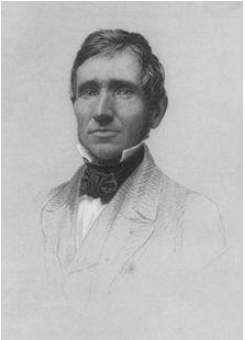


# Kunststoffe

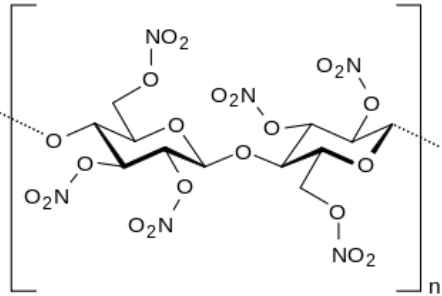
- Historie
- 17. und 18. Jahrhundert: Naturkautschuk
  - 1833 Charles Goodyear: Vulkanisierung
  - 1846 Christian Schönbein: Zelluloid
  - Max Fremery: Viscosefaser (Cellulose)
  - 1872 Adolf v. Bayer: Phenolharze (Aminoplaste)
  - 1907 Leo Hendrik Baekeland: Bakelit
  - 1909 Fritz Hofmann: Buna
  - Weitere: Polystyrol, Polyacrylate (Plexiglas)



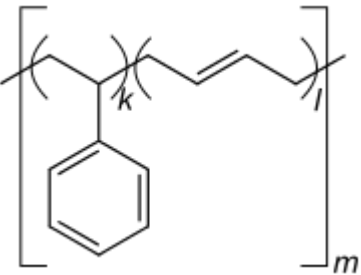
Gummibaum *Ficus elastica*



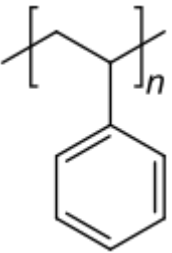
Charles Goodyear  
1800-1860



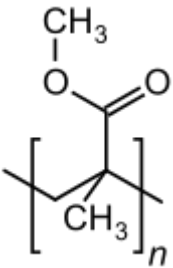
Nitrocellulose  
Schießbaumwolle



Buna (Styrol-Butadien)

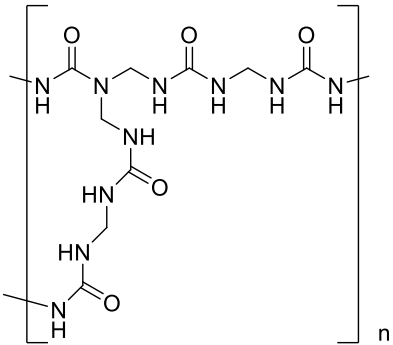
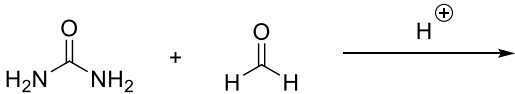


Polystyrol



Polymethacrylat

## Aminoplaste



## Kunststoffe

Geschichte: Biopolymere (Holz, Leder, Baumwolle, Birkenpech, Kautschuk)

Erste Kunststoffe aus Biopolymeren:

Kautschuk (Goodyear 1839);

Celluloid (Schönbein 1846);

Linoleum (Walton 1844);

Viscoseide (Fremery 1891);

Galalith Kunsthorn aus Kasein (Kirsche 1885)

Erste „echte“ Kunststoffe:

Bakelit (Bayer, Baekeland 1872/1907)

Buna (Butadien/Styrol) (Hofmann 1909)

Polystyrol (Simon 1834)

PVC (Regnault 1835)

Polacrylate (Röhm 1901)

Moderne Kunststoffe (Hermann Staudinger 1917):

Polyethylen (Ziegler, Natta 1933)

Polyester (Berzelius 1834)

Epoxidharze (Schlack 1935)

Polyamide (Carothers 1939)

Aramide (Kwolek 1961)

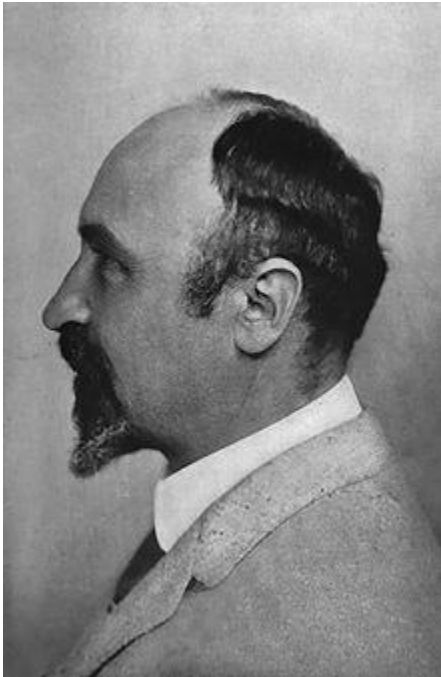
Teflon (Plunckert 1938)

Silicone (Kipping 1901)

Polyacrylnitril (Rein 1942)

