



# KUNSTSTOFF

Jahrgangsstufe 8

Arbeitsheft für das Fach Werken  
an Realschulen in Bayern

---

Erarbeitet im Auftrag des Bayerischen Staatsministeriums für Unterricht und Kultus

**Leitung des Arbeitskreises**

Elisabeth Mehrl, ISB

**Mitglieder des Arbeitskreises:**

Wolfgang Gobmeier, Staatliche Realschule Pfaffenhofen a. d. Ilm

Jens Knaudt, Staatliche Realschule Roth

Marie-Luise Pfeifer, Staatliche Realschule Nabburg

Günter Trager, Staatliche Realschule Altötting

Jens Knaudt und Marie-Luise Pfeifer sind Ansprechpartner für inhaltliche Fragen zu diesem Heft.

**Bildrechte:**

Jens Knaudt, Marie-Luise Pfeifer (Autoren)

Arbeitsgemeinschaft Deutsche Kunststoffindustrie (AKI) (S. 6, 7)

ALS Verlag, Werkmappe (S.15 - 17)

Verband Kunststofferzeugende Industrie e. V. (VKE) (S. 19)

Panther (S. 8), Hoffmann Mineral GmbH & Co. KG (S. 8),

extraplast Maschinen GmbH - [www.Extraplast.de](http://www.Extraplast.de) (S.9),

Alexei Kouprianov (S.10), Glenn McKechnie (S.11), Laurens van Lieshout (S.11)

**Herausgeber:**

Staatsinstitut für Schulqualität und Bildungsforschung

München 2010

**Anschrift:**

Staatsinstitut für Schulqualität und Bildungsforschung

Abteilung Realschule

Schellingstr. 155

80797 München

Tel.: 089 2170-2446

Fax: 089 2170-2813

Internet: [www.isb.bayern.de](http://www.isb.bayern.de)

**Hinweis:**

Die Gliederung im Heft entspricht dem Lehrplan im Fach Werken und deckt alle prüfungsrelevanten Inhalte des Profulfaches ab.

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



Dieses Zeichen findet sich bei einigen Schemazeichnungen. Es bedeutet, dass die Zeichnung **prüfungsrelevant** ist. Diese Zeichnung muss ein Schüler selbstständig angefertigen können.

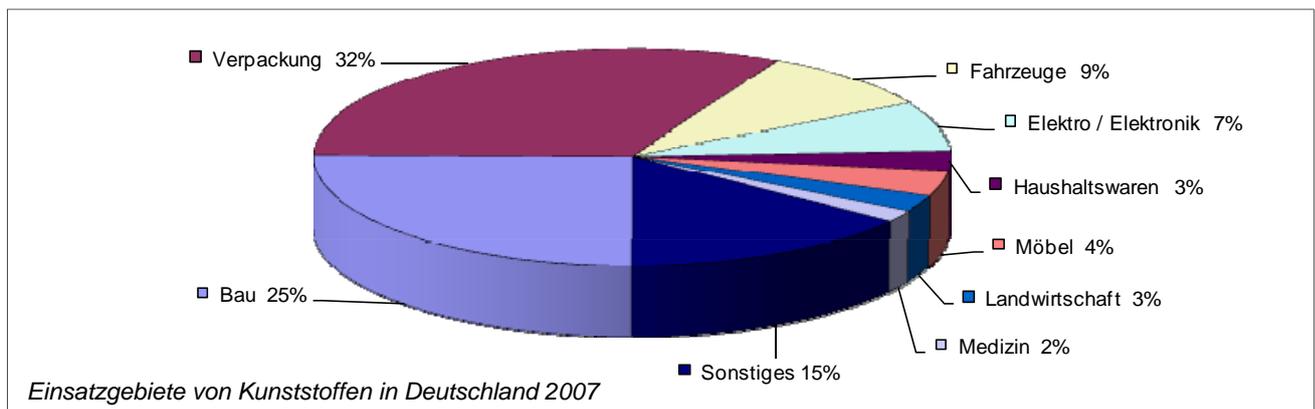
## Das 20. und 21. Jahrhundert nennt man auch das „Kunststoff-Zeitalter“.

Holz wächst auf der Erdoberfläche, Metalle gewinnen wir aus der Erdkruste, Ton entsteht durch einen natürlichen Verwitterungsprozess und kann aus Lagern abgebaut werden. All das sind Werkstoffe, die uns die Natur schon seit Urzeiten zur Verfügung stellt. Der Kunststoff ist im Vergleich dazu ein noch relativ junger, völlig neuer, vom Menschen geschaffener synthetischer Werkstoff. Ursprünglich suchte man nur Ersatz für herkömmliche Materialien, doch nach einer rasanten Entwicklung gehören Kunststoffe mittlerweile aufgrund ihrer vielseitigen, maßgeschneiderten Eigenschaften zu den wichtigsten Werkstoffen unserer Zeit.

Typische, den meisten Kunststoffen eigene positive Eigenschaften sind das geringe Gewicht, gepaart mit hoher Festigkeit, die hohe Widerstandsfähigkeit gegen Zersetzung und gegen viele Chemikalien, ihre gute Isolierwirkung gegenüber Wärme und Kälte sowie ihre fast universelle Formbarkeit und vielseitige Einsetzbarkeit. Sie lassen sich kostengünstig in großen Stückzahlen herstellen, sind wegen ihrer glatten und porenfreien Oberfläche leicht zu reinigen und aufgrund all dieser Vorteile aus unserem Alltag nicht mehr wegzudenken.

## Gegenwärtige Anwendungsbereiche von Kunststoffen

Kunststoffe haben Eingang in alle Bereiche menschlichen Lebens gefunden und sind Voraussetzung für viele technische Entwicklungen, die unseren Lebensstandard begründen. Sie werden zu Verpackungen, Baubedarfsartikeln, technischen Teilen, Halbzeugen, Konsumwaren und vielen anderen Produkten verarbeitet.



## Entwicklungsgeschichte der Kunststoffe

### Die Vorläufer:

**Asphalt** ist einer der frühesten polymeren organischen Rohstoffe in der Geschichte der Menschheit. Natürlicher Asphalt entsteht aus Erdöl, ist braunschwarz und fettglänzend und weist ein thermoplastisches Verhalten auf: beim Erhitzen wird er allmählich weich und lässt sich gut verformen. Bereits die Babylonier und die Sumerer benutzten vor mehr als 5000 Jahren Asphalt zum Abdichten von Bauwerken oder von Wasserkanälen. In Deutschland wurde im Jahre 1838 erstmals eine Straße asphaltiert.

**Bernstein** ist ein Harz ehemaliger Nadelhölzer der Tertiärzeit. Er ist fettglänzend durchscheinend und bildet oft rundliche Körner, die man häufig auch an den Ostseestränden findet. Der gelbbraune Bernstein wurde schon seit dem Altertum als Schmuckstein verwendet. Früher diente er zur Herstellung von Bernsteinlack, einer Lösung von Bernstein in Leinöl.

**Schellack** ist das einzige natürliche Harz mit tierischem Ursprung. Es wird aus dem Sekret der weiblichen Lackschildlaus gewonnen. Diese lebt in großen Kolonien auf Bäumen und Sträuchern in Indien und Burma und sondert das Sekret zum Schutz ihrer Brut aus. Man gewinnt es zweimal jährlich durch das Abkratzen von den bekrusteten Zweigen. Schellack bildet dünne filmartige Schichten, die sich durch hohe Härte und Abriebfestigkeit auszeichnen. Daher eignet er sich hervorragend für Lacke und Firnisse. Früher stellte man daraus Schallplatten her. Schellack besitzt auch heute noch ein breites Einsatzspektrum, z.B. in der Pharmazie zum Beschichten von Tabletten, in der Lebensmittelindustrie für Kaugummis und Konfekt oder zur Herstellung von Klebstoffen, Polituren oder Druckfarben.



