

# 7 Kunststoffe

## 7.1 Kunststoffe überall

### Zu den Aufgaben

**A1** Materialeigenschaften der Steckbausteine: sind formstabil, behalten über Jahre ihre Form, sind kratzfest und leicht, lassen sich unterschiedlich einfärben, sind mit Waschwasser leicht zu reinigen.

**A2** Segel und Surfbrett sollen leicht, biegsam und wasserabweisend sein.

**A3** Gute Funktionsshirts leiten Schweiß nach außen ab, wo er dann verdunstet. Sie haben damit eine „Kühlwirkung“. Funktionsshirts besitzen häufig unterschiedlich starke Zonen; dieses sogenannte Bodymapping verstärkt die Kühlwirkung an Brust, Achseln und der oberen Rückenpartie. Funktionsshirts trocknen schnell und verlieren nicht ihre Form. Manche Funktionsshirts sind auch winddicht und schirmen vor UV-Strahlung ab. Funktionsshirts werden aus Kunstfasern hergestellt.

Ein T-Shirt aus Baumwolle saugt den Schweiß auf und wirkt schwer, es trocknet nur langsam und ist winddurchlässig. Ein T-Shirt aus Baumwolle verliert leicht seine Form. Ein T-Shirt aus Baumwolle wird aus natürlichen Fasern von nachwachsenden Rohstoffen gewonnen.

**A4** Vorzüge von Trinkflaschen aus Kunststoff: Sie sind leichter als Glasflaschen oder Aluminiumflaschen gleicher Größe, zerbrechen nicht so leicht wie Glasflaschen, sind meist spülmaschinenfest bis 60 °C oder 70 °C

Nachteile von Trinkflaschen aus Kunststoff: Einige haben einen unangenehmen Eigengeruch, einige können Weichmacher enthalten, Kohlensäure entweicht meist schneller aus Kunststoffflaschen als z.B. aus Glasflaschen, Kunststoffflaschen werden meist aus Erdölprodukten gewonnen.

*Ein Fazit:* Die Qualität einer Trinkflasche aus Kunststoff hängt vom verwendeten Kunststoff und seiner Verarbeitung ab.

### A5

**a)** Vorzüge von Kunststoffen für den Fahrzeugbau: Kunststoffe machen Fahrzeuge leichter und senken den Benzinverbrauch, Kunststoffe lassen sich flexibel formen und damit anpassen, Kunststoffe sind flexibel und verringern die Verletzungsgefahr für die Fahrzeuginsassen im Innenraum.

**b)** Wenn in der Zukunft mehr Fahrzeuge mit Akkumulatoren zum Einsatz kommen sollen, so müssen die Fahrzeuge leichter werden, damit ihre Reichweite mit der Reichweite von Fahrzeugen mit Verbrennungsmotoren konkurrieren kann.

**A6** Platten aus Polystyrol werden zur Wärmedämmung eingesetzt, weil Polystyrol die Wärme schlecht leitet. Elektrische Leitungen, Schalterabdeckungen und Steckdosenabdeckungen bestehen aus Kunststoffen. Diese Kunststoffe leiten den elektrischen Strom nicht, sie sind Isolatoren. Fensterrahmen aus PVC sind preisgünstiger als die meisten Holzrahmen und wesentlich preisgünstiger als Fensterrahmen aus Aluminium. Die Fensterrahmen aus Kunststoffen verziehen sich nicht und müssen nicht gestrichen werden.

### A7

**a)** Metalle: Kupfer, Eisen, Neodym, Praesodym, Tantal, Gold, Silber, Palladium  
Neodym und Praesodym werden zur Herstellung von dauerhaften Magneten in Laptops verwendet, Tantal zur Produktion von Kondensatoren, die Metalle der Platingruppe spielen bei der Herstellung von Festplatten eine wichtige Rolle, das elektrisch leitende Kupfer wird für Kabel und Verbindungen benötigt.

Die Laptophülle besteht aus Aluminium oder Kunststoff oder einer Kombination aus Aluminium und Kunststoff. Die Vorzüge dieser Materialien bestehen darin, dass sie leicht (kleine Dichte) sind, eine geringe Ausdehnung haben und lange halten. Silicium ist als Halbleiter in Chips und Transistoren zu finden.