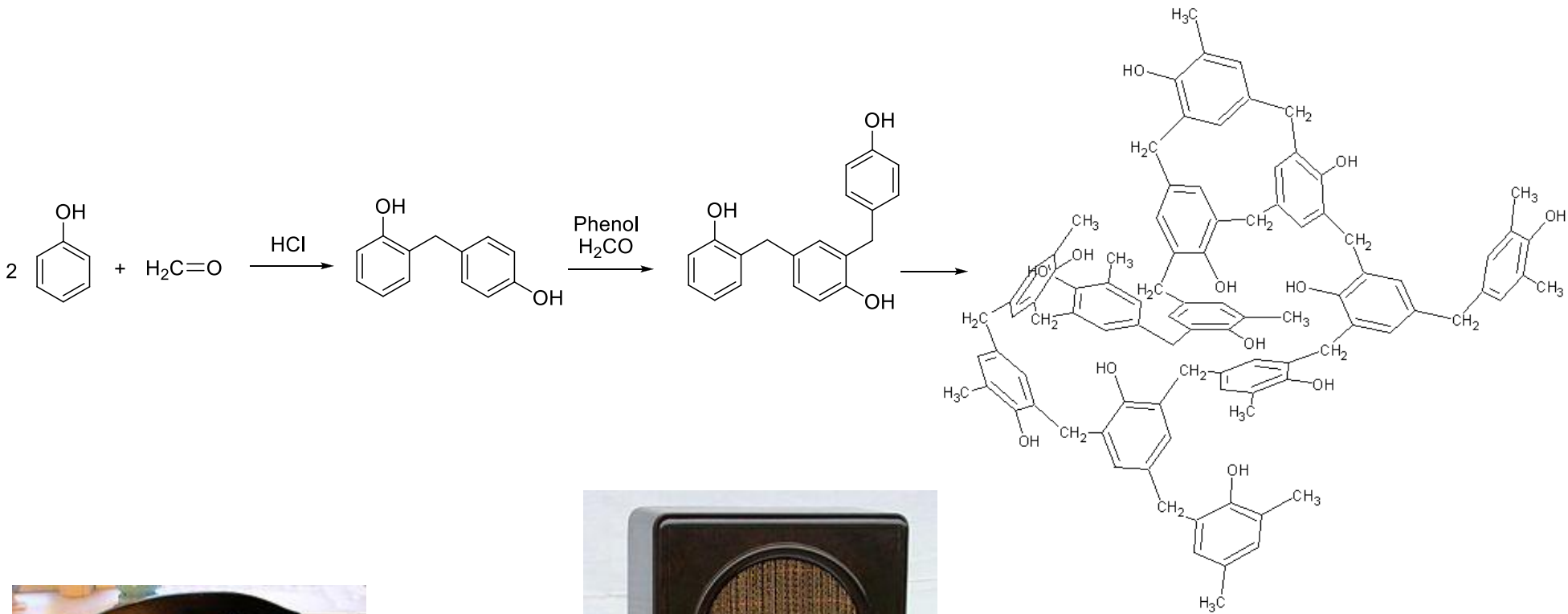
Polyurethane (Bayer 1939)

Kunststoffe



Leo Hendrik Baekeland  
(1863-1944)

Bakelit 1907  
duroplastisches Phenolharz

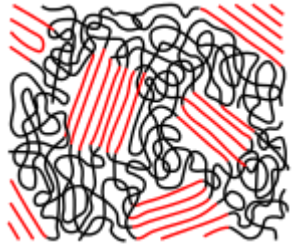


Ericsson Bakelitephon 1931



Seibt Volksempfänger, Typ VE301W 1938

# Kunststoffe / Einteilung

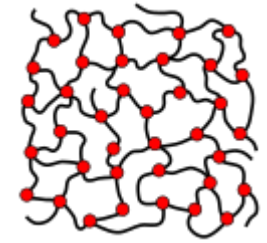


Unvernetzte Polymeren mit einer teilkristallinen Struktur.  
Thermoplaste haben eine Glasatemperatur und sind schmelzbar.



Thermoplaste (durch Wärme verformbar)

Polyethylen (PE), Polystyrol (PS), Polyamid (PA)  
Polypropylen (PP), Polyvinylchlorid (PVC)  
Polycarbonat (PC), Polyethylen-terephthalat (PET)  
Polyoxymethan (POM), Polyphenylenether (PPE)  
Polymethylmethacrylat (PMMA)

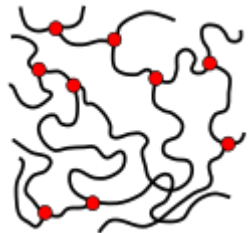


Duroplaste bestehen aus engmaschig vernetzten Polymeren.

