



Eine Welt ohne Kunststoff ist heute nicht mehr vorstellbar. Anders als die traditionellen Materialien - Holz, Metall, Ton - lässt sich aber der Begriff „Kunststoff“ gar nicht so leicht fassen. Ein Kunststoffbehälter, die Gummihandschuhe, das Handygehäuse - ganz klar: einfach Kunststoff. Einfach Kunststoff? Alles Plastik? Der Behälter ist aus Polypropylen, die Gummihandschuhe aus Vinyl, das Gehäuse aus glasfaserverstärktem ABS (Acrylnitril-Butadien-Styrol-Copolymer). Und während dies als thermoplastischer Werkstoff im Spritzgussverfahren hergestellt wurde, werden Behälter - oft, nicht immer - im Extrusionsblasverfahren produziert und die Einweghandschuhe in einem komplizierten Tauchprozess.

Vielfalt in der Zusammensetzung, der Herstellung, dem Einsatzbereich - Kunststoff ist überall gegenwärtig und wird ständig neu „gedacht“. Jedes neue Problem wird mit einer neuen Entwicklung gelöst. Eine Welt ohne Kunststoff wird es nicht mehr geben, doch ungeheure Chancen stehen neben unausweichlichen Problemen, die ebenso gelöst werden müssen. Man sollte mehr über Kunststoffe wissen ...

# DAS THEMA KUNSTSTOFF

# Was ist Kunststoff?

Begriffsklärung

Was heißt eigentlich Kunststoff? In unserer Sprache werden die Begriffe Kunststoff und Plastik oft nebeneinander verwendet, gerade bei Alltagsprodukten: Plastikbesteck, Plastikflasche, Plastiktüte, Plastikstuhl ... Jeder weiß, was gemeint ist. Häufig wird das Wort „Plastik“ auch abfällig genutzt, um schlecht gemachte Produkte zu bezeichnen, in der Regel sind dies Wegwerfprodukte, bei denen Qualitätsaspekte weder in der formalen Gestaltung noch in Bezug auf Nachhaltigkeit oder Umwelt- und Gesundheitsschutz eine Rolle spielen.

Tatsächlich ist „Plastik“ der ältere Begriff, abgeleitet vom griechischen „plastike“ = formbar, gestaltbar. Im englischen Sprachraum benennt man diesen Werkstoff wirklich als „plastic“, im Französischen als „plastique“, im Italienischen als „plastica“. Während hier also die besondere Eigenschaft der Gestaltbarkeit und Formbarkeit im Vordergrund steht, betont die deutsche Sprache eher den Gedanken des Künstlichen bzw. künstlich hergestellten Werkstoffs. Die Bezeichnung als „Stoff“ stellt allerdings auch sprachlich deutlicher den Bezug zum Bereich der Werkstoffe dar.

Kunststoffe sind künstlich geschaffene Werkstoffe, denn sie kommen in dieser Art in der Natur nicht vor (wohl aber ihre Bestandteile). Sie wurden - etwa seit den 1930er Jahren - von Experten, in erster Linie Chemikern, erfunden in langwierigen Versuchen, manchmal auch per Zufall entdeckt. Dahinter steckt immer die Absicht, einen Stoff zu finden, der optimal auf einen bestimmten Einsatzbereich abgestimmte Eigenschaften aufweist. Dabei kann dieser Einsatz und Zweck, also ein genau definiertes Problem im Vordergrund stehen. In anderen Fällen kann eine zufällige Entdeckung sich im Nachhinein als perfekt geeignet für bestimmte Probleme zeigen.

Allgemein gilt: Kunststoffe sind Werkstoffe, die aus Polymeren und Zusatzstoffen bestehen. Zur Herstellung des Kunststoffs selbst wird ein Syntheseverfahren genutzt. Aus Monomeren werden durch Zugabe eines sog. Initiators in einer Kettenreaktion Polymere. Alle Methoden, die in der chemischen Verfahrenstechnik genutzt werden, nennt man „Poly-Reaktionen“ (poly = viele). Etwa 30 Polymere werden heute in größerem Maß benutzt, um durch Zusatz von Additiven unterschiedliche Kunststoffe herzustellen.

Der deutsche Chemiker und Nobelpreisträger Hermann Staudinger führte die Bezeichnung Makromolekül (makro = groß) ein, als er die langen Moleküle organischer Werkstoffe entdeckte. Er versuchte, solche „Polymere“ aus Monomeren, kleinen Molekülen herzustellen, damit gilt er als Begründer der Chemie der Makromoleküle. In der Folge war es auf der Grundlage von Staudingers Forschung möglich, aus einfachen chemischen Verbindungen gezielt ketten- und netzförmige Makromolekül-Strukturen zu züchten.

Kunststoffe sind **Werkstoffe nach Maß**. Durch das Hinzufügen von bestimmten Bestandteilen wie Weichmachern, Stabilisatoren, Farb-, Füll- und Verstärkungsstoffen (vgl. auch Faserverbundstoffe) können die Eigenschaften gezielt beeinflusst werden. Neue Bedürfnisse und neue Anforderungen bringen ständig neue Kunststoffe auf den Markt.

Bei der Betrachtung und Bewertung von Kunststoffen sind wir gewohnt, den Vergleich zu natürlichen Werkstoffen herzustellen. Kunststoffe wurden immer schon in dem Gedanken entwickelt, bessere Eigenschaften zu haben als ein natürlicher Rohstoff, der traditionell für einen bestimmten Einsatzbereich gewählt wird.

**Klassische Kriterien der Werkstoffbeurteilung** sind Gewicht, Belastbarkeit und Festigkeit gegenüber Zug, Druck oder Torsion, Zähigkeit (Bruchfestigkeit) Beständigkeit gegenüber Feuchtigkeit oder Substanzen wie Alkohol, Säuren oder Lösungsmitteln, in Zusammenhang damit Korrosionsbeständigkeit, Leitfähigkeit von Elektrizität oder Wärme, Recyclebarkeit bzw. Verhalten bei Kompostierung, Verbrennung u. ä. Auch ästhetische Eigenschaften wie Alterung spielen eine Rolle, nicht zuletzt Fragen der Sicherheit in Bezug auf Technische Sicherheit und Umweltsicherheit.

Die Entwicklung der Werkstoffe zeigt, dass es auch im Bereich Holz und Papier, Metall und Ton zunehmend eine Art von Kunststoffen mit besonderen Eigenschaften gibt. Wie beim Kunststoff selbst werden durch Produktionsverfahren und/oder Zusatz bestimmter Stoffe/Additive Eigenarten geschaffen, die der natürliche Rohstoff nicht hat: Holzwerkstoffe, beschichtete Papiere, die unterschiedlichen Sorten von Stahl oder die speziellen Zusammensetzungen keramischer Massen sind Beispiele dafür.

---

Interessante Links zur weiteren Recherche

○ [maschinenbau-wissen.de](http://maschinenbau-wissen.de) (Fachwissen zur Kunststoffherstellung und -verarbeitung)

○ [deutsches-kunststoff-museum.de](http://deutsches-kunststoff-museum.de) (virtuelles Museum mit vielerlei Informationen und Materialien)

○ div. Seiten der kunststoffproduzierenden und -verarbeitenden Unternehmen (Videomaterial)

○ aus dem Bereich Realschule: [isb.bayern.de/schulartspezifisches/materialien](http://isb.bayern.de/schulartspezifisches/materialien)

speziell: [https://www.isb.bayern.de/download/14038/arbeitsheft\\_werken\\_10\\_kunststoff.pdf](https://www.isb.bayern.de/download/14038/arbeitsheft_werken_10_kunststoff.pdf)

und [https://www.isb.bayern.de/download/14038/arbeitsheft\\_werken\\_8\\_kunststoff.pdf](https://www.isb.bayern.de/download/14038/arbeitsheft_werken_8_kunststoff.pdf)

# Was ist Kunststoff?

EINTEILUNG VON KUNSTSTOFFEN NACH DEN BEI DER HERSTELLUNG GENUTZTEN SYNTHESVERFAHREN

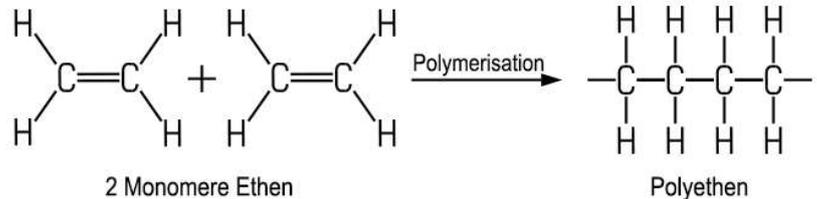
## POLYMERISATION

Die Polymere sind fadenförmige Makromoleküle.  
Beispiele: Polyethen (PE), Polypropylen (PP)

Polymerisation z.B. Polyethen (PE)

PE ist beständig gegen Wasser, Säuren, Laugen und viele organische Lösungsmittel bis zu einer Temperatur von 60°C (deshalb baut es sich in der Natur auch schlecht ab und sollte recyclet werden). Es ist ein Thermoplast und lässt sich gut im Spritzgussverfahren verarbeiten.