**b) Pro-Argumente:** Einsatz von Lernprogrammen für selbstständiges Lernen, Tipps und anschauliche Hilfestellungen, individuelle Rückmeldungen zu den Arbeitsergebnissen, individuelles Lerntempo, hohe Motivation

**Contra-Argumente:** Fähigkeit zum Kopfrechnen und Überschlagsrechnen gehen verloren oder zurück; der Umgang mit Geodreieck, Lineal und Zirkel wird vernachlässigt; Vereinsamung in der Arbeit und beim Lernen

## A8

**a)** In die gelbe Tonne bzw. den gelben Sack gehören grundsätzlich nur gebrauchte Verpackungen aus Metall, Kunststoff, Verbundstoffen und Naturmaterialien.

*Beispiele:* Spülmittelflaschen, Joghurtbecher, Milchkartons, Saftkartons, Tragetaschen, Eisverpackungen, Zahncremetuben, Styroporverpackungen, Getränkedosen, Konservendosen, Kronkorken, Alufolie

**b)** Das getrennte Sammeln von Gegenständen nach Wertstoffen in Privathaushalten kann sehr unterschiedlich bewertet werden. Für das Einsammeln der Gegenstände muss eine Infrastruktur vom Einsammeln über das Lagern und Sortieren geschaffen werden, da in vielen Privathaushalten häufig nicht ordentlich getrennt wird. Die Gegenstände müssen zum Aufarbeitungsbetrieb befördert werden. Jeder Abfall, der in der falschen Tonne landet, muss mühevoll von den Mitarbeitern der Entsorgungsbetriebe auf dem Sortierband wieder aussortiert werden. Nach Aussagen von Experten landen ca. 50 % des Mülls in der falschen Tonne. Heute ist es nach Meinung von Gegnern des getrennten Sammelns technisch möglich, alles verwertbare Material aus dem Müll zu holen, nicht nur Verpackungen. Es könnte viel mehr verwertet werden als die Gegenstände und Stoffe, die über den „Grünen Punkt“ erfasst und gesammelt werden. Es liegen noch Ressourcen in hohem Maße brach. Nach Meinung des Dualen Systems Deutschland (DSD) ist die Trennung von Restmüll und Verpackungsmüll weiterhin sinnvoll. Denn der Feuchtigkeits- und Schmutzanteil im Restmüll ist viel höher. Faktisch sei keine Sortiermaschine bisher in der Lage, Leichtverpackungsgemische zu trennen. Eine qualitative Verwertung sei daher zurzeit nicht möglich.

**c)** PET-Flaschen können zu neuen Flaschen oder zu Fasern verarbeitet werden. Viele Thermoplaste werden eingeschmolzen und z. B. zu Füßen von Straßenschildern, Parkbänken oder Schallschutzmauern verarbeitet.

*Ergebnis einer Recherche:* Es gibt drei Möglichkeiten des Recyclings: materielles oder werkstoffliches Recycling, rohstoffliches (chemisches) Recycling, thermische Verwertung

*Hinweis:* Im engeren Sinn versteht man unter Recycling, dass ein Stoff ohne neuen Rohstoffeinsatz und ohne großen Energieeinsatz wieder genau zu dem Stoff zurückgeführt wird, der er vor seinem Einsatz war. Im Alltagssprachgebrauch versteht man unter Recycling die Wiederverwertung von gebrauchtem Material (Müll).

## 7.2 Praktikum Eigenschaften von Kunststoffen

### Zu den Versuchen

#### V1 Kennzeichnung von Kunststoffen

Polyethen (PE): Frischhaltefolie, Tragetaschen, Einmal-Trinkbecher

Polyethenterephthalat (PET): Getränkeflaschen

Polyvinylchlorid (PVC): Rohre, Gartenschläuche, Bodenbeläge  
 Polystyrol (PS): Joghurtbecher  
 usw.

## V2 Schwimmverhalten von Kunststoffen

Die selbst hergestellten Probestücke sollten gleich groß und gleich dick sein.