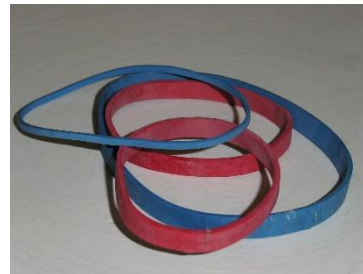


Duroplaste (gehärtete Kunststoffe)

Phenolharze  
Epoxidharze  
Polyurethane  
Phenolplaste, Bakelit  
Harnstoffharze, Melaminharze



Elastomere bestehen aus weitmaschig vernetzten Polymeren.  
Die Weitmaschigkeit erlaubt unter Zugbelastung eine Streckung des Materials.



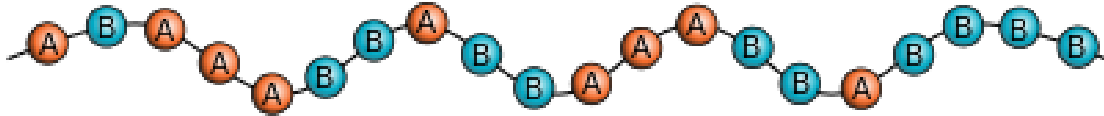
Elastomere (elastische Kunststoffe)

Naturkautschuk (NK)  
Acrylnitril-Butadien-Kautschuk (NBR)  
Styrol-Butadien-Kautschuk (SBR)  
Chloropren-Kautschuk (CR)  
Butadien-Kautschuk (BR)  
Ethylen-Propylen-Dien-Kautschuk (EPDM)

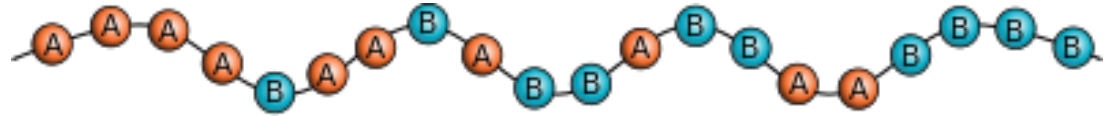
## Kunststoffe / Copolymere

**Homopolymere** sind Polymere, die aus einer identischen Monomereinheiten zusammengesetzt sind

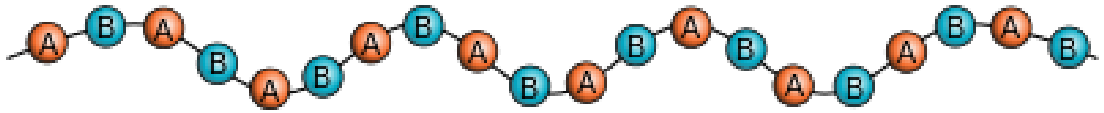
**Copolymere** sind Polymere, die aus zwei oder mehr verschiedenartigen Monomereinheiten zusammengesetzt sind



Statistisches Copolymer



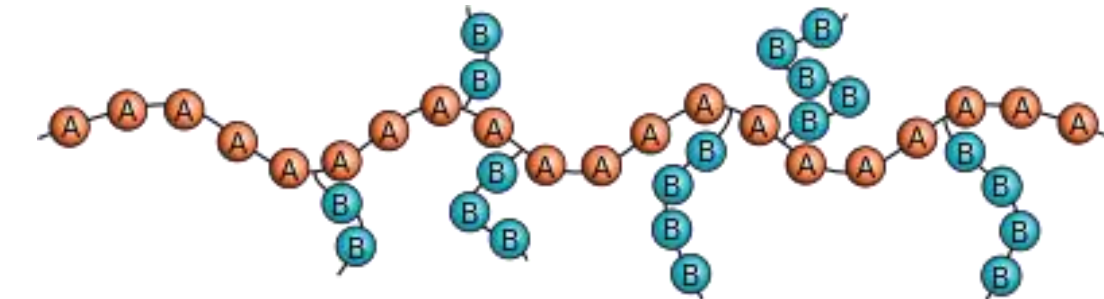
Gradientcopolymer



Alternierendes Copolymer



Blockcopolymer



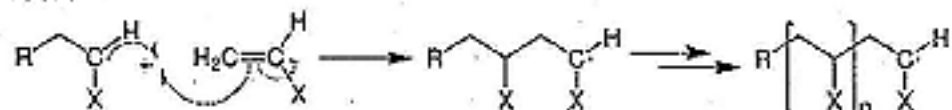
Pfropfcopolymer

# Kunststoffe

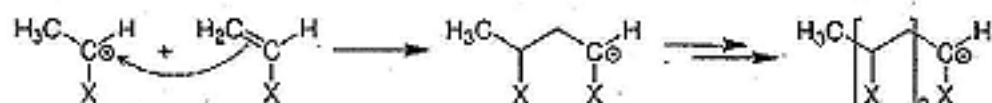
## Polymerisationstypen

### Kettenpolymerisation

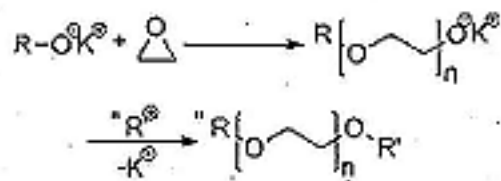
#### Radikalisch:



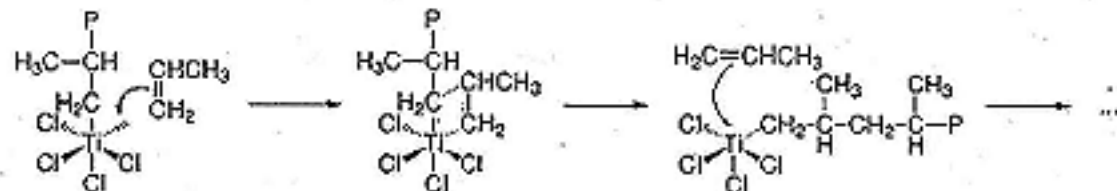
#### Kationisch:



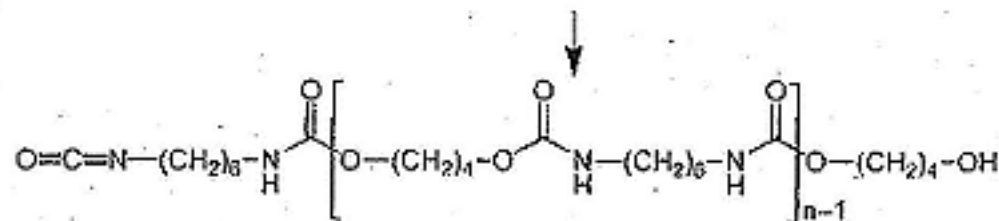
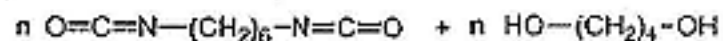
#### Anionisch:



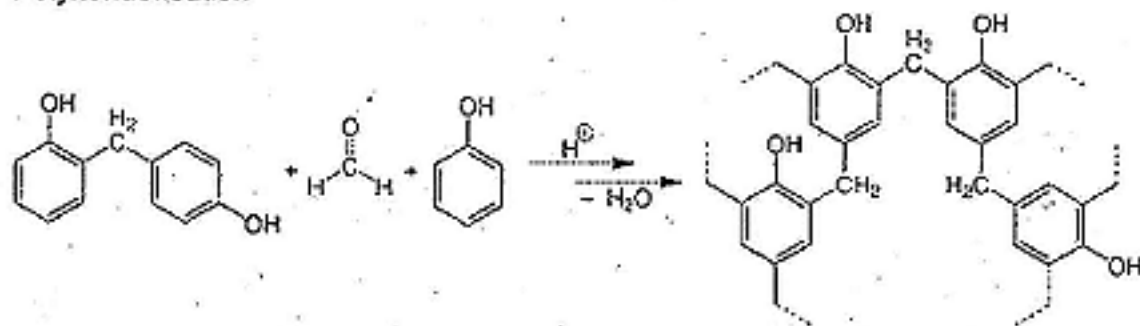
### Koordinative (Ziegler-Natta-Verfahren):



### Polyaddition

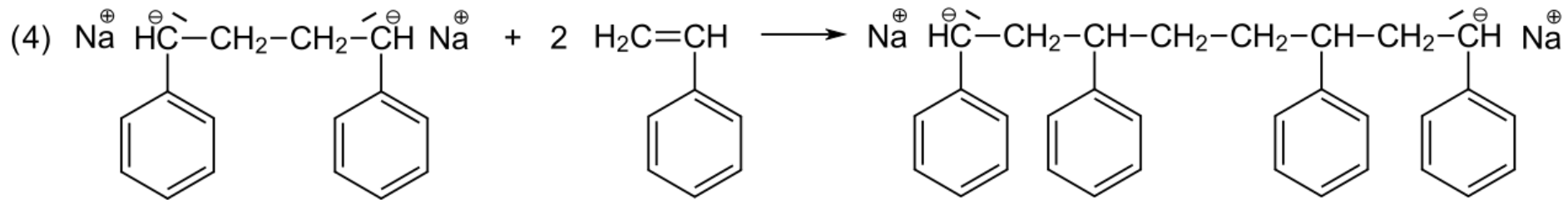
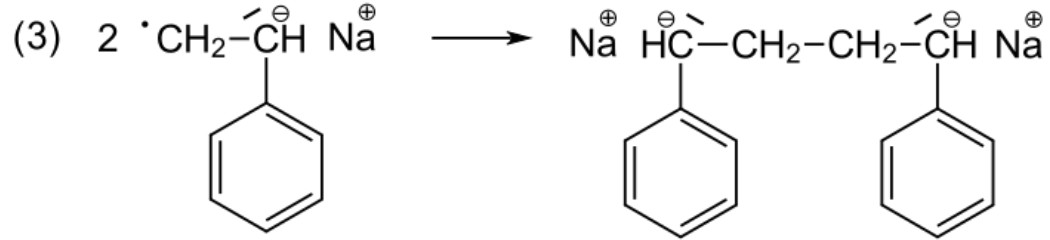
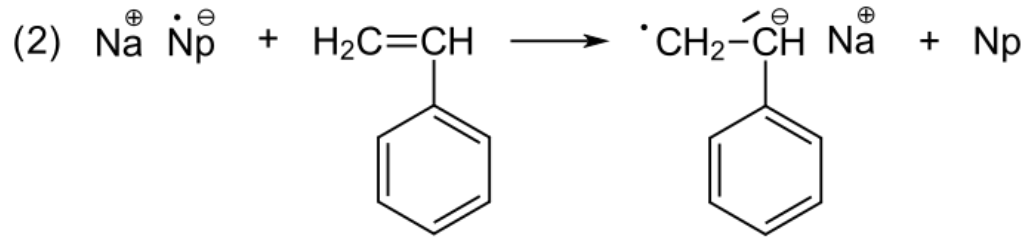
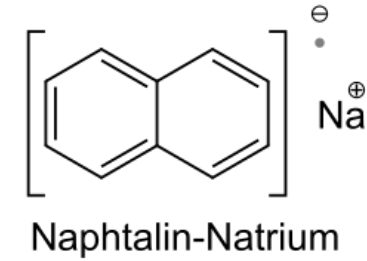
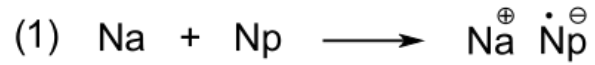