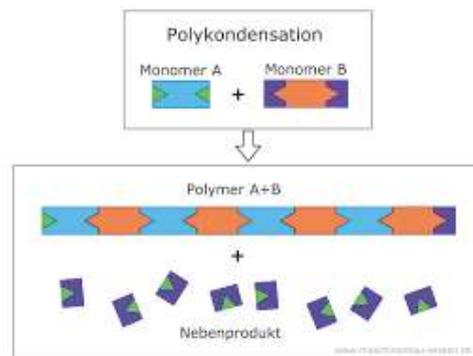
Es wird in vielen Haushaltsgegenständen und Kinderspielzeug eingesetzt.



## POLYKONDENSATION

Der Prozess erfordert zwei sehr reaktionsfähige Gruppen, bei der Bildung der Polymere wird ein Nebenprodukt, z. B. Wasser oder Chlorwasserstoff, abgespalten.  
Beispiele: Polyamid (PA) wie Nylon, Perlon, Polyester (PES)

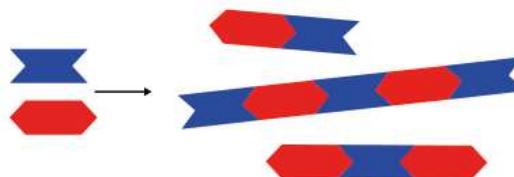
Polykondensation z.B. Polyamid (PA), ein Thermoplast, ist sehr fest und zäh und weist eine gute chemische Beständigkeit auf, nicht aber gegenüber Säuren. Polyamid und Polyester werden zum großen Teil als Fasern z. B. für die Produktion von Sportkleidung verarbeitet, weil sie reiß- und scheuerfest, elastisch und dehnbar sind. Polyamid ist wegen der Verschleißfestigkeit auch ein wichtiger Werkstoff für die Autoindustrie.



## POLYADDITION

Es entstehen Makromoleküle ohne Nebenprodukt,  
z. B. Epoxidharz (EP), Polyurethan (PUR)

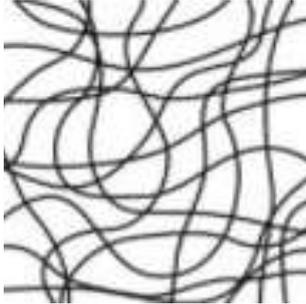
Eine wichtige Polyadditionsreaktion ist die Herstellung von Polyurethan, das eine dämmende Wirkung hat und sehr beständig ist gegen Lösemittel, Chemikalien und Witterungseinflüsse. PUR wird als Weichschaum (z. B. Haushaltschwamm, Schuhsohlen) oder Hartschaum (Dämmmaterial für Gebäude, Kühlgeräte u. a.) weiterverarbeitet. Wichtig ist die Anwendung von PUR auch in Lacken und Beschichtungen



# Was ist Kunststoff?

## EINTEILUNG VON KUNSTSTOFFEN NACH DEM THERMISCHEN VERHALTEN

### Thermoplaste

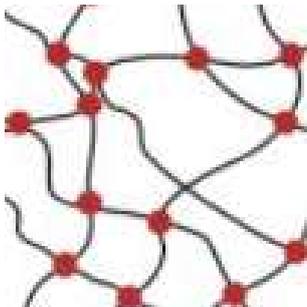


Die Fadenmoleküle werden an ihren Berührungsstellen nur relativ schwach angezogen. Wird die Bewegungsenergie der Atome stark genug erhöht (Erwärmung), wird diese Bindung aufgehoben. Der Stoff wird plastisch. Thermoplaste sind bei also niedrigen bzw. „normalen“ Temperaturen fest, schmelzen aber durch Erwärmen/Erhitzen - ungefähr so wie Schokolade. Wie eine Schokoladenmasse führt das Abkühlen dazu, dass der Stoff wieder fest wird. Die Erwärmung kann jederzeit und beliebig oft wiederholt werden.

Thermoplaste lassen sich ab einer bestimmten Temperatur unterschiedlich verarbeiten, z. B. gießen, formen, biegen, abkanten oder pressen. So entstehen u. a. Becher, Legosteine, Flaschenverschlüsse u. v. m.

Thermoplaste sind z. B. Polyethylen PE, Polypropylen PP, Polystyrol PS, Polyvinylchlorid PVC, Polymethylmethacrylat PMMA (Acrylglas), Polyamid PA (Nylon) u. a. Auch Polyurethan gibt es als Thermoplast, z. B. werden daraus Gummistiefel gefertigt.

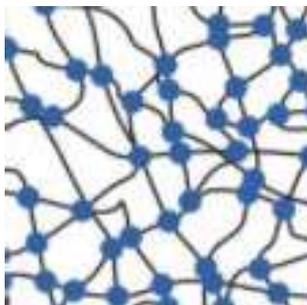
### Duroplaste



Auf Grund der starken Bindung in einem engmaschigen, starren und dreidimensionalen Netz können die Kettenmoleküle auch bei Hitze nicht auseinanderfließen. Man könnte das mit einem Teig vergleichen, der zunächst noch sehr beweglich fließt, nach dem Backen - also nach der Vernetzung - aber fest. Und dieser Vorgang lässt sich auch nicht mehr umkehren. Duroplaste lassen sich also nur einmal in Form bringen - in der Regel wird dabei ein Granulat erhitzt und in Form gegossen - und sind dann nicht mehr verformbar. Das Halbzeug, z. B. Platten, oder das hergestellte Produkt ist spanend bearbeitbar wie Metall und Holz, bei zu starker Hitze wird das Duroplast zerstört. Aus Duroplasten werden z. B. Steckdosendeckel, Gehäuse von Maschinen oder Türgriffe hergestellt.

Zu den Duroplasten zählen Polyurethan PUR und Epoxidharze.

### Elastomere



Die Moleküle ordnen sich hier als lockeres dreidimensionales Knäuel, die einzelnen Moleküle sind dabei verdrillt oder verdreht. So können diese Kunststoffe bei Zug- und Druckbelastung verformt werden und gehen auch schnell wieder in die ursprüngliche Form zurück, das meint man mit „elastisch“ oder „gummielastisch“. Bei Kälte werden Elastomere spröde und brüchig. Mit der Temperatur steigt auch die Elastizität, bei Hitze werden viele Elaste zerstört.

Elastomere werden z. B. für Reifen, Gummibänder, Dichtungsringe und Fußbälle verwendet.

Das vielseitige Polyurethan (PU) gibt es auch als Elastomer, weitere Beispiele sind Chloroprenkautschuk (CR) und Fluor-Polymer-Kautschuk (FKM).

Diese Einteilung ist eher grob, je nach Reaktion oder Verzweigung der Polymere können Kunststoffe als Thermoplast oder Duroplast oder Elastomer hergestellt werden (z. B. PU).

