



STAATSINSTITUT FÜR SCHULQUALITÄT
UND BILDUNGSFORSCHUNG
MÜNCHEN

KUNSTSTOFF

im LehrplanPLUS der Realschule in Bayern



Werken 10





STAATSIINSTITUT FÜR SCHULQUALITÄT
UND BILDUNGSFORSCHUNG
MÜNCHEN

Kunststoff im LehrplanPLUS der Realschule in Bayern

Erarbeitet im Auftrag des Bayerischen Staatsministeriums für Unterricht
und Kultus

Leitung des Arbeitskreises:

Simone Eder, ISB

Mitglieder des Arbeitskreises:

Günter Trager, Staatliche Realschule Altötting

Silvia Rauß, Sophie-La-Roche-Realschule Kaufbeuren

Martin Hornung, Staatliche Realschule Neusäß

Thomas Reche, Staatliche Realschule Neumarkt in der Oberpfalz

auf der Grundlage des Arbeitshefts für das Fach Werken an Realschulen in
Bayern, Kunststoff, Jahrgangsstufe 10, Marie-Luise Pfeifer, 2012

Bildrechte:

Titelbild (links): ContiTech Waltershausen/Marie-Luise Pfeifer

Titelbilder (mittig, rechts): Günter Trager

Abb. 1, 8, 9, 10, 11, 12, 15, 18, 36, 37, 38, 39, 44, 58, 59, 60, 61:

Günter Trager

Abb. 2, 4, 5, 6, 7, 20, 21, 22, 23, 25, 28, 29, 31, 32, 33, 34, 52, 57,

63, 64, 66: © ClipDealer

Abb. 3: ISB, München

Abb. 13, 14, 16, 17: Silvia Rauß

Abb. 19: Nachdruck/angepasst mit Genehmigung von Springer Natur

(Verarbeitungsmethoden von Martin Bonnet Prof. Dr.-Ing. © 2014)

Abb. 24, 26, 27, 30, 40, 41, 42, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51:

Marie-Luise Pfeifer

Abb. 35: Fraunhofer-Institut für Angewandte Polymerforschung

Abb. 43: Elisabeth Höchstetter

Abb. 53, 54, 55, 56: Elisabeth Mehrl

Abb. 62, 65: Simone Eder

Herausgeber:

Staatsinstitut für Schulqualität und Bildungsforschung

München 2022

Anschrift:

Staatsinstitut für Schulqualität und Bildungsforschung

Abteilung Realschule

Schellingstr. 155

80797 München

Telefon: 089 21 70-24 46

Telefax: 089 21 70-28 13

Internet: www.isb.bayern.de

Hinweise zum Einsatz im Unterricht

Die Gliederung im Heft entspricht dem LehrplanPLUS im Fach Werken und deckt alle prüfungsrelevanten Inhalte zu den Kompetenzen des Profulfaches ab. Um Wissen zu vernetzen, werden wichtige Hintergründe und Zusammenhänge ggf. auch vertieft erläutert. **Für die Erhebung von Leistungsnachweisen gilt grundsätzlich der LehrplanPLUS.**

Mit dem Infoheft kann im Unterricht gearbeitet werden, es eignet sich aber auch zum Nachholen, Wiederholen und Lernen zu Hause.



Dieses Zeichen ist bei einigen Schemazeichnungen zu finden. Es bedeutet, dass die Zeichnung prüfungsrelevant ist. Diese Zeichnung muss selbständig angefertigt werden können. **Darüber hinaus gibt es selbstverständlich weitere Sachverhalte, deren zeichnerische Darstellung verlangt werden kann.**



Dieses Zeichen kennzeichnet größere inhaltliche Blöcke, die über den LehrplanPLUS hinausgehen und der weiteren Information dienen.

Es empfiehlt sich, zusätzlich zum vorliegenden Infoheft, die umfassenden illustrierenden Aufgaben sowie Materialien zum LehrplanPLUS für den Unterricht zu nutzen: <https://www.lehrplanplus.bayern.de/fachlehrplan/realschule/10/werken>

Zur intensiveren Vernetzung und Strukturierung der **Kenntnisse über Werkstoffe und Werkstoffeigenschaften** trägt insbesondere die folgende Aufgabenstellung bei: <https://www.lehrplanplus.bayern.de/zusatzinformationen/aufgabe/kapitel/67657/fachlehrplaene/realschule/10/werken>

Die Auswahl der dort angeführten **Werkstoffeigenschaften** orientiert sich dabei an den Kompetenzerwartungen und Inhalten der verschiedenen Lernbereiche in der Wahlpflichtfächergruppe IIIb; unter anderem verdeutlicht eine tabellarische Übersicht deren Relevanz über die Jahrgangsstufen hinweg.

Inhaltsverzeichnis

KUNSTSTOFF Kultureller Kontext	
Kunststoffe – Werkstoffe mit hohem Entwicklungspotential	3
Kunststoffe und Massenproduktion heute	4
Ersatz traditioneller Materialien und Rückbesinnung auf diese	5
KUNSTSTOFF Werkstoff	
Herstellungsverfahren der Kunststoffe	6
Industrielle Formungsverfahren	7
Eigenschaften moderner Kunststoffe	11
KUNSTSTOFF Werkverfahren	
Trennen durch Ritzbrechen	12
Trennen durch Sägen	13
Thermisches Umformen	13
Fügen durch Stecken oder Verschrauben	14
Laminieren	15
Gesundheitsschutz	15
Arbeitsplan zur Herstellung eines Klebefilmabrollers	16
KUNSTSTOFF Funktion, Gestaltung	
Funktionalität, Bedienbarkeit und Ergonomie	17
Farbe als Gestaltungselement	17
KUNSTSTOFF Ökologie	
Möglichkeiten und Probleme der Kunststoffproduktion	18
Biobasierte und biologisch abbaubare Kunststoffe	19

Kunststoffe – moderne Werkstoffe mit hohem Entwicklungspotential

Als Werkstoffe bezeichnet man alle Materialien, die in eine bestimmte Form gebracht werden können und sich somit zum technischen Gebrauch eignen.

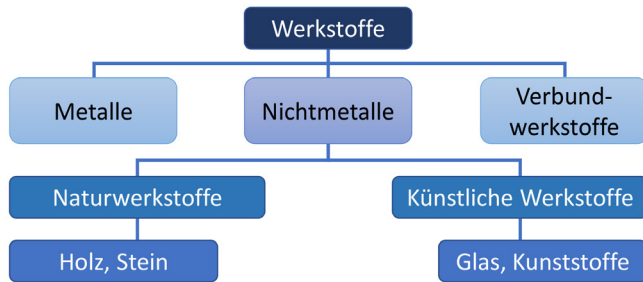


Abb. 1: Eine mögliche Einteilung der Werkstoffe

Kunststoffe bilden die größte und vielfältigste Gruppe innerhalb der künstlichen Werkstoffe.

Die drei Grundtypen synthetischer Kunststoffe sind **Thermoplaste**, **Duroplaste** und **Elastomere**. Daneben werden unterschiedlichste Gemenge verarbeitet, wie z. B. Kunststofflegierungen, Dispersionen, Lösungen, Polymerblends oder Verbundwerkstoffe. Sie setzen sich jeweils aus zwei oder mehr Einzelkomponenten zusammen mit dem Ziel, die guten mechanischen und physikalischen Eigenschaften der jeweiligen Komponenten gleichzeitig zu nutzen. Ein Beispiel für faserverstärkte Kunststoffe: Hochfeste Glasfasern in Kombination mit einem leichten Kunststoff ergeben den hochfesten und leichten glasfaserverstärkten Kunststoff „GFK“.

Kunststoffe sind **organische Werkstoffe**, die aus **Makromolekülen** aufgebaut sind. Sie entstehen durch **Umwandlung von Naturprodukten** oder durch **Synthese von Primärstoffen** aus Erdöl und Erdgas oder Kohle.

Als „organische Materialien“ bezeichnet man Stoffe, die auf Kohlenstoff basieren. Dieser Kohlenstoff stammt meist aus dem Bereich der Lebewesen, also der organischen Welt. Selbst der Kohlenstoff in Erdöl, Kohle und Erdgas hat letztlich seinen Ursprung in einst lebendem Material.

In den Kunststoffen ist der Kohlenstoff (C) mit Atomen anderer Stoffe verbunden, wie z. B. Wasserstoff (H), Sauerstoff (O), Stickstoff (N) oder Schwefel (S). Die Eigenschaften der Kunststoffe ähneln denen natürlich gewachsener Stoffe wie Holz, Horn oder Harz.



Abb. 2: Rennverkleidung aus GFK

Quelle: © ClipDealer

Die wirtschaftliche Bedeutung der Kunststoffe

Kunststoffe haben schon lange ihren Ruf als „billige Ersatzstoffe“ abgelegt. Sie sind aus unserem Alltag nicht mehr wegzudenken, denn sie erleichtern in vielen Bereichen unser Leben und ermöglichen die Entwicklung neuer Technologien. Erst in den 30er Jahren des 20. Jahrhunderts begann die großtechnische Produktion von Kunststoffen. 1949 erreichte die globale Produktion an Kunststoffen erstmals eine Million Tonnen. Mit einem durchschnittlichen Wachstum bis 2008 von 9 % jährlich, stieg die Produktion auf 245 Millionen Tonnen pro Jahr an. Erst die Wirtschaftskrise um 2008 hinterließ eine spürbare Delle in der Wachstumskurve.

Um sich ein Bild von den Zahlen machen zu können, kann man sich vorstellen, dass wir mit der von uns bisher produzierten „Plastikmenge“ den gesamten Erdball sechsmal mit Folie einwickeln könnten. Die Produktion wird weiter rasant ansteigen, da ein starkes Wachstum des Verbrauchs speziell in Asien und Osteuropa erwartet wird. Bis 2025 wird ein Anstieg der Produktion um bis zu 36 % erwartet.

