

Onlineerganzung PdN-ChiS 5/2011

Ist ein Bio-Kunststoff immer besser als PVC? - Die Warentest Methode und ein Beispiel aus dem Chemieunterricht.

Mareike Burmeister & Ingo Eilks, Universität Bremen

Bildung für nachhaltige Entwicklung soll Schülerinnen und Schüler befähigen, aktiv ihre Umwelt im Sinne der Nachhaltigkeit zu gestalten und an der Gesellschaft zu partizipieren. Auch im Chemieunterricht ist dies wichtig, da vor allem die Chemie als ein Verursacher für Umweltprobleme gesehen wird, sie aber gleichzeitig auch ein großes Potential besitzt, Probleme nicht-nachhaltiger Entwicklung zu lösen. Am Beispiel der Kunststoffe lässt sich dieses Spannungsfeld gut zeigen, denn Kunststoffe besitzen einerseits einen sehr großen Nutzen für die Menschheit, andererseits basieren die meisten Kunststoffe auf endlichen Ressourcen und bringen eine Herstellungs- und Entsorgungsproblematik mit sich. Gleichzeitig gibt es neuere Entwicklungen von „Biokunststoffen“, die diese Probleme aufgreifen. Nachdem die Kunststoffchemie früher häufig der Oberstufe vorbehalten war, findet sie sich heute häufig bereits verbindlich in den Lehrplänen der Sekundarstufe I, wo sie im Themengebiet „Naturstoffe und Kunststoffe“ verortet ist. Die Behandlung der Kunststoffe im Chemieunterricht geht in den meisten Fällen nicht explizit auf die Nachhaltigkeitsproblematik sein, sondern fokussiert auf die Struktur und Eigenschaften der Kunststoffe sowie deren Herstellung. Im vorliegenden Material wird der Versuch unternommen, den Blick der Schülerinnen und Schüler für die Nachhaltigkeitsproblematik zu öffnen und nicht nur die Chemie der Kunststoffe zu vermitteln, sondern sie auch aus den verschiedenen Perspektiven heraus auf ihre Nachhaltigkeit hin zu untersuchen.

Anhand eines Warentests zu verschiedenen Kunststoffen, der „Stiftung Nachhaltigkeitstest“ genannt wird, lernen die Schülerinnen und Schüler die Nachhaltigkeitsdebatte besser kennen und gewinnen Einblicke in die Arbeit von Warentestern. Genutzt wird die Methode des Gruppenpuzzles. Dafür werden die Schülerinnen und Schüler zunächst in die Gruppen A, B und C eingeteilt. Jede Gruppe sollte mindestens 3 und maximal 6 Teilnehmer haben. In normal großen Klassen wird jede Gruppe zweimal gebildet, sodass insgesamt 6 Gruppen entstehen.

Zur Anleitung des Warentest wird ein Aufgabenblatt (M1) verteilt, auf dem alle Arbeitstrage zu finden sind. Am Anfang des Warentests steht das Kennenlernen einfacher Nachhaltigkeitskonzepte (M2). Anschließend wird die Stiftung Nachhaltigkeitstest mit ihren verschiedenen Abteilungen vorgestellt (M3). Sie entspringen der Nachhaltigkeitsdebatte, außerdem werden die Materialeigenschaften in den Test mit einbezogen. Die Schülerinnen und Schüler müssen nun die verschiedenen Abteilungen bzw. Bewertungsdimensionen gewichten. Die Ergebnisse werden in die entsprechenden Felder des Nachhaltigkeitstests (M4a) eingetragen. In der Klasse wird ein Gesamtergebnis der Gewichtungen ermittelt und ebenfalls eingetragen. Die Erfahrung hat gezeigt, dass es sinnvoll ist, den Aufbau der Tabelle und die entsprechenden Zellen, in welche die Daten eingetragen werden, sorgfältig zu besprechen, um Verwirrungen vorzubeugen. Hierfür gibt es zwei Folien (M4b, M4c), die während der Arbeitsphasen auf dem Overheadprojektor aufgelegt werden können oder an die Schülerinnen und Schüler als Ausdruck verteilt werden. Hier ist nochmal genau erklärt, was in welche Felder eingetragen werden soll.

Nach der Gewichtung folgt die Bewertung der Kunststoffe. Hierzu bearbeiten die Schülerinnen und Schüler in den Expertengruppen A, B oder C parallel die Kunststoffe PVC, PET und thermoplastische Stärke. Hierfür steht ihnen je ein Informationstext (A,B,C) zur Verfügung. Außerdem erhalten sie eine Übersicht über die aktuelle Marktsituation der Kunststoffe (M5).

In der Expertengruppe des jeweiligen Kunststoffes wird der Warentest (M4a) ausgefüllt, zunächst einzeln, dann gemeinsam. Im Anschluss werden die Experten in eine neue Gruppe im Sinne des Gruppenpuzzles gesandt. In jeder neuen Gruppe muss mindestens ein Experte des jeweiligen Kunststoffes sein. In der Gruppe erfolgt zunächst ein Austausch über die Kunststoffe. Die Eckdaten der Kunststoffe werden in Form einer Tabelle, welche die Schülerinnen und Schüler selbst anfertigen, festgehalten. Anschließend werden gemeinsame Bewertungen für jeden Kunststoff gefunden und diskutiert. Die einzelnen Noten werden berechnet und an der Tafel gesammelt – optional kann hierfür auch eine Excel-Tabelle genutzt werden, welche die Noten automatisch berechnet. Abschließend kann diskutiert werden, wie nun zu einer Klassennote zu gelangen ist. Dies kann über Mittelwertbildungen, Abstimmung oder andere Wege geschehen. In der Klasse werden die Ergebnisse und der Weg, der zu den Ergebnissen geführt hat, noch einmal diskutiert.

Materialübersicht:

M1: Arbeitsauftrag und Anleitung zum Warentest

M2: Arbeitsblatt zur Nachhaltigkeit

M3: Gewichtung der Abteilungen der Stiftung Nachhaltigkeitstest

M4a: Warentesttabelle

M4b: Folie – Wie fülle ich den Test aus?

M4c: Folie – Wie rechne ich die Ergebnisse aus?