### Polykondensation



# Kunststoffe / lebende Polymerisation

Kettenpolymerisationen ohne Abbruchreaktionen und Kettenübertragungen.

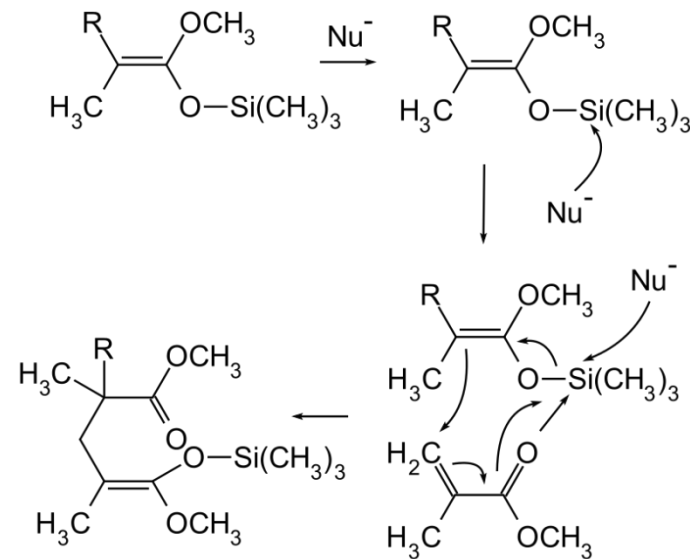
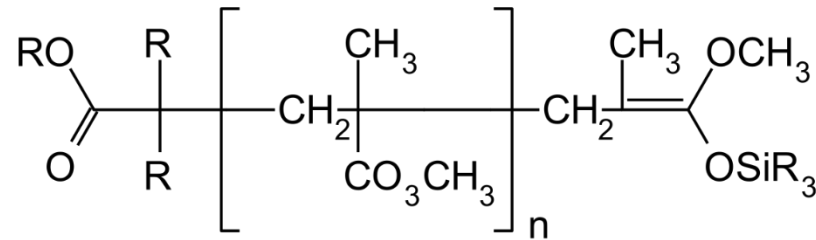
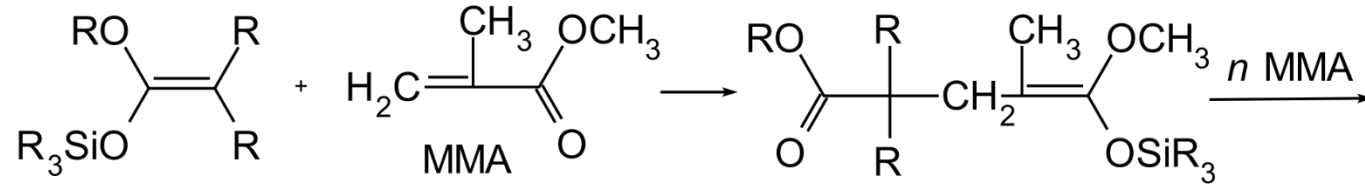


