneiden, Mahlen und weiteren Aufbereitung der PET-Einwegflaschen.

Mehrwegflaschen aus PET werden 8 bis 18 Mal wieder befüllt, bevor sie – zumeist wegen optischer Verschleißerscheinungen – aus dem Umlauf genommen werden; der Durchschnitt für Kunststoff-Getränkeverpackungen liegt bei 12,3 Umläufen per Lebensdauer.¹⁰

Das *Bottle-to-Bottle*-Recycling stößt in der Praxis aber auf qualitative Grenzen. Die PET-Mehrwegflaschen in Deutschland beinhalten durchschnittlich 33% - 40% PET-Regranulat: mehr ist nicht möglich, ohne die Qualität der neuen Flaschen zu beeinträchtigen. Eine theoretische PET-Flasche aus 100% Regranulat würde schon nach dem ersten Umlauf einen Gelbstich bekommen. Nach Informationen aus der Wirtschaft haben wissenschaftliche Versuche auch belegt, dass eine PET-Mehrwegflasche theoretisch maximal 8 Mal recycelt werden könnte, wenn stets das gleiche PET-Regranulat (zusätzlich pro Recycling ca. 1% Neumaterial aufgrund der v.a. durch Vergasung entstandenen Verluste) benutzt würde. Eine PET-Einwegflasche beinhaltet in der Regel nicht mehr als 10% PET-Regranulat.

Entsprechend kann das Gros der verwerteten PET-Recyclate nicht für *Bottle-to-Bottle*-Recycling eingesetzt werden. Nach Angaben von Petcore (PET Container Recycling Europe) wurden im Jahr 2004 nur 11% der PET-Recyclate für *Bottle-to-Bottle*-Recycling eingesetzt, 65% hingegen für die Herstellung von Textilfibern (u.a. für Autoeinrichtung und Fleecestoff¹¹), 13% für die Herstellung von Film, Folien und Transportverpackungen im Lebensmittelbereich (Schalen) sowie 11% für die Herstellung von Packbänder.

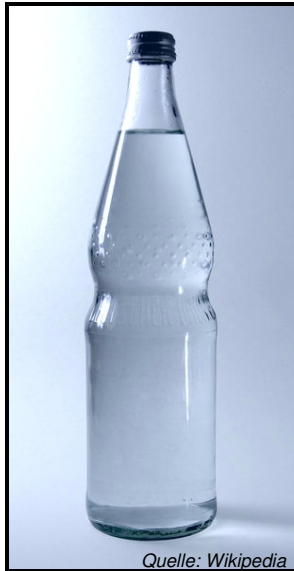
⁹ Bundesverband Sekundärrohstoffe und Entsorgung e.V., (2007).

¹⁰ Gesellschaft für Verpackungsentsorgung mbH (GVM), (2007), Aufkommen und Verwertung von Verpackungsabfällen in Deutschland im Jahr 2005, UBA-Texte 35/07.

¹¹ Ein Fleece-Pullover in der Größe L besteht aus ca. 35 PET-Flaschen, die zusammen einen Rohstoffwert von ca. 0,58 EUR haben.

3.3 Glas

3.3.1 Materialeigenschaften



Glas gehört zu den ältesten Werkstoffen der Menschheit. Es besteht fast ausschließlich aus den mineralischen Rohstoffen Sand, Kalk und Soda. Obwohl die Ausgangsstoffe fast unerschöpflich vorhanden sind, werden bei der Behälterglas-Herstellung hohe Mengen Altglas-Scherben eingesetzt. Bei der Herstellung von Grünglas beispielsweise betrug der Anteil von Altglas im Jahr 2006 63,3%, bei Weißglas 55,6%.

Glas ist im Vergleich zu anderen Materialien schwerer. Dies macht sich insbesondere beim Transport bemerkbar. Doch als Verpackungsmaterial hat Glas eine Reihe von Vorteilen: Es ist geschmacksneutral und geht keine physikalisch-chemischen Wechselwirkungen mit dem Inhalt ein, die den Geschmack oder die Zusammensetzung verändern, da es keine Inhaltsstoffe absondert bzw. Aromastoffe oder Wirkstoffe

aufnimmt. Darüber hinaus ist Glas als Verpackungsmaterial hundertprozentig gasdicht. Auch nach langer Lagerzeit bleibt die Qualität des Inhalts stabil, da keine Luft eindringen und keine Kohlensäure entweichen kann. Entsprechend ist die Mindesthaltbarkeit bei Glasflaschen wesentlich höher als beispielsweise bei PET-Flaschen. Spezielle Verpackungsschichten, z.B. aus Aluminium, sind daher nicht notwendig. Zudem weist Glas eine hohe Stabilität auf und verträgt auch hohe Temperaturen. Es eignet sich daher für alle Abfüllverfahren (Kaltabfüllung, Heißabfüllung, Pasteurisierung, Sterilabfüllung oder aseptische Abfüllung).

