

Folie 4A und 4B: Kunststoffe am Auto

**Abbildung oben:** Wie die Abbildung zeigt, gibt es ungezählte Anwendungsbeispiele für Kunststoffe am Auto. Der Gewichtsanteil der Kunststoffe beträgt etwa 18 %. (*siehe Kapitel Eisen und Aluminium, Folie 1*) Dass so viele Anwendungen möglich sind, bedeutet, Kunststoffe müssen

- anpassungsfähig in ihren Materialeigenschaften sein, um den verschiedenen Anforderungen gerecht zu werden,
- leicht zu verarbeiten sein,
- besonders preiswert sein,
- besonders leicht sein.

Im Prinzip treffen alle vier Vorteile zu, wobei man sich darüber im Klaren sein muss, dass je spezieller die Anforderungen an den Kunststoff sind, umso teurer seine Herstellung wird. Selbst „klassische Nachteile“ wie geringe mechanische Festigkeit lassen sich heute durch die Herstellung von Verbundwerkstoffen mit Glas- oder Carbonfasern erheblich verbessern. Kratzfestigkeit kann durch Keramiküberzüge erzielt werden, Kunststoffe können durch Kohlenstoffbeigaben leitfähig gemacht werden, so dass man sie sogar galvanisieren kann. So entstehen die rein metallisch wirkenden Kühlergrills oder Innenraumdetails am Auto.

**Abbildungen oben, unterer Rand:** Nach ihrem Molekülaufbau und ihrem Verhalten teilt man die Kunststoffe in Thermoplaste, Duroplaste und Elastomere ein.

**Thermoplaste** bestehen aus unvernetzten Makromolekülen. Sie sind nicht besonders hitzebeständig und werden bei Erwärmung plastisch, lassen sich also leicht formen, z. B. Zahnriemen, Blinkerglas, Wassereimer, Getränkeflaschen.

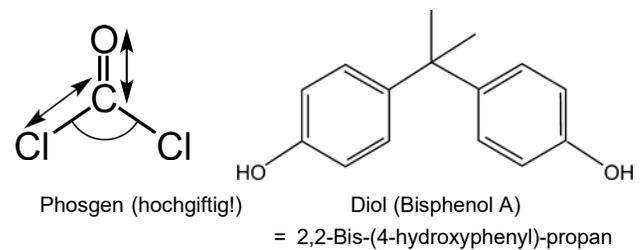
**Duroplaste** bestehen aus stark vernetzten Makromolekülen, sie sind härter und spröder als die Thermoplaste und hitzebeständiger, da sie nicht aus gegeneinander beweglichen Molekülen, sondern einem Molekülgitter bestehen. Sie werden deshalb auch nicht plastisch, sondern zerfallen bei stärkerer Erwärmung durch Aufbrechen der Bindungen, z. B. Stoßstange.

**Elastomere** bestehen aus schwach vernetzten

Makromolekülen. Sie sind ohne Erwärmung vorübergehend durch mechanische Einwirkung verformbar, lassen sich biegen und dehnen, finden aber durch die schwache Vernetzung in die Ausgangslage zurück (gummielastisch). Sie werden beim Erwärmen nicht plastisch, z. B. Reifen. (Man spricht zwar auch von thermoplastischen Elastomeren, die gummielastische Eigenschaften haben, weil die ungeordnete Molekülanordnung vor der Dehnung thermodynamisch günstiger ist und sie deshalb ohne Vernetzung in die Ausgangslage zurückfinden. Im engeren Sinne gehören diese aber nicht zu den Elastomeren.)