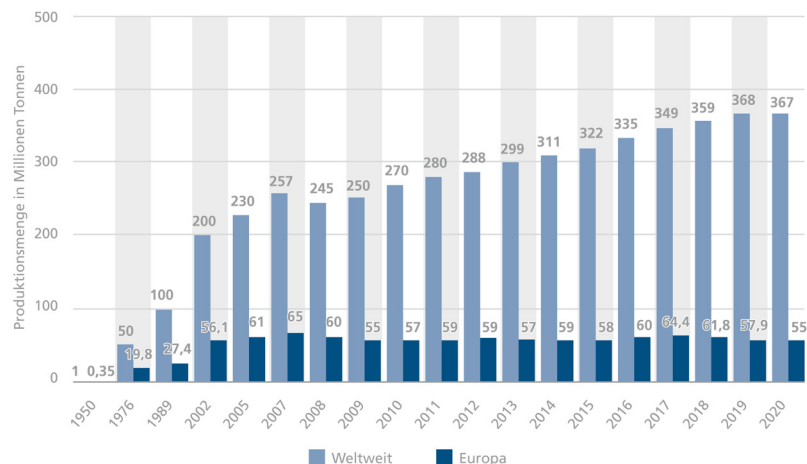


Abb. 3: Statistik zur Kunststoffproduktion

Kunststoffe und Massenproduktion heute

Gegen Ende des 19. Jahrhunderts entstand ein neues Wirtschaftssystem, das auf Massenproduktion und Massenkonsum basierte. Der Unternehmer Henry Ford hatte dafür die technische und ökonomische Grundlage geschaffen. Er setzte in seinen Fabriken auf die **serielle Herstellung** aus **standardisierten Teilen**, welche **arbeitsteilig** in einer effizienten und höchst wirtschaftlichen Produktionskette zusammengebaut wurden.

Das wichtigste Glied dieser Kette war das **Fließband**, welches erstmals von Ford in solch konsequenter und umfassender Weise genutzt wurde.

Die bei Ford geltenden Prinzipien der Massenfertigung prägten den weiteren Verlauf der wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Entwicklung in den Industrienationen. Sie werden heute in allen Teilen der Welt angewendet und bilden eine der Grundlagen der Globalisierung.



Abb. 5:
Vollautomatisierte Fertigungsstraße zur Serienfertigung von PKW
Quelle: © ClipDealer

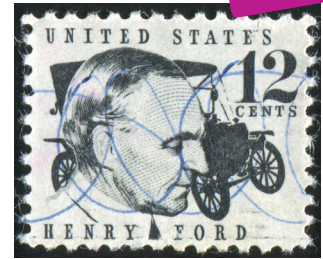


Abb. 4:
Henry Ford-Gedenkbriefmarke
Quelle: © ClipDealer

Die Prinzipien der Massenproduktion

Serienfertigung: Große Mengen gleicher Produkte werden in gleichbleibender Qualität unter optimaler Nutzung des Materials gefertigt. Dazu bedarf es spezieller Maschinen, besonderer Fertigungsverfahren (Fertigungsstraßen, Fließbandfertigung), einer funktionalen Organisationsstruktur in den Betrieben und eines reibungslosen Materialflusses vom Rohstoff bis zum fertigen Produkt.

Standardisierung: Einzelteile und Baugruppen müssen austauschbar sein. Die Einhaltung von Normen und Maßhaltigkeit sind grundlegend. Alles, was außerhalb eines gewissen Toleranzbereichs liegt, gilt als Ausschuss.

Arbeitsteilung: Jeder Mitarbeiter erledigt nur bestimmte Tätigkeiten, auf die er spezialisiert ist.

Wirtschaftlichkeit: Massenfertigung erlaubt es, die Produktpreise gering zu halten. Dies wird möglich durch Rationalisierung, z. B. durch Automatisierung und durch niedrigere Einkaufskosten für Materialien und Energie. Produzenten erhalten diesbezüglich Rabatte wegen großer Abnahmemengen. Auch kann die Gewinnspanne beim Verkauf klein gehalten werden. Dies alles setzt aber voraus, dass die Produkte in sehr großen Stückzahlen verkauft werden. Erst Massenkonsum macht Massenproduktion wirtschaftlich.

Massenproduktion bietet Vorteile und scheint in manchen Bereichen sogar notwendig zu sein:

- Der Bedarf an Produkten ist so hoch, dass er nur durch Massenproduktion befriedigt werden kann.
- Massenproduktion ist meist kostengünstig und Produkte können billiger angeboten werden.
- So können auch Menschen mit geringem Einkommen an Innovationen, Wohlstand und Luxus teilhaben.
- Massenproduktion bietet viele Arbeitsplätze und Berufsbilder für unterschiedlichste Bildungsniveaus.
- Es ist gewährleistet, dass standardisierte Produkte und Teile problemlos ausgetauscht werden können.

Massenproduktion bringt aber auch Probleme mit sich:

- Es gibt viele Umwelt- und Gesundheitsprobleme. Nötige Schutzmaßnahmen verringern die Preisvorteile.
- Überproduktion, Billigpreise und die Kurzlebigkeit mancher Massenprodukte fördern Müllberge.
- Durch Massenproduktion und -konsum werden Rohstoffe in großen Mengen unwiederbringlich verbraucht.
- Es kommt zu Lieferproblemen bei den Rohstoffen, wodurch Produktpreise steigen.
- Produktlinien sind oft unflexibel und können nicht ohne Weiteres umgestellt werden.
- Auf Probleme bei der Herstellung (z. B. fehlerhafte Produkte) kann oft nur träge reagiert werden.
- Auf individuelle Kundenwünsche kann überwiegend nicht eingegangen werden.
- Kleinere Hersteller werden vom Markt verdrängt, große Firmen diktieren Konditionen und Preise.

Ersatz traditioneller Materialien und Rückbesinnung auf diese

Aufgrund vieler positiver Eigenschaften wird dem Material **Kunststoff** bei der Herstellung von Produkten in etlichen Bereichen oft der **Vorzug** gegenüber traditionellen Werkstoffen gegeben. Verschiedene Beispiele sollen dies veranschaulichen:



Abb. 6
Quelle: © ClipDealer

Verwendungsbereich	konkretes Beispiel	traditioneller Werkstoff	Begründung für den Einsatz von Kunststoffen
Autoindustrie	Tank	Metall	<ul style="list-style-type: none"> lässt sich problemlos beliebig formen keine Korrosionspartikel in den Leitungen
Bauwesen	Fensterrahmen	Holz	<ul style="list-style-type: none"> leichter zu reinigen verwitterungsbeständig, kein Verziehen
Flugzeugbau	Fenster	Glas	<ul style="list-style-type: none"> verzerrungsfreie Durchsicht hohe Stabilität bei geringem Gewicht
Haushalt	Schüsseln/Behälter	Keramik	<ul style="list-style-type: none"> bruchfest kostengünstig
Bekleidungsindustrie	Outdoorbekleidung	Baumwolle	<ul style="list-style-type: none"> winddicht elastisch
Innenausbau	Fußböden	Stein	<ul style="list-style-type: none"> leichter zu verlegen isolierend
Dekoration/Bühnenbild	Zierleisten	Gips/Stuck	<ul style="list-style-type: none"> einfachere Montage geringes Gewicht
Möbelbau	Sofabezug	Leder	<ul style="list-style-type: none"> pflegeleicht in vielen Farben erhältlich

Traditionelle Werkstoffe werden aber weiterhin genutzt und teils den Kunststoffen bewusst **vorgezogen**. Auch hierfür gibt es überzeugende Gründe, was die folgenden Beispiele aus verschiedenen Bereichen zeigen:



Abb. 7
Quelle: © ClipDealer

Verwendungsbereich	konkretes Beispiel	traditioneller Werkstoff	Begründung für den Einsatz des traditionellen Werkstoffs
Haushalt	Besteck	Metall	<ul style="list-style-type: none"> angemessener für festliche Anlässe hitzebeständig
Spielwaren	Bauklötze	Holz	<ul style="list-style-type: none"> angenehmere Haptik keine Gesundheitsgefährdung
Lebensmittelverpackungen	Flaschen	Glas	<ul style="list-style-type: none"> keine Abgabe von Schadstoffen problemloses Recycling
Bürobedarf	Ordner/Einbände	Papier/Pappe	<ul style="list-style-type: none"> leichter zu entsorgen Schonung fossiler Energieträger
Sanitärbereich	Waschbecken	Keramik	<ul style="list-style-type: none"> kratzfester dadurch dauerhaft hygienische Oberfläche
Bekleidung	Socken	Baumwolle	<ul style="list-style-type: none"> angenehmeres Tragegefühl weniger unangenehme Gerüche
Innenausbau	Fußböden	Stein	<ul style="list-style-type: none"> hochwertigere Optik längere Haltbarkeit

Herstellungsverfahren der Kunststoffe

In Raffinerien wird Erdöl durch Destillation in mehrere Bestandteile getrennt. Die für die Kunststoffherzeugung wichtigste Fraktion ist Rohbenzin (Naphta), das in einem thermischen Spaltprozess (Crack-Prozess) in Ethen, Propen, Buten und andere Kohlenwasserstoffverbindungen „auseinandergebrochen“ wird. Die dabei gewonnenen **Grundbausteine (Monomere)** werden durch verschiedene Syntheseverfahren zu **Makromolekülen (Polymere)** verknüpft. Alle Kunststoffe sind letztlich aus solchen riesigen Makromolekülen aufgebaut. Jedes der **Syntheseverfahren** kann auch als „**Polymerisation**“ bezeichnet werden, weil bei jedem Polymere entstehen.

Monomere, aus denen Makromoleküle aufgebaut werden, müssen fortwährend bindungsfähig (reaktiv) sein. Einzelne Monomere können sich also miteinander verbinden und das auf diese Weise neu entstandene etwas größere Molekül ist wieder bestrebt, eine weitere Bindung einzugehen und so weiter. Nur dann ist eine Vereinigung zu sehr großen Molekülen (Makromolekülen) möglich.

Durch verschiedene Syntheseverfahren lassen sich die unterschiedlichsten Makromoleküle herstellen, deren Aufbau (Größe, Gestalt, Anordnung, Bindung) die Eigenschaften der Kunststoffe bestimmt.

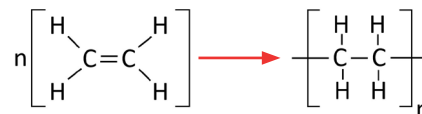


Abb. 8: Viele Ethenmoleküle bilden PE. Rechts ein Ausschnitt des Kettenpolymerisats

Die Syntheseverfahren können in drei Gruppen eingeteilt werden:

Kettenpolymerisation



Abb. 9: Einstiegsreaktion von Initiator und Grundbaustein

Meist **gleichartige Grundbausteine** werden unter Einfluss von Initiatoren so umgebaut, dass sie bindungsfähig werden. Sie verknüpfen sich daraufhin zu **fadenförmigen Makromolekülen**, indem sich an das letzte Glied der ständig wachsenden Kette immer wieder ein weiteres Molekül anlagert.