Aus den genannten Gründen ist Glas daher auch insbesondere als Mehrweg-Verpackung sinnvoll. Bis zu 50 Mal wird eine Mehrwegflasche aus Glas wieder befüllt. Damit hat sie eine durchschnittliche Lebensdauer von ca. 6 Jahren. Im Getränkebereich ist Glas daher nach wie vor der wichtigste und unproblematischste Träger der Mehrwegsysteme.

3.3.2 Recycling

Bereits seit 1972 begann die Behälterglasindustrie mit dem Aufbau der Glasrückführung. Seitdem werden systematisch Altglasscherben bei der Glasherstellung eingesetzt. Mittlerweile ist die Rückgabe der Gläser am Glascontainer etabliert. Über 80% der Glasverpackungen wurden 2006 gesammelt und standen wieder für neue Glasprodukte zur Verfügung. Die deutschen Haushalte sammelten in diesem Zeitraum im Durchschnitt 24 kg pro Einwohner und liefern damit den wichtigsten Rohstoff für neue Glasverpackungen.

Der unübertroffene Vorteil des Glasrecycling ist, dass sich Glas selbst in Form von Altglasscherben als Rohstoff dient. Es lässt sich beliebig oft einschmelzen und

neu verarbeiten, ohne dabei den geringsten Qualitätsverlust zu erleiden. Entsprechend haben Glasverpackungen aus Recyclingglas die gleichen Eigenschaften wie Glasbehälter, die aus natürlichen Rohstoffen hergestellt werden. Qualitätseinbußen, wie beim Recycling anderer Materialien, gibt es bei Glas nicht. Denn die Herstellung von Glas aus Altglas ist kein chemischer Prozess mehr, da das Glas bereits in seiner endgültigen Form existiert. Es handelt sich vielmehr um eine physikalische Zustandsänderung, ohne dass es noch zu chemischen Veränderungen am Glas kommt. Beim Glasrecycling gehen die Scherben vom festen Zustand durch Wärme in einen flüssigen Zustand über. Im flüssigen Zustand erfolgt die Formgebung für neue Glasverpackungen, die nach einer Abkühlungsphase wieder in den festen Zustand übergehen. Dieser physikalische Prozess der Zustandsänderung macht Glas ohne Qualitätsverluste unendlich recyclebar.

Jede Tonne Altglas bei der Neuglas-Herstellung schont wertvolle Rohstoff-Ressourcen, spart Energie und mindert die Belastung des Klimas durch schädliche Treibhausgase. Bei einem Scherbeneinsatz von durchschnittlich 65% resultiert daraus eine Energieersparnis von 19,5%.

Die Glasherstellung an sich ist ein energieintensiver Prozess, für den Temperaturen von 1.500°C notwendig sind. Der Einsatz von Scherben hingegen senkt die notwendige Energie zur Glasherstellung. Beim Einsatz von Primärrohstoffen wie Sand, Kalk, Dolomit u.a. müssen chemische Bindungen aufgebrochen, umgelagert und die neue Verbindung Glas gebildet werden. Dieser Sinterprozeß hat eine höhere Reaktions-temperatur als die einfache Erweichungstemperatur von Glas. Auf diese Weise sinkt der Energiebedarf erheblich in Abhängigkeit von der Menge der zugeführten Scherben. In der Regel wird pro 10 Gewichts-% Scherben die Schmelzenergie um 3% reduziert.

In Deutschland liegt die durchschnittliche Scherbeneinsatzquote der Behälterglasindustrie bei 60%. Dies ist der Mittelwert über alle Farben und Hütten, ohne den Anteil von Eigenschermen, der durchschnittlich bei 5% liegt. Es gibt aber auch Spitzenwerte von 90% Scherbeneinsatz bei Grünglas.