# Wie wird Kunststoff verarbeitet?

Der Rohstoff (Kunststoff + Additive) wird aufbereitet (geschmolzen, abgekühlt und zu fließfähigem Granulat oder Pulver zerkleinert). So gelangt es in die Weiterverarbeitung zu Produkten. Dabei werden unterschiedliche **HERSTELLUNGSVERFAHREN** eingesetzt, die sog. Urform-Verfahren wie u. a. Extrudieren, Spritzgießen, Blasverfahren, Kalandrieren und Schäumen.

Es entstehen in der Regel Produkte, bei denen die Oberfläche nicht weiter bearbeitet werden muss. Duroplaste und Elastomere gibt man oft direkt in die gewünschte Form zum Aushärten.

○ Extrudieren Die zähe Masse (geschmolzenes Granulat) wird kontinuierlich (meist über eine Schnecke) bei hoher Geschwindigkeit und bei hoher Temperatur - angepasst an den jeweiligen Kunststoff - durch eine formgebende Öffnung (= Düse) gepresst. Der Vorgang muss abgeschlossen sein, bevor die Masse abkühlt und erstarrt.

So entstehen Körper mit dem Querschnitt der Öffnung des Werkzeugs, z. B. Rohre, Schienen, Profile.

○ Spritzgießen Die geschmolzene plastische Masse wird über eine rotierende Schnecke mit hohem Druck in eine Form gespritzt. Deren Hohlraum bestimmt die Form und Oberfläche des fertigen Teils. Das Teil kühlt in der Form ab und wird dann ausgeworfen.

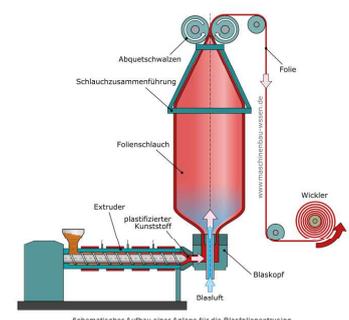
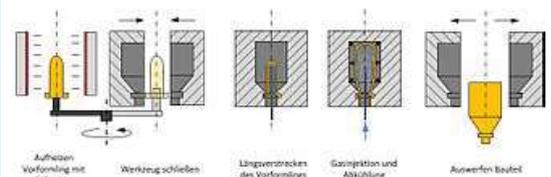
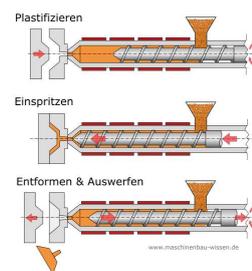
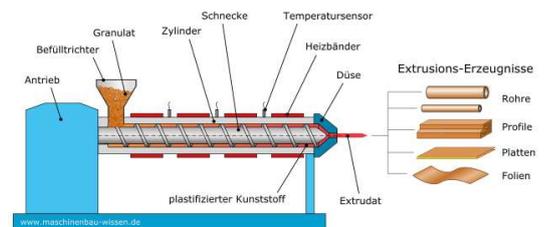
So werden oft gehäuseartige Produkte hergestellt, z. B. Stecker, Getränkekisten, Spielzeug (Legosteine).

○ Extrusionsblasverfahren Ein vorgewärmter Rohling (Schlauch) wird in ein zweiteiliges Hohlwerkzeug eingeführt, wird durch eingeführte Heißluft geweitet und legt sich an die Innenwand an. Nach dem Abkühlen wird das Produkt ausgeworfen.

So werden behälterartige Hohlkörper, z. B. Flaschen, Tanks hergestellt.

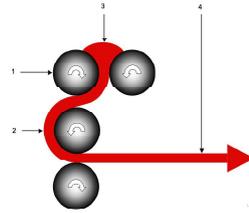
○ Blasfolienextrusion Ein Extruder fördert die Schmelze, er drückt diese durch eine ringförmige Düse. So entsteht ein Schmelzschlauch, der mit Luft aufgeblasen und von außen gekühlt wird. Die Schlauchgröße ist durch die spätere Breite und Stärke der Folie festgelegt. Der Schlauch wird von Quetschwalzen flachgelegt und aufgewickelt.

Beispiele: Müllbeutel, Folienverpackungen



○ Kalandrieren

Flüssiges Material wird über mehrere erhitze Walzen geführt.  
z. B. Folien, Fußbodenbeläge



○ Schäumen

Die Substanz Die heiße Masse wird mit Gas in eine Form eingblasen und erstarrt dort. Gasbläschen sind in der Substanz fixiert und sorgen so für geringere Dichte bei großer Festigkeit  
z. B. Dämmplatten, Kindersitze, Fahrradhelme

○ Tiefziehen =  
Thermoformen

Eine erwärmte Platte oder Folie wird mit einer Stempelform in einen einseitig offenen Hohlkörper gedrückt und in Form gezogen.

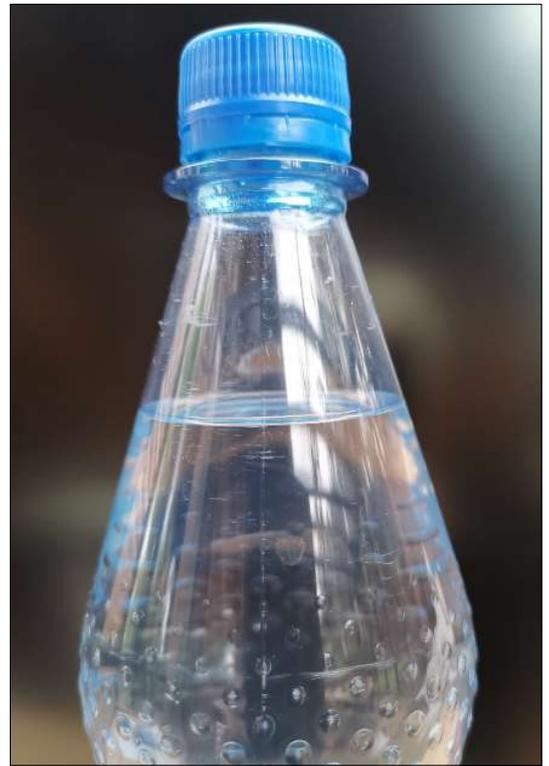
z. B. Wannen, Verkleidungen

# KUNSTSTOFFE

Dieser Überblick beschreibt einige der am häufigsten verwendeten Kunststoffe. Es ist interessant, die Geschichte ihrer Entwicklung und den Zusammenhang von Eigenschaften und Einsatzbereich zu studieren.