Abb. 10

Die Reaktion verläuft **stufenlos**, als Kettenreaktion, solange, bis sich alle zur Verfügung stehenden Bausteine angereicht haben. Es bilden sich also **keine Reaktionsnebenprodukte**. Die dabei entstehenden Kunststoffe bezeichnet man als **Kettenpolymerisate**.



Abb. 11: Initiator mit sich ständig verlängernder Molekülkette

Polykondensation

Dabei verbinden sich **gleichartige** oder **artverschiedene Grundbausteine**, die jeweils zu mindestens zwei neuen Bindungen fähig sind, zu **Makromolekülen**, die auch **dreidimensional** vernetzt sein können. Die Reaktion verläuft in **mehreren Stufen** und kann nach jedem dieser Reaktionsschritte unterbrochen werden. Auf jeder Stufe werden die Moleküle größer und es bilden sich **einfache Reaktionsnebenprodukte**, das sog. Kondensat. Dieses Kondensat, z. B. Wasser, muss ständig entfernt werden, damit die Reaktion optimal verläuft. Die dabei entstehenden Kunststoffe bezeichnet man als **Polykondensate**.

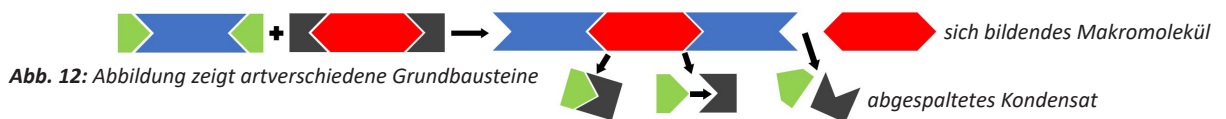


Abb. 12: Abbildung zeigt artverschiedene Grundbausteine

sich bildendes Makromolekül

abgespaltenes Kondensat

Polyaddition

Dabei verbinden sich **artverschiedene Grundbausteine**, die wiederum jeweils zu mindestens zwei neuen Bindungen fähig sind, zu **Makromolekülen**, die auch **dreidimensional** vernetzt sein können. Die Reaktion verläuft ähnlich wie die Polykondensation **in mehreren Stufen**, auf denen die Moleküle immer größer werden und sich erst ganz am Ende zu Makromolekülen verbinden, allerdings entstehen **keine Reaktionsnebenprodukte**. Die dabei erzeugten Kunststoffe bezeichnet man als **Polyaddukte**.

Syntheseverfahren	Syntheseprodukt	Kunststoffarten	Produktbeispiele
Kettenpolymerisation	Kettenpolymerisate	Polyethylen PE , Polypropylen PP , Polystyrol PS , Polyvinylchlorid PVC , PMMA	Eimer (PE), Becher/Flasche (PP), Folien (PVC)
Polykondensation	Polykondensate	Polyester (z. B. PC , PET), Polyamid PA , Phenoplaste PF (z. B. Bakelit)	Textilfasern (PC), Spachtelmasse (PF), Angelschnur (PA)
Polyaddition	Polyaddukte	Epoxidharze EP , Polyurethane PUR	Klebstoffe/Grundierungen (EP), Matratzen/Sohlen (PUR)

Industrielle Formungsverfahren

Extrudieren (lat. extrudere = hinaustreiben)

Extruder werden bereits seit 1900 verwendet. Ursprünglich fanden sie vor allem in der Kautschukindustrie Anwendung. Heute sind sie eine unverzichtbare Komponente bei der Herstellung von vor allem thermoplastischen, aber auch duroplastischen Kunststoffprodukten.

Beim Extrudieren wird Kunststoffgranulat über einen **Trichter** in die Maschine eingefüllt. Das **Granulat** wird in einem **beheizten Zylinder** aufgeschmolzen und plastifiziert. Dabei wird das Material von einer **Förderschnecke** gleichmäßig durchmischt (homogenisiert) und kontinuierlich nach vorne bewegt.

Die plastische Kunststoffmasse wird fortwährend mit gleichmäßigem Druck durch ein **formgebendes Werkzeug** gepresst. Nach dem Austreten aus dem Werkzeug erstarrt der Kunststoff, das sogenannte **Extrudat**, meist in einer **wassergekühlten Kalibrierung**. Die kontinuierliche Extrusion produziert beliebig lange Halbzeuge mit den unterschiedlichsten Querschnitten. Je nach Form der Öffnung des auswechselbaren Werkzeuges können **Platten, Stangen, Rohre, komplizierte Profile, Schläuche**, aber auch dünne **Fäden** und **Folien** extrudiert werden.



Abb. 13:
Ein dünner Schlauch tritt aus dem formgebenden Werkzeug aus und durchläuft die Kalibrierung



Abb. 14:
Auswechselbare, formgebende Werkzeuge, durch die der Kunststoff gepresst werden kann

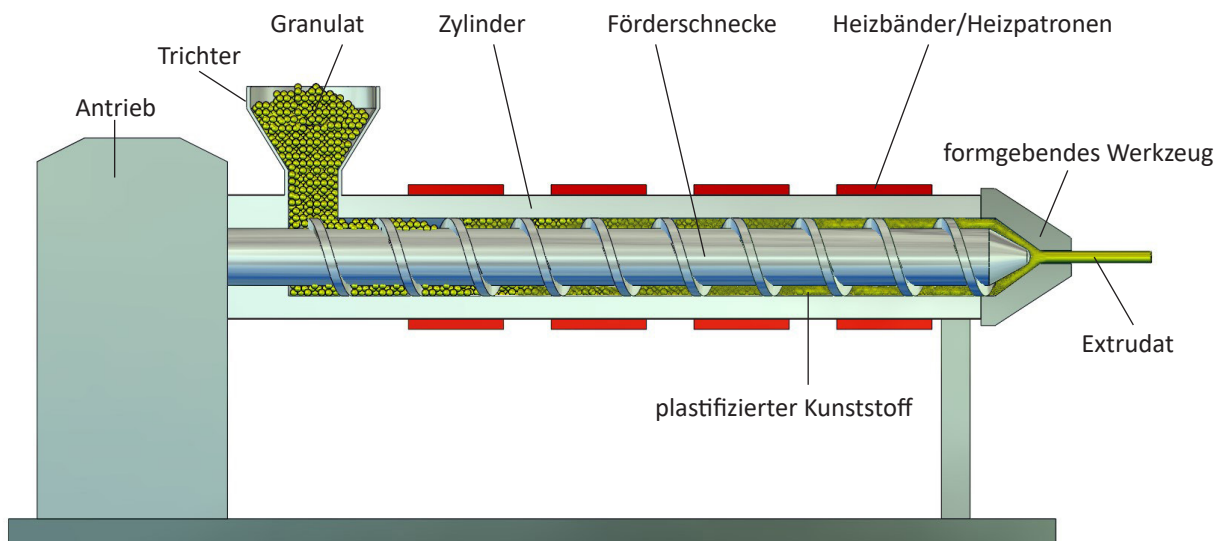


Abb. 15: Schematische Darstellung eines Extruders

Spritzgießen

Beim Spritzgießen wird, genauso wie im Extruder, Kunststoffgranulat über einen **Trichter** in die Maschine eingefüllt. Das **Granulat** wird in einem **beheizten Zylinder** aufgeschmolzen und plastifiziert. Dabei wird das Material von einer **Förderschnecke** gleichmäßig durchmischt (homogenisiert) und nach vorne bewegt.

Der Unterschied zum Extruder besteht darin, dass sich die Förderschnecke nicht nur drehen kann, sondern dass diese sich in Richtung der **Längsachse hin- und herbewegen** lässt. In einem ersten Schritt gleitet die Schnecke nach hinten und der Raum vor der Schneckenspitze füllt sich mit der plastischen Kunststoffmasse.

Im nächsten Schritt bewegt sich die Schnecke nach vorne und presst, ähnlich einem Kolben in einer Spritze, unter großem Druck die Masse durch eine **Düse** in das **Spritzgusswerkzeug** (Abb. 17). Die Masse wird in den Hohlraum des Werkzeugs eingespritzt, kühlt an dessen Wänden etwas ab und erstarrt dadurch.

Eine **Schließeinheit** öffnet das mehrteilige Spritzgusswerkzeug und das **Fertigteil** (Abb. 18) wird ausgeworfen. Beim Spritzgießen können komplizierte Formen sehr **schnell** und in **großer Stückzahl** verwirklicht werden. Mit hochentwickelten Maschinen ist es sogar möglich, Produkte, die aus verschiedenen Kunststoffen bestehen, **in einem Arbeitsgang** zu spritzen.