4 Effektive Vermeidung von Verpackungsabfällen – Mehrwegverpackungen

Für die DUH hat grundsätzlich die intelligente Verpackungsgestaltung oberste Priorität. Dazu gehört zum einen die echte Schließung von Materialstoffkreisläufen, also die hochwertige werkstoffliche Verwertung. Zum anderen schließt das aber auch den eindeutigen Schutz von Vermeidungsansätzen wie den noch existenten Mehrwegsystemen ein.

Als Mehrwegsysteme bezeichnet man Verpackungsformen, die im Gegensatz zur Einwegverpackung nach Gebrauch gereinigt und erneut als Verpackung genutzt werden. Mehrwegverpackungen können wesentlich zur Reduzierung des Verpa-

ckungsabfallaufkommens beitragen und entsprechen daher der Abfallhierarchie, die Vermeidung und Wiederverwendung vor der Verwertung und der Beseitigung sieht.

Mehrweg-Systeme haben gegenüber dem Ex-und-hopp-Gedanken des Einwegs zahlreiche Vorteile. Sie tragen zur Vermeidung von Verpackungsabfällen bei und leisten durch die Einsparungen von Rohstoffen gegenüber Einwegverpackungen einen wichtigen Beitrag zur Material- und Ressourcenproduktivität. Mehrwegflaschen aus PET lassen sich bis zu 20 Mal und eine Mehrwegflasche aus Glas bis zu 50 Mal wieder befüllen, bevor sie ins Recycling geht. So ersetzt eine Bierflasche 50 Bierdosen und ein Kasten mit sechs 1-Liter-Mehrwegflaschen aus Glas ganze 300 Getränkekartons.

Mehrwegsysteme haben ein erheblich geringeres Treibhauspotenzial als Einwegsysteme und tragen so auch zum Klimaschutz bei. So wird beispielsweise bei Wasser in Mehrwegverpackungen durch die häufige Wiederbefüllung und die in der Regel kurzen Transportstrecken von etwa 50 km nur gut die Hälfte des Klimakillers CO₂ erzeugt wie Wasser in Einwegverpackungen aus Plastik, die in der Regel über deutliche längere Strecken transportiert werden (durchschnittlich 250 km).

Tabelle 2. Umläufe per Lebensdauer bei Mehrwegverpackungen aus Glas und Kunststoff im Jahr 2005 (GVM)

	Glas	Kunststoff
Mineralwasser	53,4	11,4
Fruchtsaftgetränke	45,8	12,8
Limonaden	30,6	13,1
Eistee, Sport-, Bittergetränke	23,9	13,7
Milchprodukte u.a.	16,3	13,0

5 Schlussfolgerungen

Die große Bedeutung von Recycling und geschlossenen Stoffkreisläufen ist unbestritten und als wichtiger Beitrag zur Ressourceneffizienz und Rohstoffsicherung in Deutschland unbedingt notwendig. Doch Recycling ist nicht gleich Recycling. Die Formen der Verwertung sind vielfältig und der Begriff Recycling bedeutet nicht per se höchstmögliche Umweltverträglichkeit. Vielmehr ist die tatsächliche Qualität des Recyclings ausschlaggebend, um eine maximale Einsparung von natürlichen Ressourcen, Energie und Treibhausemissionen zu erzielen.

Getränkekartons bestehen bis zu etwa 80% aus dem nachwachsenden Rohstoff Holz. Der Getränkekarton wird nach Behauptung von Getränkekartonrecyclern „zu 100% wiederverwendet“. Doch diese Aussage gibt einen etwas falschen Eindruck. Nach

