

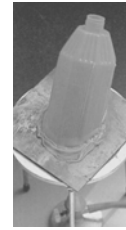
4 Wichtige Thermoplaste

Thermoplaste: thermos = warm; plassein = bilden, formen

Thermoplaste (Abb.1) erweichen bei vorsichtigem Erwärmen, ohne sich dabei chemisch zu verändern.

Sie sind innerhalb bestimmter Temperaturgrenzen beliebig oft verformbar.

Abb.1: Erwärmter Thermoplast



Dieses Verhalten erklärt sich dadurch daß sie aus fadenförmigen (oder wenig verzweigten) Makromolekülen (Polymeren) bestehen, zwischen denen nur schwache Anziehungskräfte bestehen. Beim Erwärmen schwingen alle Moleküle stärker, so daß die die einzelnen Ketten sich unabhängig voneinander bewegen können.

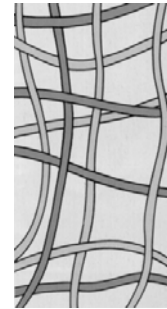


Abb.2: Fadenförmiger Aufbau von Thermoplasten

1) Polyethen (PE) veraltet: Polyethylen

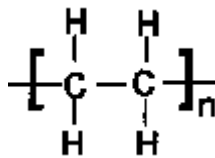


PE-HD



PE-LD

Aufbau:



Man unterscheidet verschiedene Sorten PE, insbesondere

HDPE oder PE-HD: High density PE und LDPE oder PE-LD: Low density PE

Eigenschaften:

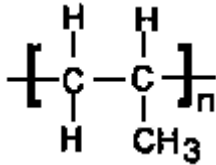
- Dichte: 0,92 - 0,96 g/cm³
- wachsartige Oberfläche
- gute elektrische Isolierfähigkeit
- chemisch sehr beständig
- geruchsfrei, geschmacksfrei, für Kontakte mit Lebensmitteln meist zugelassen

Verwendung:

- HDPE: Einkaufstaschen, Rohre für Trinkwasser und Abwasser, Heizung, Behälter, Isolier- und Ummantelungsstoff, Gefäße, Flaschen, Tuben, Dosen, Mülltonnen ...
- LDPE: Verpackungsfolien, Tragtaschen

Erkennen:

- schwimmt auf dem Wasser
- brennt nach Anzünden weiter, tropft brennend ab
- Flamme: gelb mit blauem Kern
- Geruch der Schwaden: nach ausgeblasener Kerze
- läßt sich mit dem Fingernagel einritzen
- bei Folien: HDPE: rascheln beim Zusammenknüllen, stark dehnbar
LDPE: raschelt nicht, dehnbar

2) Polypropen (PP) veraltet: Polypropylen**Aufbau:****Eigenschaften:**

- Dichte: 0,9 - 0,92 g/cm³
- große Festigkeit bis nahe der Erweichungstemperatur, spröde unter 0°C
- chemisch beständig
- geruchlos, geschmacklos, gut haut- und schleimhautverträglich
- fast unzerbrechlich, als Folien reißfest, nicht dehnbar
- für den Lebensmittelsektor geeignet

Verwendung:

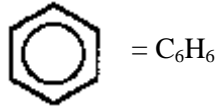
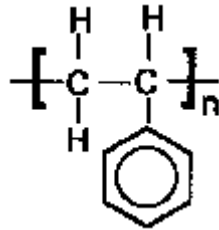
- kochfeste Folien, Gehäuse für Haushaltsmaschinen, Verpackungsfolien für Nahrungsmittel, Verschuß von Plastikflaschen, Becher und Flaschen, Kabelummantelungen, Rohrleitungen, Heißwasserbehälter

Erkennen:

- schwimmt auf dem Wasser
- Folien knittern nicht
- brennt nach dem Anzünden weiter, tropft brennend ab
- Flamme: gelb mit blauem Kern
- Geruch der Schwaden: schwach fruchtig (nach Rhabarber)
- läßt sich nicht mit dem Fingernagel eindrücken

Polyolefine:

Polyethen, Polypropen und Polybuten bezeichnet man als Polyolefine. Allgemein hängen deren Eigenschaften von den unterschiedlichen Dichten der Kunststoffe ab (zum Beispiel PE-LD: low density - niedrige Dichte) und somit von den Herstellungsverfahren, die von Hersteller zu Hersteller (z.B. BASF, DuPont) etwas unterschiedlich sind.