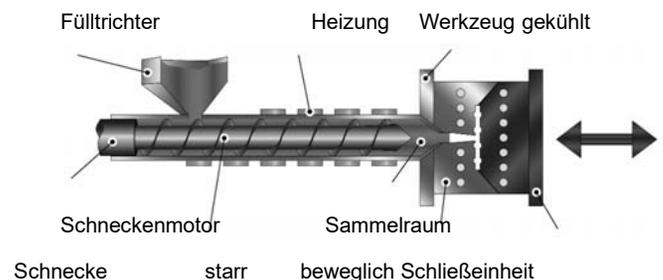
**Abbildungen unten:** Das Foto links zeigt ein Panoramadach, das aus thermoplastischen Polycarbonat im Spritzgießverfahren (Grafiken) hergestellt wird.

Polycarbonat ist ein Polyester, der durch Polykondensation aus Phosgen und einem Diol unter Abspaltung von Salzsäure hergestellt wird.



Man kann die Polykondensation (s. u.) auch an diesen Ausgangsstoffen darstellen oder eventuell vertiefen. Thermoplaste lassen sich im plastischen Zustand beliebig formen und sind hervorragend recycelbar. Entsprechend werden sie im Auto weit überwiegend verarbeitet. Die wichtigsten Verarbeitungsverfahren thermoplastischer Kunststoffe sind Spritzgießen, Extrudieren, Kalandrieren.

**Spritzgießen:**

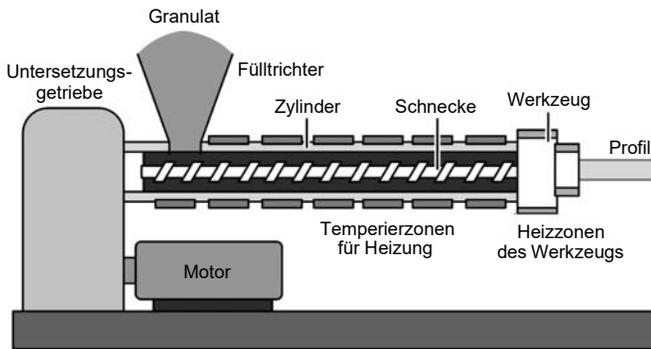


1. Schnecke: Mischen und homogenisieren, transportieren, verdichten, dosieren.
2. Heizung: Plastifizieren des Kunststoffes.
3. Hydraulischer Vorschub: Einspritzen (Schnecke bewegt sich schlagartig nach vorne).
4. Bewegliche Schließleinheit des Werkzeugs: Bei Öffnen wird Formteil ausgeworfen
5. Entgraten: Entfernen des noch anhaftenden Angusses

Die aufgeführten Arbeitsschritte lassen sich an der Folie erarbeiten. Das Spritzgießen ist ein diskontinuierliches Verarbeitungsverfahren zur Herstellung einzelner Formteile. Darin unterscheidet es sich von den beiden anderen wichtigen Verarbeitungsverfahren thermoplastischer Kunststoffe.

**Extrudieren:**

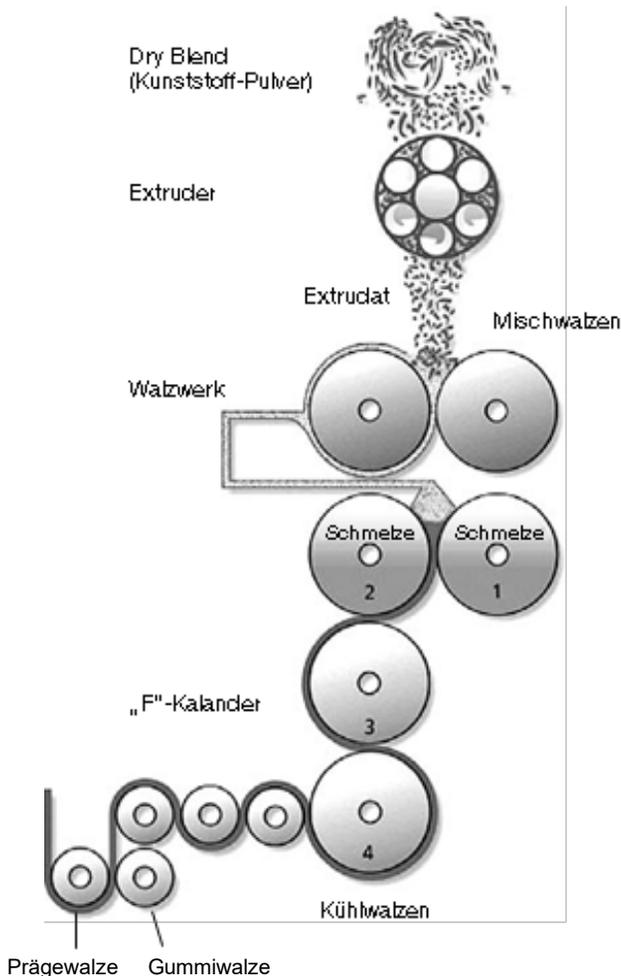
kontinuierliches Verfahren zur Herstellung von Rohren, Schläuchen, Profilen, Stäben, schmalen Platten und Folien.