# Kunststoffe / Gruppentransfer-Polymerisation

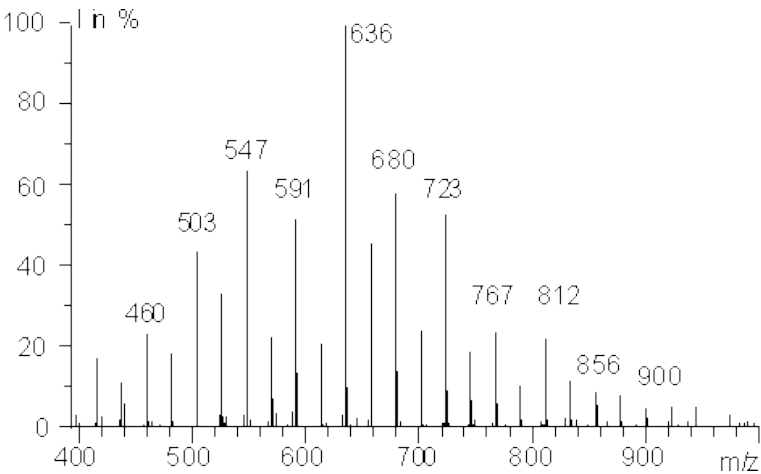
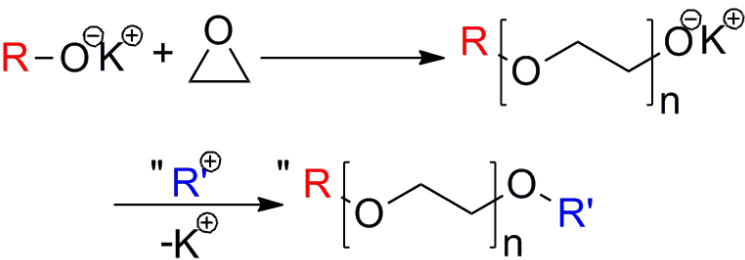
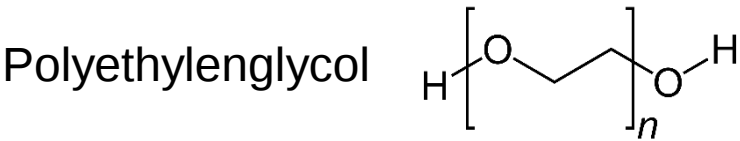
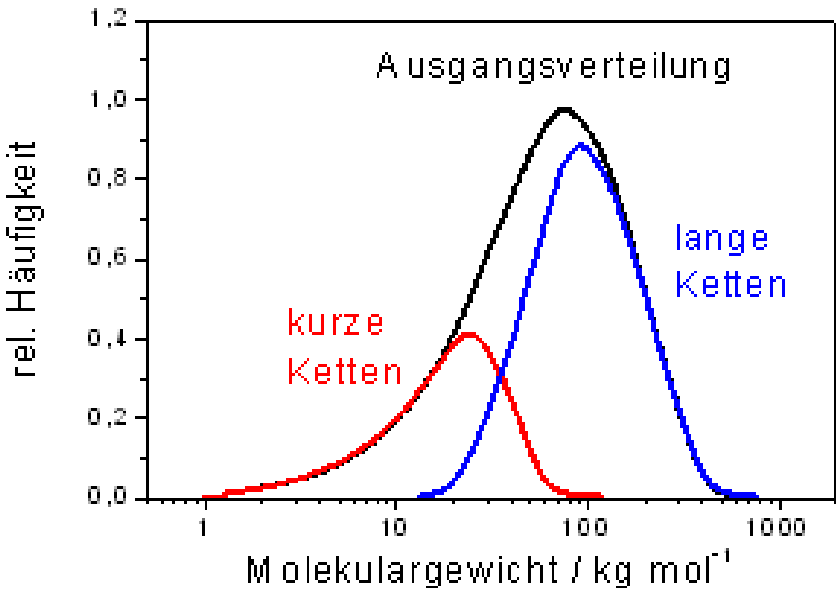
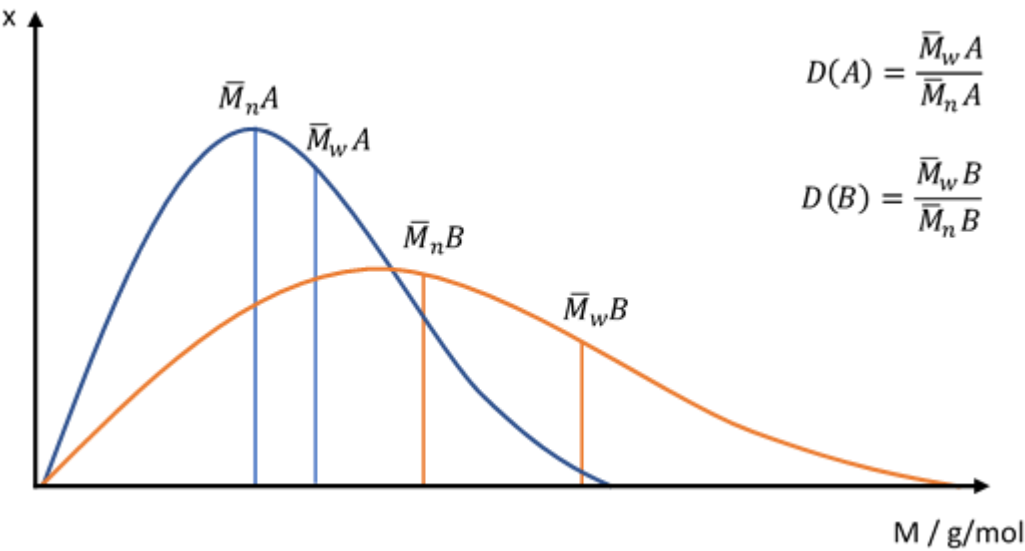
## Polymerisation von Acrylmonomeren mit Silylketenacetalen