Abb. 16: Spritzgussmaschine

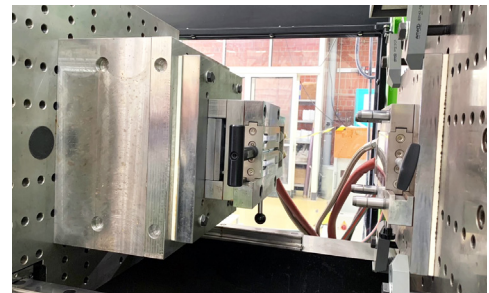


Abb. 17

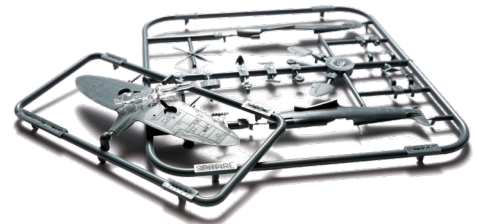


Abb. 18: Spritzgussteile eines Flugzeugmodells (1:144)

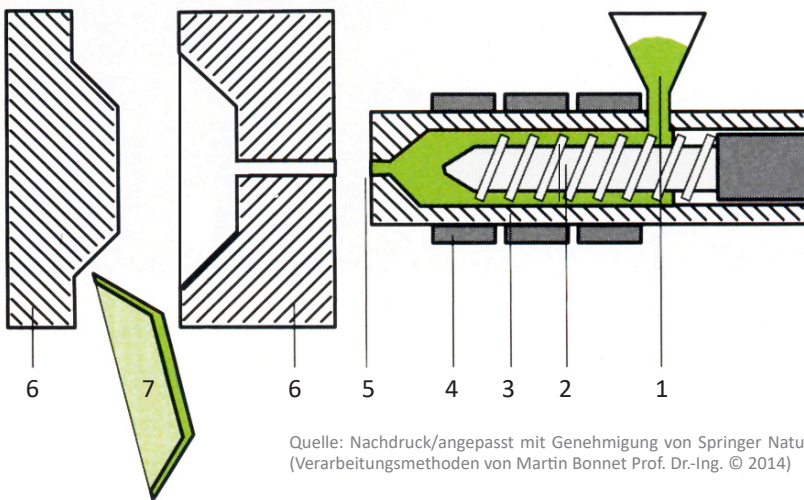


Abb. 19: Schemadarstellung des Spritzgießens

1. Trichter
2. Förderschnecke
3. Beheizter Zylinder
4. Heizung
5. Düse
6. Schließeinheit: Spritzgusswerkzeug mit festem und beweglichem Teil
7. Fertigteil

Je nach Spritzgusswerkzeug, das vorab aufwändig entworfen und angefertigt wird, können **vielfältige Produkte** hergestellt werden, beispielsweise:

- Fahrzeugbau: Radkappen, Scheinwerferglas
- Elektronik: Geräte-/ Fernbedienungsgehäuse, Stecker
- Spielzeug: Legosteine, Modellbaukit
- Haushalt: Getränkeboxen, Föngehäuse



Abb. 20–23

Quelle: © ClipDealer

Extrusionsblasformen

Die meisten Hohlkörper aus thermoplastischen Kunststoffen werden heute im **Extrusionsblasverfahren** hergestellt.

- Zuerst wird das aufgeschmolzene Polymer (die Kunststoffschmelze) mittels einer Förderschnecke durch eine Düse gepresst. Durch diesen Vorgang, die Extrusion, entsteht ein plastischer Kunststoffschlauch.
- Dieser Schlauch wird nun in ein zweiteiliges Hohlwerkzeug, die sogenannte Blasform gedrückt.
- Die Werkzeugwände umschließen den Schlauch.
- Danach wird durch Druck Luft hineingepresst, sodass er sich weitet und an die Werkzeugwand anpasst. Diesen Vorgang nennt man Blasformen.
- Das Hohlwerkzeug wird anschließend luftdicht abgeschlossen.
- Nach dem Abkühlen wird der erstarrte Hohlkörper ausgeworfen und weiter bearbeitet.

Vor allem Polyethylen (PE) und Polypropylen (PP) sind die am meisten verarbeiteten Kunststoffe beim Extrusionsblasformen.

Produktbeispiele:

- Lagerhalterung: Kanister, Flaschen
- Transport: Kofferhalbschalen, Dachgepäckboxen

Thermoformen

Das **Thermoformen**, früher auch Vakuumtiefziehen, Tiefziehen und Warmformen genannt, ist das **Zugdruckumformen** einer Folie, Platte oder Tafel in einen einseitig offenen Hohlkörper (= Thermoform) zu dreidimensionalen Formteilen.

- Das Halbzeug aus thermoplastischem Kunststoff wird zu Beginn in einem Rahmen eingespannt und dann bis zu seiner Verformbarkeit erwärmt.
- Mit einem Stempel wird es nun in eine einseitig geöffnete Form gepresst bzw. durch Unterdruck in die Form gezogen. Dabei wird das plastische Material gedehnt.
- Das warme Halbzeug passt sich der Werkzeugwand an, kühlt ab, erstarrt und behält seine Form.
- Das Formteil wird entnommen und kann nachbearbeitet werden.

Das Thermoformen zählt aufgrund seiner einfachen Verfahrenstechnik zu den bedeutendsten Umformverfahren und wird sowohl in der Massenanfertigung als auch in Kleinserien eingesetzt.

Produktbeispiele:

- Lebensmittelverpackungen: Joghurtbecher
- Möbelindustrie: Schubladeneinsätze
- Elektrotechnik: Tastaturabdeckungen
- Lagerhalterung und Transport: Stapelboxen

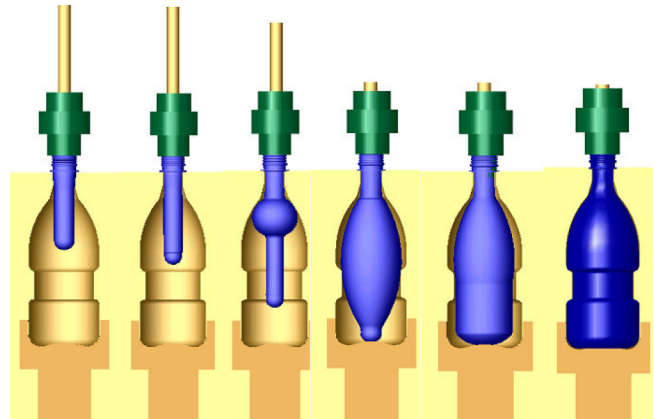


Abb. 24: Schemadarstellung des Extrusionsblasformens

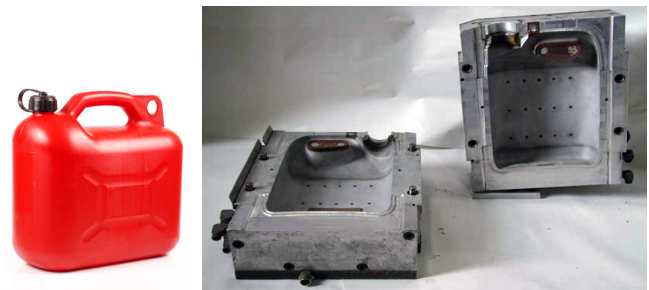


Abb. 25

Quelle: © ClipDealer

Abb. 26: Extrusionsform für einen 5l-Kanister

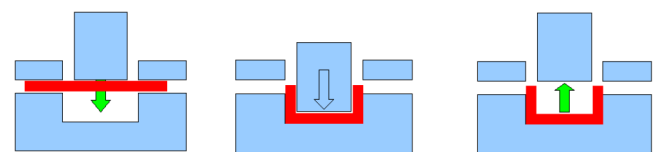


Abb. 27: Schemadarstellung des Thermoformens



Abb. 28: Thermoformte Sortierboxen

Quelle: © ClipDealer

Kalandrieren

Der **Kalander** (frz.: calandre = Rolle) ist ein System aus mehreren übereinander angeordneten beheizten und polierten Walzen aus Stahl, durch deren Spalten das plastifizierte Material hindurchgeführt wird.

Er dient zur Herstellung von vergleichsweise dicken Folien. Diese kommen dann z. B. in der Pharmaindustrie für Blister (= Sichtverpackung) zum Einsatz. Dünne Folien aus PE (z. B. Mülltüten) werden dagegen aus Zeit- und Kostengründen beispielsweise mittels Blasfolienextrusion hergestellt.

Produktbeispiele:

- Medizin: Tablettenverpackungen
- Sanitärbereich: Duschvorhänge
- Innenausbau: Fußbodenbeläge

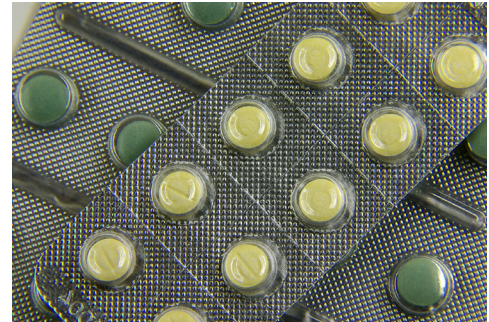


Abb. 29: Tablettenverpackungen
Quelle: © ClipDealer

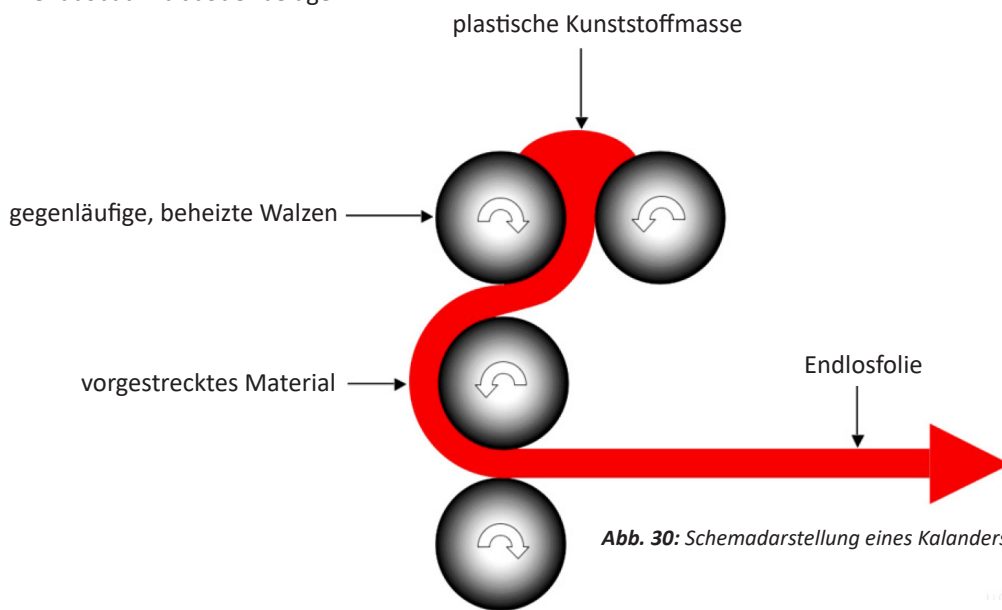


Abb. 30: Schemadarstellung eines Kalanders

Schäumen

Beim **Schäumen** von Kunststoffen wird die heiße Grundmasse in eine vorgegebene Form zusammen mit Gas eingeblasen. Beim Erstarren werden die entstehenden Gasbläschen in der Substanz fixiert und verleihen dadurch der Masse eine geringe Dichte bei dennoch großer Festigkeit. Ein Beispiel hierfür ist Styrodur®.