3.1) Polystyrol (PS)**Aufbau:****Eigenschaften:**

- Dichte: 1,05 g/cm³
- Farbe: glasklar mit hohem Oberflächenglanz
in allen Farben durchsichtig und gedeckt einfärbbar
- steif, hart, spröde, sehr schlagempfindlich (bricht leicht)
- wärmebeständig bis 70°C
- physiologisch unbedenklich

Verwendung:

- Verpackungen mit hohem Oberflächenglanz und Durchsichtigkeit
- Leuchten für Innenanwendung
- elektrotechnische Isolierteile
- einfaches Spielzeug, Wegwerfgeschirr, Haushaltsartikel
- Verpackung für Lebensmittel (Joghurt-Becher), Sortiereinsatz von Gebäck
- mit Zuschlägen (anderen Stoffen verbunden): Schraubendrehergriff, Kunststoffhammer

Erkennen:

- schwimmt nicht auf dem Wasser
- erzeugt beim Fallen einen metallischen (scheppernden) Klang
- brennt nach dem Anzünden weiter mit stark rußender Flamme

3.2) Expandiertes Polystyrol (EPS)**Handelsname:**

Styropor

Eigenschaften:

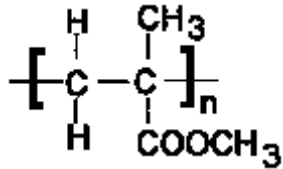
- weiß
- sehr leicht
- geruchlos

Verwendung:

- Isolationsmaterial
- Verpackungsmaterial (-Chips) für Lebensmittel und anderes

4) Polymethylmethacrylat (PMMA) (Plexiglas)

Aufbau:



Eigenschaften:

- Dichte: 1,18 g/cm³
- Farbe: glasklar mit hohem Oberflächenglanz
in allen Farben transparent und gedeckt einfärbbar
- optisch hochwertig (organisches Glas)
- maximale Gebrauchstemperatur 70°C
- witterungsbeständig, hart, maßhaltig

Verwendung:

- Brillengläser, Uhrgläser, Lupen, Kontaktlinsen
- Signalfarben für Autolichter, Blinklichter, Verkehrsampeln
- Präzisionsteile für Feinwerktechnik, Skalen, Meß- und Zeichengeräte
- Sanitärarmaturen, Display-Vorsatzscheiben, Möbelbeschläge
- Becher, Schüsseln

Erkennen:

- brennt nach Anzünden weiter mit leuchtender und knisternder Flamme
- Geruch der Schwaden: fruchtig

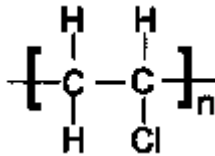
Bemerkung:

- PE, PP, PS und PMMA verbrennen in der Müllverbrennungsanlage unter Bildung von Kohlendioxid und Wasser, das bedeutet es entstehen im Prinzip keine schädlichen Abgase

5) Polyvinylchlorid (PVC)



Aufbau:



PVC hart (weichmacherfreies PVC)

Eigenschaften:

- Dichte: 1,38 g/cm³
- zäh, bricht nicht (Knickspuren)
- chemisch sehr beständig
- gut beständig gegen Licht und Witterung (bei geeigneten Stabilisatoren und Pigmenten)
- nicht entflammbar

Verwendung:

- Rohrleitungen, Dachrinnen, Rolladenstäbe, Fensterprofile, Getränkeflaschen, Verpackungsbecher