1. Schnecke: Mischen der Komponenten (homogenisieren), transportieren, verdichten der Masse
2. Heizung: Plastifizieren des Kunststoffes
3. Werkzeug: Formgebung
4. Kühlung: Erhalten der Form

**Kalandrieren:**

kontinuierliches Verfahren zur Herstellung von Folien und Platten



1. Kunststoffpulver oder -granulat, Farbstoffe, Gleitmittel, Weichmacher etc. werden kalt gemischt
2. Die Mischung wird durch die beheizten Mischwalzen weiter vermischt und plastifiziert.

3. Die Kunststoffmasse wird auf beheizten Kalandrierwalzen geformt und ausgewalzt.
4. Kühlwalzen kühlen den Kunststoff im Wasserbad und transportieren ihn weiter.

Dann kann der Kunststoff bedruckt, geprägt, gerollt oder geschnitten werden.

Auf der Basis eines **Extruders** arbeiten noch zwei weitere wichtige Verfahren, das Extrusionsblasen und das Extrusionsblasformen.

Beim **Extrusionsblasen** wird ein aus dem Extruder senkrecht von unten nach oben austretender Schlauch kräftig aufgeblasen, so dass ein dünnwandiger Folien-schlauch entsteht, der einige Meter über der Austrittsöffnung auf Rollen gewickelt wird. So erzeugt man dünne Folien, Einkaufstüten etc.

Beim **Extrusionsblasformen** wird der aus dem Extruder senkrecht nach unten austretende Schlauch, wenn er jeweils eine bestimmte Länge hat, zwischen die beiden Hälften eines sich schließenden Werkzeugs gepresst, durch Blasdüsen von innen dem Werkzeugprofil angepasst und anschließend ausgeworfen. Hier wird der kontinuierliche Extrusionsprozess mit einem nicht kontinuierlichen Prozess der Blasformung verbunden. So werden Hohlkörper erzeugt, wie Flaschen, Kanister und Automobil tanks.

Da **duroplastische Kunststoffe** nicht plastifizierbar sind, kann man sie nicht als fertiges Kunststoffgranulat verarbeiten. Die Vernetzungsreaktion, die zur Entstehung des Duroplasten führt, findet erst im Werkzeug während der Formgebung statt. Ein thermoplastisches Vorkondensat mit diversen Zusätzen wird bei mäßiger Temperatur im Extruderteil der Spritzgießmaschine plastifiziert und in das stark erhitzte Werkzeug gepresst, wo es zum Duroplasten vernetzt.