Zahlen von GVM werden 62,4% der Getränkeverpackungen stofflich verwertet. Die zugrundeliegenden Zahlen berücksichtigen allerdings nicht Restinhalte und Anhaftungen, die bei der Berechnung der Quoten einfach mitgerechnet werden. Nach Untersuchungen der DUH handelt es sich hier um ca. 20% des Gesamtgewichtes der gesammelten Getränkekartons. Entsprechend müsste die bilanzierte Verwertungsquote nach unten korrigiert werden. Dann bleibt nur noch eine tatsächliche Recyclingquote von knapp 50% übrig. Außerdem werden aus Qualitätsgründen Getränkekartons aus Frischfasern hergestellt, während aus den recycelten Verbundverpackungen hauptsächlich Faltschachteln, Wellpappe oder Wickelhülsen für Papier- oder Stoffrollen hergestellt werden. Die Kartonfraktion der Getränkeverpackungen wird zwar werkstofflich verwertet und schließt so wichtige Materialkreisläufe, ersetzt aber keine Frischfaser. Die Kartonfraktion der Getränkekartons wird damit in ein Material mit niedrigerer Qualität recycelt, sog. Downcycling. Die Aluminiumfraktion wird in der Zementherstellung rohstofflich verwertet, verschwindet aber damit als Material aus dem Aluminium-Kreislauf. Die Kunststofffraktion wird energetisch verwertet und geht nach der Verbrennung ebenfalls aus dem Materialkreislauf verloren. Zellstoff-Fasern aus recycelten Getränkekartons können aus Qualitätsgründen nur zu 10% – und dann eher als Störstoffe – in normalen Papiermühlen eingesetzt werden. Die deutschen Getränkekartons werden deshalb in zwei deutschen Anlagen (in Oberbayern und NRW) und in einer finnischen Anlage recycelt, die sich auf Getränkekartonrecycling spezialisiert haben. Das bedeutet weite Transporte der gesammelten und sortierten Getränkekartons, was sich negativ auf die gesamte Energie- und CO₂-Bilanz auswirkt.

Auch sortenrein gesammelte Flaschen aus PET aus den Pfandsystemen werden auf dem Papier zu fast 100% recycelt. Dank hochmoderner *Bottle-to-Bottle*-Technik ist es möglich, alte PET-Mehrwegflaschen als Sekundärmaterial für neue PET-Flaschen einzusetzen, was einem echten Materialkreislauf entspräche. Allerdings können aus Qualitätsgründen in einer neuen PET-Mehrwegflasche nur 33 - 40% PET-Regranulat eingesetzt werden, in einer PET-Einwegflasche noch deutlich weniger (rund 10%). Deutschland verfügt über die Kapazität, 51% der jährlich anfallenden verbrauchten PET-Flaschen zu PET-Regranulat zu verarbeiten. In Europa werden jährlich lediglich 11% der PET-Recyclate für *Bottle-to-Bottle*-Recycling eingesetzt. Der größte Anteil des PET-Materials (65%) geht als Sekundärrohstoff in die Textilfaserherstellung (u.a. Fleecepullover). Manchmal wird argumentiert, dass ein Fleecepullover hochwertiger sei, als eine PET-Flasche und dass diese Form des Recyclings tatsächlich ein Upcycling darstelle. Doch nach einmaliger hochwertiger Verwertung in ein Fleece-material werden die Kunststoffketten zum überwiegenden Teil nicht wieder dem PET-Materialkreislauf zugeführt werden. Schließlich gehen auch durch den erheblichen Export von PET nach Fernost wertvolle Wertstoffe, die einen wichtigen Beitrag zur Rohstoffsicherung in Deutschland leisten könnten, aus dem deutschen Kreislauf verloren.

Gesammeltes sortenreines Verpackungsglas ist seit vielen Jahren ein gefragter Sekundärrohstoff und wird zu 100% in der Glasindustrie hochwertig werkstofflich recycelt. Glas kann unendlich oft in das gleiche Verpackungsmaterial neu recycelt werden und bleibt so dem Materialkreislauf erhalten. Diese unbegrenzte Recycelfähigkeit auf gleichem Niveau ist einzigartig. Durch den Einsatz von bis zu 90% Altglas wird der Herstellungsprozess für neues Verpackungsglas beschleunigt. Gebrauchte Glasverpackungen benötigen zum Schmelzen niedrigere Temperaturen und daher erheblich weniger Energie als das Gemenge an Primärrohstoffen (Quarzsand, Kalk, Dolomit und Soda), was eine entsprechende Reduktion der CO₂-Emissionen zur Folge hat. Andererseits ist das Material Glas schwerer als PET und Verbundverpackungen. Deshalb treten die insgesamt deutlichen ökologischen Vorteile des Materials Glas insbesondere bei regionalen Glas-Mehrwegsystemen zu Tage. Nur bei großen Transportentfernungen schlagen die durch das höhere Gewicht verursachten CO₂-Emissionen beim Transport negativer zu Buche.

In einer ökologischen und nachhaltigen Gesamtbewertung verschiedener Verpackungsmaterialien müssen daher deren jeweilige Vor- und Nachteile sorgfältig gegenübergestellt werden – dazu gehören u.a. der Verbrauch von (endlichen und erneuerbaren) natürlichen Ressourcen, Energie- und CO₂-Bilanzen, aber besonders auch die qualitativen Aspekte des Recyclings und der Kreislauffähigkeit.