- Polystyrol (PS)** 1930 begann die technische Produktion von Polystyrol. Dieser thermoplastische Kunststoff wird - in fester, glasklarer oder geschäumter, weißer Form (Markenname Styropor) - für Verpackungen (z. B. für Lebensmittel), für Spielzeuge, im Bauwesen, für Haushaltsgeräte und elektrische Bauteile verwendet. Polystyrol kann man leicht an seinem metallisch-knisternden Klang erkennen. Geschäumtes Polystyrol ist leicht schmelzbar und entflammbar, es ist wasserfest, aber nicht säurebeständig.
- Polyethylen (PE)** PE ist einer der am häufigsten verarbeiteten Kunststoffe und vielfältig verwendbar, z. B. für Folien, Behälter, Rohre. Alle Polyethylen-Typen zeigen eine hohe chemische Beständigkeit und sehr gute elektrische Isolationsfähigkeit, es ist mechanisch weniger belastbar und erweicht schon bei 80°C.
- Polyvinylchlorid (PVC)** Polyvinylchlorid ist extrem vielseitig: leicht und trotzdem höchst stabil, einfach zu verarbeiten und schwer entflammbar. Man produziert Hart-PVC, z. B. für Fensterprofile, und Weich-PVC, z. B. für Kabelummantelungen und Bodenbeläge. Reines sprdes PVC wäre gesundheitlich und ökologisch unbedenklich, Gefahren gehen allerdings von der Herstellung aus (krebserregendes Vinylchlorid) und den zugesetzten Weichmachern, z. B. in Kinderspielzeug.
- Polymethylmethacrylat (PMMA)** Otto Röhm hat in den 1930er Jahren ein leichtes, durchsichtiges Material mit optischen Eigenschaften entwickelt, die dem Glas sehr ähneln, daher die Bezeichnung „Plexiglas“. Aber es ist viel leichter, splittert nicht und eignet sich deshalb für Schutzbrillen und als Glasersatz. Verwendet wird es auch in Hörgeräten, Zahnprothesen oder als Knochenzement.
- Polyamid (PA)** Polyamid wird als Faser verarbeitet (Nylon, Perlon) und ist sehr reißfest, die Anwendungsbereiche sind fast unbegrenzt: Automobilindustrie, Elektronik und Elektrotechnik, Türgriffe, Präzisionsteile, Folien, chirurgische Instrumente.
- Polytetrafluorethylen (PTFE)** PTFE ist sehr reaktionsträge, d. h. es reagiert auch nicht auf aggressive Substanzen. Aus diesem Grund wird es zur Auskleidung von Behältern und Rohren verwendet. Zu dem haftet nichts an diesem Material, dessen bekannteste Anwendung die Anti-Haftbeschichtung von Pfannen ist (Teflon) oder die Behandlung von Textilien (Gore-Tex). Im technischen Bereich wird es verwendet wegen seiner Gleitfähigkeit (z. B. Zahnräder), in der Medizin dient es als Material für Blutgefäß-Protosen.
- Polyurethan (PUR)** Polyurethane gelten als „Wandlungskünstler“, es gibt sie in steifer wie auch in flexibler Form: Weiches, aufgeschäumtes Polyurethan (Kissen, Matratzen, Verkleidungen, Haushaltsschwämme) und hartes Polyurethan (z. B. zur Wärme- und Schallisolierung in der Automobil- und Möbelindustrie und im Bauwesen).
- Polypropylen** Der in den 1950er Jahren entwickelte Kunststoff hat ein breites Anwendungsgebiet im gesundheitstechnischen Bereich, Haushalt, Spielwaren u. v. m. PP ist dem Polyethylen ähnlich, aber leichter, härter und weniger elastisch, reibungsfester, hitzebeständiger und ein guter elektrischer Isolator, zudem sehr biegefest. So kann PP für sog. Film-Scharniere verwendet werden, z. B. an kleinen Dosen und Behältern.
- Acrylnitril-Butadien-Styrol (ABS)** Die ABS-Harze sind eine Mischung aus Harz (fest) und einem elastischem Kunststoff. Sie zeichnen sich aus durch hohe Stabilität, Schlagfestigkeit und Oberflächenhärte. ABS findet Einsatz bei der Herstellung von Möbeln, Einzelteilen in der Automobilindustrie, Fernsehgeräten, Radios, Schalltafeln und Ähnlichem. LEGO-Steine sind aus diesem Material.

# Zum Beispiel: die PET-Flasche



Getränkeflaschen und Trinkbecher, aber auch viele andere Behältnisse aus dem Bereich Haushalt und Werkstatt, die Flüssigkeiten oder Gase aufnehmen sollen, sind aus Kunststoff. Die Vorzüge liegen im wahrsten Sinn des Wortes „auf der Hand“: Die Behälter sind dicht, mit einer geschlossenen Oberfläche, leicht und resistent gegenüber Chemikalien und Korrosion.

Weit verbreitet sind die Flaschen aus **Polyethylen-tetraphthalat (PET)**. Der Kunststoff ist beständig gegenüber Säure, Öl, Fett oder Alkohol, aber empfindlich gegenüber heißem Wasser. Die Flaschen sind also nicht sehr hitzebeständig. Sie können nicht ausgekocht und müssen mit Chemikalien keimfrei gemacht werden.

PET-Flaschen sind unzerbrechlich und relativ schlagfest, transparent, aber leichter als Glas - ein großer Vorteil, v. a. beim Transport. Allerdings ist es nicht vollständig gasdicht, so dass z. B. Kohlensäure entweicht und kohlensäurehaltige Getränke nach einigen Wochen schal schmecken.

PET-Flaschen enthalten im Vergleich zu anderen Kunststoffen weniger schädliche Stoffe wie Bisphenol A und Weichmacher, als schädlich gilt jedoch der krebserregende Bestandteil Acetaldehyd (lt. Messungen unterhalb des Grenzwerts), der von PET an die enthaltene Flüssigkeit abgegeben wird. Ein weiterer Nachteil ist, dass Mikroplastik aus dem Flaschenmaterial in den Organismus gelangt. Auch Mikropartikel aus nicht recycelten PET-Flaschen werden im Sediment der Ozeane gefunden.

Weltweit werden PET-Flaschen für Getränke benutzt. Diese Flaschen haben einen hohen Anteil am Hausmüll. Unkomprimiert erhöhen sie auch das Müllvolumen. In Europa werden nur etwa die

Hälfte der Flaschen wieder eingesammelt. Nicht nur in Entwicklungsländern treiben sie auf Flüssen, schwimmen im Ozean oder verunstaten Küsten und Strände. PET-Einwegflaschen können recycelt (das bedeutet in der Regel, dass sie zu Granulat zerkleinert und für andere Zwecke genutzt werden, z. B. zur Herstellung von Textilfasern) oder thermisch verwertet (d. h. verbrannt) werden. Es werden durchaus auch Mehrweg-PET-Flaschen hergestellt, die erst nach ca. 25 Rückläufen ersetzt werden müssen. PET-Mehrwegflaschen sind jedoch schwer zu erkennen (nicht gleichzusetzen mit PET-Pfandflaschen) und wegen der größeren Wandstärke schwerer als Einwegflaschen.

Hergestellt werden PET-Flaschen aus einem PET-Rohling mit Hilfe des sog. Extrusionsblasverfahrens: Der Rohling - ein am Ende geschlossener Schlauch - wird in ein zweiteiliges Hohlwerkzeug eingelegt, dann wird Luft hineingepresst. Die Luft drückt den plastischen Werkstoff gegen die abkühlende Werkzeugwand und formt dadurch den Hohlkörper. Das Werkzeug wird geöffnet und die Flasche entnommen.

PET findet auch in anderen Bereichen Verwendung, z. B. in der Medizin als Implantat (Gefäßprothesen) oder im Maschinenbau, in der Elektro- oder Fahrzeugtechnik.

# Zum Beispiel: die Plastiktüte



Überall, wo empfindliche Ware geschützt umhüllt werden soll, werden Kunststoffverpackungen eingesetzt, zum Beispiel als Folie oder voluminöses Füllmaterial.

Verwendung finden Kunststofftüten hauptsächlich bei der Verpackung und beim Transport von Einkäufen sowie bei der Entsorgung von Hausmüll, als Müllsäcke und Gelbe Säcke für recycelbare Kunststoffverpackungen (Duales System).

Die im Handel üblichen Kunststofftüten werden häufig als Werbeträger genutzt und mit farbigen Aufdrucken versehen. Als Symbole der Konsumgesellschaft werden Kunststofftüten gelegentlich auch bewusst als Accessoires verwendet.

Die Vorzüge liegen in zwei Eigenschaften von Kunststoff: dem geringen Eigengewicht und der Fähigkeit gegenüber äußeren Einflüssen zu isolieren. Kunststofftüten zeichnen sich durch hohe Festigkeit und niedrige Herstellungskosten aus und sind wasser- und chemikalienbeständig. Sie lassen sich schweißen und sind entsprechend leicht zu verarbeiten. Für die Herstellung werden nur wenige Chemikalien benötigt, die Produktion ist wenig energieintensiv und emissionsarm.

Der große Nachteil liegt nicht in der Erzeugung der Plastiktüte - dies ist sogar energiesparend und emissionsärmer als bei einer Papier- oder Baumwolltasche -, sondern darin, dass die sog. Plastiktüten als Einwegtüten benutzt werden und so einen erheblichen Anteil am gesamten Müllvorkommen im Bereich Kunststoffe haben. Die meisten Tüten gelangen in den Restmüll oder unkontrolliert in die Umwelt. Auch die Entsorgung im Gelben Sack sichert nicht ein sinnvolles Recycling.