Der bekannteste Schaumstoff wird unter dem Handelsnamen Styropor® angeboten: Der Grundsubstanz (Styropolymere) wird ein Treibmittel zugesetzt und beides zusammen erhitzt. Es entsteht ein Vorschäum (Styroporperlen) als Lagerform. Diese Lagerform wird lose in eine gegebene Form geschüttet. Unter Wärmeinwirkung blähen sich die Perlen auf, werden weich und verschmelzen unter Druck zur fertigen Form.

Produktbeispiele:

- Verpackung: Thermobox
- Sicherheitstechnik: Helm-Innenschale
- Baubereich: Dämmplatten



Abb. 31
Quelle: © ClipDealer



Abb. 32:
Dämmplatten zur Hausisolierung aus Styropor
Quelle: © ClipDealer

Eigenschaften moderner Kunststoffe

Zu den Innovationen, welche die Anwendungsmöglichkeiten der Kunststoffe extrem erweiterten, gehören auch alle Arten der **Faserverbundwerkstoffe**. Zu Eigenschaften und Aufbau dieser Werkstoffe kannst du viel Interessantes im Infoheft Kunststoff 8 auf Seite 15 und 16 nachlesen.

Eine weitere faszinierende Neuerung stellen **Formgedächtnispolymere, FGP** (engl. shape-memory polymers, SMP), dar, welche einen **Memory-Effekt** besitzen. **FGP** sind Kunststoffe, die sich an eine Form „erinnern“ können, welche sie früher einmal hatten. So kann sich z. B. ein ursprünglich gerader Stab aus solch einem Kunststoff, der zwischenzeitlich gebogen wurde, wieder geradebiegen. Kunststoffe können auf diese Weise auch ihr Volumen verändern, sie können schrumpfen oder sich ausdehnen.



Für diese Veränderungen müssen Formgedächtnispolymere einem sogenannten **Stimulus** ausgesetzt werden, also einem Einfluss von außen, der den Kunststoff dazu anregt, seine alte Form wieder anzunehmen. Meist wird dazu Wärme benutzt. Bei einer bestimmten Temperatur, der „**Schaltemperatur**“, beginnt der Rückformungsprozess.

Man spricht davon, dass der Kunststoff „**programmiert**“ ist, denn zum einen kann man, je nach Materialvariante, die Höhe der benötigten Temperatur einstellen und zum anderen wurde auch die Form, die sich nach der Umformung ergeben soll, schon durch die Herstellung festgelegt.

Auch mit anderen Stimuli wird bereits erfolgreich experimentiert. So können manche FGP durch Strahlen bestimmter Wellenlängen optisch „geschaltet“ werden oder die Rückstellung wird magnetisch ausgelöst.

Es gibt sogar Kunststoffe mit einem **Zweiweg-Memory-Effekt**. Produkte aus solchen FGP lassen sich zwischen zwei Formen hin und her switchen. An Formgedächtnispolymeren wird derzeit intensiv geforscht und die Möglichkeiten der Anwendung sind noch kaum abzusehen, vor allem, weil diese Kunststoffe auch mit **3D-Druckern** verarbeitet werden können.

Einsatzgebiete von FGP

Zunächst ist hier die **Medizintechnik** zu nennen. So können extrem komprimierte Gegenstände minimalinvasiv in den menschlichen Körper eingebracht werden und am Bestimmungsort von außen, z. B. durch Strahlung, zur vollen Größe und passenden Form entfaltet werden (z. B. Stents zur Erweiterung verengter Blutgefäße).

In der **Kieferorthopädie** werden Zahnschienen aus FGP entwickelt, um Fehlstellungen des Gebisses zu korrigieren. Durch den Formgedächtniseffekt kann dann die Schiene jeweils dem Behandlungsfortschritt problemlos angepasst werden. In der **Fahrzeugindustrie** und im **Flugzeug- und Maschinenbau** sollen diese Funktionspolymere für Verbindungselemente genutzt werden, die sich von außen „schalten“ lassen. So können Teile, die zunächst bei der Montage noch locker bleiben sollen, nachträglich fest gefügt werden.

Mit **FGP-Schaumstoffen** (engl. memory-foam) lassen sich Matratzen und Kopfhörer den Körperformen des Menschen anpassen. Mit Etiketten aus dem innovativen Material versucht man Produkte fälschungssicherer zu machen und damit den **Produktschutz** zu erhöhen. Ein auf ein Etikett 3D-ausgedruckter QR-Code wird zunächst so verformt, dass er nicht mehr ausgelesen werden kann. Erst wenn das Etikett stimuliert wird, kann z. B. auf Echtheitszertifikate oder Produktdaten über den QR-Code zugegriffen werden.



Abb. 33: Zahnschiene aus FGP Quelle: © ClipDealer

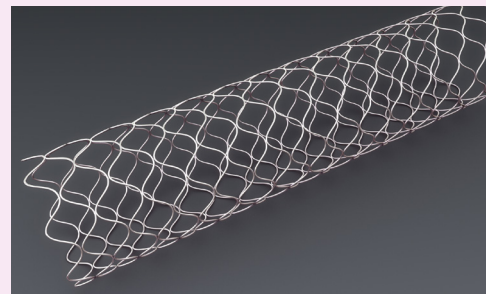


Abb. 34: Stent aus FGP-Netz Quelle: © ClipDealer

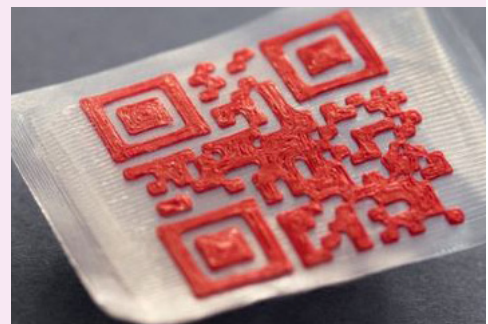


Abb. 35: FGP-Etikett mit QR-Code Quelle: Fraunhofer-Institut für Angewandte Polymerforschung

Trennen durch Ritzbrechen



Grundsätzlich unterscheidet man beim Trennen von Werkstoffen zwischen **spanenden** (z. B. Sägen) und **spanlosen** (z. B. Schneiden, Scheren) Verfahren. Während ein spezielles Ritzmesser einen Span erzeugt, entsteht beim Ritzbrechen mit einem handelsüblichen Cutter kein Span. Beim Abbrechen selbst ist die Technik spanlos.



Abb. 36: Gelungene Ritzbruchkante

Vorüberlegungen:

Ritzbrechen dient zum Abtrennen von **geraden Stücken**. Hierfür eignen sich Plattenstärken von bis zu **etwa 5 mm**.

Arbeitsschritte	Werkzeuge/Werkhilfsmittel	Arbeitshinweise
<ul style="list-style-type: none"> Ritzlinie anzeichnen 	Folienstift, Lineal	permanenten Folienstift benutzen, bei dickeren Materialien von beiden Seiten exakt gegenüber anzeichnen
<ul style="list-style-type: none"> Werkstück einspannen 	Stahllineal, Schraubzwingen, Brett als Ritzunterlage	Unterlage muss so weit vorstehen, dass das Ritzmesser nicht in den Tisch ritzen kann, evtl. Werkstück durch das Stahllineal abdecken und so vor Abrutschen mit dem Messer schützen, Schraubzwingen so ansetzen, dass gut daran vorbeigeritzt werden kann
<ul style="list-style-type: none"> Ritzen entlang des Stahllineals ggf. von beiden Seiten der Platte 	Ritzmesser, Brett als Ritzunterlage	über die gesamte Länge ritzen, mehrmals in derselben Rille ritzen, bei dickeren Materialien beide Seiten ritzen
<ul style="list-style-type: none"> Werkstück an gerader Kante über den Tisch hinaus einspannen 	gerade Tischkante oder Brettkante, Schraubzwingen, Stahllineal	Stahllineal verteilt den Druck, Bruchlinie absolut exakt über der Kante einspannen
<ul style="list-style-type: none"> Brechen 	Schutzhandschuhe, Schutzbrille, evtl. „Sandwich“ aus zwei Brettern und Schraubzwingen am zu brechenden Streifen	Druck gleichmäßig mit beiden Handballen auf dem abzubrechenden Streifen verteilen, mit einem kurzen Impuls brechen
<ul style="list-style-type: none"> Entgraten der Kanten 	Schraubstock, Schutzbeilagen, Feile oder Zieh Klinge	Feile oder Zieh Klinge gleichmäßig über die ganze Länge der Kanten im 45°-Winkel ziehen

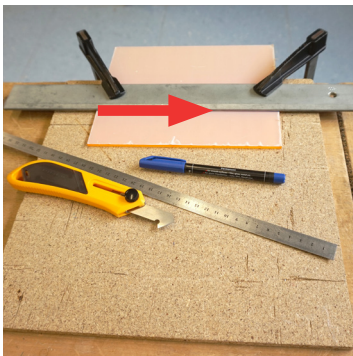


Abb. 37: Zum Ritzen eingespannte Acrylglasplatte – der Ritz erfolgt auf der Tischseite, an den Schraubzwingen vorbei (Pfeil). Die Spanplatte schützt die Werkbank.

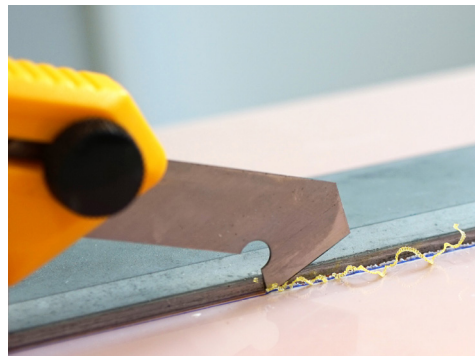


Abb. 38: Beim Arbeiten mit dem Ritzmesser entstehender Span



Abb. 39: Die Acrylglasplatte wurde gedreht und über die Tischkante hinaus neu eingespannt. Der Bruch erfolgt durch einen kurzen Impuls.

Trennen durch Sägen

Zum **spanenden Trennen** von thermoplastischen Kunststoffen eignen sich alle vielzahnigen Handsägen, möglichst ohne geschränkte Zähne (die Sägezähne sind nicht wechselseitig „gebogen“), wie beispielsweise die **Laubsäge** mit einem feinen Sägeblatt (siehe Infoheft Holz 7, S. 13) oder die **Handbügelsäge** (siehe Infoheft Metall 8, S. 11) mit einem Sägeblatt mit Wellenschränkung.