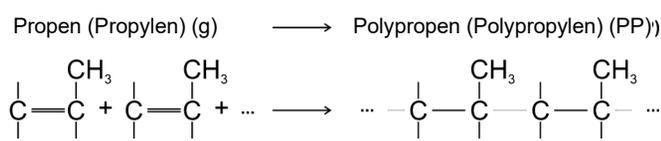
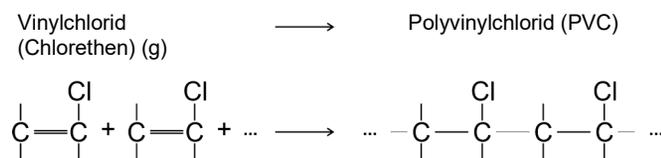
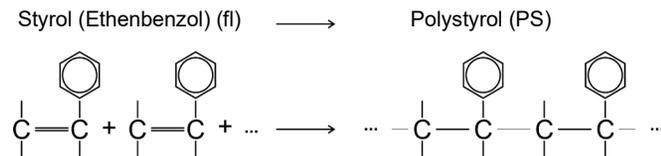
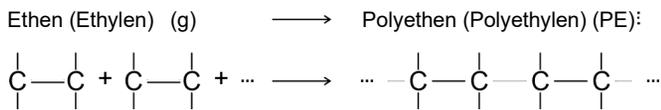
Das duroplastische Formteil kann heiß entformt werden, weil es sich nach der Vernetzung nicht mehr verformen lässt. Im Gegensatz dazu müssen thermoplastische Produkte noch in der Form gekühlt werden, damit sie sich nicht sofort wieder verformen.

Die verschiedenen Reaktionen zur Bildung der Kunststoffe haben gemeinsam, dass jeweils kleine Moleküle (Monomere) zu Makromolekülen verbunden werden, die in etwa ein Molekulargewicht von über 10.000 µ haben.

Hier ein Überblick über die drei **Synthesemethoden** an Beispielen, die man mit Schülern in der zehnten Klasse oder eines Chemiekurses erarbeiten kann.

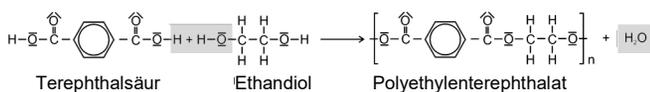
### 1. Polymerisation

Verbindung gleichartiger Monomere (Einfachmoleküle) mit Doppelbindung zu kettenförmigen Polymeren (Vielfachmolekülen) durch Aufspaltung der Doppelbindung.



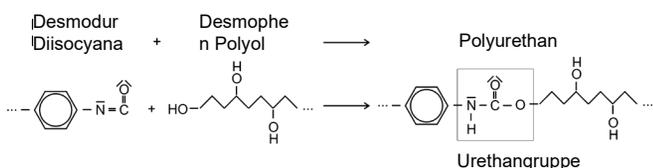
### 2. Polykondensation

Verbindung ungleichartiger Monomere (Einfachmoleküle) zu einem Polymer (Vielfachmolekül) unter Austritt eines niedermolekularen Nebenproduktes (z. B. Wasser, Ammoniak, Salzsäure ...)



### 3. Polyaddition

Verbindung ungleichartiger Monomere (Einfachmoleküle) zu einem Polymer (Vielfachmolekül) durch Umlagerung einzelner Atome oder Atomgruppen.



**Duroplaste** entstehen, wenn über die OH-Gruppen eines Polyols durch Kondensationsreaktion unter Wasserabspaltung Querverbindungen hergestellt werden oder wenn die Molekülketten noch Doppelbindungen enthalten, bei deren Aufspaltung die Ketten miteinander verbunden werden.

Duroplaste werden bei der Autoherstellung überwiegend für Kleinteile benötigt, die einer höheren Hitzebelastung z. B. im Bereich des Motors oder der Beleuchtung ausgesetzt sind, z. B. Riemenscheibe, Drosselklappe, Kurvenlicht, Bremskolben.

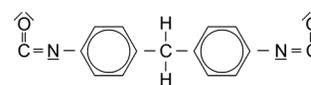
**Abbildungen Mitte:** Schaumstoffe sind aus unserem Alltag nicht mehr wegzudenken. Die Abbildung zeigt die Verwendung im Auto am Beispiel eines Kindersitzes sowie die Labor-Herstellung von Polyurethanschaum (PU-Schaum), den Schüler als Dämmmaterial häufig schon kennen. Der in der Bilderfolge dargestellte Versuch lässt sich im Unterricht mit Desmophen und Diisocyanat leicht durchführen.