Asphaltbrocken



Bernsteinkorn



Schellackblätter

## Wichtige Stationen in der technischen Entwicklung von Kunststoffen

- 1851** **Charles Nelson Goodyear** präsentierte auf der Weltausstellung in London den ersten mit technischen Mitteln hergestellten Kunststoff. Er hatte den weißen Milchsaft des Kautschukbaumes mit Schwefel versetzt und einen elastischen **Gummi** erhalten und wurde somit zum Begründer der modernen Gummiindustrie. Er entwickelte auch das erste Duroplast, **Ebonit**, aus dem Schmuckstücke oder Teile von Telefonen gemacht wurden.
- 1869** **John Hyatt** erfand den ersten thermisch verformbaren Kunststoff, das **Zelluloid**. Zellstoff wird gepresst und verknetet und mit Kampfer, Alkohol und Zusatzstoffen zu einer Paste vermischt. Dieses Material ist leicht färbbar, zäh, elastisch und mechanisch fest. Obwohl es sehr feuergefährlich ist, fertigt man daraus immer noch Filme, Brillengestelle, Käämme u. a. m.
- 1905** **Leo Hendrik Baekeland**, ein belgischer Chemiker, entwickelte aus Phenol und Formaldehyd den **Bakelit**, ein unbrennbares Kunstharz, das unter anderem zum Imprägnieren von Gewebe und Papier verwendet wurde. Auch für die aufstrebende Elektroindustrie war dieses erste Produkt aus Erdöl von Bedeutung.
- 1922** **Hermann Staudinger** entdeckte, dass organische Werkstoffe aus riesig langen Molekülen bestehen und schlug dafür die Bezeichnung „**Makromolekül**“ vor. Er versuchte, solche Riesenmoleküle künstlich durch Aneinanderlagern von kleinen Molekülen herzustellen (Polymerisation) und es gelang ihm, künstlichen Kautschuk herzustellen. Staudinger gilt als Begründer der Polymerchemie (Chemie der Makromoleküle). Für seine Leistungen erhielt er 1953 den Nobelpreis für Chemie.
- 1933** **Otto Röhm**, Deutschland, lässt für einen glasähnlichen thermoplastischen Kunststoff den Handelsnamen **Plexiglas®** eintragen. Das Acrylglas ist für Lichtstrahlen ohne Verzerrungen durchlässig und eignet sich aufgrund seiner besonderen Eigenschaften als Glas für Automobile oder Flugzeuge und als Sicherheitsglas für Arbeitsmaschinen. Die Fenster des Airbus bestehen zum Beispiel aus Plexiglas®. Es dient auch zur Herstellung von Kontaktlinsen, Brillengläsern, Uhren, Lupen und von Linsen für die Fotografie.

Nach der Herstellung der ersten Kunststoffe begann in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts eine umfangreiche Massenproduktion. Viele Kunststoffe wurden wegen der Rohstoffknappheit während des Zweiten Weltkrieges erforscht und entwickelt (z.B. Teflon, Epoxidharze, Silicon, Polyurethane).

Ab den 1980er-Jahren vermittelten die aufkommenden Ökobewegungen ein zunehmendes Umweltbewusstsein. Aufgeschreckt durch Müllberge und auftretende Krankheiten, beispielsweise bei der PVC-Verarbeitung, wandte man sich zunehmend der Herstellung von **umweltverträglichen Polymeren** zu, z.B. der Herstellung von biologisch abbaubaren Polymeren. Mit der exzessiven Nutzung der Kunststoffe wurden auch Verfahren zur Wiederverwertung entwickelt, da man erkannte, dass die fossilen Rohstoffe nicht unbegrenzt zur Verfügung stehen.

### AUFGABE

Vervollständige die Zeitleiste zur Entwicklung bzw. Erfindung wichtiger Kunststoffe.

Charles Nelson Goodyear	1851	
	1869	Zelluloid
Leo Hendrik Baekeland	1905	
	1922	
Otto Röhm	1933	

## Der Begriff „Kunststoffe“

„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.

„**Organisch**“ bedeutet: Kunststoffe bestehen aus den Elementen Kohlenwasserstoff (C), Wasserstoff (H), Sauerstoff (O), Stickstoff (N), Schwefel (S), und gleichen in ihren Eigenschaften natürlich gewachsenen Stoffen wie Holz, Horn oder Harz.

## Wichtige Ausgangsstoffe für die Kunststoffproduktion

Im Verlaufe der Industrialisierung zeigte es sich, dass Naturstoffe nicht in ausreichenden Mengen vorhanden waren bzw. dass diese nicht die erforderlichen Eigenschaften aufweisen konnten, um den gestiegenen Anforderungen zu genügen. Auf der Suche nach Ersatzstoffen begann man zunächst damit, **Naturmaterialien umzuwandeln** bis es schließlich gelang, durch chemische Prozesse völlig neuartige, **synthetische Stoffe** zu entwickeln.

### Halbsynthetische Kunststoffe

Vor etwa 150 Jahren begannen Chemiker makromolekulare Naturstoffe chemisch umzuwandeln und als halbsynthetische Kunststoffe für den Menschen nutzbar zu machen. Celluloid, Viscose und Kunsthorn waren die ersten Erfolge.

Ausgangsstoffe:

- ▶ **Kasein**, ein Milcheiweiß als Rohstoff für das Kunsthorn
- ▶ **Zellulose** und **Kampfer**, die zu Celluloid verbunden werden
- ▶ **Milchsaft des Kautschukbaumes**, aus dem man elastischen Gummi gewinnt.

### Vollsynthetische Kunststoffe

Zur Herstellung vollsynthetischer Kunststoffe verknüpft man kleine Moleküle von fossilen Primärstoffen, die preiswerter zur Verfügung stehen, als die natürlichen Rohstoffe, zu Großmolekülen. Der erste vollsynthetische Kunststoff war Bakelit.

Ausgangsstoffe:

- ▶ **Erdöl**
  - ▶ **Erdgas**
  - ▶ **Kohle**
- Natürlich spielen bei der Herstellung auch Zusatzstoffe und Füllstoffe, wie beispielsweise Kalk, Sand oder Holzmehl eine Rolle.

## Kunststoffe sind Werkstoffe nach Maß

Die in der Praxis gestellten vielfältigen Anforderungen erzwingen eine Vielzahl von Werkstoffen mit unterschiedlichsten Eigenschaften. Gerade Kunststoffe können maßgeschneidert den jeweiligen Anforderungen angepasst werden, da ihre mechanischen, physikalischen und chemischen Eigenschaften vielseitig, beeinflussbar und gestaltbar sind. Daneben ermöglichen neue und weiterentwickelte Herstellungsverfahren nahezu unbegrenzte Kunststoff-Metallverbunde, welche die Vorteile beider Materialien nutzbar machen.

- Durch **Variation des chemischen Aufbaus** von Polymeren kann eine Vielzahl unterschiedlicher Kunststoffe hergestellt werden.
- Jeder Kunststoff kann für sich auch noch durch **Zugabe spezieller Zusatzstoffe** (Additive) abgewandelt, verstärkt, eingefärbt oder stabilisiert werden.
- In **Kunststoffmischungen** („Polymerblends“) oder in mehrschichtigen Folien können die positiven Eigenschaften der Ausgangsmaterialien miteinander kombiniert und somit neue Werkstoffeigenschaften erzielt werden.
- Bei der **Inserttechnik** werden Metallteile in Kunststoff-Formteile eingebettet, während bei der **Outserttechnik** umgekehrt das Trägerteil aus Metall und die Funktionselemente aus Kunststoff bestehen. Damit verbindet man unter anderem die Steifheit von Metall mit der Flexibilität von Kunststoff.



Stecker



Hahnblock

## Allgemeine Eigenschaften von Kunststoffen

Kunststoffe zeichnen sich durch eine Reihe besonderer Eigenschaften aus und sind dadurch herkömmlichen Werkstoffen wie Metall oder Keramik überlegen. Somit sind sie nicht nur Ersatz- oder Austauschstoffe, sondern eröffnen völlig neuartige Möglichkeiten, ohne die die Fortschritte auf dem Gebiet der Elektrotechnik, des Maschinen- und Fahrzeugbaus und anderer Industriezweige nicht möglich gewesen wären.

### Niedriges Gewicht

Aufgrund ihrer geringen Dichte sind Kunststoffe erheblich leichter als Metalle oder keramische Werkstoffe. Damit erschließen sich neue technische Felder wie z. B. superleichte Wärmeisolierungen, federleichte und doch stabile Bootsrümpfe sowie alle Arten von Verpackungen.

### Mechanische Belastbarkeit

Kunststoffe besitzen meist keine große Festigkeit und Steifigkeit, was man jedoch teilweise mit konstruktiven Mitteln (höhere Wandstärken) oder dem Einsatz von faserverstärkten Kunststoffen kompensieren kann. Ein Beispiel ist „Kevlar“, das u. a. in Flugzeugtragflächen eingesetzt wird. Trotz der niedrigen Festigkeiten sind Kunststoffe sehr belastbar und weisen zumeist eine gute Zähigkeit auf. Sie sind nicht so zerbrechlich wie beispielsweise Keramik oder Glas und somit das ideale Material für Spielzeug und Gebrauchsgegenstände für Kinder.