Probe /Schwimmverhalten	in Wasser	in Kochsalzlösung
Probe von einem Plastikbeutel (PE)	schwimmt auf dem Wasser	schwimmt auf der Kochsalzlösung
Probe von einer Getränkeflasche (PET)	sinkt auf den Boden	schwimmt
Probe von einem Joghurtbecher (PS)	sinkt langsam auf den Boden	schwimmt
Probe von einem Bodenbelag (PVC-P; PVC weich)	sinkt auf den Boden	schwebt in Bodennähe
Probe einer Rückleuchte (PMMA)	sinkt auf den Boden	schwebt in Bodennähe
Probe eines Reinigungsschwamms (PU)	schwimmt auf dem Wasser	schwimmt auf der Kochsalzlösung

Hinweise zu den Dichte:

Kunststoff	Dichte in g/cm <sup>3</sup>
PE-LD (Polyethen-Low Density)	0,92 – 0,94
PE-HD (Polyethen-High Density)	0,94 – 0,97
PE-LLD (Polyethen-Linear Low Density)	0,87 – 0,94
Polypropen (PP)	0,90 – 0,92
Polystyrol (PS)	1,04 – 1,09
Polyethenterephthalat, amorp (A-PET)	1,33 – 1,35
Polyethenterephthalat, teilkristallin (C-PET)	1,38 – 1,40
Polyvinylchlorid, weich (PVC-P)	1,20 – 1,35
Polyvinylchlorid, hart (PVC-U)	1,38 – 1,40
Polymethylmethacrylat (PMMA)	1,18 – 1,19
Polyurethane (PU)	1,10 – 1,25

Die Dichten der Kunststoffproben können von den Dichten der reinen Kunststoffe abweichen, da die Stoffe der Kunststoffproben noch Füllstoffe enthalten oder z. B. aufgeschäumt sind.

## V3 Verhalten gegenüber Säuren, Laugen und Lösungsmitteln

Kunststoffprobe	Salzsäure	Natronlauge	Aceton	Essigsäureethylester
Plastiktüte (PE)	beständig	beständig	beständig	beständig
Joghurtbecher (PS)	beständig	beständig	löslich	löslich
Gummistopfen	beständig	beständig	beständig	beständig
Kunststoffbecher (PP)	beständig	beständig	beständig, nach einiger Zeit angelöst	beständig, nach einiger Zeit angelöst
Kunststoffbecher (PET)	beständig	wenig beständig	löslich	löslich

**Hinweis:**

Die Ergebnisse zeigen sich häufig erst nach mehrmaligem Verreiben. Gummistopfen können z. B. nach längerem Kontakt mit Natronlauge, Aceton oder Essigsäureethylester aufquellen.

**V4 Festigkeit von Kunststoffen**

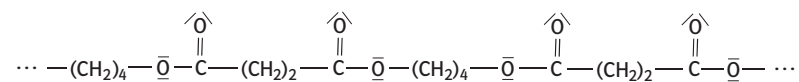
**a)** Proben aus Polyethylen (PE) und Polypropylen (PP) sind leicht biegsam, Polystyrol (PS) verhält sich elastisch, Polyester (PU) ist hart und spröde.

**b)** Beim Erhitzen im Wasserbad werden thermoplastische Kunststoffe weich und lassen sich verformen, z. B. PE, PP und PS. Duroplaste, wie etwa PU, bleiben hart und spröde.

**7.3 Riesenmoleküle aus kleinen Molekülen****Zu den Aufgaben**

**A1** Die Kettenglieder der kettenförmigen Polymere von Polyethen, Polyvinylchlorid und Polypropen sind jeweils C-C-Einheiten, die beim Polyethen mit vier Wasserstoff-Atomen verknüpft sind. Beim Polyvinylchlorid sind die C-C-Einheiten mit drei Wasserstoff-Atomen verknüpft, jedes zweite C-Atom ist mit einem Chlor-Atom verbunden. Im Polypropen sind die C-C-Einheiten auch mit drei Wasserstoff-Atomen verknüpft, jedes zweite C-Atom ist mit einer CH<sub>3</sub>-Gruppe verbunden.

**A2** Joghurtbecher werden überwiegend aus Polystyrol (PS), gefolgt von Polypropen (PP) und Polyethenterephthalat (PET) hergestellt. Auch Polymilchsäure (PLA) wird zur Herstellung von Joghurtbechern eingesetzt.

**7.5 Exkurs Polyester und Polyurethane****Zu den Aufgaben****A1**

**A2** Polyesterfasern sind empfindlich gegen hohe Temperaturen und manche Lösungsmittel. Textilien, die Polyesterfasern enthalten, dürfen daher nur bei niedrigen Temperaturen gewaschen, nicht gebügelt und nicht zur chemischen Reinigung gegeben werden.