Eine nachhaltige Alternative liegt allein im Vermeiden der Plastiktüte. Dies gelingt seit einigen Jahren durch eine Vereinbarung mit dem Handel, wonach Plastiktüten im Handel nicht kostenlos abgegeben werden dürfen. Der Verbrauch ist deutlich zurückgegangen. Läden, die in wiederverwendbare Behälter abfüllen, gibt es nicht flächendeckend. So hilft nur das Selbst-mitbringen von entsprechenden Behältern und die Rückkehr zum Einkaufskorb.

Bei allen Versuchen, Plastiktüten und allgemein Kunststoffverpackung zu vermeiden, sollte man doch zumindest wissen, was man da vor sich hat:

Als Material für Verpackungsfolie oder Tragetaschen wird hauptsächlich **Polyethylen (PE)** verwendet. PE - ein auf Erdölbasis hergestellter Kunststoff - ist bruch- und reißfest, chemisch beständig, elastisch und formbar.

Die dafür benötigten Folien werden aus Kunststoffgranulat - das auch schon vor der Weiterverarbeitung eingefärbt werden kann - hergestellt, meist im Extrusionsverfahren. Das Granulat wird dazu erhitzt in einem Extruder, aus dessen ringförmiger Öffnung wird der Kunststoff als schlauchförmiger Film nach oben weitergeblasen und kühlt dabei ab. Der Schlauch ist mehrere hundert Meter lang.

(Man kann das etwa mit den Seifenblasen vergleichen, bei denen sich auch der dünne Film von einem Ring löst, wenn man darauf bläst.)

Der Schlauch läuft über Rollen, wird auf die passende Breite geschnitten und ggf. bedruckt. Danach werden die Tüten in die passende Länge geschnitten bzw. eine Abreißstelle perforiert (z. B. bei Mülltüten), ggf. ein Griffloch ausgestanzt. Die Kanten werden verschweißt (durch Erhitzen verklebt).

# RECYCLING

 01 PET	 02 PE-HD	 03 PVC	 04 PE-LD	 05 PP	 06 PS	 07 O
Polyethylen-terephthalat	hochdichtes Polyethylen	Polyvinylchlorid	Niedrig dichtes Polyethylen	Polypropylen	Polystyrol	andere Kunststoffe z. B. PA, PC

## Recyclingcode

Recyclingcodes auf Produkten geben genau an, woraus diese bestehen. So kann man sich beim Kauf orientieren und ein sachgerechtes Recycling unterstützen. Die Recyclingcodes sind allerdings nicht verpflichtend für die Hersteller.

Die Codes 01 bis 07 stehen für Kunststoffe, 20 bis 22 für Papier und Pappe, 40 und 41 zeigen Metalle an. Organische Stoffe verbergen sich hinter der 50, 51, 60 und 61. Die 70 bis 73 steht für verschiedenfarbiges Glas, 80 bis 98 für bestimmte Verbundwerkstoffe, z. B. 92 Kunststoff+Metall.

## Verfahren des Kunststoffrecycling

Recycling (Wiederverwertung, Aufbereitung) bezieht sich bei Kunststoffen auf drei Verfahren:

Werkstoffliche Verwertung: Kunststoffe werden zu Granulat zerkleinert, neu eingeschmolzen und zu neuen Formen weiterverarbeitet.

Rohstoffliche Verwertung: Die Makromoleküle werden durch spezielle Verfahren in kleinere Moleküle aufgespalten.

Energetische Verwertung: Die Kunststoffabfälle werden (mit entsprechenden Filtern) verbrannt, die entstehende Wärmeenergie wird genutzt.

## Problematik des Recyclingsystems

Es gibt sehr viele Sorten von Kunststoffen, nicht jede kann recycelt werden. Bei manchen wird auch darauf verzichtet, weil das Verbrennen billiger ist. In Deutschland sollen bis 2022 63 Prozent aller Kunststoffe recycelt werden, dazu werden aber auch entsprechende Anlagen benötigt.

Ein Problem ist die fehlende oder mangelhafte Kennzeichnung, manchmal verhindern Aufdrucke oder Färbungen, dass Maschinen das Material erkennen und richtig sortieren.

Recyceltes Material wird manchmal auf Grund der Ästhetik von Herstellern nicht gern verwendet, ein ähnliches Problem wie bei der Papierherstellung aus Altpapier. Recycling ist ohnehin meist ein „Downcycling“, wie auch in anderen Werkstoffbereichen: Aus PET-Einwegflaschen werden z. B. Fasern für die Textilindustrie, PE und PP verlieren bei jeder Behandlung an Qualität.

Sortiertes Material ist am leichtesten verwertbar, doch hier fehlen entsprechende Systeme wie z. B. eine eigene Wertstofftonne für Plastik und Metall.

Ein Verpackungsgesetz (2019) verpflichtet Hersteller, Verpackungen - die beim Endkunden anfallen werden - bei einem dualen System anzumelden, damit Rücknahme, Sortierung und Verwertung garantiert sind. Dafür fallen Gebühren für die Hersteller an, die er weiterreicht an den Verbraucher.

## Hauptproblem: Verpackungsmüll

Einen großer Teil des „Wegwerfkunststoffs“ machen Verpackungen aller Art aus, daran haben private Verbraucher einen Anteil von 47%, gegenüber 2010 ist dies eine Steigerung von 20%. Ursache ist ein anderes Konsumverhalten (Essen unterwegs) und aufwändige Verpackungen (wiederverschließbar, kleine Portionen). Eine Lösung wird hier nur denkbar sein im Vermeiden von Kunststoffmüll, da wo er entsteht. Viele Produkte aus Plastik verschwinden nur durch strikte Verbote, z. B. Strohhalme, Einwegbesteck und -geschirr, wie etwa auch die Coffee-To-Go-Becher aus Kunststoff.

### **Kunststoffe haben im Allgemeinen eine Reihe von Vorzügen gegenüber anderen Werkstoffen.**

- Niedriges Gewicht bringt Vorteile, z. B. bei Verpackungen oder im Fahrzeugbau; Kunststoffe zu transportieren benötigt weniger Energie, aber auch Fahrzeuge und Bauteile müssen nicht mit so viel Energie angetrieben werden.
- Beständigkeit gegen Chemikalien, Korrosion und UV-Beständigkeit
- geringe Leitfähigkeit in Bezug auf Wärme und Elektrizität, deshalb gut isolierend
- die meisten Kunststoffe lassen Radio- und Mobilfunkwellen durch, was Metalle nicht können.
- geschlossene Oberfläche, damit leicht zu reinigen, hygienisch
- einfache und preiswerte Verarbeitbarkeit bei geringem Energieaufwand
- Nutzung hochautomatischer Verfahren, daher kurze Produktionszeiten bei großer Effizienz und: Mängel, wie z. B. in der mechanischen Belastbarkeit, können ausgeglichen werden, z. B. durch Additive oder konstruktive Mittel (z. B. Erhöhung der Wandstärke, Zwischenstege). Kunststoffe haben den Vorteil, „passgenau“ für bestimmte Vorhaben entwickelt werden zu können. Diese Entwicklung wird hier ständig vorangetrieben.