### Beständigkeit gegen Chemikalien, Korrosion und Licht

Viele Kunststoffe sind beständig gegenüber Säuren, Laugen und wässrigen Salzlösungen. Sie rosten und zersetzen sich nicht und schützen in Lacken oder Beschichtungen auch andere Werkstoffe vor Korrosion. Allerdings reagieren sie empfindlich auf organische Lösungsmittel wie Alkohole, Aceton oder Benzin. Dennoch gelang es auch auf diesem Gebiet, beständige Kunststoffe zu entwickeln. So ist z. B. der Kraftstofftank aus Polyethylen überaus beständig gegen Korrosion und auch unempfindlich gegenüber Benzin.

Durch ihre UV-Beständigkeit sind einige Kunststoffarten bestens geeignet für die Innenausstattung von Kraftfahrzeugen, für Spielzeug u. v. m.

### Wärmeleitfähigkeit

Die Wärmeleitfähigkeit ist bei Kunststoffen deutlich niedriger als bei Metallen, wobei sie allerdings wenig hitzebeständig sind. Durch ihre hervorragenden Dämmeigenschaften gegen Wärme und Kälte helfen sie, fossile Brennstoffe einzusparen.

### Elektrische Leitfähigkeit

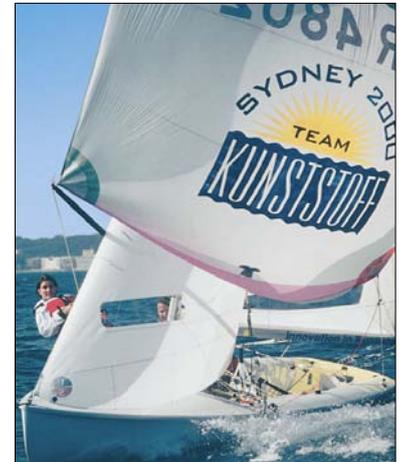
Kunststoffe besitzen eine sehr geringe elektrische Leitfähigkeit. Sie wirken isolierend und abschirmend gegen Strom und Hitze und werden deshalb in der Elektrotechnik zur Isolation von elektrischen Leitungen und Kabeln eingesetzt.

### Geschlossene Oberfläche

Die Oberfläche der meisten Kunststoffe ist glatt und porenfrei dicht. Aufgrund dessen sind sie leicht zu reinigen, abriebfest, kratzfest, feuchtigkeitsresistent und hygienisch.

### Einfache und preiswerte Verarbeitung

Im Vergleich zu anorganischen Werkstoffen erfolgt die Verarbeitung von Kunststoffen bei niedrigen Temperaturen und mit dementsprechend geringerem Energieaufwand. Kurze Produktionszeiten durch hochautomatische Verarbeitungsverfahren ermöglichen eine rationelle und wirtschaftliche Herstellung. Während Metalle bei hohen Temperaturen aufwändig gegossen werden müssen und Einschränkungen bezüglich der Gussformen bestehen, lassen sich aus Kunststoffen auch höchst komplizierte Formteile mit vergleichsweise geringem Aufwand fertigen. Gleichzeitig können in einem Verarbeitungsschritt Zusatzstoffe (sog. Additive) wie Farbpigmente oder Fasern in das Material eingearbeitet werden. Nacharbeiten wie Schleifen oder Polieren fallen kaum an.



Boot und Segel aus Kunststoff



Helm aus Kevlar und Karbon



Ansaugbrücke aus PP



Isolierendes Gehäuse aus PP

Die Eigenschaften der Kunststoffe sind beeinflussbar und nach Bedarf gestaltbar, so dass für jeden Einsatzbereich der optimale Werkstoff entwickelt werden kann und maßgeschneidert zur Verfügung steht. Sie können preisgünstig sein, leicht, pflegeleicht, hygienisch, farbecht, geruchsneutral, geschmacksfrei, hitzebeständig, UV-beständig, luftundurchlässig, feuchtigkeitsbeständig, lebensmittelverträglich, atmungsaktiv, robust, abriebfest, schlagfest, elastisch, isolierend, stoßdämpfend, säureresistent und nicht rostend, sie erfüllen eine Schutzfunktion und können praktisch jeder Form angepasst werden.

**AUFGABE**

Ordne jedem der abgebildeten Produktbeispiele spezielle Materialeigenschaften aus dem oben genannten Katalog zu:

Beispiel: **Gartenstuhl**

- pflegeleicht
- preisgünstig
- hitzebeständig
- feuchtigkeitsbeständig
- UV-beständig




---

---

---

---




---

---

---

---




---

---

---

---




---

---

---

---




---

---

---

---




---

---

---

---

## Industrielle Formungsverfahren und Produktbeispiele

### Extrudieren

Bei der Extrusion (von lateinisch extrudere = hinausstoßen, -treiben) werden Kunststoffe oder andere zähflüssige härtbare Materialien, wie z. B. Gummi in einem kontinuierlichen Verfahren durch eine Düse gepresst.

- Ausgangsstoff ist ein Kunststoffgranulat – das Extrudat – welches über eine Schneckenpresse nach vorne zu einer Düse vor dem eigentlichen Werkzeug gefördert wird.
- Auf dem Weg durch die Schneckenpresse wird das Granulat erhitzt und aufgeschmolzen, sodass eine homogene und plastifizierte Masse entsteht.
- Diese wird durch Druck verdichtet und anschließend durch eine Düse in das formgebende Werkzeug gepresst.
- Nach dem Austreten aus der Düse erstarrt der Kunststoff meist in einer wassergekühlten Kalibrierung.

Das Anlegen von Vakuum bewirkt, dass sich das Profil an die Kaliberwand anpresst und somit die Formgebung abgeschlossen wird. Im Anschluss darauf folgt oft noch eine Kühlstrecke in Form eines gekühlten Wasserbades.

Ein analoges, auf demselben Urformprinzip basierendes Verfahren, das bei der Heißumformung von Metallen zum Einsatz kommt, bezeichnet man als Strangpressen.

Durch Extrusion können beispielsweise Platten, Rohre und Profile mit einem über die gesamte Länge konstanten Querschnitt, aber auch beliebig lange und zumeist auf Rollen gewickelte Folienbahnen oder Schläuche hergestellt werden.

Neu entwickelt wurden sogenannte WPC-Formteile (=Wood-Plastic-Composites), bei denen Holz(-mehl) und thermoplastische Kunststoffe zu einem Verbundstoff verarbeitet werden.



Extruder



Drainagerohr

### Produktbeispiele:

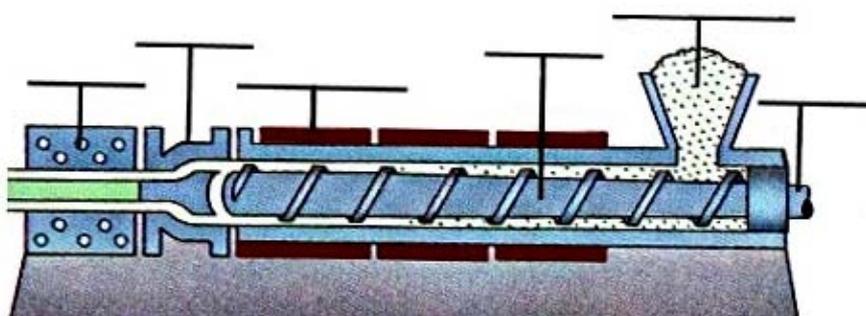
- Bauwesen: Drainagerohre, Heizschläuche, Fensterabdichtungen
- Agrar- und Landschaftsbau: Folientunnel, Teichfolien, Drainagevlies
- Medizintechnik: Kanüle, Infusionsbeutel, Schienen
- Möbelindustrie: Kunststoffurniere, Führungsschienen, Fußleisten



Dichtungsprofil



Ordne in der Schemazeichnung folgende Begriffe zu:  
Stoffauflauf mit Granulat, Kühlung, Heizelement, Antrieb, Formgebendes Werkzeug, Schnecke



Schemadarstellung eines Extruders

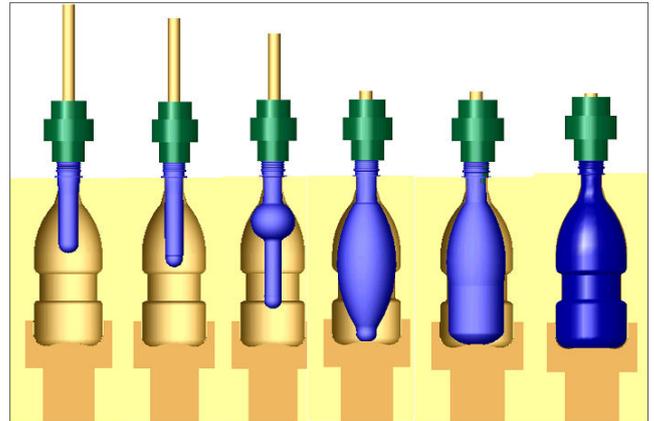


Terrassendielen aus Holzfasern und Kunststoff

## Extrusionsblasformen

Beim Extrusionsblasformen werden Hohlkörper aus thermoplastischen Kunststoffen hergestellt.