Die Reaktion folgt im Prinzip der oben dargestellten Polyaddition, es fehlt nur die Zufuhr eines Treibmittels, um das Ganze aufschäumen zu lassen. Treibmittel sind Stoffe, die während der Reaktion eine Gasentwicklung herbeiführen, die das Aufschäumen bewirkt. Grundsätzlich unterscheidet man zwei Sorten von Treibmitteln:

Physikalische Treibmittel, das sind Zusätze mit niedrigem Siedepunkt, die durch die Reaktionswärme gasig werden.

Chemische Treibmittel, das sind Zusätze, die mit einer Reaktionskomponente unter Abspaltung eines Gases reagieren, ohne die Polyadditionsreaktion zu stören.

Beim Polyurethan enthält das Desmophen-Aktivatorgemisch als Zusatz Wasser, das mit dem Desmodur unter Abspaltung von CO<sub>2</sub>-Gas reagiert. Dabei bleiben aber die Cyanatgruppen an den Enden der entstehenden Moleküle erhalten, so dass die Polyadditionsreaktion ablaufen kann.



So sieht die vollständige Formel des Desmodurs (Diisocyanat) aus. Werden zwei dieser Moleküle miteinander in der unten gezeigten Weise verbunden, bleibt das neue Molekül ein Diisocyanat.



**TIPP:** Es ist sehr zu empfehlen, sich über die Internetadresse [www.plasticseurope.org/de](http://www.plasticseurope.org/de) (seit 2005 Plastics Europe Deutschland e. V., früher Verband Kunststoffherstellende Industrie e. V.) die Foliensammlung zum Thema Kunststoffe herunterzuladen und die für Schulen kostenlose Kunststoffprobensammlung zu bestellen.

Ebenso „Kunststoffe aus Makromolekülen“ von der Bayer AG.

### Lösungshinweise zu den Kopiervorlagen

#### Kopiervorlage 10: Kunststoffe am Auto

1. Vorteile: geringe Dichte (0,84–2,2 g/cm<sup>3</sup>), preiswert, bruchfest, korrodieren nicht, beständig gegen die meisten Chemikalien, nicht elektrisch leitend (Isolatoren), Wärme dämmend, schalldämmend, glatte Oberfläche (leicht zu reinigen), lassen sich beliebig durchgehend

färben, die meisten lassen sich gut recyceln

Nachteile: geringe mechanische Festigkeit, nicht kratzfest, laden sich elektrostatisch auf und ziehen dadurch Staub an, viele Kunststoffe sind brennbar, nicht hitzebeständig, lichtempfindlich

2. Thermoplaste bestehen aus unvernetzten Makromolekülen. Sie sind nicht besonders hitzebeständig und werden bei Erwärmung plastisch, lassen sich also leicht formen. Beispiel: Blinkerglas

Duroplaste bestehen aus stark vernetzten Makromolekülen, sie sind härter und spröder als die Thermoplaste und hitzebeständiger, da sie nicht aus gegeneinander beweglichen Molekülen, sondern einem Molekülgitter bestehen. Sie werden deshalb auch nicht plastisch, sondern zerfallen bei stärkerer Erwärmung durch Aufbrechen der Bindungen.

Beispiel: Stoßstange

Elastomere bestehen aus schwach vernetzten Makromolekülen. Sie sind ohne Erwärmung vorübergehend durch mechanische Einwirkung verformbar, lassen sich biegen und dehnen, finden aber durch die schwache Vernetzung in die Ausgangslage zurück (gummielastisch).

Beispiel: Reifen

3. Spritzgießen: siehe Lehrertext, Seite 14
4. Durch das Verdichten werden Gasblasen entfernt.
5. Thermoplaste sind leichter zu verarbeiten als Duroplaste und lassen sich leicht recyceln.