Man erzielt damit eine feine und glatte Schnittkante. Die Schutzfolie wird beim Sägen nicht entfernt. Damit der Sägeschnitt nicht ausreißt, kann dieser zusätzlich mit einem Klebestreifen abgeklebt werden. Kunststoff kann man ähnlich wie Holz sägen. Bei vielen Kunststoffsorten ist es nicht günstig, wenn man zu schnell sägt. Das Sägeblatt wird durch die Reibung am Werkstoff warm und schmilzt den Kunststoff, in welchem es dann festklebt. Kurze Unterbrechungen während des Sägens sind ggf. sinnvoll, damit sich das Sägeblatt wieder abkühlen kann.

Eine weitere Säge, die sich gut eignet, um z. B. Kunststoffrohre zu sägen, ist die **PUK®-Säge**. Mit der PUK®-Säge wird auf Zug gearbeitet und nicht auf Stoß. Aus diesem Grund ist das Sägeblatt so einzuspannen, dass die Sägezähne zum Griff zeigen.



Abb. 40: Für viele Zwecke einsetzbar: Die PUK®-Säge

Thermisches Umformen

Alle wesentlichen Gesichtspunkte zum thermischen Umformen sind im Infoheft Kunststoff 8, S. 19 zu finden. Mit zunehmender Erfahrung mit dem Material Acrylglas gilt es Bearbeitungsfehler beim thermischen Umformen zu vermeiden, welche die Qualität des Werkstücks herabsetzen können:

Mögliche Bearbeitungsfehler	Maßnahmen zur Fehlervermeidung, z. B.
Bläschenbildung	Werkstück nicht überhitzen
Quetschfalten	Biegeradius entspricht mindestens der Materialstärke
Zurückfedern des umgeformten Werkzeugs	Abkühlen unter Formzwang
Risse/Bruch beim Biegen	Material auf Biegetemperatur bringen
Abkühlspannung/Rissbildung	Langsames Abkühlen
Verziehen	Werkstück beim Abkühlen gut fixieren



Abb. 41



Abb. 42

Fügen durch Stecken oder Verschrauben

Bauteile von Werkstücken werden entweder **beweglich** oder **fest** miteinander verbunden. Die festen Verbindungen werden in **unlösbar**e und **lösbar**e Verbindungen unterteilt.

Als unlösbar bezeichnet man eine Verbindung, die nur durch Zerstörung des Verbindungsmittels getrennt werden kann. **Kleben** (siehe Infoheft Kunststoff 8, S. 20) und **Schweißen** sind die häufigsten unlösbaren Fügeverfahren von Kunststoffen. Durch **Nieten** können solche Kunststoffteile unlösbar verbunden werden, die sich nicht schweißen und nur schlecht kleben lassen.

Schraubverbindungen sind die gebräuchlichsten lösbarsten Verbindungen. Bewegliche Verbindungen sind Gelenke und Scharniere.

Direktverschraubungen eignen sich zum Verbinden von zähelastischen Kunststoffen. Verbindungsmittel sind Metallschrauben mit selbstschneidendem Gewinde, die sich selbstständig ihr Gegengewinde in ein vorgefertigtes Kernloch furchen, ohne dass dabei Späne anfallen. Es sind keine zusätzlichen Muttern oder Scheiben nötig. Das Kernloch muss kleiner sein als der Schraubendurchmesser. Direktverschraubungen haben eine hohe Anzugsfestigkeit, auf Dauer nimmt die Klemmkraft jedoch ab. Sie sollten möglichst nicht oft wieder gelöst werden.

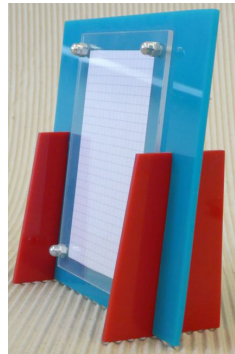


Abb. 43

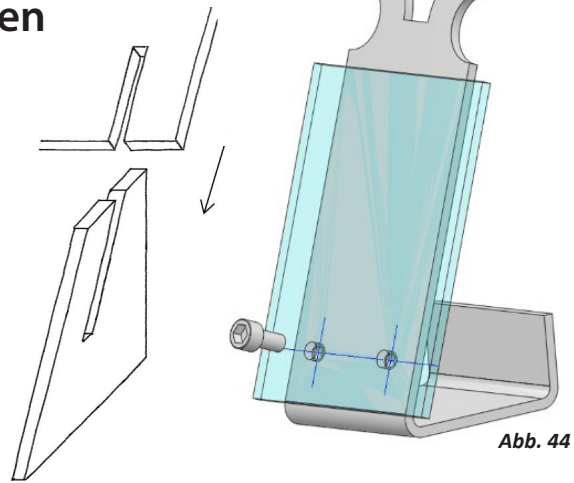


Abb. 44

Steckverbindungen können leicht hergestellt werden, indem die Teile mit passenden Nuten versehen werden, die dann ineinander gleiten (Abb. 43). **Verschraubungen** sind z. B. dadurch möglich, dass man in ein Teil ein Gewinde schneidet. Das andere Teil wird mit einem Loch versehen, durch das die Schraube passt (Abb. 44). Zur Technik des Gewindeschneidens siehe Infoheft Metall 9, S. 13.



Abb. 45



Abb. 46



Abb. 47



Abb. 48: Kunststoffflasche mit Schraubdeckel

Schraubverbindungen, die häufig gelöst werden, stellt man mittels der üblichen Metallschrauben und **Gewindeeinsätzen (Inserts)** aus Messing, Stahl oder Kunststoff her. Die Gewindebuchsen werden in die Aufnahmebohrung des Trägerteils eingelegt und mittels Ultraschall eingeschweißt (Abb. 46) oder mechanisch eingeschraubt (Abb. 47).

Kunststoffverschraubungen findet man überwiegend bei Deckelverschlüssen von Flaschen und Behältern. Die Gewindepertien entstehen bereits beim Herstellungsprozess des Produktes.

Schnapp- oder Klemmverbindungen funktionieren speziell bei elastischen Kunststoffen: Durch die Federspannung halten „Nasen“, bzw. „Rastnasen“, in den entsprechenden Hohlräumen des Gegenstücks, sie rasten ein. Diese Verbindungen sind vorteilhaft beim späteren Recycling, da kein Fremdmaterial erforderlich ist. Die Elastizität des Werkstoffs macht auch einfache Verschlüsse möglich: Deckel aus Kunststoff halten nach dem Aufsetzen allein durch den Reibungswiderstand bzw. durch die Materialspannung.



Abb. 49: „Nasen“ einer Druckerklappe



Abb. 50: Schnappverschluss an CD-Hülle



Abb. 51: Vorratsbehälter mit Deckel

Laminieren

Laminieren ist das Kombinieren von **Harzen** (z. B. Polyester- oder Epoxidharz) mit **Gewebematerial** (z. B. aus Glasfasern oder Carbonfasern). Der aus den verschiedenen Faserschichten zusammengesetzte Faserverbundwerkstoff wird als **Laminat** bezeichnet. Das Laminieren kommt vor allem beim Formenbau und der Herstellung sehr hochwertiger Bauteile im Flugzeugbau zum Tragen, ebenso bei Windkraftanlagen (Rotorblätter) und bei Bootsrümpfen (z. B. bei Sportbooten und Segelyachten).

Beim Laminieren wird das Glasfaser- oder Carbonfasergewebe zu einer folien- oder plattenartigen Schicht verbunden oder es werden Schichten über eine Form aufgebracht und später nach dem Aushärten von dieser Form entfernt (siehe Infoheft Kunststoff 8, S. 15).



Abb. 52: Rotorblätter

Quelle: © ClipDealer

Das Handlegeverfahren im praktischen Werkunterricht

Aufgrund der in der Schule nur schwer umzusetzenden Maßnahmen zum Gesundheitsschutz bei Arbeiten mit Carbonfasern in Verbindung mit Epoxidharz empfiehlt es sich, für die **Durchführung im Unterricht** auf **Glasfasern** in Verbindung mit **Dispersionskleber** zurückzugreifen. Die Art und Weise der Tätigkeiten (Handlegeverfahren) bei Verwendung von Glasfasern mit Dispersionskleber hat eine große Ähnlichkeit zur Verwendung von Carbonfasern mit Epoxidharz und ist deutlich kostengünstiger in der Anschaffung. Mit Dispersionskleber als Matrix lassen sich im Vergleich allerdings nur geringere Festigkeits- und Steifigkeitswerte erzielen.

1. Das Glasfasergewebe wird zugeschnitten.
2. Auf eine Trennschicht, z. B. aus faltenfreier Folie, das Gewebe mit Dispersionskleber/Leim gleichmäßig mit einem Pinsel in Faserrichtung des Gewebes einstreichen. Hinweis: Alle Gewebelagen müssen mit Leim „durchtränkt“ sein.
3. Für einen mehrschichtigen Lagenaufbau die entsprechende Anzahl an Gewebelagen aufbringen.
4. Das Laminat aushärten lassen und vom Untergrund lösen.
5. Eine Weiterbearbeitung unter Beachtung der Sicherheitsvorschriften ist nun möglich.

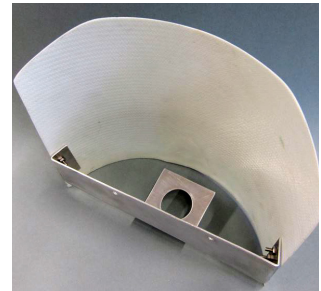
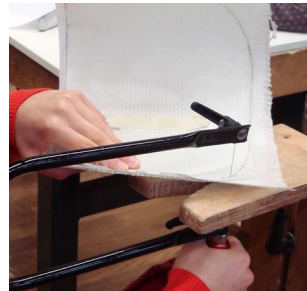
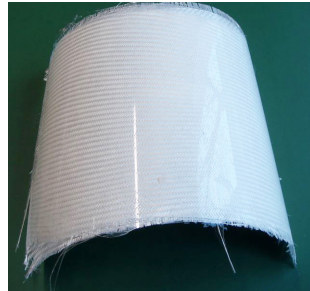


Abb. 53–56: Herstellung eines Lampenschirms zur ausschließlichen Verwendung mit LED-Leuchten

Gesundheitsschutz

Beim **Sägen** und **Schleifen** des gehärteten Verbundes aus Glasfasern und Dispersionskleber entstehen **gesundheitsgefährdende Feinstäube**. Die anfallenden Stäube sind umgehend mit einem **Industriestaubsauger mit Feinstaubfilter** (Staubklasse M oder H) aufzusaugen, um eine Gefährdung zu vermeiden. Beim Bearbeiten von ausgehärteten Bauteilen ist darauf zu achten, dass die anfallenden Stäube bei Säge- und Schleifarbeiten nicht eingeatmet werden. Beim Arbeiten mit trockenen Glasfasermatten empfiehlt es sich dringend, **Einweg-/Gummihandschuhe** zu tragen, um eventuelle **Hautreizungen** zu vermeiden.