- Ein plastischer Kunststoffschlauch wird in ein zweiteiliges Hohlwerkzeug gedrückt.
- Die Werkzeugwände umschließen den Schlauch.
- Danach wird Luft in den Schlauch gepresst, sodass er sich weitet.
- Das Hohlwerkzeug wird anschließend luftdicht abgeschlossen.
- Die eingeschlossene Luft drückt den plastischen Kunststoff gegen die abkühlende Werkzeugwand und formt dadurch den Hohlkörper.



Schemadarstellung des Extrusionsblasformens

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

### Produktbeispiele:

- Flaschen, Kanister, Fässer
- Lüftungskanäle
- Kofferhalbschalen
- Dachgepäckträger
- Kraftstofftanks

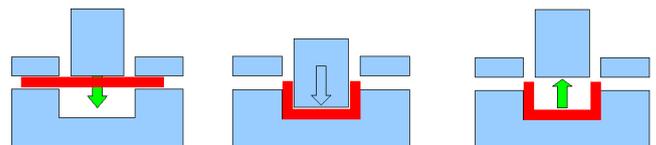


Extrusionsform für einen 5l-Kanister

## Tiefziehen

Tiefziehen ist das Zugdruckumformen einer Folie, Platte, Tafel in einen einseitig offenen Hohlkörper oder eines vorgeformten Hohlkörpers. Das Tiefziehen zählt aufgrund seiner einfachen Verfahrenstechnik zu den bedeutendsten Umformverfahren und wird sowohl in der Massenfertigung als auch in Kleinserien eingesetzt, wie z. B. in der Verpackungs- und Automobilindustrie sowie im Flugzeugbau.

- Ein Halbzeug aus thermoplastischen Kunststoff wird in einem Rahmen eingespannt.
- Anschließend wird der Rohling erwärmt und dann mit einem Stempel in eine einseitig geöffnete Form gepresst bzw. durch Unterdruck in die Form gezogen. Dabei wird das plastische Material gedehnt.



Schemadarstellung des Tiefziehens

### Produktbeispiele:

- Lebensmittelverpackungen: Joghurtbecher
- Bauwesen: Wannen
- Elektrotechnik: Tastaturabdeckungen



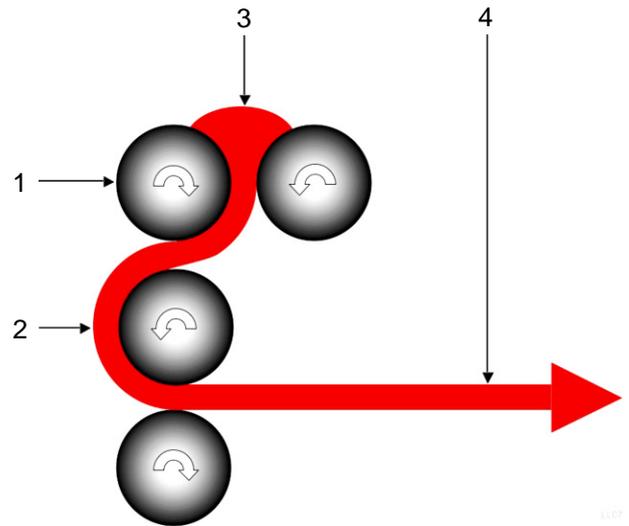
Tiefziehpresse für Kunststoffbadewannen

**Kalandrieren**

Der Kalandrier (frz.: calandre = Rolle) ist ein System aus mehreren übereinander angeordneten beheizten und polierten Walzen aus Stahl, durch deren Spalten das flüssige Material hindurchgeführt werden. 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 (Mülltüten) werden dagegen aus Zeit- und Kostengründen beispielsweise mittels Blasfolienextrusion hergestellt.

**Produktbeispiele:**

- Tablettenverpackungen
- Duschvorhänge
- Tischdecken
- Fußbodenbeläge



Schemadarstellung eines Kalandriers



Historische Kalandermaschine

**AUFGABE**

Ordne den folgenden Begriffen die entsprechende Nummer in der obigen Schemadarstellung zu.

= vorgestrecktes Material

= Endlosfolie

= gegenläufige, beheizte Walzen

= plastische Kunststoffmasse

**AUFGABE**

Suche im Internet nach Abbildungen von Produkten, die durch Kalandrieren gefertigt werden und klebe sie hier ein.

**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 großer Festigkeit.



Geschäumter Hartschalenfahrradhelm

**Produktbeispiele:**

- Fahrzeugbau: Autokindersitze
- Verpackung: passgenaue Formteile
- Bauwesen: Dämmplatten
- Modellbau: Platten, Kugeln, Quader
- Kulissenformteile wie Säulen

Der bekannteste Schaumstoff ist Styropor. Der Grundsubstanz (Styropolymere) wird ein Treibmittel zugesetzt und beides zusammen erhitzt. Es entsteht ein sog. Vorschaum (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.

**Spritzgießen**

Das Spritzgießen beruht auf der gleichen Funktionsweise wie das Extrudieren. Der Unterschied besteht in einer Schnecke, die sich hin und her bewegt und dabei die Formmasse fördert, plastifiziert und ausstößt. Eine Schließeinheit öffnet und schließt das formgebende Werkzeug. In dieses Werkzeug wird die plastische Kunststoffmasse vom Schneckenkolben eingespritzt.



Spritzgussmaschine

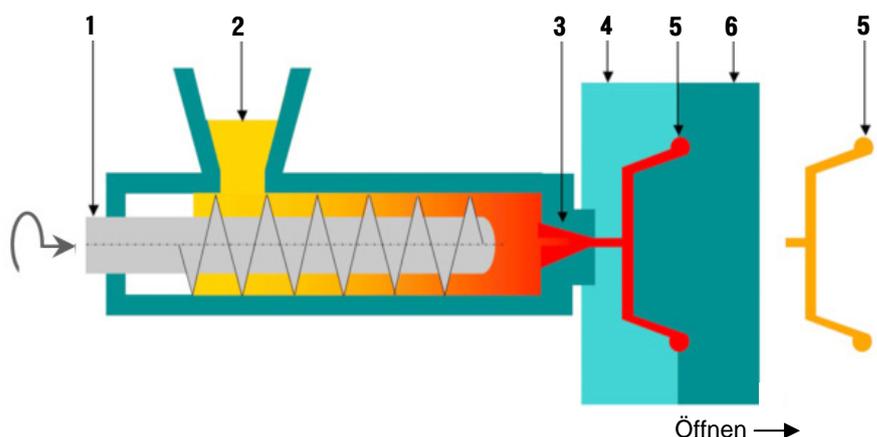
**Produktbeispiele:**

- Fahrzeugbau: Radkappen, Scheinwerferglas
- Elektronik: Gerätegehäuse, Stecker
- Spielzeug: Legosteine, Modellbau
- Haushalt: Getränkeboxen, Einwegbesteck

**AUFGABE**

Lies den Text zum Spritzgießen aufmerksam durch. Ordne den Nummern in der Schemazeichnung des Spritzgießens den jeweiligen Arbeitsschritt zu.