**A3** Das aufgeschäumte Polyurethan wirkt isolierend, sodass weder Hitze noch Kälte von der Sohlenseite in den Schuh eindringt.

**A4** Polyurethane weisen ein breites Anwendungsspektrum im Automobilbau auf, weil sie von weichen bis zu harten, von leichten über kompakte bis hin zu hochfesten Produkten hergestellt werden können. Man fertigt Polster und Sitze aus weichem bis festen Polyurethan für den gewünschten Sitzkomfort. Man findet Polyurethan mit Blecheinlagen verstärkt als Grundlage von elastischen Verkleidungen im Heck und Frontbereich. Türverkleidungen bestehen aus geschäumtem, halbhartem Polyurethan, das gegen Kälte und Hitze schützt, bei einem Unfall keine scharfen Kanten bildet und den Aufprall dämpft.

## 7.6 Kunststoffe: Struktur und Eigenschaften

### Zu den Aufgaben

#### A1 Thermoplaste

- erweichen und schmelzen beim Erwärmen.
- werden beim Abkühlen wieder fest.

*Deutung mithilfe* von B3: Thermoplaste bestehen aus unverzweigten Makromolekülketten. Zwischen ihnen wirken Van-der-Waals-Kräfte. Beim Erwärmen werden diese Kräfte durch die thermische Bewegung überwunden, die Ketten können aneinander vorbeigleiten. Der Stoff erweicht bzw. schmilzt. Beim Abkühlen werden die Kräfte wieder wirksam, der Stoff wird wieder fest.

#### Elastomere

- sind gummielastisch.
- verändern bei Krafteinwirkung ihre Form.
- kehren anschließend wieder zu ihrer alten Gestalt zurück.
- werden in der Kälte starr.

*Deutung mithilfe* von B4: Schüler werden die Eigenschaften der Elastomere auf energetische Effekte zurückführen. Die Molekülketten liegen verknäuelte vor. Sie werden durch Van-der-Waals-Kräfte in ihrer Form gehalten. Bei Krafteinwirkung werden diese Kräfte überwunden. Die Ketten werden gestreckt, können aber nicht wie bei den Thermoplasten aneinander vorbeigleiten, da sie durch Atombindungen vernetzt sind. Bei geringer Teilchenbewegung in der Kälte können die Kräfte nicht überwunden werden. Die Abbildung zeigt einen weitgehend gedehnten Zustand. Eine tiefer gehende wissenschaftliche Erklärung der thermoplastischen Eigenschaften, die von Schülern nicht zu erwarten ist, geht von einem Entropie-Effekt aus (Entropie-Elastizität). Die verknäuelten Ketten befinden sich in einem wenig geordneten entropiereichen Zustand. Bei Streckung müssen sich die Ketten der Zugrichtung entsprechen anordnen. Die Entropie nimmt ab. Wird die Krafteinwirkung beendet, wird der entropiereiche verknäuelte Zustand wieder eingenommen.

#### Duroplaste

- sind hart und spröde
- erweichen nicht
- werden bei hohen Temperaturen zersetzt

*Deutung mithilfe* von B5: Zwischen den Molekülketten liegen zahlreiche Querverbindungen vor und bilden ein engmaschiges Netz. Die Ketten sind stärker vernetzt als bei Elastomeren. Die Bestandteile können sich aufgrund der Vernetzung nur wenig bewegen. Duroplaste schmelzen deshalb beim Erwärmen nicht und können auch nicht mehr verformt werden. Bei hohen Temperaturen führt die Energieaufnahme zur Spaltung von Atombindungen innerhalb der Ketten oder zwischen ihnen. Der Stoff wird zersetzt.

**A2** Polyethen gehört zu den Thermoplasten. Mit dem Lötkolben kann man den Kunststoff um die kleinen Löcher schmelzen. Der geschmolzene Kunststoff fließt zusammen, die Löcher sind geschlossen.

