

Irene GRAFENHOFER, Ingrid HUPP, Koblenz

## **Joghurtverpackungen unter der mathematischen Lupe**

### **Ist ein Joghurtbecher aus dünnem Plastik mit Karton-Umverpackung ökologisch sinnvoll?**

In diesem Artikel beschäftigen wir uns mit Joghurtverpackungen. Joghurt kommt in den unterschiedlichsten Verpackungen in den Handel. Die Vor- und Nachteile von Mehrweg-Glasbechern und Einweg-Plastikbechern wurden schon oft untersucht. In diesem Artikel geht es um einen Vergleich von reinen Plastikbechern mit Bechern, die aus dünnem Plastik mit Karton-Umverpackung bestehen, wobei das für Joghurt-Verpackungen verwendete Plastik meist Polystyrol (PS) ist. Zunächst wird mit unterschiedlichen Methoden festgestellt, wie groß die benötigten Polystyrol- und Kartonmengen bei diesen Verpackungen sind. Danach folgt eine Untersuchung der Ökobilanz dieser beiden Materialien, d.h. wir betrachten die Umweltwirkungen vom Herstellungsprozess bis zur Entsorgung des Materials (vgl. Fischer, 2014). Am Ende wird die Ausgangsfrage "Ist ein Joghurtbecher aus dünnem Plastik mit Karton-Umverpackung ökologisch sinnvoll?" beantwortet.

#### **Motivation**

Beim Kauf von Joghurt hat der Verbraucher die Auswahl zwischen den unterschiedlichsten Verpackungsformen. Gerade Anbieter von Bio-Joghurt setzen in letzter Zeit häufiger auf Becher aus dünnem Plastik, die zur Erhöhung der Stabilität mit einer Karton-Umverpackung versehen sind. Nach dem Verzehr werden die Karton-Umverpackung im Altpapier und der Plastikbecher im gelben Sack entsorgt. Wiegt der Vorteil durch die Einsparung von Plastik den Nachteil des zusätzlich verwendeten Kartons auf?

#### **1. Teilproblem: Feststellung der verwendeten Materialmengen**

Damit man berechnen kann, wie groß die Menge des eingesparten Plastiks und wie groß die Menge des zusätzlich verbrachten Kartons ist, muss man zunächst den gesamten Materialverbrauch feststellen. Dies geschieht mit drei verschiedenen Methoden: Wiegen einzelner Becher mit der Küchenwaage, Berechnung des Volumens mit anschließender Gewichts Berechnung und Wiegen einer größeren Anzahl von Bechern. Rundet man alle Gewichte auf ganze Zahlen, so erhält man mit allen Methoden 11 g PS für den dicken Becher und 9 g PS für den dünnen Becher und 6 g für den Karton. Die PS-Ersparnis liegt bei ca. 20 %.

## **Validierung: Vergleich mit den Angaben eines Herstellers**

Es wurden mehrere Hersteller von PS-Bechern mit Karton-Umverpackung per Mail befragt, weshalb sie sich für diese Verpackungsform entschieden haben.

Ein Hersteller schrieb uns:

*"Bei anderen Produkten, wie zum Beispiel den Joghurtalternativen, verwenden wir ein neues System aus Kunststoffbecher und Papierbanderole. Das spart 20% Kunststoff und macht die Verpackung zu 100% recyclebar, denn Papier ist wesentlich einfacher zu verwerten als Plastik."*

(kundenservice@alpro.com, Mail vom 17.11.2014, 16:30 Uhr)

Die Aussage, dass dadurch 20 % Kunststoff eingespart werden, passt zu den oben berechneten Werten.

## **Fazit zum ersten Teilproblem**

Für die weitere Untersuchung kann damit gearbeitet werden, dass die Ökobilanzen von 2 g PS und 6 g Karton verglichen werden, d.h. es ist die dreifache Menge an Karton notwendig, um das eingesparte Polystyrol zu ersetzen.

## **2. Teilproblem: Vergleich der Ökobilanzen von PS und Karton**

Wir wissen aufgrund der vorigen Gewichtsberechnungen, dass die dreifache Masse an Karton notwendig ist, um 2g PS zu ersetzen. Jetzt gilt es nachzusehen, ob umweltrelevante Größen – wie Herstellungsenergie (Rohstoffe + Produktionsprozess), Treibhauspotential bei der Herstellung (v.a. Kohlenstoffdioxid und Methan), der Mehrverbrauch an Kraftstoff beim Transport von Joghurt aufgrund des erhöhten Kartongewichts und die Entsorgung ausschlaggebend für die Wahl zum Becher mit Umschlagkarton sind (vgl. Fischer M., 2014). Aufgrund ähnlicher Recycling-Ergebnisse von PS und Karton werden im folgenden Vergleich nur Größen von Materialien aus Primärproduktion verwendet.

PS benötigt eine Herstellungsenergie von 45 MJ/kg und Karton 16,9 MJ/kg, was aufgrund der dreifach benötigten Menge 50,7 MJ/kg ergibt (vgl. Obersteiner G., Schneider F., 2014).