1. \_\_\_\_\_
2. \_\_\_\_\_
3. \_\_\_\_\_
4. \_\_\_\_\_
5. \_\_\_\_\_
6. \_\_\_\_\_



## Acrylglas - ein Kunststoff mit speziellen Eigenschaften

Polymethylmethacrylat - umgangssprachlich Acrylglas - ist ein Werkstoff, der nicht nur in der Industrie, sondern auch im Werkunterricht wegen seiner positiven Materialeigenschaften geschätzt und verwendet wird.

**Polymehtylmethacrylat (PMMA)** wurde 1928 etwa zur selben Zeit in Deutschland, Großbritannien und Spanien entwickelt und 1933 zur Marktreife gebracht. Es wird heute in großen Mengen hergestellt und findet vielseitige Verwendung als splitterfreier und leichter Ersatz für Glas (z. B. Schutzbrillen oder Verglasung an Flugzeugen und Autos). Eines der ersten Alltagsprodukte aus PMMA waren Deckel von Radio-Plattenspieler-Kombinationen („Braun SK4“ von 1956, der so genannte „Schneewittchensarg“). Auch in der Medizin findet der Stoff Einsatz als sogenannter „Knochenzement“ zur Stabilisierung von Implantaten im Knochen. Otto Röhm hat 1933 PMMA unter dem Handelsnamen „Plexiglas“ beim Patentamt angemeldet. Seitdem ist dies ein eingetragener Markenname: **Plexiglas®**

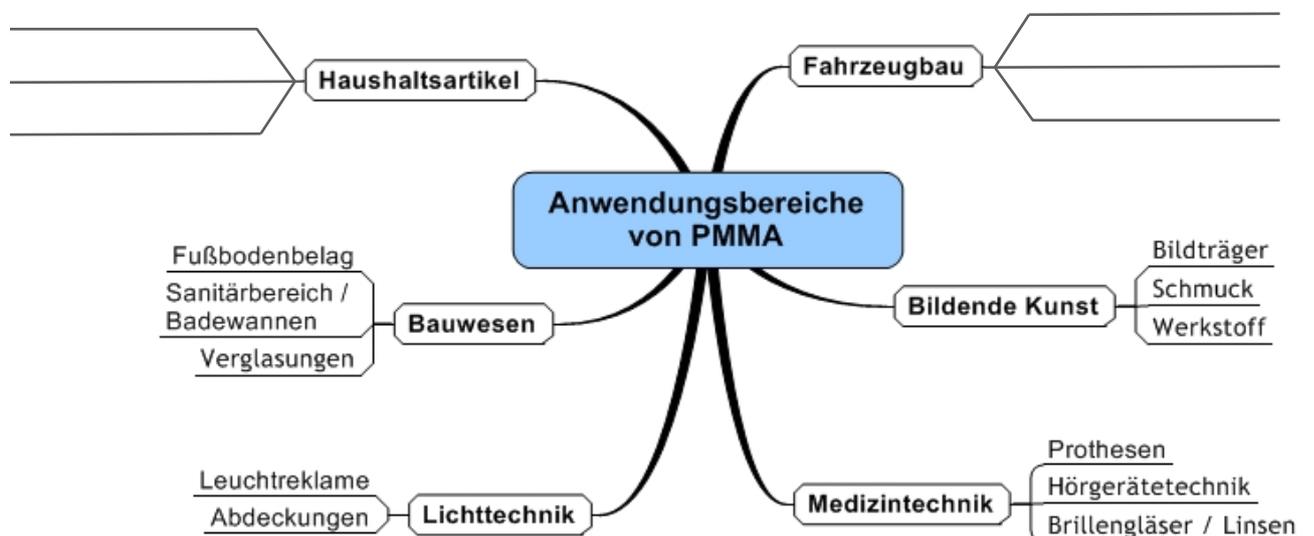
### Eigenschaften von Acrylglas

- höchste Lichtdurchlässigkeit unter allen Werkstoffen
- verzerrungsfreie Durchsicht und Optik
- reinste Farben bei Durchfärbung
- hoch bruchfest und splittersicher
- geringe Wärmeleitfähigkeit
- witterungs- und alterungsbeständig
- beständig gegenüber den meisten Chemikalien
- ab etwa 160 °C plastisch verformbar
- elastisch
- ähnlich zu bearbeiten wie Holz
- durch Kleben und Schweißen zu verbinden
- sehr spannungsrissempfindlich, daher nicht mit Alkohol, Aceton und Benzol reinigen



**AUFGABE** Markiere in der Abbildung die Fahrzeugteile, die aus Kunststoff bestehen. Wähle das Teil aus PMMA aus und verbinde es mit den zutreffenden Eigenschaften.

**AUFGABE** Ergänze das Mindmap!



## Messen und Anzeichnen, Einspannen, Trennen durch Ritzbrechen

Grundsätzlich unterscheidet man beim Trennen zwischen **spanenden** und **spanlosen** Arbeitsverfahren. Das Ritzbrechen gehört zu den spanlosen, das Sägen zu den spanenden Verfahrenen.

### Messen und Anzeichnen

Beim Messen und Anzeichnen kommt es wie bei allen Materialbereichen auf Genauigkeit und Sauberkeit an. Zum Anzeichnen benutzt man Folienstifte, die wasserunlöslich sind, damit sie auf der glatten Oberfläche nicht verwischen. Man kann aber auch mit Reißnadel und Stechzirkel die Maße antragen. Wichtige Werkzeuge sind auch der Stahlmaßstab, die Stahlschiene und der Stahlwinkel.



Werkzeuge zum Messen und Anzeichnen

### Einspannen

Bei den meisten trennenden Arbeitsverfahren ist unbedingt darauf zu achten, dass das Werkstück fest eingespannt ist, so dass es sich bei der Bearbeitung nicht bewegen kann und die Oberfläche nicht beschädigt wird.

Vom Hersteller werden die Kunststofftafeln mit einer dünnen, meist transparenten Schutzfolie überzogen. Diese sollte erst so spät wie möglich entfernt werden.

Beim Einspannen in den Maschinenschraubstock oder andere Vorrichtungen sind zum Oberflächenschutz Beilagen aus Filz oder weicher Pappe zwischen Werkstück und Einspannvorrichtung zu klemmen.



Werkzeuge und Hilfsmittel zum Ritzbrechen

### Trennen durch Ritzbrechen

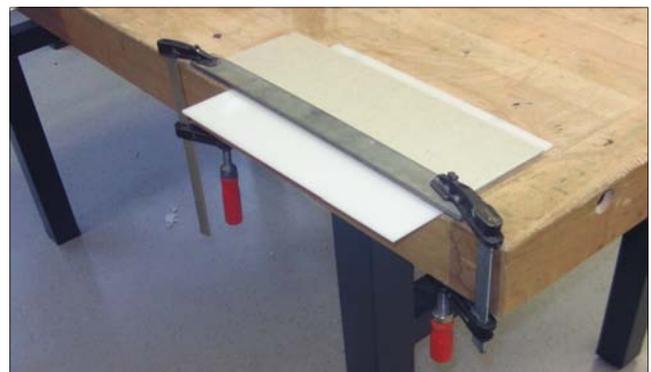
Das Ritzbrechen wird beim Abtrennen von geraden, längeren Teilstücken bis zu einer maximalen Dicke von 4mm angewandt.

Dazu wird das Werkstück parallel zur Tischkante so eingespannt, dass die spätere Bruchkante genau auf der Tischkante liegt und das Werkstück nicht verrutschen kann.

Eine Stahlschiene, die als Schneidehilfe dient, wird gleichmäßig auf die spätere Bruchkante gedrückt. Mit Hilfe eines Universalmessers oder eines speziellen Ritzmessers wird die Bruchkante ein bis zweimal, aber immer in einem Zug über die ganze Länge angeritzt. Anschließend wird das Plattenmaterial mit beiden Händen und mit gleichmäßigem Druck abgebrochen.

Weil beim Brechen eine scharfe Kante und auch Splitter entstehen können, muss man hier sehr vorsichtig vorgehen, evtl. auch Schutzhandschuhe und Schutzbrille tragen.

Der entstandene Grat wird mit der Zieh Klinge oder Feilen entfernt.



Für das Ritzbrechen eingespannte Acrylglasplatte



Einritzen der Bruchlinie

**Trennen durch Sägen**

Zum Sägen vor allem von thermoplastischen Kunststoffen eignen sich alle vielzahnigen, möglichst ungeschränkten Handsägen (z. B. Metallsäge) bzw. Sägeblätter bei der Laubsäge, um eine Überhitzung an den Schnittstellen zu vermeiden. Die Schutzfolie wird beim Sägen nicht entfernt. Damit der Sägeschnitt nicht ausreißt, wird dieser mit einem Klebestreifen abgeklebt.