## 7.7 Exkurs Verarbeitung von Kunststoffen

### Zu den Aufgaben

#### A1

- a) Ein Eimer kann durch Spritzgießen hergestellt werden. Das Granulat wird in einem Extruder mit beweglicher Schnecke gefördert, durch Erwärmen plastisch gemacht und dann durch Vorwärtsbewegen der Schnecke in die gekühlte Form gespritzt. Später öffnet sich die Form und das fertige Teil fällt heraus.
- b) Getränkeflaschen können durch Hohlkörperblasen hergestellt werden. Dabei drückt ein Extruder einen fast plastischen Schlauch in ein zweiteiliges Hohlwerkzeug mit der gewünschten Form. Durch Schließen des Werkzeugs wird der Schlauch luftdicht abgequetscht und durch Einblasen von Luft an die Wände der Form gedrückt. Nach kurzer Abkühlzeit wird die Form geöffnet und der Hohlkörper ausgeworfen.
- c) Müllbeutel können durch Folienblasen hergestellt werden. Dabei drückt ein Extruder das fast flüssige Material durch eine formgebende Düse unter hohem Druck, das Material wird mit Luft aufgeblasen und dann sofort abgekühlt.

#### A2

- a) Die Vorzüge in der Anlieferung der Vorform gegenüber der Anlieferung der fertigen Flasche liegt im geringeren Platzbedarf bei der Anlieferung mit dem Lkw und dem geringeren Platzbedarf bei der Lagerung vor dem Befüllen der Kunststoffflaschen.
- b) Die Vorform muss aus einem thermoplastischen Kunststoff bestehen, weil die Vorform durch Erwärmen geschmolzen und in die endgültige Flaschenform gebracht wird.

## 7.8 Mülleimer Meer

### Zu den Aufgaben

**A1** Das Meer ist die größte Müllkippe:

- Die Flüsse transportieren ihre gesamte Belastung in die Meere.
- Bei Tankerunfällen oder Bohrinselfällen gelangt Erdöl in die Meere.
- Manche Staaten haben Materialien nach radioaktiven Unfällen im Meer versenkt.
- Munitionsreste aus dem 2. Weltkrieg sind z. B. in die Ostsee und Nordsee versenkt worden.
- Im Meerwasser lösen sich auch viele Schadstoffe aus der Luft. Dieses kann z. B. zur Versauerung der Meere beitragen.

**A2** Gegen die Vermüllung der Meere kann man persönlich etwas unternehmen:

- Beim Grillen an einem Fluss, keine Getränkeverpackungen und sonstigen Müll in den Fluss geben.
- Seinen Müll bestimmungsgemäß entsorgen.
- An Müllsammelaktionen teilnehmen und den in die Umwelt „wild“ entsorgten Müll sammeln.
- Möglichst wenige Einwegprodukte verwenden (z. B. Tragebeutel, Geschirr, Getränkeflaschen).

## 7.9 Verwertung von Kunststoffen

### Zu den Aufgaben

#### A1

	Werkstoffliche Verwertung	Rohstoffliche Verwertung	Thermische Verwertung
Vorteile	Schonung der Rohstoffe, Verminderung des Abfallaufkommens, sortenreine Kunststoffe führen zu qualitativ ansprechenden Produkten	Schonung der Rohstoffe; Verminderung des Abfallaufkommens; Gewinnung von Ausgangsstoffen, die für neue Synthesen eingesetzt werden können	Schonung der Rohstoffe, Verminderung des Abfallaufkommens, keine Sortieren der Kunststoffe nötig, Gewinnung von thermischer Energie z.B. für Fernwärme oder elektrischen Strom
Nachteile	nur geeignet für thermoplastische Kunststoffe, vermischte und verunreinigte Kunststoffabfälle führen zu minderwertigen Produkten	sehr aufwendige Verfahren	Kunststoffe gehen verloren, Kohlenstoffdioxid wird an die Atmosphäre abgegeben

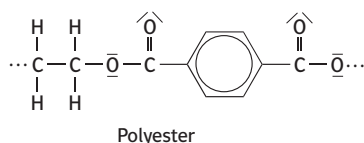
**A2** Die gesammelten PET-Flaschen werden entweder direkt oder in Form von ungereinigten oder gereinigten Flocken nach China transportiert. Die Kleidung wird dann wieder nach Europa transportiert. Für den Transport wird Energie benötigt. Die Umwelt wird dadurch belastet. In dieser Hinsicht wäre es besser, die Kleidung aus recyceltem PET, direkt in Europa zu produzieren.