M5: Daten und Fakten zu Kunststoffen

Text A: PVC

Text B: TPS

Text C: PVC

M1 Kunststoffe

Kunststoffe finden sich überall, ob für Verpackungen, in Autos, als Gehäuse verschiedenster Geräte, Mülltüten oder Abwasserrohre. Aber welche Kunststoffe sind für welche Aufgaben geeignet? Welche Umweltauswirkungen, wirtschaftlichen Interessen und sozialen Belange hängen mit der Nutzung verschiedener Kunststoffe zusammen? Wie kann man bewerten, ob es gut oder weniger gut ist, im Haus einen PVC-Boden zu verlegen, Cola in PET-Flaschen zu kaufen oder die neuen „Bio-Kunststoffe“ als Mülltüte zu testen? Heutzutage ist bei der Bewertung solcher Stoffe immer die Rede von „Nachhaltigkeit“ oder „Nachhaltiger Entwicklung“. Woher weiß man, ob ein Kunststoff nachhaltig ist?

Stiftung Warentest oder Ökotest sind Organisationen, die sich mit solchen Bewertungen beschäftigen. Sie bewerten Produkte nach verschiedenen Kriterien. Ihr sollt in den nächsten Stunden einmal verschiedene Kunststoffe bewerten und auf ihre Nachhaltigkeit hin prüfen. Ihr seid das „Institut Nachhaltigkeits-test“.

Materialübersicht und Arbeitsaufträge

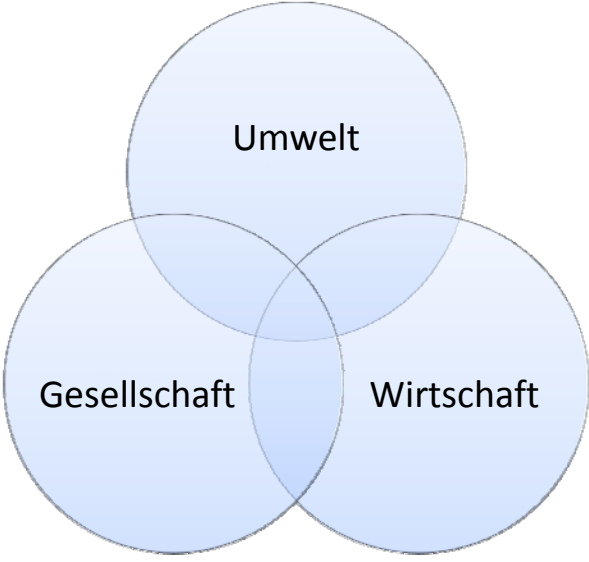
Aufgaben	Material
Phase 1: Einführung	
1. Informiere dich darüber, was Nachhaltigkeit bedeutet und bearbeite die Aufgaben.	M2
Phase 2: Expertenarbeit in Gruppen	
2a) Stiftung Nachhaltigkeitstest kennen lernen und Bewertungsbereiche gewichten	
Gewichtet anhand der Informationstexte die verschiedenen Bereiche des Nachhaltigkeitstests zunächst einzeln, diskutiert sie dann in der Gruppe und zuletzt in der ganzen Klasse. Achtet darauf, dass die Summe der Gewichtungen nicht größer als 100% ist. Überträgt die Gewichtungen auf den Bewertungsbogen.	M3 M4a
2b) Experten für den Kunststoff werden und eine erste Bewertung vornehmen	
Lest euch euren Text (A,B,C) sorgfältig durch und beachtet die Diagramme auf M5. Macht euch Stichworte zu folgenden Punkten, damit ihr später über euren Kunststoff berichten könnt: <ul style="list-style-type: none"> - Eigenschaften - Einsatzgebiete - Herstellung - Entsorgung und Verwertung - Daten und Fakten aus der Wirtschaft - Sonstiges Füllt anschließend den Bewertungsbogen aus. Macht euch erst einzeln Gedanken, bevor ihr in der Gruppe diskutiert.	A-PVC B-TPS C-PET M5
Phase 3: Unterrichtsrunde – gegenseitig unterrichten und gemeinsam bewerten	
3. Berichtet euch in der neuen Gruppe gegenseitig von euren Kunststoffen und erstellt eine Tabelle in eurer Mappe, die alle wichtigen Punkte enthält. Füllt nun gemeinsam das Bewertungsraster für alle Kunststoffe aus und errechnet eure Gesamturteile über die Kunststoffe.	M4a
Phase 4: Auswertung	
4. Diskutiert in der Klasse, wie ihr zu einem Gesamtergebnis kommen könnt und tragt dies auf dem Bewertungsbogen ein.	M4a

M2 Nachhaltigkeit und nachhaltige Entwicklung

Der Begriff der **Nachhaltigkeit** stammt aus der Forstwirtschaft. Unter Nachhaltigkeit versteht man hier seit dem 18. Jahrhundert, nur so viel Holz im Wald zu schlagen, wie in der gleichen Zeit auch wieder nachwachsen kann. Nur so bleibt der Wald als Rohstoffquelle erhalten. Die Nutzung ist nachhaltig, das heißt der Wald steht trotz der Nutzung immer weiter zur Verfügung.

Heute spricht man in ganz vielen Zusammenhängen von Nachhaltigkeit. In der Agenda 21, dem großen Aktionsplan der UNO zur Verbesserung der Weltsituation, versteht man unter Nachhaltigkeit viel mehr. Hier geht es nicht nur um Belange der Umwelt (Ökologie). Auch die sozialen Interessen spielen eine wichtige Rolle, ebenso wie die der Wirtschaft (Ökonomie). Dieses moderne Verständnis von Nachhaltigkeit verbindet daher diese drei Bereiche. Erst wenn Lösungen gefunden werden, die ökologisch, sozial und ökonomisch verträglich sind, sprechen wir heute von Nachhaltigkeit.

Aufgabe A: Finde für jeden Bereich weitere Stichworte zu aktuellen Problemen unserer Gesellschaft.