Dispersionsmittel

rheologische Additive und für Toner

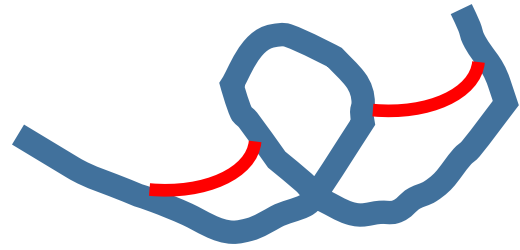


# Kunststoffe / Molmassenverteilung

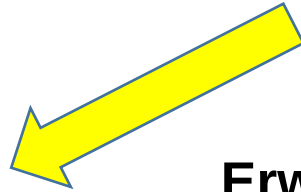
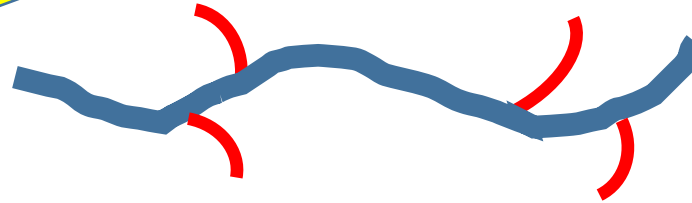
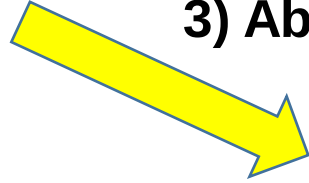


| PEG   | mp °C |
|-------|-------|
| 300   | -20   |
| 400   | 4     |
| 600   | 15    |
| 1000  | 35    |
| 1500  | 42    |
| 3000  | 50    |
| 4000  | 53    |
| 6000  | 55    |
| 20000 | 57    |

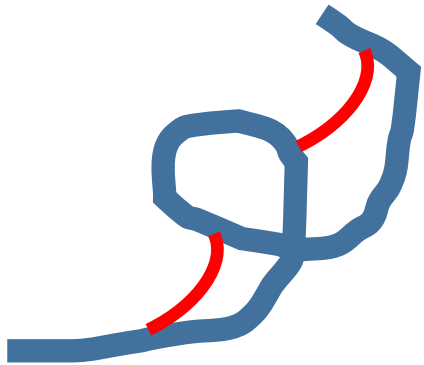
# Formgedächtniskunststoffe



- 1) Erwärmen
- 2) Umformen
- 3) Abkühlen

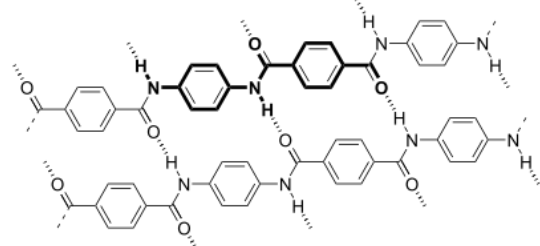
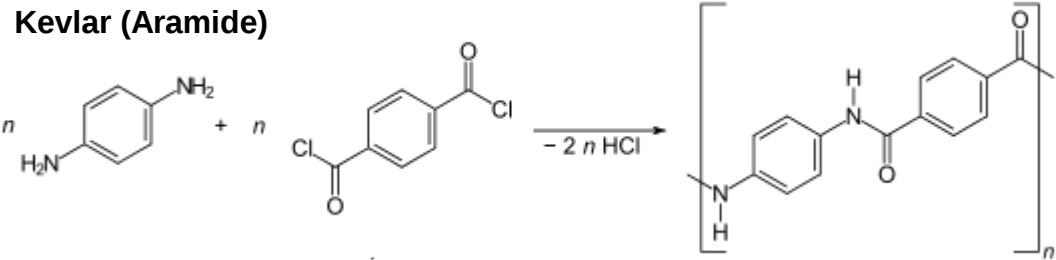


**Erwärmen**



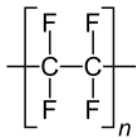
Kunststoffe

Kevlar (Aramide)

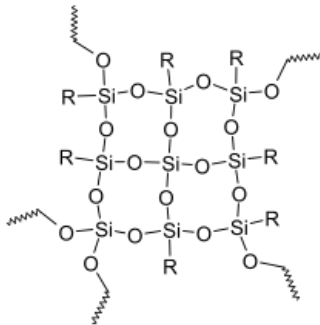
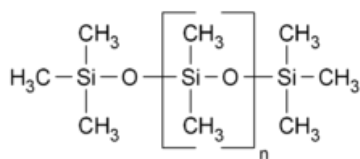