PVC weich (mit Weichmachern)

Eigenschaften:

- Dichte: 1,2 - 1,35 g/cm³
- Eigenschaften werden wesentlich von Art und Anteil des Weichmachers beeinflusst
- allg. weniger witterungsbeständig (insbesondere gegen Licht)

Verwendung:

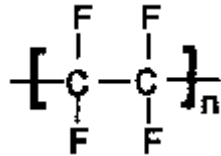
- Fußbodenbeläge, Gartenschläuche, Kabelummantelungen, Silofolien in der Landwirtschaft, Kunstlederbezüge

Erkennen:

- sinkt im Wasser
- brennt leuchtend gelb und zersetzt sich. Es bildet sich HCl welches mit pH-Papier eine saure Reaktion zeigt
- außerhalb der Flamme erlischt PVC weich

6) Polytetrafluorethen PTFE (Teflon)

Aufbau:



Eigenschaften:

- Dichte: 2,13 bis 2,23 g/cm³
- da die Fluoratome sehr fest am Kohlenstoff gebunden sind ist PTFE chemisch und thermisch sehr beständig
- größter Temperatur-Anwendungsbereich (-200°C bis 260°C), Zersetzungstemp.: 400°C
- absolut wetter- und lichtbeständig, keinerlei Wasseraufnahme
- geringer Reibungskoeffizient
- ausgezeichnete dielektrische Eigenschaften, die frequenz- und temperaturunabhängig sind

Verwendung:

- Dichtungen, Pfannen, Töpfe, Bügeleisensohlen
- Lager
- Folien, Rohre, Schläuche

Erkennen:

- PTFE brennt nicht und schmilzt auch nicht in der Flamme.
- Es verkohlt nur, dabei bilden sich Fluor F₂ und Fluorwasserstoff HF, welche am stechenden Geruch und an der stark sauren Reaktion zu erkennen sind.

Bemerkung:

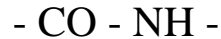
Kunststoffe wie PVC und PTFE, die Halogene enthalten, sind meistens nicht brennbar. Beim Erhitzen spalten sie Halogen oder Halogenwasserstoff ab.

Bei der thermischen Zersetzung von PVC und PTFE können auch die sehr giftigen Dioxine entstehen. Sie sind daher nicht dazu geeignet, in Müllverbrennungsanlagen entsorgt zu werden.

7) Polyamid (PA)

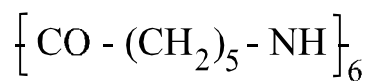
Aufbau:

Polyamide enthalten immer die Carbonsäureamid-Gruppe:



Zwischen den Carbonsäureamid-Gruppen sind CH_2 -Gruppen angeordnet.

Beispiel: Polyamid 6.6



Eigenschaften:

- hervorragende mechanische Eigenschaften: zäh, hart, steif
- hohe Verschleiß-, Scheuer- und Reißfestigkeit
- hohe Wetter- und Laugenbeständigkeit
- beständig gegen die meisten Lösungsmittel: Fette, Öle, Treibstoffe
- gute Elastizität
- Dichte: $1,12 \text{ g/cm}^3$ - $1,16 \text{ g/cm}^3$

Verwendung:

- als PA6 und PA6.6 (Nylon, Perlon ...):
 - als Maschinenelemente: Laufrollen, Gleitlager, Dichtungen, Riemenscheiben, Schrauben, Zahnräder
 - Textilindustrie: Gurte, Schnüre, Reißverschlüsse
 - Fischen: Angelleine, Netze
- als hochfeste, temperaturstandfeste Aramidfasern (Kevlar, Nomex ...): für Feuerschutzkleidung, Kunststoffverstärkung

Erkennen:

- schwerer als Wasser
- schwer anzündbar, bläulich gelber Rand, knisternd abtropfend, fadenziehend
- brennt außerhalb der Flamme z.T. weiter, z.T. nicht (je nach Sorte)
- typischer Geruch, ähnlich verbranntem Horn

Entsorgung:

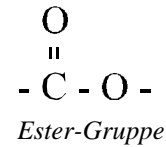
Bei der Verbrennung entstehen Stickoxide NO_x (insbesondere NO und NO_2)
 Diese reagieren mit der Luftfeuchtigkeit zu Salpetriger Säure HNO_2 und Salpetersäure HNO_3 .
 Beide Säuren sind zu 1/3 Bestandteile des Sauren Regens.