	Gesellschaft: Fehlende Bildung, _____

	Umwelt: Ausrottung von Tieren, _____

	Wirtschaft: Rohstoffverteuerung, _____

Abb. 1. Drei Bereiche von Nachhaltigkeit

Die Agenda 21 der UNO versucht globale, nationale und lokale Probleme zu lösen und auf der Welt insgesamt zu mehr Wohlstand für alle zu kommen. Dies soll aber die Grundidee von Nachhaltigkeit berücksichtigen. Wir sprechen daher von Nachhaltiger Entwicklung. **Nachhaltige Entwicklung** ist eine Entwicklung, die unsere Bedürfnisse heute erfüllt, ohne dass künftige Generationen ihre Bedürfnisse nicht mehr befriedigen können, weil Rohstoffe verbraucht sind oder die Umwelt unwiederbringlich zerstört wurde.

Aufgabe B:

Überlege dir Kriterien, nach denen ein Kunststoff auf seine Nachhaltigkeit hin überprüft werden müsste. Schreibe die Kriterien stichwortartig auf.

M3 Verschiedene Abteilungen beim Warentest und ihre Gewichtung

Die Abbildung zeigt einen Ausschnitt eines Warentests, den die Stiftung Warentest 2009 mit HiFi-Kopfhörern durchgeführt hat. In diesem Ausschnitt erkennt man, dass für die Bewertung der Kopfhörer verschiedene Bereiche gebildet wurden. Dies sind der Ton, die akustische Abschirmung, der Falltest und die Handhabung. Aber nicht alle Bereiche sind gleich wichtig. Während der Ton ganze 60% der Note ausmacht, wurde der Falltest nur mit 5% berücksichtigt.

Auch euer Nachhaltigkeitstest für Kunststoffe braucht solche Gewichtungen, über die ihr euch erst einmal einigen müsst. Dabei geht es um die folgenden vier Bereiche:

test HiFi-Kopfhörer						
	Gewichtung	Philips Cincos SHP9000	Sennheiser HD 555	beyerdynamic DTX 800	Sony MDR-XD400	AK K142
Preisspanne in Euro ca.		149 bis 180	99 bis 151	70 bis 73	89 bis 130	101
Mittlerer Preis in Euro ca.		165	136	71	113	125
test -QUALITÄTSURTEIL	100%	GUT (2,0)	GUT (2,0)	GUT (2,2)	GUT (2,3)	GUT (2,4)
TON (HÖRTEST)	60%	sehr gut (1,5)	sehr gut (1,5)	sehr gut (1,5)	gut (2,5)	gut (2,5)
Sprache / Klassik		++/+++	++/+++	++/+++	+/○	+/-
Jazz / Rock, Pop und Techno		++/+++	++/++	++/+++	○/+	+/-
AKUSTISCHE ABSCHIRMUNG	5%	befried. (3,3)	ausreich. (3,6)	ausreich. (3,6)	gut (1,6)	befried. (3,3)
FALLTEST	5%	befriedigend (3,5)	gut (2,0)	ausreichend (4,0)	gut (2,0)	gut (2,0)
HANDHABUNG	30%	gut (2,5)	befriedigend (2,9)	befriedigend (2,9)	gut (2,0)	befried. (3,0)
Gebrauchsanleitung		-*)	-*)	-*)	⊖	-*)
Aufsetzen und Anpassen		++	+	○	++	+
Tragekomfort		+	+	+	+	○
AUSSTATTUNG / TECHNISCHE MERKMALE						
Ohrumschließend/Ohrliegend		■/□	■/□	■/□	■/□	□/■
Typ		Offen	Offen	Offen	Geschlossen	H
Anschluss: 3,5-mm / 6,3-mm-Klinke ¹⁾		■/□	□/■	■/□	■/□	■/□
Gewicht in g / Transporttasche		288 / ■	249 / □	213 / □	258 / □	213
Kabellänge (Verlängerung) in cm		410	315	315	260 (150)	290
Spannung für 94 dB(A) in mV ²⁾³⁾		322	142	178	77	310
Impedanz gemessen in Ohm ³⁾		42	54	35	28	59
Besonderheiten					Schalter für Bassanhebung	

Bewertungsschlüssel der Prüfergebnisse:
 ++ = Sehr gut (0,5–1,5), + = Gut (1,6–2,5), ○ = Befriedigend (2,6–3,5), ⊖ = Ausreichend (3,6–4,5), - = Mangelhaft (4,6–5,5).
 Bei gleichem Qualitätsurteil Reihenfolge nach Alphabet.
 *) Führt zur Abwertung (siehe „Ausgewählt ...“ auf Seite 55).
 ■ = Ja, □ = Nein.

Abb. 1: Auszug aus Stiftung Warentest, test 5/2009

Bereiche des Nachhaltigkeitstests:

Green Chemistry

Dieser Bereich befasst sich mit Umwelt- und Energiefragen. Europaweit gibt es Richtlinien für eine umweltverträgliche, grüne Chemie. Viele Unternehmen aus der Chemie sind sehr bemüht, diese Richtlinien zu erfüllen, in denen es darum geht, die Produktion zu optimieren. Es sollen ungiftige und ungefährliche Ausgangsstoffe eingesetzt werden. Die Produktion sollte möglichst effektiv und energiesparend ablaufen. Es sollen wenig Abfallprodukte entstehen. Die Produkte sollen ungefährlich und einfach zu entsorgen sein, z.B. über biologische Abbaubarkeit oder Recycling.

Verbraucherinteressen und soziale Interessen

In diesem Bereich stehen die Interessen der Verbraucher im Mittelpunkt. Ist die Nutzung des Werkstoffes für Mensch und Tier ungefährlich? Ist auch bei Unfällen, wie z.B. beim Hausbrand, die Gefahr, die von diesem Produkt ausgeht, gering? Wurde das Produkt unter guten sozialen Bedingungen hergestellt oder aber in Niedriglohnländern und vielleicht unter Beteiligung von Kinderarbeit hergestellt? Außerdem ist für die Verbraucher wichtig, ob sie Produkte aus diesem Kunststoff zu einem guten Preis-Leistungs-Verhältnis erwerben können.


Ökonomie und Wirtschaft

Auch die wirtschaftlichen Interessen müssen berücksichtigt werden. Hier wird geguckt, ob sich die Produktion des Kunststoffes für Firmen und den Staat lohnen, ob die Produktionskosten im Verhältnis zu dem später erwirtschafteten Gewinn stehen. Dazu ist es wichtig zu wissen, ob die Gruppe der potentiellen Abnehmer groß genug ist und der Kunststoff sich gut vermarkten lässt. Auch, ob sich der Kunststoff gut recyceln lässt und so der Wert erhalten bleibt, ist eine Frage der Wirtschaftlichkeit.