### **Kunststoffe haben aber auch eine Reihe entscheidender Nachteile, zum Teil in technischer Hinsicht - doch viele davon können mit zunehmender Forschung nach und nach ausgeglichen werden - zu einem größeren Teil jedoch im Bereich des Natur- und Umweltschutzes. Hier ist noch viel zu tun.**

- So sind sie meist in wesentlich geringerem Maß hitzebeständig.
- In der mechanischen Festigkeit sind sie den Metallen unterlegen. Das kann abgemildert werden, wenn den Polymeren feste und steife Fasern beigemischt werden. Die Fasern können z. B. Zugkräfte aufnehmen, unter denen der Kunststoff allein zerreißen würde. Mit Kohlefasern werden sogar Metalle bei gleichem Gewicht übertroffen.
- Um die gewünschten Eigenschaften (z. B. UV-Beständigkeit) zu erzielen, müssen Additive zugesetzt werden - mit entsprechenden Problemen bei der Umweltverträglichkeit, Recyclebarkeit bzw. bei der Gesundheitsbelastung.
- Kunststoffe, die auf Erdöl basieren, verbrauchen damit einen „endlichen“ Rohstoff, der auch für andere Lebensbereiche benötigt wird. Es gilt hier also Wert und Nutzen abzuwägen. Auch bei Metall wird eine Ressource aufgebraucht, doch ist hier die Recyclingmöglichkeit viel weiter entwickelt.
- Massenproduktion schafft Massenkonsum und umgekehrt. Die Herstellung von Kunststoffprodukten findet ausschließlich im industrialisierten Bereich statt, so dass es um eine immens hohe Stückzahl geht. Kunststoffprodukte sind oft Wegwerfprodukte. Durch die Kleinteiligkeit und die Vielfalt, aber auch durch die unterschiedlichen Additive erscheinen eine Trennung oder ein Recyclingverfahren oft kaum lohnend.
- Andererseits sind Kunststoffe in natürlicher Umgebung extrem haltbar - die Umwelt wird vermüllt. Letzte Mikrosuren von Plastik finden sich überall auf der Erde, auch in den Weltmeeren. Welche Folgen dies für das gesamte Ökosystem der Erde hat, kann nach den vergleichsweise wenigen Jahren der Existenz von Kunststoffen noch gar nicht beurteilt werden.
- Manche Inhaltsstoffe wie v. a. Weichmacher (in Kinderspielzeug), auch Partikel von Kunststoff, die aus Lebensmittelverpackungen, Kleidung, Kosmetik u. a. m. in Böden und Gewässern gelangen in unseren Körper. Als Mikroplastik überdauern manche Kunststoffpartikel Jahrhunderte. Bisher ist es nicht gelungen, sie aus Luft und Wasser herauszufiltern. Mikroplastik findet sich nicht zuletzt im Organismus von Tieren und Menschen, hier sind die Folgen noch zu wenig erforscht. Gerade die Frage der Gesundheitsgefahren hängt von der Dauer und Intensität der Belastung und der Art des Kunststoffs ab. Der nicht abgebaute Plastikmüll kann Tieren zum Verhängnis werden, er findet sich im Magen von Fischen und Vögeln.  
Hierzu sind weitere Forschungen nötig, die das Gefahrenpotential auf längere Sicht sorgfältig untersuchen, sowie gesetzliche Bestimmungen zum Schutz der Gesundheit. Es liegt in der Verantwortung des Verbrauchers, auf Kosmetika und Körperpflegemittel, die Kunststoffe enthalten, zu verzichten. Diese Inhaltsstoffe müssen auf der Verpackung deklariert sein.

# KUNSTSTOFF IM UNTERRICHT

Die Verwendung von Kunststoffen steht in der Kritik. Schließlich sind die Probleme für Umwelt und Gesundheit bei einem ständig wachsenden Einsatz und Verbrauch von Kunststoffen aller Art nicht von der Hand zu weisen. Doch es gibt stichhaltige Gründe für die Verwendung von Kunststoff im Alltag. Kunststoffe haben ihre Berechtigung, vor allem wegen ihrer schier unendlichen Anpassbarkeit an spezifische Anforderungen. Für Kinder und Jugendliche, die in ihrem Alltag in unterschiedlichen Lebensbereichen unterschiedlichen Kunststoffen begegnen und Produkte nutzen, spielt das Wissen um diese Stoffe, ihre Herkunft, Herstellung und Eigenschaften eine sehr wichtige Rolle.

Um die Bedeutung der Kunststoffe für unsere Gesellschaft als sich ständig weiterentwickelnde Werkstoffe ein- und wertschätzen zu können, ist vor allem eine Auseinandersetzung im Sinn von Werkbetrachtungen sinnvoll. Diese sollte sich auf reale Objekte bzw. Produktgruppen des Alltags beziehen - Spielzeug, Sport- und Haushaltsgeräte, Fahrzeuge. Gerade auch „Wegwerfprodukte“ wie Verpackungen oder kurzlebige Verbrauchsprodukte sind einen genauen Blick wert. Sobald ein konkreter, den Jugendlichen bekannter und vertrauter Gegenstand in den Mittelpunkt gestellt wird, gewinnen die einzelnen Aspekte des Materialbereichs Kunststoff an Bedeutung, vor allem aber an Anschaulichkeit - und dies ist in diesem schwierigen Bereich besonders wichtig. Aus welcher Art Kunststoff ist er gemacht? Welche Eigenschaften dieses Kunststoffs sind dabei von Vorteil? Welcher Herstellungsprozess wurde gewählt und warum? Welche Technologie wurde in Zusammenhang mit diesem Fertigungsprozess (z. B. Hilfsmittel, Werkzeuge, Verfahren, Produktionswege u. v. m.) entwickelt? Ggf. welche Alternativen, welche besonderen Probleme gibt es und wie wird der Gegenstand evtl. weiterentwickelt? Fragen der Produktgestaltung (Design) können sinnvoll ergänzt werden. Dazu gehören auch Fragen der Nachhaltigkeit: Warum stellt (dieser bestimmte) Kunststoff hier eine brauchbare, sinnvolle und evtl. unabdingbare Werkstoffentscheidung dar? Oder gibt es gute Gründe, andere Werkstoffe zu bevorzugen, vielleicht auch traditionelle Materialien oder Fertigungsweisen? Welche Alternativen gibt es?

Praktische Fertigkeiten, z. B. auch Reparaturen durch Kleben, Polieren oder ggf. Ersetzen beschädigter Teile u. a. m., könnten sinnvoll eingebunden werden.

Der direkte Blick auf das vorliegende Objekt erleichtert die Darlegungen und Begründungen. Vor- und Nachteile sollen dabei grundsätzlich kriteriengeleitet untersucht werden.

Der besondere Kritikpunkt der Wegwerfmentalität - Hauptursache der teilweise ablehnenden Einstellung gegenüber Kunststoffen - kann ebenfalls bei der Analyse der Alltagsgegenstände angemessen diskutiert werden. Im Blick auf das eigene Verhalten - das Abwägen von Image und Nutzbarkeit, Haltbarkeit, Alterungsprozessen, Recyclingfähigkeit bzw. die Massenproduktion u. a. m. - wird die Urteilsfähigkeit geschärft.

Auf der Grundlage dieser Kenntnisse können Konsequenzen für das eigene Konsumverhalten und den verantwortungsvollen und nachhaltigen Umgang mit Kunststoffprodukten gezogen werden.

Die Bewertung von Vorzügen und Nachteilen im Vergleich zu alternativen und nachhaltigen Werkstoffen) stellt einen interessanten Themenbereich dar. Hier kann mit anschaulichen Beispielen und mit direktem Bezug zur Praxis gearbeitet werden. Der Bereich der Kunststoffe ist weit komplizierter als bei den traditionellen Werkstoffen (wobei auch diese in ihrer Weiterentwicklung zunehmend mit Kunststoffen vergleichbar sind, denkt man an beschichtete Holzwerkstoffe oder neu entwickelte keramische Massen).

Im Rückschluss auf den praktischen Unterricht können eigene Versuche und Demonstrationen - durch die Lehrkraft, v. a. aber auch bei Betriebserkundungen - im Vordergrund stehen (vgl. LP: Sägen, Bohren, Brechen, Heißverformen, Laminieren). Die Umsetzung in Form eines manuell erstellten praktischen Werkstücks stellt die wesentlichen Vorzüge von Kunststoff - bezogen auf die hochindustrialisierten Vorgänge bei der Herstellung und Bearbeitung - nur sehr eingeschränkt dar. Bei kritischer Betrachtung vieler Werkaufgaben erkennt man gerade im Bereich Kunststoffbearbeitung den Vorzug industrieller Fertigung. Einkauf und Nutzung von Halbzeug können häufig nicht als gutes Beispiel für Nachhaltigkeit gelten. Hier könnten z. B. Produktionsabfälle von Firmen verwendet werden. Eine Bereicherung wäre das Erlernen von Reparaturmöglichkeiten punktuell beschädigter Produkte (Kleben, Verschweißen, Polieren).