8) Lineare (halb-)aromatische Polyester

Ester sind Stoffe die bei der Reaktion von Alkoholen mit organischen Säuren entstehen.

Durch Polymerisation der Ester entstehen Polyester.

Lineare (halb-)aromatische Polyester sind Polyester, die nicht verzweigt sind und Benzolringe (→ Aromaten) enthalten. In regelmäßigen Abständen ist in der Kette die Ester-Bindegruppe zu finden.



Polyester, deren Makromoleküle zwischen den Ester-Gruppen nur CH₂-Gruppen haben, werden zur Herstellung einiger Kunststoffe wie beispielsweise Polyurethanen und Lackharzen verwendet.

Lineare (halb-)aromatische Polyester sind Kunststoffe wie beispielsweise Polycarbonate (PC) und Polyethenterephthalate (PET(P)).

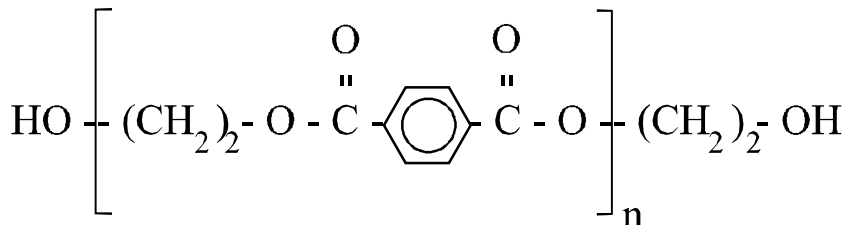
○ Polyethenterephthalate (PET oder PETP)



Handelsnamen:

Mylar (US), Hostaphan (US), Tenite(US), Melinex (US), Melinar (GB), Scotchpak(D), Trevira (D)

Aufbau:



Eigenschaften:

- farblos (glasklar)
- hart, steif, bei niedrigen Temperaturen schlagzäh
- gutes Gleit- und Abriebverhalten
- gute elektrische Eigenschaften, wenig frequenz- und temperaturabhängig
- Dichte: 1,3 g/cm³ - 1,5 g/cm³

Verwendung:

- Blisterverpackungen
- Transparente Flaschen (Getränke, Speiseöl)
- Streckfolien: Zeichen- und Klebefolien, Träger für magnetische Aufzeichnungen (Scheiben/Bänder)

Erkennen:

Anzünden: brennt in der Flamme, z.T. außerhalb (tropft ab), leuchtende Flamme, knisternd, rußt, Geruch süßlich kratzend

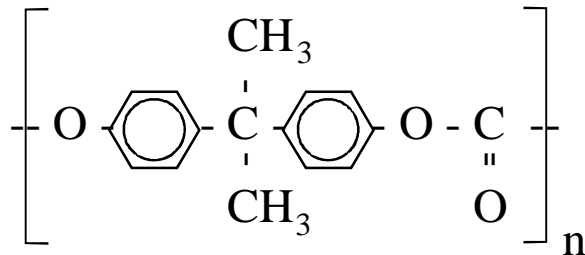
Pyrolyse: schmilzt, zersetzt sich, wird dunkelbraun, weißer Beschlag, Schwaden reagieren sauer

○ Polycarbonate

Handelsnamen:

Makrolon (D), Orgalan (FR), Merlon (US), Lexan

Aufbau:



Eigenschaften:

- ausgezeichnete Lichtdurchlässigkeit (glasklar) mit hohem Oberflächenglanz
- in allen Farben und Farbdichten einfärbbar
- hohe mechanische Festigkeit
- schlagzäh bis etwa 150°C
- kerbempfindlich, geringe Dauerschwingfestigkeit
- Gefahr der Spannungsrißbildung
- Wärmeformbeständigkeit
- gute elektrische und dielektrische Eigenschaften
- hervorragende Maßhaltigkeit
- recht geringe Wasseraufnahme
- gut wetterbeständig
- begrenzte chemische Beständigkeit
- brennen mit stark rußender Flamme
- verlöschen meist nach Entfernen der Zündflamme von selbst
- Dichte: 1,20 g/cm³- 1,22 g/cm³

Verwendung:

- Platten für besonders schlagzähe Lichtbauelemente, Lampenkuppeln, Verglasungen
- Compact Discs
- Folien für Elektroisolierzwecke
- (Chemie) Fasern für Filter
- viele Anwendungen als Polycarbonat-Copolymeren und Polycarbonat-Blends (Mischungen mit ABS, PS, PET, PP-Cop. u.a.)

Erkennen:

Anzünden: brennen mit stark rußender Flamme

verlöschen meist nach Entfernen der Zündflamme von selbst

Pyrolyse: Reaktion der Dämpfe: pH 5,0-5,5 bzw. Lackmuspapier verändert sich kaum

schmilzt schlecht (Wärmeformbeständigkeit)

9) Polyurethane (PUR, auch PU)

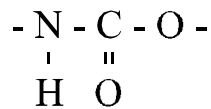
Lineare Polyurethane sind Thermoplaste, die aus linearen Polyestern hergestellt werden. Man kann sagen daß es sich um Polyester mit eingebauten Urethangruppen handelt.

Sie wurden (1935 von Bayer) als Konkurrenzprodukt zu Nylonfasern (DuPont) entwickelt, man stellte jedoch schnell fest daß sie als Fasern wenig geeignet waren.

Durch zunehmende Vernetzung der Molekülketten verändern sich die Kunststoffe zu gummi-elastischen (siehe Elastomere) und dann zu duroplastischen Produkten (siehe Duroplaste). Ca. 80% der Polyurethane werden als Elastomere eingesetzt.

Allgemein lassen sich die Eigenschaften durch Zugabe unterschiedlicher Komponenten und Additive auf die Anwendungen abstimmen.

Aufbau:



Urethangruppe (auch Carbaminsäureester)

Die Urethangruppe wiederholt sich ständig im Makromolekül

Eigenschaften:

- verhalten sich „polyamidhart“ bis gummielastisch
- hohe elastische Festigkeit und Zähigkeit
- abriebfest
- gut beständig gegen Witterung, viele Lösungsmittel und nicht alkoholhaltige Treib- und Schmierstoffe
- wird durch Säuren, Laugen und heißes Wasser hydrolytisch abgebaut
- nicht lichtdurchlässig (außer einige Sorten)
- verlöschen meist nach Entfernen der Zündflamme von selbst
- Dichte: 1,11 g/cm³-1,25 g/cm³

Verwendung:

In Haushalt, Sport und Medizintechnik

- Noppen Fußballschuhe
- Spritzgußartikel
- Hohlkörper
- Folien (technische Membrane, Kondome)
- Beschichtung von Schlechtwetter- und Sportbekleidung
- Rollen, Lagerschalen
- Ummantelungen (Kabel)
- Schläuche (z.B. Feuerwehr)
- Ohrmarken von Kälbern

Erkennen:

Anzünden: Flamme gelb mit blauem Rand
verlöschen meist außerhalb der Flamme

Pyrolyse: Reaktion der Dämpfe: pH 5,0-5,5 bzw. Lackmuspapier kaum verändert
stechender Geruch (Isocyanat)