Das Tragen von **geschlossener Kleidung** mit **langen Ärmeln** und der persönlichen **Schutzausrüstung** (**Schutzbrille/Atemschutzmaske**) wird dringend empfohlen.



Abb. 57

Arbeitsplan zur Anfertigung eines Klebefilmabrollers

Folgende Aufgabenstellung könnte Teil einer schriftlichen Abschlussprüfung sein: Sie haben die Aufgabe, einen Klebefilmabroller aus mehreren Acrylglasteilen anzufertigen. Diese sollen zunächst durch **Ritzbrechen** auf Maß gebracht werden. Im Verlauf der Herstellung soll mindestens eine **gesägte Form gefertigt** und außerdem die **Technik des thermischen Umformens** angewendet werden. **Bohrungen** und in ein Teil geschnittene **Gewinde** ermöglichen die Verschraubung der Teile. Ein gezahntes Abreißblech, eine Achse für die Klebefilmrolle sowie Normteile zur Montage sind gegeben.

Führen Sie in einer dreispaltigen Tabelle Folgendes an:

- die einzelnen Arbeitsschritte bis zum fertigen Klebefilmabroller
- die jeweils verwendeten Werkzeuge und Werkhilfsmittel
- und zu beachtende wichtige Arbeitshinweise.

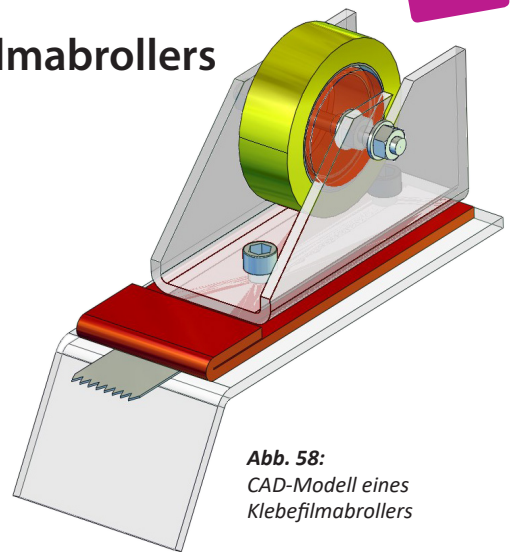


Abb. 58:
CAD-Modell eines
Klebefilmabrollers

Arbeitsschritte	Werkzeuge/Werkhilfsmittel	Arbeitshinweise
• Planen und Entwerfen	Lineal, Zirkel, Papier, Bleistift	Maßgenauigkeit auf die Klebefilmrolle bezogen
• Herstellen von Schablonen	Cuttermesser, Schneideunterlage	Schneideunterlage verwenden
• Übertragen der Formen auf das Material	Schablonen und Folienstift	wasserfester Folienstift, da sonst Linien beim Sägen verwischen, Schutzfolie soll noch intakt sein, materialsparendes Anzeichnen
• Abtrennen der Teile durch Ritzbrechen	Stahlschiene, Ritzmesser, Schraubzwingen, Brett als Ritzunterlage	saubere, gerade Rille in der notwendigen Tiefe evtl. von beiden Seiten, Führungsrille und mehrmaliges Ritzen
• Entgraten der Kanten	Ziehklänge oder Schleifpapier, Schleifklotz	Kanten nicht runden
• Bohren der Löcher für die Schrauben und Gewinde und der Kreisscheiben	Tischbohrmaschine, Maschinenschraubstock, Bohrunterlage aus Holz, Schutzbeilagen, Spiralbohrer, Vorstecher	vorstechen, sicher einspannen, Schutzbeilagen verwenden, Holzunterlage verhindert das Ausbrechen der Bohrung, niedrige Drehzahl und geringer Vorschub, Bohrer immer wieder lüften
• Schneiden der Gewinde	Schraubstock und Schutzbeilagen, Gewindebohrer, Windeisen	exakt gerade ansetzen, Span durch Vor- und Zurückdrehen brechen
• Sägen der Kreisscheiben, der Schrägnuten für das Achslager und der beiden Abschrägungen	Laubsäge, Laubsägeblatt mit relativ feiner Zahnung, Laubsägebrett	Sägefuge im Abfall, restliche Oberfläche nicht verletzen, mit wenig Vorschub sägen, Pausen verhindern Schmelzen des Kunststoffs
• Feilen der Kanten	Schraubstock und Schutzbeilagen, Feilen	fest und mit geringem Überstand einspannen
• Schleifen der Kanten	Schleifpapier (verschiedene Körnung, ca. 60 bis 1000), Schleifklotz	von grob nach fein schleifen, am Ende mit Nassschleifpapier schleifen
• Polieren der Kantenoberflächen	Polierpaste, Polierschwamm, evtl. Schwabbelnscheibe	Schutzfolie erst nach dem Polieren entfernen
• Abwaschen des Acrylglasses	Wasserhahn, Flüssigseife, fusselfreies Wolltuch	nur trockentupfen, nicht reiben, sonst entstehen Kratzer
• Thermisches Umformen	Heizdraht oder Heißluftgebläse, Biegehilfe aus Holz	Material nach der Umformung bis zum Erkalten fixieren
• Montage der Teile	Inbusschlüssel, Maulschlüssel	Spannung durch zu festes Anziehen vermeiden

Funktionalität, Bedienbarkeit und Ergonomie

Wie du bereits weißt, hat die **Funktionalität** einen großen Einfluss auf die Gestaltung von Gegenständen. Der Gestaltungsgrundsatz „**form follows function**“ drückt diesen Sachverhalt prägnant aus (siehe dazu auch Infohefte Plastische Massen 7, S. 14, Metall 9, S. 17, Kunststoff 8, S. 22, Holz 10, S. 13).

Ob man einen Griff gut anfassen oder einen Knopf problemlos drücken kann und so die einfache **Bedienbarkeit** eines Gerätes gegeben ist, hängt von **Gestaltung** und **Form** ab. Hierzu gehören auch Aspekte wie die **Proportion**, die **Position** und die **Anordnung** der Teile.

Beispielsweise kann ein ansonsten gut gestalteter Knopf, der in eine Gehäusewand flach eingebettet ist, kaum gedrückt werden, wenn er kleiner als eine Fingerkuppe ist. Entweder soll er vor unbeabsichtigtem Bedienen geschützt sein oder das Design dieses Bedienelements ist fehlgeschlagen. Größenverhältnisse müssen auf die Maße menschlicher Finger abgestimmt sein. Die Proportionen müssen dem Menschen gerecht werden. Man spricht in diesem Zusammenhang von **ergonomischer Gestaltung**. Damit ist gemeint, dass Dinge so gestaltet sind, dass Menschen gut damit arbeiten können. **Ergonomie** verlangt also **Benutzerfreundlichkeit**, auch und gerade bei der Gestaltung.

Jeder Designer, aber auch Ingenieure und Konstrukteure von Geräten sehen sich ständig der **Herausforderung** gegenübergestellt, **unterschiedlichste Gestaltungsmöglichkeiten** gegeneinander abzuwägen.

Gutes Design schafft es immer, dass Form und Funktion miteinander harmonisieren und sich gegenseitig bedingen.

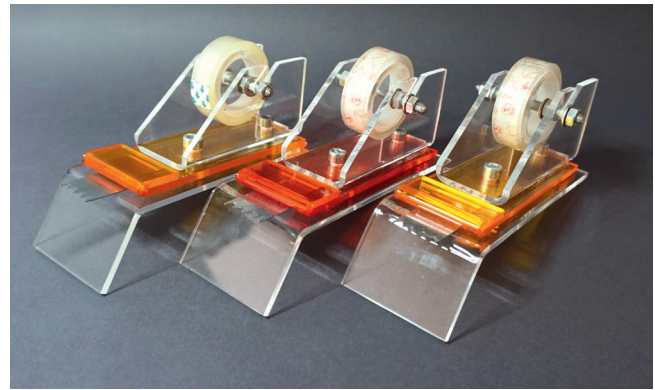


Abb. 59: Funktionelle Klebefilmabroller mit farblicher Betonung der Bereiche mit den gezahnten Abreißblechen

Farbe als Gestaltungselement



Bei der Gestaltung spielt natürlich auch **Farbe** eine wichtige Rolle. Farben können je nach Geschmack nach **ästhetischen Gesichtspunkten** eingesetzt werden. Dabei werden Vorlieben bedient, die von quietschbunt über kontraststeigernde Komplementärfarben, harmonische Farbkombinationen bis hin zur bewussten Vermeidung von Farben reichen. Hierbei kann die Farbgebung auch **psychologischen Erkenntnissen** folgen und beispielsweise anregend oder beruhigend wirken.

Farbe wird diesbezüglich aber auch eingesetzt, um etwas **hervorzuheben** und damit auf etwas **hinzuweisen** oder um zu **warnen**.

Wichtige Schalter und Knöpfe werden häufig in **Signalfarben** gestaltet, damit man sie nicht übersehen kann und damit jeder weiß, dieses Bedienelement ist von **Bedeutung**.



Abb. 60: Notaus-Knopf

Hierzu gehört auch, dass Bereiche markiert werden, die man bei der Benutzung anfassen muss oder wo sich etwas bewegt oder wo etwas passiert, wo man zum Beispiel etwas justieren kann oder wo Werkstoffe zur Bearbeitung eingespannt werden.

Dazu zählen natürlich auch Bereiche eines Gegenstandes, die **Unfallgefahren** bergen. So werden Teile von Werkzeugen und Arbeitsmaschinen, an denen man sich verletzen kann, oft farblich deutlich hervorgehoben.