Werkstoffeigenschaften

Für die Nutzung eines Kunststoffes sind natürlich auch seine Eigenschaften als Werkstoff wichtig. Lässt sich der Kunststoff gut verarbeiten und produzieren? Können seine Eigenschaften so variiert werden, dass ein großes Produktspektrum produziert werden kann oder ist der Kunststoff eher für spezielle Anwendungen besonders geeignet? Auch, ob ein Kunststoff lange haltbar ist oder sich gut einfärben lässt, wird hier bewertet.

M4a Bewertungsbogen

 Kunststoffe	Meine Gewichtung	Gruppen-gewichtung	Klassen-gewichtung	Meine Bewertung	Bewertung der Gruppe	Bewertungen der gemischten Gruppe		
						PVC	TPS	PET
Bewertungskriterien								
Green Chemistry	%	%	%					
Herstellung und Nutzung ohne Risiken für Mensch und Umwelt								
problemlose Entsorgung oder Verwertung								
Herstellung aus überwiegend nachwachsenden Rohstoffen								
geringer Energieverbrauch für die Produktion								
Verbraucherinteressen und soziale Interessen	%	%	%					
Produktion, Nutzung und Verwertung erfolgen nach in Westeuropa üblichen sozialen Standards								
ungefährliche Nutzung für Mensch und Tier auch bei unsachgemäßem Gebrauch (Verbrennung, Verschlucken)								
Produkte sind flächendeckend günstig zu erhalten								
Ökonomie und Wirtschaft	%	%	%					
wirtschaftliche Produktion ohne Subventionen möglich								
gute Vermarktung möglich								
Recycling möglich								
Werkstoffeigenschaften	%	%	%					
gute Haltbarkeit und lange Lebensdauer								
gute Werkstoffeigenschaften und breites Einsatzgebiet								
Urteil			100%					
Urteil der gesamten Klasse								

Bewertungsschlüssel:

- ++ = sehr gut (1) + = gut (2) o = befriedigend (3)
 e = ausreichend (4) - = mangelhaft (5)

Hilfen:

Sieh dir noch einmal den Testausschnitt der Stiftung Warentest an, um zu verstehen, wie der Bewertungsbogen ausgefüllt werden soll. Zur Berechnung der Gesamtnote müsst ihr zunächst die Durchschnittsnoten der Kunststoffe in den einzelnen Abteilungen ausrechnen.

Beispiel: PVC hat in der Abteilung Ökonomie und Wirtschaft die Noten ++, o und - von euch erhalten. Das sind die Noten 1, 3 und 5. Zusammengerechnet ergibt das 9. Geteilt durch die Anzahl an Noten, die vergeben wurden, also in diesem Beispiel 3, ergibt das die Durchschnittsnote 3.

$$\frac{1+3+5}{3} = 3$$

Diese Noten multipliziert ihr dann mit Gewichtung der Abteilungen und teilt das Ergebnis durch 100. Diese Zahlen eines Kunststoffes addiert ergeben dann das Gesamtergebnis.

Beispiel: Philips Cineos

$$\frac{60 \cdot 1,5 + 5 \cdot 3,3 + 5 \cdot 3,5 + 30 \cdot 2,5}{100} = 2,0$$

+ test HiFi-Kopfhörer						
	Gewichtung	Philips Cineos SHP9000	Sennheiser HD 555	beyerdynamic DTX 800	Sony MDR-XD400	AK K142
Preisspanne in Euro ca.		149 bis 180	99 bis 151	70 bis 73	89 bis 130	101
Mittlerer Preis in Euro ca.		165	136	71	113	129
+ test -QUALITÄTSURTEIL	100%	GUT (2,0)	GUT (2,0)	GUT (2,2)	GUT (2,3)	GUT (2,4)
TON (HÖRTEST)	60%	sehr gut (1,5)	sehr gut (1,5)	sehr gut (1,5)	gut (2,5)	gut (2,5)
Sprache / Klassik		++/++	++/++	++/++	+/o	+/-
Jazz / Rock, Pop und Techno		++/++	++/+	++/++	o/+	+
AKUSTISCHE ABSCHIRMUNG	5%	befried. (3,3)	ausreich. (3,6)	ausreich. (3,6)	gut (1,6)	befried. (3,3)
FALLTEST	5%	befriedigend (3,5)	gut (2,0)	ausreichend (4,0)	gut (2,0)	gut (2,0)
HANDHABUNG	30%	gut (2,5)	befriedigend (2,9)	befriedigend (2,9)	gut (2,0)	befried. (3,0)
Gebrauchsanleitung		-*)	-*)	-*)	e	-*)
Aufsetzen und Anpassen		++	+	o	++	+
Tragekomfort		+	+	+	+	o
AUSSTATTUNG / TECHNISCHE MERKMALE						
Chromschließend/Ohrauflegend		■/□	■/□	■/□	■/□	□/■
Typ		Offen	Offen	Offen	Geschlossen	Halboffen
Anschluss: 3,5-mm / 6,3-mm-Klinke ¹⁾		■/□	□/■	■/□	■/□	■/□
Gewicht in g / Transporttasche		288 / ■	249 / □	213 / □	258 / □	213 / □
Kabellänge (Verlängerung) in cm		410	315	315	260 (150)	290
Spannung für 94 dB(A) in mV ^{2) 3)}		322	142	178	77	310
Impedanz gemessen in Ohm ³⁾		42	54	35	28	59
Besonderheiten					Schalter für Bassanhebung	

Bewertungsschlüssel der Prüfergebnisse:
 +++ = Sehr gut (0,5–1,5), ++ = Gut (1,6–2,5), + = Befriedigend (2,6–3,5), e = Ausreichend (3,6–4,5), - = Mangelhaft (4,6–5,5).
 Bei gleichem Qualitätsurteil Reihenfolge nach Alphabet.
 *) Führt zur Abwertung (siehe „Ausgewählt ...“ auf Seite 55).
 ■ = Ja, □ = Nein.

Abb. 1: Auszug aus Stiftung Warentest, test 5/2009

M 4c - Wie rechne ich die Ergebnisse aus?