Letztlich liegt es in der Verantwortung der Lehrkraft, innovative und originelle Gestaltungsanreize vorzubereiten, gut zu planen - mit Blick auf den Form-Funktions-Zusammenhang, die sparsame Nutzung von Materialien und den sinnvollen Gebrauchswert ... nicht anders als in anderen Materialbereichen. In Anbetracht der kritischen Bewertung von Gesundheits- und Umweltschutz ist im Bereich Kunststoff jedoch ein besonderes Maß an Verantwortung geboten. Gerade das praktische Werkstück muss den Anforderungen einer umweltbewussten Produktgestaltung entsprechen.



## ÜBRIGENS ...

ein Auszug aus dem Lehrplan Werken zeigt die Rahmenbedingungen auf in ihren Grenzen und Möglichkeiten. Ein - dort auch angemahnter - sparsamer Umgang mit Kunststoff ist nötig und möglich. Praktische Kompetenzen können durchaus ohne hohen Materialverbrauch, z. B. an Probestücken, vermittelt werden.

### Lehrplan Werken 8. Jahrgangsstufe:

Die Schülerinnen und Schüler ...

... nutzen die Kenntnisse von der **Entwicklungsgeschichte der Kunststoffe** und der **Herstellung von Faserverbundwerkstoffen** sowie deren **Eigenschaften**, um ihre **Bedeutung für die heutige Gesellschaft in nahezu allen Bereichen (z. B. Medizintechnik, Fahrzeugtechnik, Verpackungsindustrie)** einzuschätzen.

... nutzen ihre Kenntnisse des **Herstellungsprozesses von Kunststoffen**, um daraus Konsequenzen für einen **verantwortungsvollen und nachhaltigen Umgang mit dem Werkstoff** zu ziehen. Dabei verwenden sie Kunststoffe sparsam und nutzen gezielt Möglichkeiten der Wiederverwendung bzw. Wiederverwertung.

Auf die **praktische Arbeit** an einem einfachen Gebrauchsgegenstand ausgerichtet sollen die Schülerinnen und Schüler befähigt werden, für ein eigenes Werkstück geeignete Kunststoffe auszuwählen unter Berücksichtigung spezifischer Materialeigenschaften sowie funktionaler und gestalterischer Aspekte. Dazu sind auch erklärende Skizzen anzufertigen, bevor der Entwurf umgesetzt wird, bei fachgerechtem Einsatz von Werktechniken bzw. Werkzeugen. Speziell auf den Materialbereich Kunststoff beziehen sich das Fügen mit Spezialklebstoffen und das thermische Umformen mit Heißluftgerät oder Heizstab. Der Gesundheitsschutz bezieht sich hier auf den Schutz vor Dämpfen und Stäuben.

### Lehrplan Werken 10. Jahrgangsstufe:

Die Schülerinnen und Schüler ...

... reflektieren vor dem Hintergrund technischer Produktionsabläufe sowohl positive als auch negative Aspekte moderner **Massenproduktion** und ziehen daraus **Konsequenzen für ihr eigenes Konsumverhalten bei Kunststoffprodukten**.

... analysieren **spezifische Eigenschaften neuer Kunststoffe/Faserverbundwerkstoffe**, um deren **Bedeutung als maßgeschneiderte, sich ständig weiterentwickelnde Werkstoffe** beurteilen zu können.

... reflektieren den **Zusammenhang zwischen chemischen Syntheseverfahren, technischen Formungsverfahren und Werkstoffeigenschaften** und analysieren auf dieser Grundlage **Aussehen und Beschaffenheit von Gebrauchsgegenständen und Bauteilen aus Kunststoff**.

... bewerten Kunststoffe anhand ihrer **Vorzüge und Nachteile im Vergleich zu alternativen nachhaltigen Werkstoffen** (z. B. Holz, Metall), um diese bei der Herstellung eines Werkstückes oder beim alltäglichen Konsumverhalten bewusst in Betracht zu ziehen.

In der **praktischen Arbeit** an einem funktionalen Werkstück berücksichtigen sie selbständig die spezifischen Materialeigenschaften des Kunststoffs/Faserverbundwerkstoffs und beziehen diese in die Gestaltung mit ein. Geeignete Arbeitsverfahren (wie z. B. thermisches Verformen oder Laminieren) werden fachgerecht angewandt. Neu genannte Techniken sind hier das Ritzbrechen und das Laminieren.

# PRODUKTANALYSE



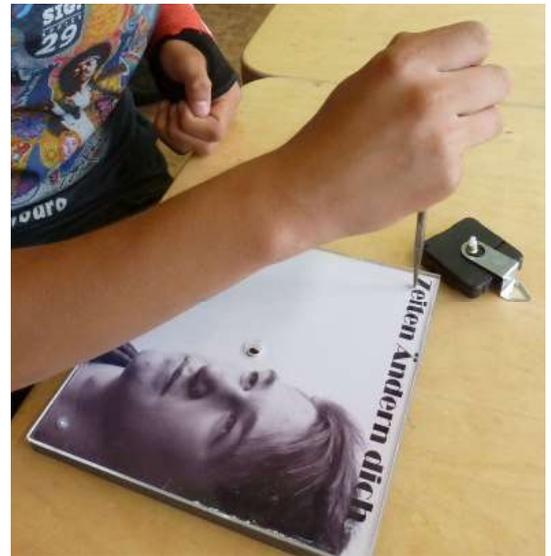
FAHRRADHELM...GARTENSTUHL...TRINKFLASCHE...RUCKSACK...SCHULTASCHE  
... GEHÄUSE Z. B. HANDY, FERNBEDIENUNG ... SONNENBRILLE ... GUMMIHAND-  
SCHUHE ... JOGHURTBECHER ... BENZINKANISTER ... KÜHLBOX ... ZELTPLANE ...  
u. v. m.

# UHR & RAHMEN

## MATERIAL

MDF-Platte schwarz  
Acrylglasplatte transparent 3 mm  
Quarzuhrwerk (Batterie) mit entsprechend langer Achse  
mit Zeigersatz (bevorzugt Metall) und Aufhängung

Gewindeschrauben 3 mm, schwarz oder silbrig



## Didaktische Überlegungen

Von allen Werkstücken erscheint mir das Thema Bilderrahmen am geeignetsten, um grundlegende Fertigkeiten zu vermitteln: Bohren, Schleifen, Polieren. Die glasklare Transparenz von Acrylglas macht es besonders gut geeignet, das zerbrechliche Glas zu ersetzen. Solche Platten sind sehr günstig im Zuschnitt zu bekommen, so dass unnötiger Abfall vermieden wird.

Durch den zweiten Werkstoff MDF- oder auch HDF-Platte werden gleichzeitig auch im Materialbereich Holz Kenntnisse über den zeitgemäßen Stand der Technologie vermittelt.

Das Werkstück kann variiert werden, z. B. indem auch die Rückseite eine Acrylglasplatte oder eine Metallplatte ist oder durch die unterschiedliche Stärke und damit Wirkung der Grundplatte.

In vielen Bereichen werden ähnliche Kombinationen für die Beschilderung von Räumen genutzt, bei der die Einlage, z. B. Benennung oder auch Namen von Mitarbeitern, austauschbar sein soll.

Die Weiterentwicklung des Themas durch den Einbau eines Quarzuhrwerks bringt weitere Grundtechniken wie Stemmen oder Sägen ins Spiel - eine Möglichkeit, kein Muss.

Das hier beschriebene, dem Lehrplan der 8. Klasse angepasste Werkstück, wählt genau diese Variante. Das Lesen einer Werkzeichnung (fächerübergreifend mit IT auch die Anfertigung) bietet sich als Erweiterung an.

### 1. Arbeitsschritt: **Vorbereiten der Acrylglas- und der MDFplatte**

Kanten (Schnittflächen) mit Schleifstein mittlerer bis feiner Körnung plan schleifen, dabei auf Einhalten des rechten Winkels achten. Das Schleifstein wird dazu auf einen Klotz gespannt. Die Platten so tief wie möglich einspannen und mit Pappe schützen, die Rechtwinkeligkeit wird mit einem Stahlwinkel kontrolliert. Acrylglasplatte abschließend nass schleifen.