Abb. 61: Klemmzwinde mit rot hervorgehobenen Bedien- bzw. Arbeitsteilen

Möglichkeiten und Probleme der Kunststoffproduktion

Kunststoffe gehören zu den **flexibelsten Werkstoffen**, was Formbarkeit, Beständigkeit, Gewicht und Kosten im Vergleich zu herkömmlichen Materialien anbelangt, da diese spezielle Anforderungen oft besser erfüllen als herkömmliche Werkstoffe wie Metall, Papier oder Holz. Viele Errungenschaften in der Medizin, Kommunikation oder Mobilität wären ohne Kunststoffe nicht denkbar.

Beispielsweise in der Medizin werden verschiedene Kunststoffe eingesetzt, die ganz spezifisch auf ihren Verwendungszweck abgestimmt werden. Sie bieten ein **hohes Maß an Sterilität** (z. B. Einmalspritzen, Infusionsbeutel), nehmen **keine Gerüche** an (z. B. OP- oder Beatmungsschläuche), sind **beständig gegen Flüssigkeiten** (z. B. Tablettenverpackungen), **flexibel** und dennoch äußerst **stabil** (z. B. Prothesen). Immer **leichtere** Fahrzeuge und eine **verbesserte Wärme-**

dämmung von Gebäuden sorgen dafür, dass der Treibstoff- und Energieverbrauch sinkt und somit die **Umwelt weniger belastet** wird. So leisten Kunststoffe auch einen Beitrag zum internationalen **Leitprinzip der Nachhaltigkeit**. Nachhaltigkeit bedeutet, die Verantwortung für die heute lebenden Menschen mit der Verantwortung für die zukünftigen Generationen zu verbinden. Jede Generation muss ihre Aufgabe selbst lösen und darf diese nicht der kommenden auflasten. Andererseits haben wir uns mit der vielseitigen und **massenhaften Verwendung** von Kunststoffen neue **Probleme** geschaffen. Die Kunststoffproduktion ist in nur wenigen Jahrzehnten exponentiell gestiegen – weltweit von einer Million Tonnen im Jahr 1950 auf 359 Millionen Tonnen im Jahr 2018. Damit geht auch ein Anstieg der Menge anfallenden Plastikmülls einher, der entsorgt werden muss.

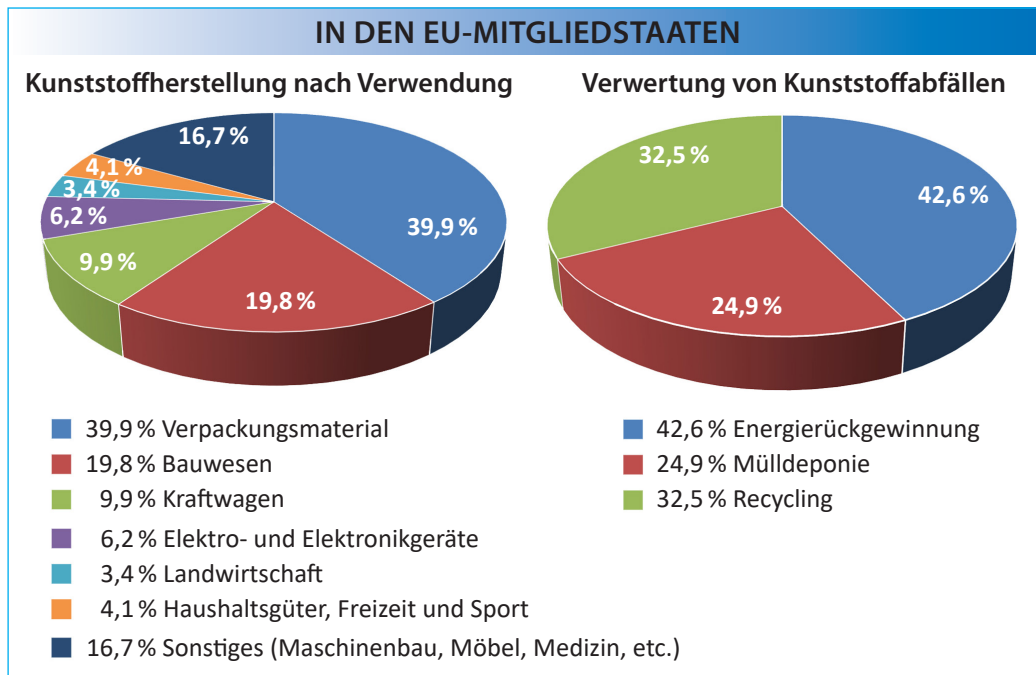


Abb. 62

Kunststoffe eignen sich für **Massenproduktion** in besonderer Weise: Wegen des rasant gestiegenen **Materialverbrauchs** sind hohe Stückzahlen notwendig und Kunststoffprodukte müssen wegen ihrer teilweise geringen Belastbarkeit bzw. aufgrund des hohen Verschleißes ersetzt werden. Dies sorgt für **Probleme**, z. B. durch den hohen Schadstoffausstoß bei der Produktion und durch den hohen Verbrauch nicht nachwachsender Rohstoffe (siehe Infoheft Kunststoff 8, S. 23, Infoheft Kunststoff 10, S. 4)

Unsere **Wegwerfgesellschaft** trägt mit ihrem Konsumverhalten und dem schnellen Entsorgen von materiellen Dingen zu wachsenden Müllbergen bei. Wir nutzen Gekauftes häufig nur relativ kurz und ersetzen es dann – oft auch unnötiger Weise – durch Neues. Verschiedene Strategien zur **Entsorgung** und zum **Recycling** von Kunststoffen hast du bereits in der 8. Jahrgangsstufe kennengelernt (siehe Infoheft Kunststoff 8, S. 23).

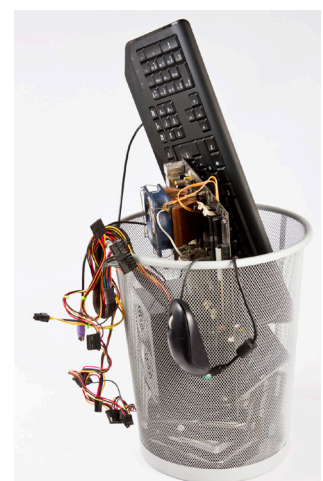


Abb. 63: Kurzlebige Konsumartikel
Quelle: © ClipDealer

Biobasierte und biologisch abbaubare Kunststoffe

Biobasierte Kunststoffe sind Kunststoffe, die überwiegend aus nachwachsenden Rohstoffen (Biomasse) hergestellt werden. Dazu gehören zum Beispiel: **Mais, Getreide, Zuckerrohr, Stärke, Kork, Öle** oder **Cellulose**.

Biologisch abbaubare Kunststoffe hingegen sind Kunststoffe, die sich unter bestimmten Bedingungen zersetzen und beim Abbau nichts als CO₂ und Wasser hinterlassen. Sie können hergestellt werden aus thermoplastischer Stärke, Cellulose, abbaubaren Polyestern und Polylactid (PLA).

Biobasierte Kunststoffe können biologisch abbaubar sein, sind es aber oft nicht. Umgekehrt sind biologisch abbaubare Kunststoffe nicht zwingend biobasiert. Beide sind kein Ersatz für herkömmliche Kunststoffe, sondern ergänzen das Sortiment der Kunststoffe als Spezialprodukte, die neue Eigenschaften und Anwendungsmöglichkeiten bieten. Der Anteil von Biokunststoffen im Vergleich zu

konventionellen, auf fossilen Rohstoffen basierenden Kunststoffen ist noch gering. Die weltweite Produktionskapazität für biobasierte und biologisch abbaubare Kunststoffe liegt nach Schätzungen bei ca. 2,27 Millionen Tonnen.

Ständig wird geforscht, um biobasierte und biologisch abbaubare Kunststoffe zu entwickeln oder weiterzuentwickeln, um diese durch entsprechende Verarbeitung und Veredelung beispielsweise auch für Hochtemperaturanwendungen als Auto- oder Maschinenteile nutzen zu können.



Abb. 64: Verpackungsmaterial aus biobasiertem Kunststoff

Quelle: © ClipDealer

Biomüllbeutel auf der Basis nachwachsender Rohstoffe gelten auch als kompostierbar. Aber sie dürfen nur in die Bioabfallsammlung, wenn sie ausdrücklich dafür zugelassen sind. Das erkennt man am Keimlingssymbol® auf den Beuteln. Es zeigt an, dass die Tüten nicht nur kompostierbar und biologisch abbaubar sind, sondern auch überwiegend aus nachwachsenden Rohstoffen hergestellt wurden. Weitere Voraussetzung ist, dass die Beutel auch für die Bioabfallsammlung vor Ort zugelassen sind.



Abb. 65: Biomüllbeutel mit Keimlingssymbol®



Produkte haben einen **CO₂-Fußabdruck**, der die Summe der Emissionen umfasst, die durch die Herstellung, die Nutzung sowie durch die Verwertung und Entsorgung entstehen. Der CO₂-Fußabdruck ist das Ergebnis einer Emissionsberechnung bzw. CO₂-Bilanz und gibt an, welche Menge von Treibhausgasen durch eine Aktivität, einen Prozess oder eine Handlung freigesetzt wird.

Beim Konsum entscheiden sich immer mehr Menschen bewusst nachhaltig. Für viele Kunststoffprodukte gibt es geeignete Alternativen, mit denen alle einen aktiven Beitrag gegen die übergroßen Mengen an Kunststoffmüll leisten und damit den CO₂-Fußabdruck verringern können.

Eine Alternative ist beispielsweise **Bagasse**, ein Abfallprodukt der Zuckerproduktion: Die zerkleinerten Pflanzenfasern bleiben nach dem Auspressen von Zuckerrohr zurück und lassen sich etwa zu robusten Schalen und Boxen weiterverarbeiten. Als Behälter für Take-away-Mahlzeiten können diese jederzeit in der Mikrowelle aufgewärmt oder mit Heißgetränken befüllt werden. Trotz der Kennzeichnung „kompostierbar“ dürfen diese Produkte nicht in der Natur oder auf dem Gartenkompost landen, denn es geht hier um den Abbau in einer industriellen Kompostieranlage mit vielen Mikroorganismen und sehr hohen Temperaturen.



Abb. 66: Becher aus Bagasse in einem Halter aus Papp

Quelle: © ClipDealer