Bei großen Sägearbeiten benutzt man eine elektrische Kreissäge, die mit hoher Schnittgeschwindigkeit und einem Hartmetallsägeblatt betrieben wird (Zahnteilung ca. 3mm).



*Auf der rechten Seite siehst du verschiedene Handsägen. Ordne sie zunächst nach „auf Zug“ bzw. „auf Stoß“ arbeitend und beschreibe ihre unterschiedliche Verwendung bei der Bearbeitung von Kunststoffen hinsichtlich Schnittform und der Materialstärke.*

Die **Metallsäge** arbeitet auf \_\_\_\_\_

Sie wird verwendet für \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_



Metallsäge

Die **PUK-Säge** arbeitet auf \_\_\_\_\_

Sie wird verwendet für \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_



PUK-Säge

Die **Laubsäge** arbeitet auf \_\_\_\_\_

Sie wird verwendet für \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_



Laubsäge



*Zeichne eine der drei abgebildeten Sägen nach einer Originalvorlage möglichst genau. Stelle auch die Zahnung als Detail dar.*

## Spanen durch Bohren, Feilen und Schaben

### Bohren

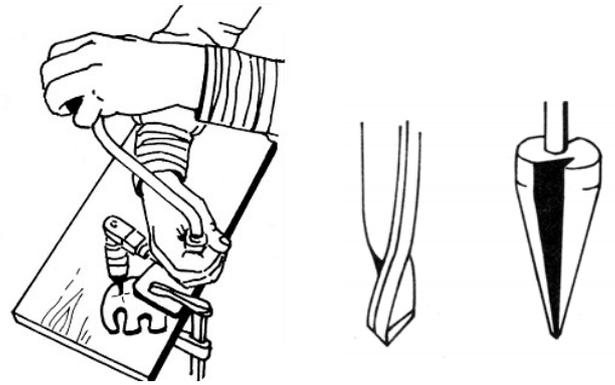
Zum Bohren von Kunststoff kann man eine Handbohrwinde mit Spiral- oder Drillbohrer oder die Bohrmaschine verwenden. Geeignet sind spezielle Kunststoffbohrer, die das Werkstück eher schabend als schneidend bearbeiten, aber auch normale HSS-Spiralbohrer.

Der Bohrlochmittelpunkt wird durch leichtes Drehen mit dem Vorstecher auf dem Material markiert. Das Werkstück muss fest eingespannt und die Oberfläche mit einer Filz- oder Pappebeilage geschützt werden. Eine Holzunterlage verhindert das Ausbrechen der unteren Bohrränder.

Man wählt eine niedrige Drehzahl, um eine zu große Wärmeentwicklung zu vermeiden, und bohrt mit geringem Vorschub, d.h. ohne großen Druck. Dabei sollte man den Bohrer immer wieder kurz anheben („lüften“), damit der Span abreißt.

Beim Bohren entsteht Reibungswärme, deshalb muss bei mehr als 5 mm Materialdicke oder großen Bohrdurchmessern stets mit Wasser gekühlt werden. Um glatte Bohrungswandungen zu erreichen, kann man hin und wieder Schmieröl auf die Bohrspitze tropfen.

Werden mehrere Teile gemeinsam gebohrt, kann man sie mittels Schraubzwingen oder mit einem doppelseitigen Klebeband verbinden.



Bohrwinde

Spiralbohrer

Schälbohrer



Ein Tropfen Öl führt zu saubereren Bohrlochwänden.

### Feilen, Abziehen (Schaben), Schleifen

Zum Feilen benutzt man am besten einhiebige, nicht zu grobe Werkstattfeilen, deren fachgerechte Verwendung jener von Metall oder Holz entspricht. Beim Einspannen ist auf geringen Überstand zu achten, damit das Werkstück nicht flattert. Dabei muss beiderseits eine Schutzbeilage aus Pappe oder Filz verwendet werden. Verstopfte Feilenhiebe säubert man mit einer Drahtbürste.

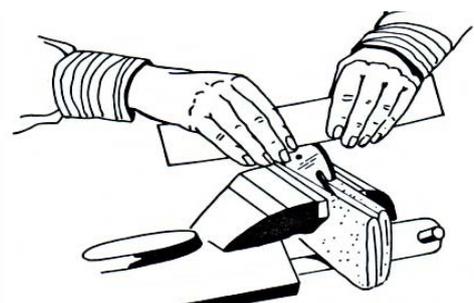
Zum Nachbearbeiten von gefeilten Konturen kann auch eine Ziehklinge benutzt werden.

Das Schleifen von Hand erfolgt in mehreren Stufen: Man beginnt mit grobem Schleifpapier, Körnung 60 (trocken), und verwendet dann immer feineres bis Körnung 1000 (nass).

Beim Schleifen mit Maschinen verursacht zu festes Andrücken an die Schleifrolle eine Überhitzung des Materials, was zu einer Schädigung der Oberfläche führen kann.



Kantenglättung mit der Feile in Längsrichtung



Abziehen mit der Ziehklinge

**Polieren**

Durch Polieren werden Kanten und Oberflächen, die durch Sägen, Feilen oder Schleifen matt oder verkratzt worden sind, wieder hochglänzend und transparent.

Man kann Acrylglas durch starkes Reiben von Hand mit einem nicht fasernden Tuch und einem Poliermittel (z.B. Autowachs) polieren.

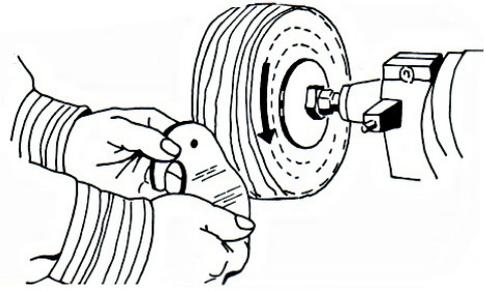
Leichte Kratzer können mit Lappen und Polierpaste auspoliert werden.

Tiefe Kratzer müssen zuerst mit grobem, dann mit immer feinerem Nassschleifpapier (bis Körnung 1000) so lange ausgeschliffen werden, bis nur noch leichte Kratzer vorhanden sind, die man dann auspolieren kann.

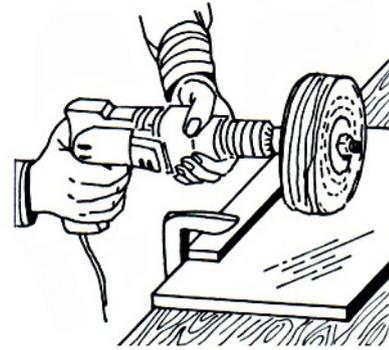
Maschinelles Polieren an der Bohrmaschine ist mit einem Polierschwabbel und Wachs möglich. Die Polierscheibe wird mit Wachs getränkt, indem man das Wachs leicht gegen die rotierende Scheibe drückt. Nun bewegt man das Werkstück unter leichtem Druck gegen die Polierscheibe.

Um Flächen maschinell zu polieren, spannt man das Werkstück fest ein (Abb. 2).

Hohe Wärmeentwicklung durch zu großen Druck muss vermieden werden.



Maschinelles Polieren der Kanten



Maschinelles Polieren von Flächen

**AUFGABE**

Nenne Maßnahmen, welche verhindern, dass dein Werkstück aus Acrylglas bei den beschriebenen spanenden Arbeitsverfahren Schaden nimmt.

---



---



---



---



---



---



---

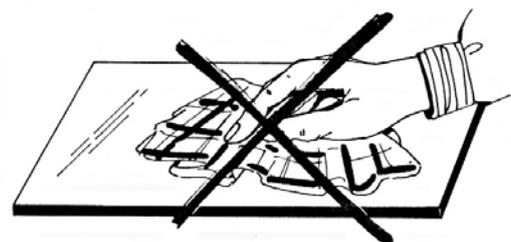


---

**Reinigen**

Acrylglas hat wie nahezu alle Kunststoffe eine porenlose Oberfläche, sodass Schmutz kaum eindringen kann. Verstaubte Teile werden mit viel Wasser und einem weichen Tuch oder Schwamm abgewischt. Achtung: Niemals trocken reinigen!

Für gründlichere Reinigung nimmt man am besten ein haushaltsübliches Spülmittel oder antistatischen Kunststoffreiniger.