Vorsichtig – Bruchgefahr bei Acrylglas!

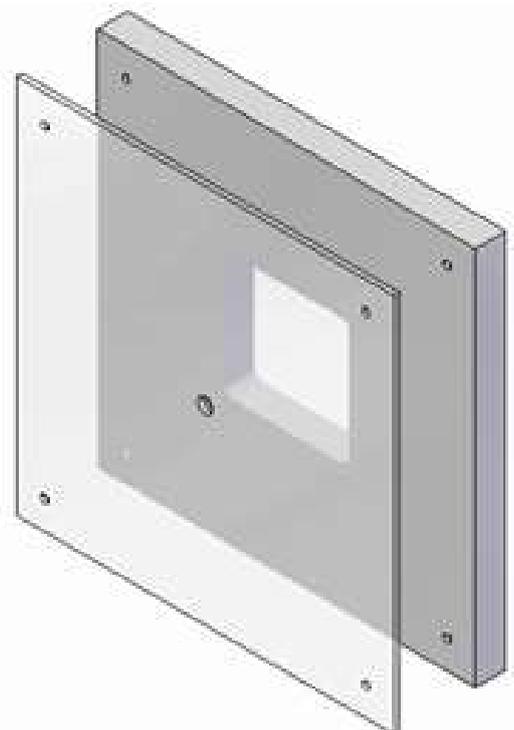
Es werden grundsätzlich nur die Schnittkanten dieser Platten geschliffen, da die Oberfläche durch den Herstellungsprozess bereits optimal glatt ist.

! Die Schutzfolie auf der Acrylglasplatte wird erst zur Montage, bzw. am Abschluss der Arbeit entfernt!

### 2. Arbeitsschritt: **Bohrung A in beiden Platten**

Dabei wird eine einfache Variante für die spätere Montage gewählt: Durch die Bohrung von 3 mm (je nach Schraubstärke) wird eine Gewindeschraube gesteckt und mit einer Mutter gesichert.

Beide Platten werden dazu mit Klebeband zusammengehalten, der Bohrmittelpunkt wird mit einem wasserfesten Stift auf der Folie angezeichnet, in gleichmäßigem Abstand vom Rand (15mm).



! Es wird grundsätzlich von der Acrylglasseite aus gebohrt, um die Späne gut abtransportieren zu können. Die Platte soll gut aufliegen und nicht wegfedern können.

! Beim Bohren können die Platten nicht eingespannt werden. Sie sollen eben auf dem Bohrtisch aufliegen. Die üblichen Sicherheitsvorschriften beim Bohren müssen beachtet werden, zudem ist wegen der kleinen und heißen Späne eine Schutzbrille zu tragen. Man muss zudem sehr langsam bohren, den Bohrer häufig lüften (durch die Erwärmung kleben die feinen Späne leicht fest, dies führt zu einer Erhitzung der Bohrstelle - so kann die Platte reißen).

### 3. Arbeitsschritt: **Bohrung B zur Montage des Uhrwerks**

Die Mitte wird durch Diagonalen angezeichnet und zunächst in einem kleineren (3 mm), dann erst im Originaldurchmesser 8 mm gebohrt.

### 4. Arbeitsschritt: **Ausstemmen des Durchbruchs**

Auf der MDF-Platte werden die Diagonalen eingezeichnet, die so den Mittelpunkt der Platte bestimmen und auch gewährleisten, dass das Uhrwerk später genau mittig sitzt. Die Größe des Uhrwerks wird als Quadrat übertragen (Zugabe zum leichteren Einsetzen), in der Ecke wird eine Bohrung als Ausrundung vorgenommen, dies entspricht der Form des Uhrwerks und erleichtert das Ausstemmen. Die Bohrung wird vorgestochen und gebohrt.

Die Vertiefung für das Uhrwerk tangiert die Bohrung. Sie wird vorsichtig ausgestemmt. Es ist sinnvoll, die Vorzeichnung auf der Rückseite zu wiederholen. Man arbeitet nur bis zur halben Plattenstärke, dann von der anderen Seite her.

Die Platte wird dabei in der Werkbank mit Bankhaken fest eingespannt, die bearbeiteten Seitenkanten sollten gut geschützt werden.

Das Ausstemmen der MDF-Platte vermittelt gut deren Struktur, die Anfertigung aus feinen Spänen. Es ist keine fachgerechte Arbeitsweise im engen Sinn, aber hier lassen sich trotzdem grundlegende Arbeitsverfahren - wie eben das Stemmen - vermitteln.

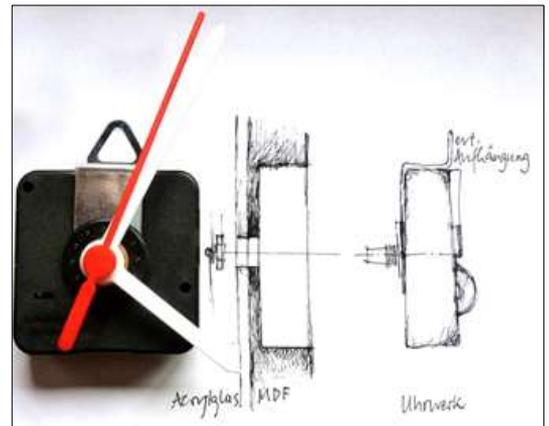
Alternativ - vor allem, wenn die MDF-Platte dünn ist - kann für diese Ausparung auch mit der Laubsäge gearbeitet werden. Anschließend die Seitenflächen des Durchbruchs plan feilen und schleifen, dabei auf die Rechtwinkligkeit achten. Ein Stahlwinkel dient auch hier der Kontrolle.

### 4. Arbeitsschritt: **Verbindung der Platten**

Zunächst wird die untere Schutzfolie der Acrylglasplatte gelöst, die auf der Grundplatte aufliegen soll. Dann wird die Einlage zwischen den Platten positioniert, die Platten werden mit vier Gewindeschrauben (lösbar) verbunden. Die Schrauben treten auf der Rückseite aus der Platte heraus und werden mit Muttern gesichert.

### 5. Arbeitsschritt: **Montage des Uhrwerks**

Das Uhrwerk wird eingesetzt: Dazu wird die äußere Schutzfolie abgezogen, mit Hilfe der beiliegenden Mutter wird das Uhrwerk samt Aufhängung an der Acrylglasplatte befestigt. Die Zeiger werden vorsichtig aufgesetzt, sie verkanten leicht und beim erneuten Abziehen kann die „Seele“ der Uhr herausgezogen werden. Zudem verbiegen die Zeiger aus dünnem Blech leicht, können aber gut korrigiert werden.



Wenn die MDF-Platte entsprechend stark ist, verschwindet das Uhrwerk unsichtbar, bei einer dünnen Platte „schweben“ die Platten vor der Wand um den Abstand der Uhr. Beides kann reizvoll sein.

#### HINWEIS ZU DEN BILDEINLAGEN:

Bei der Auswahl der Bildeinlage sollte man darauf achten, dass Zeiger und Schrauben „ins Bild passen“ und nicht stören. Eine Schwarzweiß-Abbildung ist in der Regel effektvoller als ein farbiges Bild (vgl. Wirkung von Acrylglas, Farbe der Zeiger). Zur Befestigung zwischen den Platten muss ein kreisförmiger Ausschnitt in der Bildmitte angebracht und auch die Randbohrungen im Papier durchgestochen werden.

Als sehr beliebt haben sich Ausdrücke von Street Art-Künstlern wie Banksy erwiesen (schwarz-weiß-rot), im Kunstunterricht können Collagen zum Thema Zeit angefertigt werden. Eine gute Kopie schafft dabei die erforderliche dünne Papierstärke.

Diese Aufgabe passt gut in die Bereiche Layout und Design.

Beim Wechsel der Einlage muss die Uhr entfernt werden - ein Nachteil, denn das ist eine knifflige Sache ...