**A3** Manche Kartons weisen nur die Schichten: Polyethen, Karton, Polyethen, Farbschicht auf. Die in B4 abgebildete Getränkeverpackung besteht aus sieben Schichten.

## 7.11 Exkurs Kleidung aus Naturfasern und Chemiefasern

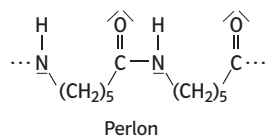
### Zu den Aufgaben

**A1** Die Estergruppe ist die funktionelle Gruppe der Polyester:



In der Estergruppe ist das C-Atom mit einem O-Atom über eine Doppelbindung und einem weiteren O-Atom über eine Einfachbindung verknüpft. Das O-Atom, das mit der Einfachbindung mit dem C-Atom verknüpft ist, bindet ein weiteres C-Atom über eine Einfachbindung.

Die funktionelle Gruppe der Polyamide ähnelt einer Estergruppe. Ein O-Atom der Estergruppe ist hier durch ein N-Atom ersetzt:



**A2** In vielen Kleidungsstücken kommen Kunststoffe vor, häufig in Mischgeweben mit natürlichen Fasern wie Wolle oder Baumwolle. Dabei verwendet man abhängig von den Eigenschaften, die die Kleidungsstücke haben sollen, verschiedene Kunstfasern:

- Eine Jeans besteht aus Baumwolle, also einer Naturfaser. Wenn sie dehnbar ist, enthält sie wahrscheinlich Elastan, das Nähgarn der Jeans ist meist aus Polyester.
- Badesachen oder Radlerhosen bestehen meistens aus Polyamid und Elastan. Diese Kleidungsstücke aus reinen synthetischen Fasern sind dehnbar, sitzen hauteng und bequem und trocknen z.B. nach dem Schwimmen schnell.
- T-Shirts sind meist aus Baumwolle, aber besonders in eng anliegenden T-Shirts sind häufig Kunstfasern aus Elastan, z.B. Lycra, verarbeitet, damit sie gut dehnbar sind und besser in Form bleiben.
- Pullover bestehen meistens – zumindest zum Teil – aus Wolle, oft gemischt mit Polyacryl(nitril), Polyamid (Nylon) oder Polyester. Es gibt auch Pullis, die ganz aus diesen Kunstfasern bestehen (einzeln oder gemischt), außerdem ist in manchen Stricksachen auch Viskose verarbeitet.
- Bei Jacken findet man eine Vielzahl von Kunststoffen: Polyamide, Polyester, Polyacryl. Häufig verwendete Futterstoffe bestehen aus Kunstseiden wie Viskose oder Celluloseacetat oder aus Synthefasern wie Polyester oder Nylon. Um Jacken wasserdichter zu machen, kann man sie z.B. mit Polyacryl beschichten. Für wasserdichte und atmungsaktive Jacken werden mikroporöse Membranen aus Polyurethanen oder Copolymeren, z.B. Sympatex®, als Folien auf einen Trägerstoff aufgebracht.

## 7.12 Biologisch abbaubare Kunststoffe

### Zu den Aufgaben

**A1** Biologisch abbaubare Kunststoffe werden in der Regel aus natürlichen Rohstoffen gewonnen, dieses schont den Einsatz der fossilen Rohstoffe Erdöl und Erdgas. Die meisten Kunststoffe aus Erdöl- oder Erdgasprodukten werden biologisch nicht oder nur sehr langsam abgebaut und stellen somit ein großes Umweltproblem dar. Die biologisch abbaubaren Kunststoffe belasten nach ihrem Einsatz die Umwelt kaum oder nicht.

**A2** Der wichtigste Inhaltsstoff der Kartoffel für die industrielle Verwendung ist die Stärke. Aus der Stärke lassen sich die in B1 dargestellten Produkte gewinnen. Kartoffelfelder, die für die Gewinnung von Stärke für industrielle Produkte genutzt werden, fallen für die Lebensmittelproduktion aus. In Ländern, in denen eher ein Überschuss an Lebensmitteln produziert wird, ist die industrielle Nutzung der Kartoffelstärke sehr sinnvoll. Problematisch ist es, Felder für die industrielle Stärkeproduktion umzuwidmen, wenn nicht genügend Flächen für die Lebensmittelproduktion vorhanden sind.