Schritt 1 (Aufgabe 3): Berechne die Durchschnittsnoten der Kunststoffe in den einzelnen Abteilungen. Dafür musst du alle Bewertungen, die der Kunststoff in einer Abteilung erhalten hat, in Noten umrechnen, zusammen zählen und durch die Anzahl der vergebenen Noten teilen. Diese Noten trägst du in diese Felder ein:

Beispiel: Berechnung der Durchschnittsnote von TPS in der Abteilung Green Chemistry:
 Vergebene Bewertungen: ++, o, -, ++
 In Noten: 1, 3, 5, 1
 Anzahl der Noten: 4
 Berechnung: $(1 + 3 + 5 + 1) : 4 = 2,5$

Kunststoffe	Meine Gewichtung	Gruppen-gewichtung	Klassen-gewichtung	Meine Bewertung	Bewertung der Gruppe	Bewertungen in der gemischten Gruppe		
						PVC	TPS	PET
Bewertungskriterien								
Green Chemistry	%	%	%				2,5	
Herstellung und Nutzung ohne Risiken für Mensch und Umwelt							++	
problemlose Entsorgung oder Verwertung							o	
Herstellung aus überwiegend nachwachsenden Rohstoffen							-	
geringer Energieverbrauch für die Produktion							++	
Verbraucherinteressen und soziale Interessen	%	%	%					
Produktion, Nutzung und Verwertung erfolgen nach in Westeuropa üblichen sozialen Standards								
ungefährliche Nutzung für Mensch und Tier auch bei unsachgemäßem Gebrauch (Verbrennung, Verschlucken)								
Produkte sind flächendeckend günstig zu erhalten								
Ökonomie und Wirtschaft	%	%	%					
wirtschaftliche Produktion ohne Subventionen möglich								
gute Vermarktung möglich								
Recycling möglich								
Werkstoffeigenschaften	%	%	%					
gute Haltbarkeit und lange Lebensdauer								
gute Werkstoffeigenschaften und breites Einsatzgebiet								
Urteil			100%					
Urteil der gesamten Klasse								

Bewertungsschlüssel:

- ++ = sehr gut (1)
- + = gut (2)
- o = befriedigend (3)
- Θ = ausreichend (4)
- = mangelhaft (5)

Schritt 2 (Aufgabe 3): Nun musst du die Gesamtnoten in eurer Gruppe berechnen. Dafür musst du die Klassengewichtungen der Abteilungen und die Durchschnittsnoten der Abteilungen berücksichtigen. Die Gesamtnoten werden hier eingetragen:

Beispiel: Berechnung der Gesamtnote von PVC:
 Gewichtungen: 25%, 10%, 40% und 25%
 Durchschnittsnoten: 2,3, 3, 2,3 und 1,5

$$\text{Berechnung: } \frac{25 \cdot 2,3 + 10 \cdot 3 + 40 \cdot 2,3 + 25 \cdot 1,5}{100} = 2,2$$

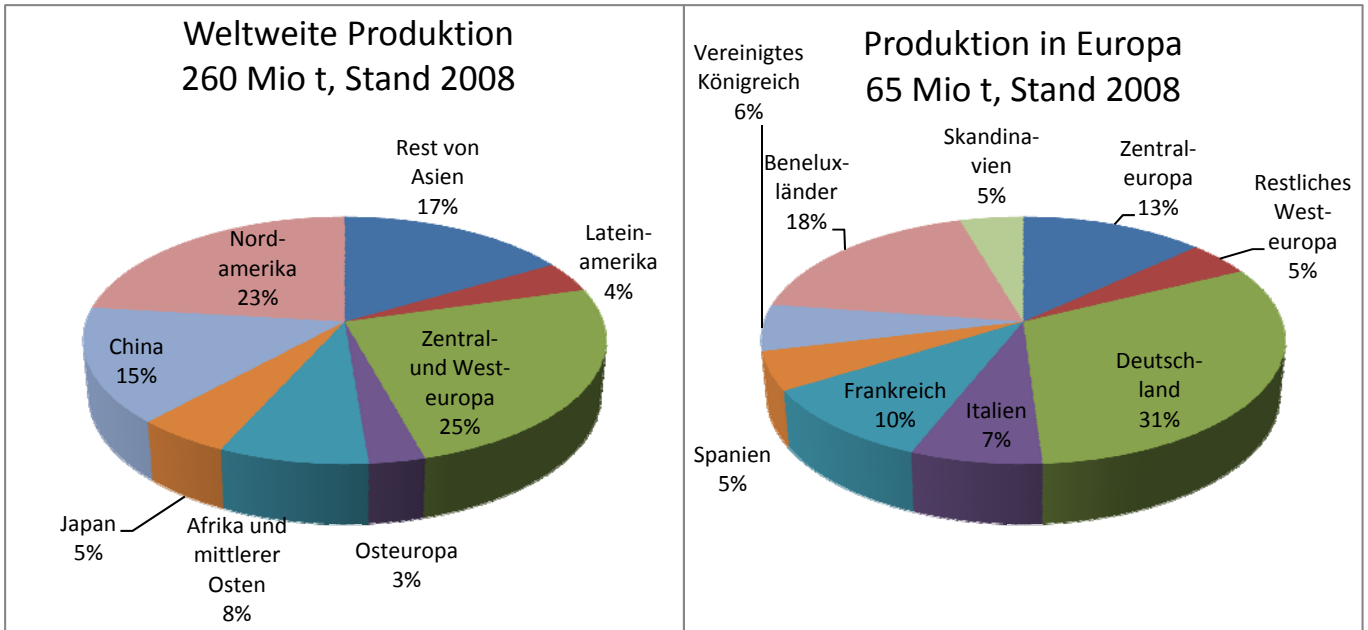
Kunststoffe	Meine Gewichtung	Gruppen-gewichtung	Klassen-gewichtung	Meine Bewertung	Bewertung der Gruppe	Bewertungen in der gemischten Gruppe		
						PVC	TPS	PET
Bewertungskriterien								
Green Chemistry	%	%	25%				2,3	
Herstellung und Nutzung ohne Risiken für Mensch und Umwelt							+	
problemlose Entsorgung oder Verwertung							+	
Herstellung aus überwiegend nachwachsenden Rohstoffen							Θ	
geringer Energieverbrauch für die Produktion							++	
Verbraucherinteressen und soziale Interessen	%	%	10%				3	
Produktion, Nutzung und Verwertung erfolgen nach in Westeuropa üblichen sozialen Standards							-	
ungefährliche Nutzung für Mensch und Tier auch bei unsachgemäßem Gebrauch (Verbrennung, Verschlucken)							+	
Produkte sind flächendeckend günstig zu erhalten							+	
Ökonomie und Wirtschaft	%	%	40%				2,3	
wirtschaftliche Produktion ohne Subventionen möglich							+	
gute Vermarktung möglich							o	
Recycling möglich							+	
Werkstoffeigenschaften	%	%	25%				1,5	
gute Haltbarkeit und lange Lebensdauer							++	
gute Werkstoffeigenschaften und breites Einsatzgebiet							+	
Urteil			100%				2,2	
Urteil der gesamten Klasse								