Niemals trocken reinigen!

## Fügen durch Kleben

Eine Möglichkeit, unterschiedliche oder gleiche Kunststoffe dauerhaft miteinander zu verbinden, ist das Kleben. Der Klebstoff härtet dabei je nach Art des Klebers physikalisch (Entweichen des Lösungsmittels) oder durch eine chemische Reaktion (zwei chemische Stoffe reagieren miteinander) aus. Dadurch wird erreicht, dass die Materialteile zusammenhalten.

Die Haltbarkeit einer solchen Klebeverbindung wird durch zwei physikalische Faktoren beeinflusst: **Adhäsion** (Anhaftung) und **Kohäsion** (Zusammenhangkräfte).

Die Zeitspanne die ein Klebstoff benötigt, um zu einer vollständig ausgehärteten Kunststoffschicht zu polymerisieren, bezeichnet man als **Aushärte - oder Polymerisationszeit**. Der Abbindeprozess beginnt bei Einkomponenten-Klebstoffen mit dem Auftragen des Klebstoffes auf das Trägermaterial, bei Zwei- oder Mehrkomponenten-Klebstoffen mit dem Ansetzen der Mischung, und endet mit dem Aushärten des Klebers. Durch Temperaturerhöhungen in der Klebefuge kann die Aushärtezeit verkürzt und gleichzeitig die Festigkeit der Klebeverbindung erhöht werden.

Für das Verkleben von Kunststoffen gibt es viele verschiedene Klebstoffe und Klebetechniken, aber es gibt auch Kunststoffarten, die man nicht kleben kann.

Beim Einsatz von Klebstoffen ist die jeweilige Gebrauchsanweisung unbedingt genau zu beachten.

Plexiglas® kann mit sich selbst und einigen anderen Kunststoffen mit speziellen Acrylglasklebern verklebt werden. Mit Holz oder Metall können kleinformatige Teile mit Kontaktklebstoffen verklebt werden.

Die Klebestellen müssen zuerst gut gesäubert und entfettet werden.

Klebestellen können mit einem Klebeband abgegrenzt werden.

Bei **Kantenverklebungen** sind die beiden Teile mit Klebeband oder Gummi gut zu fixieren (Abb. 1).

Bei **Flächenverklebungen** trägt man den Kleber zuerst auf die untere Platte auf, setzt dann die obere mit einer Kante an den Klebewulst an und drückt sie langsam herunter, damit keine Luftblasen entweichen und die zu klebende Fläche gleichmäßig benetzt wird (Abb. 2). Mit einer Klammer kann man die verklebten Teile fixieren.

Bei **T- und L-Verbindungen** wird der Klebstoff zuerst auf das liegende Teil aufgetragen, dann setzt man das stehende Teil auf. Dieses muss nun einige Sekunden festgehalten werden, dabei wird das Material angelöst. Danach erst wird der Kleber auf die untere Kante des stehenden Teils aufgetragen und dieses endgültig aufgesetzt (Abb. 3).

Zur Stabilisierung sollte man die Klebeverbindung beidseitig mit Klötzen abstützen bis der Kleber hart ist (Abb. 4).

Die verklebten Teile müssen bis zu ihrer Aushärtung in der vorgesehenen Lage bleiben.

Nach etwa zwei Stunden ist die „angeschweißte“ Naht ausgehärtet und kann verfugt werden. Dabei wird das Werkstück bis zu 45° schräg gehalten, damit der Spezialkleber gut in die Nahtstelle einlaufen kann (Abb. 5).

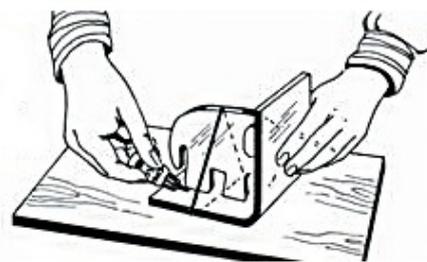


Abb. 1

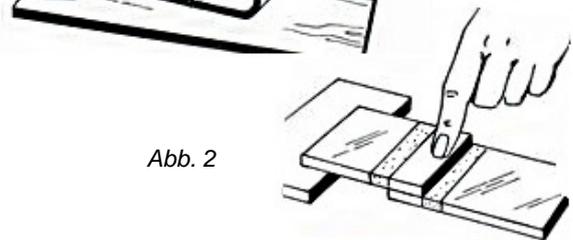


Abb. 2

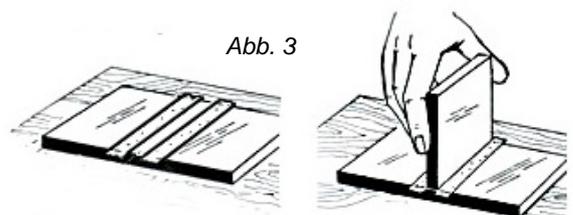


Abb. 3

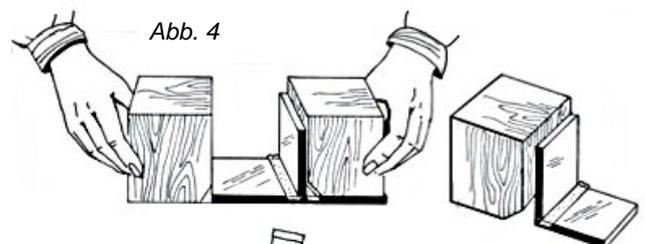


Abb. 4



Abb. 5

Beim Gesundheitsschutz muss man drei wichtige Kategorien unterscheiden:

- Gefahren, die vom Werkstoff selbst ausgehen
- Gefahren, die von den Werkzeugen ausgehen
- Gefahren, die in Folge der Bearbeitung entstehen

Eine wichtige Maßnahme, um grundlegende Gefahren, die sowohl vom Werkstoff selbst als auch von den Werkzeugen ausgehen, zu vermeiden, ist die **Organisation des Arbeitsplatzes**.

Dabei sind folgende Arbeitsregeln zu beachten:

- Am Arbeitsplatz befinden sich nur die Werkzeuge und Hilfsmittel, die für den aktuellen Arbeitsschritt benötigt werden.
- Die Werkzeuge und Hilfsmittel liegen übersichtlich nebeneinander und immer mit dem Griff oder Heft zum Körper.
- Nicht mehr benötigte Werkzeuge und Hilfsmittel werden gleich gesäubert und aufgeräumt.
- Materialreste werden ebenfalls gleich aus dem Arbeitsbereich gelegt oder entsorgt.

### AUFGABE

*Stelle die Unfallgefahren den entsprechenden Schutzmaßnahmen in einer Tabelle gegenüber.*

Die meisten Gefahren entstehen bei der Bearbeitung von Kunststoffen.

**Schnitt- oder Schürfverletzungen** können bei der mechanischen Bearbeitung durch scharfe Kanten des Werkstücks oder durch Werkzeuge (z.B. Ritzmesser oder Feile) entstehen. Arbeite immer am Körper vorbei oder von ihm weg. Achte darauf, dass sich die Hand, welche nicht Werkzeug führend ist, außerhalb des Gefahrenbereichs befindet.

**Splitter** können beim Bohren und Ritzbrechen entstehen und vor allem die Augen gefährden. Setze als Sicherheitsmaßnahme eine Schutzbrille auf.

**Stäube**, die bei der mechanischen Bearbeitung entstehen können, stellen eine weitere Gesundheitsgefahr dar. Man sollte diese Stäube nicht wegkehren oder gar wegblasen, sondern mit einem nassen Lappen abwischen. Bei der maschinellen Bearbeitung sind die Stäube abzusaugen.

**Dämpfe**, die durch die Erwärmung des Werkstoffs oder die Verwendung von Lösungsmittelhaltigen Klebstoffen entstehen können, sind gesundheitsschädlich. Wichtigste Grundregel zur Vermeidung dieser Gefahr ist hier, den Arbeitsraum gut zu durchlüften.