Beim Vergleich des Treibhauspotentials bei der Herstellung von PS und Karton (in kg CO<sub>2</sub>-eq/kg) fällt die Bilanz auch schlechter für Karton aus:

Für PS benötigt man 2,9 kg CO<sub>2</sub>-eq/kg und für Karton 1,31 kg CO<sub>2</sub>-eq/kg, was verdreifacht auch wieder bedeutend höher als beim PS ist (vgl. Obersteiner G., Schneider F., 2014).

Zusammenfassend bedeutet dies eine leicht höhere Umweltbelastung durch Verwendung des Kartons, was rein auf den höheren Materialaufwand zurückzuführen ist. Dies betrifft auch Umweltbelastungen wie Eutrophierung, Wasserverbrauch etc. (vgl. Detzel A., Kauertz B., Derreza-Greeven C., 2012). Dies ist ein Hinweis darauf, dass die Entscheidung für oder gegen ein Material sehr stark vom Endgewicht bzw. Materialverbrauch abhängt. Um dies mathematisch noch deutlicher zu machen, sehen wir uns an, wie sich dieses höhere Gewicht auf den Transport (meist durch LKW) und damit auf den zusätzlichen Dieserverbrauch auswirkt. Dazu berechnen wir den Kraftstoffmehrverbrauch pro kg Karton unter folgenden Annahmen:

- Transportwege der verpackten Joghurtbecher: 2500km – 9000km (vgl. Böge S., 1992)
- LKW Kraftstoffverbrauch (Diesel): ca. 8 l /100km mehr bei voller Beladung
- Durchschnittliche Beladung: 20t=20 000kg
- Energiegehalt von Diesel: 35,6 MJ/l
- Keine zusätzlichen LKW-Einsätze aufgrund des höheren Gewichts

Die Berechnungen des zusätzlichen Kraftstoff-Energiegehalts in MJ/kg je nach Länge der Transportwege ergeben:

- 0,356 MJ/kg (2500km)
- 1,2816 MJ/kg (9000km)

Vergleicht man nun den Energiegehalt bzgl. des Kraftstoffverbrauchs mit den vorher genannten Herstellungsenergien, bemerkt man, dass der Transportweg bzw. das höhere Gewicht auch einen nicht vernachlässigbaren Umweltfaktor spielen:

<i>Polystyrol/kg</i>	<i>Karton/kg</i>
47,9 MJ/kg	55,698 MJ/kg (2500km)
	58,475 MJ/kg (9000km)

Es ist aufgrund anderer Studien (vgl. Seidel K., 2012, Detzel A., Kauertz B., Derreza-Greeven C., 2012) anzunehmen, dass diese unterschiedlichen Ergebnisse in Bezug auf den Energiegehalt von PS und Karton plausibel sind und andere Umweltfaktoren ähnliche Auswirkungen aufgrund des höheren Materialverbrauchs haben.

Weitere Berechnungen ergaben, dass der Kraftstoffmehrverbrauch bei ausschließlicher Verwendung von 500g-Joghurtbechern mit Kartonumschlag, der ca. zwischen 23t und 84t je nach Transportweg betragen würde, einen Anteil von ca. 0,2% des Gesamtdieselvebrauchs für Joghurt in Deutschland einnehmen würde.

### **Zusammenfassung und Reflexion:**

Karton ist aufgrund des höheren Materialverbrauchs und der großzügig gewählten Annahmen zugunsten des Kartons keine umweltverträgliche Alternative zu Polystyrol. Jetzt stellt sich die Frage, warum Firmen ein Bio-Produkt umweltschädlicher verpacken und den höheren Preis für Kraftstoff bzw. die Umweltmehrbelastung durch das höhere Gewicht des Joghurtbechers in Kauf nehmen, was der Bezeichnung „Bio“ schaden könnte und keinen Mehrwert bringt. Oder doch? Der einzige Grund könnte in der Verkaufsstrategie liegen. Ein Bio-Produkt lässt sich besser verkaufen, wenn es sich vom handelsüblichen Produkt abgrenzt und auch noch Umweltfreundlichkeit suggeriert. Da Karton in der Bevölkerung einen besseren Ruf als Plastik genießt, geht es hier um die Befriedigung von Meinungen und nicht um das bewusste Umgehen mit Umweltproblemen. Das Bearbeiten dieses Themas im Mathematikunterricht ist eine Möglichkeit, um Schülerinnen und Schülern Mathematik als Werkzeug zum kritischen Denken im Alltag näherzubringen.

### **Literatur**

- Detzel A., Kauertz B., Derreza-Greeven C. (2012). Kirsch, A. (1977). Untersuchung der Umweltwirkungen von Verpackungen aus biologisch abbaubaren Kunststoffen. Umweltbundesamt.
- Seidel K. (2012). Best Practice-Verpackungsbeispiele für Bio Suisse Produkte. Forschungsinstitut für biologischen Landbau.
- Böge S. (1992). Erfassung und Bewertung von Transportvorgängen: Die produktbezogenen Transportkettenanalyse. Wuppertal Institut.
- Obersteiner G., Schneider F. (2006). Analyse des Tests von Bechern aus nachwachsenden Rohstoffen im Tiergarten Schönbrunn. Universität für Bodenkultur Wien.