Schritt 3

(Aufgabe 4): Zum Schluss sammelt ihr alle Gesamtnoten der Gruppen an der Tafel und rechnet die Gesamtnoten der ganzen Klasse aus, die hier eingetragen werden:

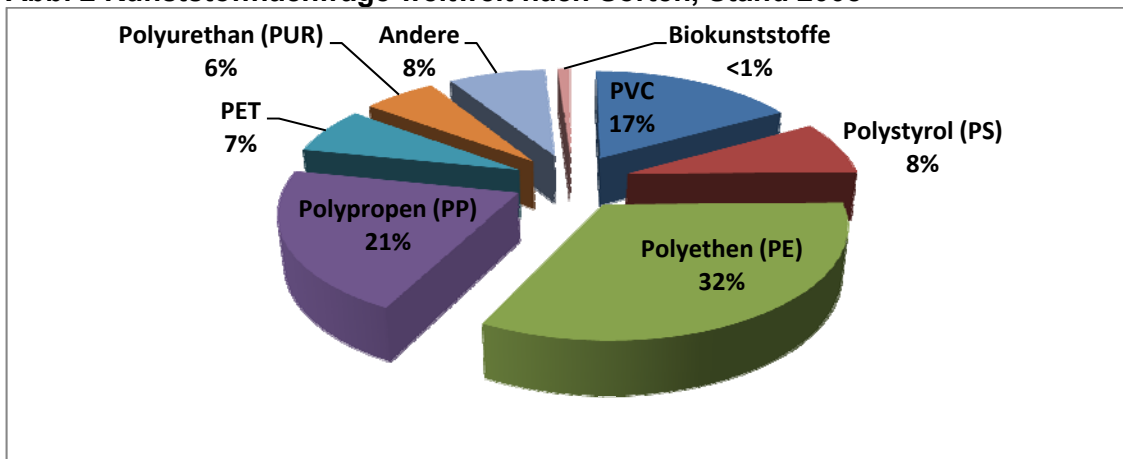
M5 Kunststoffe – Daten und Fakten aus der Wirtschaft

Abb. 1 Kunststoffproduktion der Länder



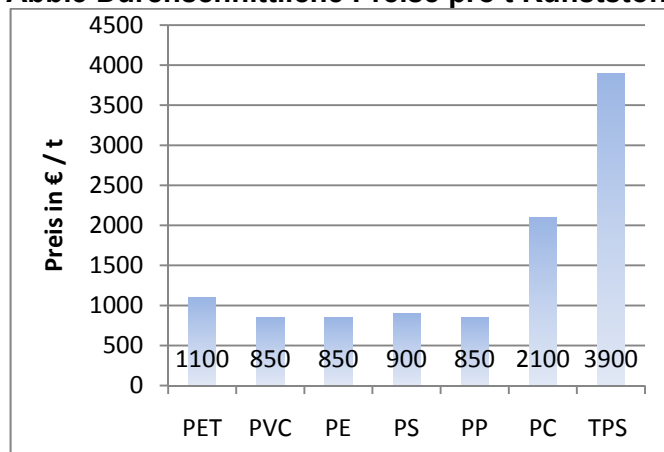
Quelle: PlasticsEurope Market Research Group (PEMRG)
 Zentraleuropa: Estland, Lettland, Litauen, Polen, Slowakei, Tschechische Republik, Bulgarien, Ungarn, Slowenien

Abb. 2 Kunststoffnachfrage weltweit nach Sorten, Stand 2008



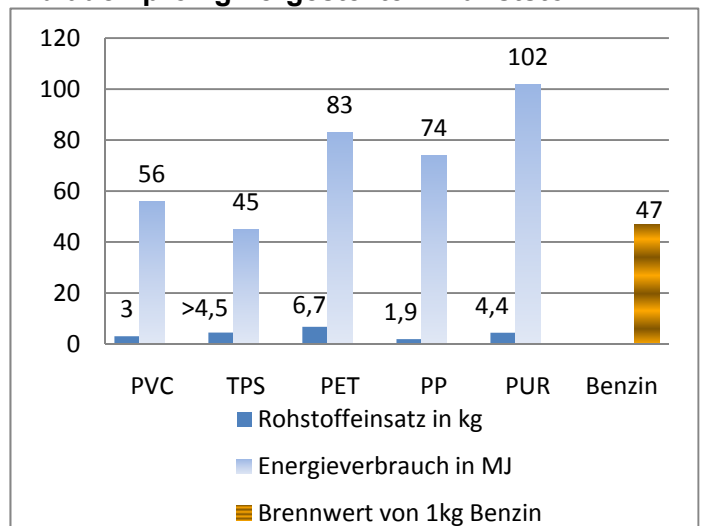
Quelle: PlasticsEurope Market Research Group (PEMRG)

Abb.3 Durchschnittliche Preise pro t Kunststoff



Quelle: bvse - Bundesverband Sekundärrohstoffe und Entsorgung e.V.