## Gesundheitsgefahren und Schutzmaßnahmen im Umgang mit Spezialklebstoffen

- Einige Klebstoffe, z.B. Epoxidkleber, Kontaktkleber, Lösemittelkleber können ätzend, gesundheitsschädlich, allergisierend und/oder feuergefährlich sein. Besonders bei großflächiger Anwendung dieser Klebstoffe muss für eine ausreichende Lüftung gesorgt werden. Die Gefahrenhinweise der Hersteller sind unbedingt zu beachten.
- Auch UV-härtende Kleber, die gelegentlich für PMMA verwendet werden, können Gesundheitsschäden bei unsachgemäßer Anwendung verursachen. Die Sicherheitsdatenblätter zu diesen Klebstoffen sind unbedingt zu beachten.
- Verbrennungen durch Schmelzklebstoffe sind sehr schmerzhaft, da der Kleber mit einer Temperatur von mehr als 180°C austritt. Außerdem haftet er sofort auf der Haut und lässt sich nicht abwischen. Schlecht heilende, tief greifende Verbrennungen sind die Folge. Sofortige Kühlung unter fließendem Wasser kann die Schwere der Verletzung mindern.

**Wichtige Gefahrensymbole, die oft auf Spezialklebstoffen zu finden sind:**



Giftig /  
Sehr giftig



Leicht  
entzündlich



Reizend /  
gesundheitsschädlich



Ätzend



Umwelt-  
gefährlich

## Umweltproblematik

Da auch Kunststoffprodukte nicht unendlich lange halten und vor allem in großen Mengen als Wegwerfartikel gefertigt werden, ergibt sich zwangsläufig das Problem der Entsorgung. Kunststoffe können Bestandteile enthalten, die zum einen nicht wasserlöslich sind und zum anderen nicht organisch zersetzt werden können (Ausnahme: neue, biologisch abbaubare Kunststoffe). Die Folge sind riesige Abfallmengen, die in Deponien gelagert werden müssen und dort, wenn überhaupt, nur sehr langsam verrotten. Gefahr geht auch von den Additiven in den Kunststoffen aus, wie Weichmachern, Farbstoffen oder Flammschutzmitteln, die ins Erdreich gelangen und das Grundwasser verunreinigen können.

Man verfolgt daher verschiedene Strategien, um die Abfallproblematik zu bewältigen.

**Deponierung** ist die schlechteste Lösung, weil das Material damit jeder weiteren Nutzung entzogen ist. Auf der Deponie erfüllt andererseits Kunststoff auch eine wichtige Funktion: Dichtungsbahnen aus Kunststoff sichern die Deponie gegen den Untergrund ab. Diese Folien müssen deshalb mehr als 100 Jahre haltbar sein, hohe Zug- und Dehnungskräfte aufnehmen können, witterungsbeständig und wurzelfest, widerstandsfähig gegen Mikroorganismen und Nagetierfraß, gut verlegbar und verschweißbar sein.

**Recycling** bedeutet Wiederverwertung. Man verfolgt drei Wege:

**Werkstoffliche Verwertung:** Sortenreiner, sauberer Kunststoffabfall wird zerkleinert, gemahlen und als Regranulat zur Herstellung neuer, hochwertiger Produkte verwendet. Jede Verunreinigung mindert die Qualität des Recyclingprodukts.

Die Verwertung von gemischten Kunststoffabfällen ist noch aufwändiger, die dabei gewonnenen Mischkunststoffe können nur im Garten- und Landschaftsbau verwendet werden.

**Rohstoffliche Verwertung:** In verschiedenen technischen Verfahren können kleinteilige und verschmutzte Produkte aus Kunststoff in den Kreislauf zurückgeführt werden. Dabei erhält man beispielsweise wieder die Ausgangsprodukte Öl oder Gas, die dann in Raffinerien oder Chemieanlagen weiterverarbeitet oder auch zur Energiegewinnung genutzt werden.

**Energetische Verwertung:** Wenn es sich um sehr schwierig aufbereitbare Abfälle handelt, ist dies die sinnvollste Alternative. In den Verbrennungsanlagen dient der Kunststoffabfall, der einen weit höheren Heizwert hat als anderer Müll, als Ersatz für Primärbrennstoffe (Kohle, Erdöl, Gas). Die entstehende Verbrennungswärme wird zur Gewinnung von Energie, Dampf und Strom genutzt. Die bei der Verbrennung entstehenden gesundheitsgefährdenden Abgase müssen wiederum aufwändig herausgefiltert werden.



*Kunststoff-Müllberg*



*Kunststoff-Sortierung*

**Biologisch abbaubare Kunststoffe:** Biokunststoffe werden aus Pflanzen gewonnen und haben den Vorteil, dass sie relativ rasch abbaubar und CO<sub>2</sub> - neutral sind. Das heißt, sie setzen beim Abbau wie auch bei einer energetischen Nutzung nur so viel CO<sub>2</sub> frei, wie sie während der Wachstumsphase aufgenommen haben.

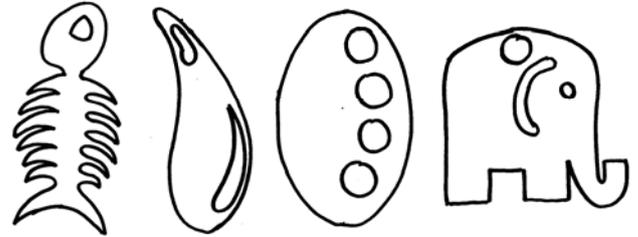
Aufgrund der hohen Abhängigkeit der Kunststoffproduktion von den Erdölvorkommen ist die Zukunft der Kunststoffe auf Erdölbasis langfristig in Frage gestellt. Biokunststoffe sind eine Alternative zu diesen herkömmlichen Kunststoffen, da sie weitestgehend aus nachwachsenden Rohstoffen bestehen und in praktisch allen derzeitigen Anwendungsbereichen eingesetzt werden können. Vor allem im Verpackungsbereich bieten biologisch abbaubare Kunststoffe ein großes Potenzial, das Abfallaufkommen nicht verrottender Kunststoffe erheblich zu reduzieren. Im Bereich der Hygiene finden Biokunststoffe vor allem für Produkte Anwendung, die als Wegwerfartikel eine kurze Lebensdauer haben, wie z. B. Babywindeln oder Wattestäbchen.



*Stelle in einem Schaubild die Möglichkeiten dar, wie du persönlich in der Schule und zu Hause sparsamen Umgang mit Kunststoff praktizieren kannst.*

Das kritische Beurteilen von Werkstücken dient nicht nur dem Zweck des Benotens in der Schule, sondern es soll vor allem die Fähigkeit einüben, Produkte hinsichtlich ihrer Qualität einzuschätzen. Dabei gelten für maschinell bzw. industriell hergestellte Produkte andere Maßstäbe als bei selbst gefertigten. Bei selbst gefertigten Gegenstände spielt die persönliche Wertschätzung eine besonders große Rolle. Dass diese in mancher Hinsicht nicht mit Industrieprodukten konkurrieren können, ist für jeden einsichtig. Das heißt aber nicht gleichzeitig, dass sie deswegen weniger wert sind.

Für die Beurteilung von Werkstücken aus allen Materialbereichen kennst du bereits die drei übergeordneten Kriterien:  
**Verarbeitung - Funktion - Gestaltung**



Schülerentwürfe unterschiedlicher Qualität zum Thema „Schlüsselanhänger“

**Beurteilungskriterien am Beispiel eines Schlüsselanhängers aus Acrylglas**

Übergeordnete Kriterien	Konkretes Beurteilungskriterium	Leitfragen
Verarbeitung	<b>Technische Ausführung</b> der spanenden Werktechniken	Wurde formgetreu gesägt? Wurden scharfe Kanten entgratet und abgerundet? Sind Feilenspuren an den Kanten zu erkennen? Wurde sauber gebohrt ?
	<b>Technische Ausführung</b> der Oberflächenbearbeitung	Sind Arbeitsspuren auf der Oberfläche zu sehen?
Funktion	<b>Stabilität</b>	Ist der Abstand der Bohrlöcher und der Durchbrüche zum Rand ausreichend?
	<b>Ergonomie</b>	Liegt der Anhänger gut in der Hand? Ist die Größe des Anhängers angemessen?
	<b>Benutzung</b>	Bietet die Bohrung genügend Spielraum für den Schlüsselring? Passt der Anhänger auch in eine Hosentasche?
Gestaltung	<b>Gestaltungsidee</b>	Hat der Anhänger eine individuelle und einfallsreiche Form?
	<b>Proportionalität</b>	Passen die Abmessungen zur Funktion des Anhängers? Sind die Abmessungen (Länge/Breite) in sich stimmig?



Erstelle zu einem weiteren Werkstück (z. B. Brieföffner oder Zettelbox) eine ähnliche tabellarische Übersicht über die Beurteilungskriterien.