Abb. 4 Rohstoffeinsatz und Energieverbrauch pro kg hergestelltem Kunststoff



Quelle: <http://www.lca.plasticseurope.org/index.htm>

A - PVC

PVC – Polyvinylchlorid – ist ein thermoplastischer Kunststoff, der aus Erdöl hergestellt wird. Aus dem Erdöl gewinnt man Ethen. Zusätzlich braucht man Chlor, das unter großem Energieaufwand aus Kochsalz gewonnen wird. Ältere Verfahren der Chlorherstellung, die zum Teil noch im Ausland betrieben werden, bringen allerdings viele Umweltrisiken mit sich. Sie verwenden das giftige Quecksilber. Am Ende wird das PVC durch die Polymerisation von Vinylchlorid, einer Verbindung aus Ethen und Chlor, mit Hilfe von Katalysatoren hergestellt:

Bei der Herstellung von PVC können der ätzende Chlorwasserstoff (HCl) und als Zwischenprodukt das krebserregende Vinylchlorid (VC) entstehen. Beim VC gab es früher viele Unfälle, die aber dank steigender Sicherheitsmaßnahmen heute kaum noch auftreten. Der Umgang mit dem HCl bleibt aber risikoreich.

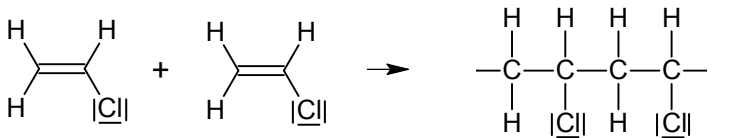


Abb. 1 Schematische Reaktion von Vinylchlorid zu Polyvinylchlorid

PVC lässt sich sehr gut verarbeiten. Die Einsatzgebiete von PVC sind sehr vielfältig. Das meiste PVC wird beim Bau eingesetzt: Fensterprofile, Abflussrohre, Kabelummantelungen, Dachabdichtungen oder Fußbodenbeläge. PVC ist häufig billiger als andere Kunststoffe. Daneben wird PVC noch verwendet für Verpackungen, Krankenhausbedarf oder Spielzeug.

Um PVC mit verschiedenen Eigenschaften zu erhalten, werden Zusatzstoffe beigemischt. Diese Stoffe machen das PVC weich, farbig oder beständig. Insbesondere die Weichmacher sind aber umstritten, da sie im Verdacht stehen, krebserregend zu sein. PVC ist ein sehr langlebiger Werkstoff. Er ist beständig gegen UV-Strahlung und Witterungseinflüsse. Reinigungsmittel wie Alkohol, Säuren oder Laugen können ihm kaum etwas anhaben.



Abb. 2 PVC-Rohre



Abb. 3 Fensterprofil aus PVC

Diese hohe Beständigkeit sorgt aber auch dafür, dass PVC in der Natur nicht zersetzt wird. PVC-Abfälle werden daher vielfach auf Deponien gelagert. Diese Lösung ist kostengünstiger, als den Werkstoff zu recyceln. In Deutschland ist es allerdings seit 2005 verboten, Abfälle zu deponieren, wenn eine Verwertung technisch und wirtschaftlich möglich ist. Eine Deponierung von PVC findet daher nur noch im Ausland statt. Und tatsächlich wird auch ein Teil unseres PVC-Abfalles exportiert und dort deponiert.

Für PVC gibt es aber auch zunehmend Verwertungsverfahren. Es gibt die thermische Verwertung, bei der das PVC zur Energiegewinnung verbrannt wird. Das war lange Zeit nicht möglich, da bei der Verbrennung von PVC giftige Dioxine entstehen. In modernen Anlagen ist es aber möglich, PVC ohne Dioxinentstehung zu verbrennen. Allerdings besteht Gefahr, wenn PVC unkontrolliert verbrennt, etwa bei Hausbränden. Auch in ärmeren Dritte-Welt-Ländern wird PVC zusammen mit anderen Kunststoffen häufig illegal auf dem freien Feld verbrannt, zumeist von Kindern und jungen Erwachsenen. Sie wollen die metallischen Rückstände zu gewinnen und verkaufen. Dabei werden sehr viele giftige Gase frei, die Gesundheitsschäden verursachen.

Wirtschaftlich wertvoller ist die Verwertung von PVC zu neuen Produkten. Hier werden vor allem sehr reine Abfälle aus PVC bei niedrigen Temperaturen eingeschmolzen und direkt zu neuen Produkten verarbeitet.

B - TPS



Abb. 1 Siegel für Kompostierbarkeit

Unter TPS versteht man den Biokunststoff „thermoplastische Stärke“. Der Begriff Biokunststoff ist weit gefasst. Zum einen können biologisch abbaubare Kunststoffe gemeint sein, die aber nicht aus nachwachsenden Rohstoffen gewonnen werden müssen. Zum anderen sind aber

auch Kunststoffe gemeint, die aus pflanzlichen Rohstoffen hergestellt werden, aber nicht biologisch abbaubar sind. TPS ist sowohl biologisch abbaubar als auch aus nachwachsenden Rohstoffen hergestellt.

TPS wird aus Stärke hergestellt. Stärke kommt in Kartoffeln, Mais, Reis oder Getreide vor und kann leicht und gefahrlos gewonnen werden. Stärke besteht aus zwei Bestandteilen, Amylose und Amylopektin. Für die Kunststoffherstellung ist vor allem das Amylopektin von Interesse. Allerdings ist es schwierig, allein durch Züchtungen den Anteil an Amylopektin in den Maispflanzen zu erhöhen. Deswegen wird in manchen Ländern auf die Gentechnik zurückgegriffen. In Deutschland ist diese Nutzung der Gentechnik aufgrund der Risiken für Mensch und Tier verboten. In den USA und einigen anderen Ländern jedoch werden gentechnisch veränderte Pflanzen in großen Mengen angebaut.

Stärke kann Wasser aufnehmen und aufquellen. Deshalb muss die Stärke bearbeitet werden und es werden Zusatzstoffe beigemischt. Es entsteht ein haltbarer Kunststoff der aber trotzdem biologisch abbaubar bleibt. Allerdings ist TPS aus diesem Grund auch im Einsatz nicht sehr stabil. TPS wird relativ schnell in kleinere Bestandteile zersetzt, z.B. bei Feuchtigkeit, Lichteinwirkung oder durch Mikroorganismen.

Will man große Mengen Kunststoffe aus Stärke gewinnen, muss intensive Landwirtschaft betrieben werden. Auch sind viele chemische Schritte nötig, bis man das Produkt hat. Nimmt man dies alles zusammen, liegt der Stärkekunststoff in Bezug auf seine Umweltverträglichkeit nicht weit vor vielen herkömmlichen Kunststoffen. Ein Nachteil ist auch, dass Stärkekunststoffe bislang nicht recycelt werden können.



Abb. 2 TPS als Verpackungsmaterial

Es bleibt nur die Verbrennung oder der biologische Abbau, wobei die Verbrennung aus ökologischer Sicht vorzuziehen ist, weil hierbei noch Energie gewonnen wird.

TPS wird als Verpackung eingesetzt, z.B. für Obst und Gemüse. Weitere Anwendungen sind in der Landwirtschaft, wo Folien am Ende der Nutzung einfach unter die Erde gepflügt werden können. In Supermärkten finden sich seit einiger Zeit auch biologisch abbaubare Mülltüten. Hier hat sich allerdings gezeigt, dass sich diese Mülltüten nur unter speziellen Bedingungen rasch zersetzen. Daher haben gängige Kompostierungsanlagen Probleme mit diesen Tüten und die Folien müssen vorher aussortiert und verbrannt werden, was allerdings ohne Probleme möglich ist.

Obwohl das Einsatzgebiet für Biokunststoffe bisher begrenzt ist, steigt die Nachfrage. Biokunststoffe werden staatlich gefördert, indem sie von den Gebühren für die Entsorgung im dualen System für Kunststoffe („gelbe Punkt“) ausgenommen sind. Dennoch können die Biofolien im Preisvergleich mit herkömmlichen Folien noch nicht mithalten. Trotzdem könnten Biokunststoffe vor dem Hintergrund steigender Ölpreise und abnehmender Ölreserven zunehmend wichtiger werden.

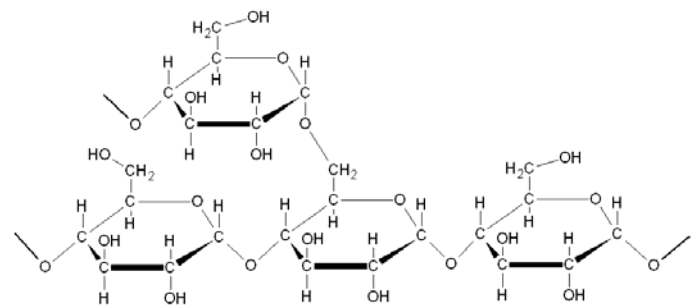


Abb. 3 Amylopektin

C - PET



Abb. 1 PET-Flaschen

Polyethylenterephthalat (PET) ist ein thermoplastischer Kunststoff aus der Gruppe der Polyester. PET ist gut zu verarbeiten und wird in großer Menge zur Herstellung von Einweg- oder Mehrwegflaschen genutzt. PET besitzt eine hohe Transparenz, ist leichter als Glas und beständig gegen Umwelteinflüsse. PET ist allerdings gasdurchlässig. Getränke können daher nach einiger Zeit ihre Kohlensäure verlieren.

PET ist reißfest, leicht und nimmt kein Wasser auf, sodass es sich vor allem für Sportbekleidung eignet. Fleecepullover werden aus PET hergestellt. Auch Folien werden aus PET gemacht, z.B. für Abdeckplanen für LKWs. Insgesamt besitzt PET ein sehr vielfältiges Einsatzgebiet.

Die Herstellung von PET läuft über sehr viele verschiedene Schritte und ist deshalb energieaufwändig. Alle Ausgangsstoffe für die PET-Herstellung werden aus fossilen Rohstoffen gewonnen. PET wird auf zwei verschiedenen Wegen hergestellt. Ältere Anlagen benutzen auch heute noch die Reaktion von Dimethylterephthalat mit gesundheitsschädlichem Ethandiol, wobei giftiges und leicht entzündliches Methanol entsteht. Modernere Anlagen arbeiten mit Terephthalsäure und Ethandiol, so dass man das Methanol vermeidet. PET selbst ist ungiftig. PET ist nicht biologisch abbaubar und muss anders entsorgt werden. Eine Deponierung ist seit 2005 in Deutschland verboten. Daher wurde PET früher thermisch verwertet. 1999 wurden etwa 96% aller PET-Abfälle zur Energiegewinnung verbrannt. Bei der Verbrennung entstehen keine giftigen Stoffe.

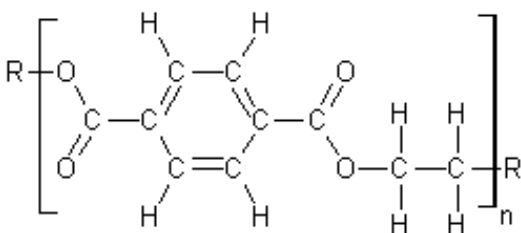


Abb. 2 Strukturformel von PET

Für PET gibt es aber auch gute Recyclingverfahren zur Herstellung von neuen Produkten, PET-Flaschen oder Fleecestoffen. Fand dieses Recycling vor einigen Jahren noch in Deutschland statt, wird heute ein Großteil unseres PET-Abfalls nach China verschifft. In China werden die verschiedenen PET-Abfälle nach Farben sortiert, von Schmutz und anderen Begleitstoffen gereinigt und zu kleinen Flakes verarbeitet. Diese Flakes können dann später eingeschmolzen und wieder verwertet werden. So produziert China aus den PET-Flaschen z.B. Fleecepullover, die dann wieder unter anderem nach Deutschland verschifft werden.



Abb. 3 Recycling-symbol für PET



Abb. 4 Fleecedecke aus PET

Wirtschaftlich lohnt sich die Verschiffung, denn in China wird mehr Geld pro Tonne PET-Abfall gezahlt als Betriebe in Deutschland damit erwirtschaften könnten. Das liegt unter anderem daran, dass in China die Umweltbestimmungen für das Recycling niedriger sind und das Recycling damit billiger ist. So müssen die Abwässer, die beim Recycling entstehen z.B. nicht in der Fabrik geklärt werden, wie es in Deutschland der Fall ist. Außerdem sind die Personal- und Betriebskosten in China kostengünstiger, weil hier niedrigere Löhne gezahlt werden und geringere soziale Standards üblich sind als in Europa.