Stephanie Kwolek

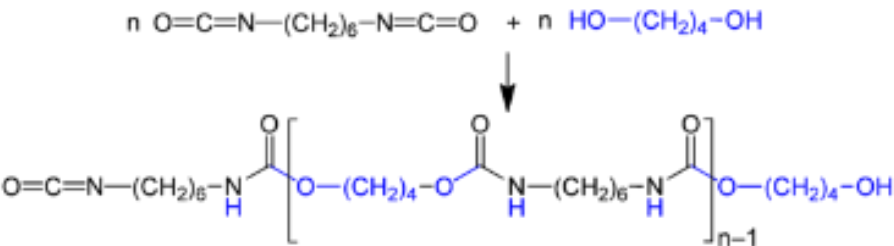
Teflon



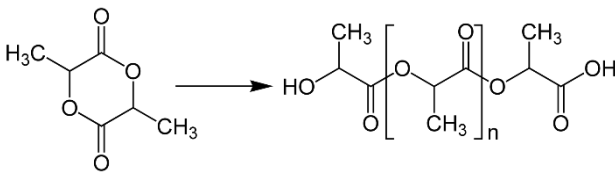
Silikone



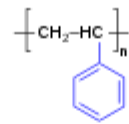
Polyurethane



Polylactide



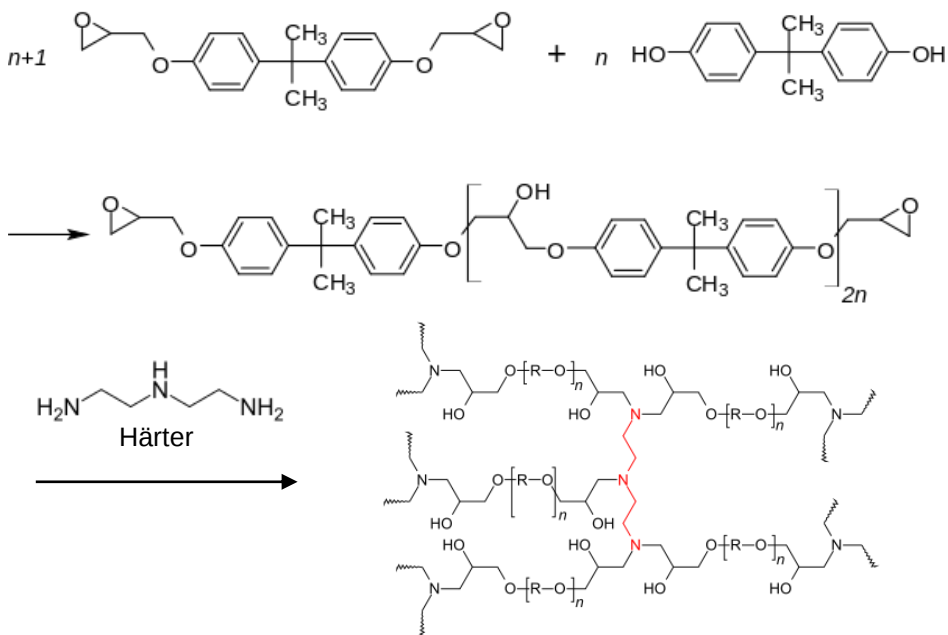
Polystyrol (PS)



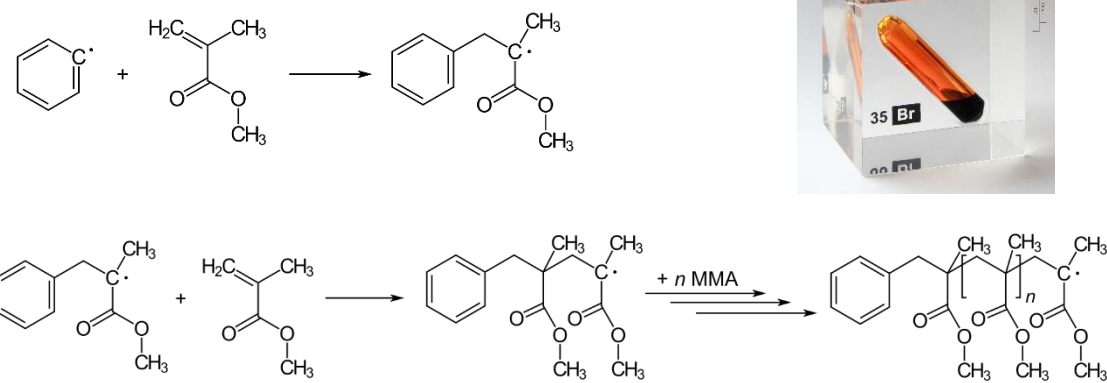
| ataktisch<br>(PS-at)                                          | syndiotaktisch<br>(PS-st)                                                                                              | isotaktisch<br>(PS-it)                                                                                                 |
|---------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                               |                                                                                                                        |                                                                                                                        |
| amorph<br>$T_g = 100 \text{ }^\circ\text{C}$<br>$T_m = \cdot$ | teilkristallin<br>( $\Rightarrow$ schnell)<br>$T_g = 100 \text{ }^\circ\text{C}$<br>$T_m = 270 \text{ }^\circ\text{C}$ | teilkristallin<br>( $\Rightarrow$ langsam)<br>$T_g = 100 \text{ }^\circ\text{C}$<br>$T_m = 240 \text{ }^\circ\text{C}$ |

# Kunststoffe

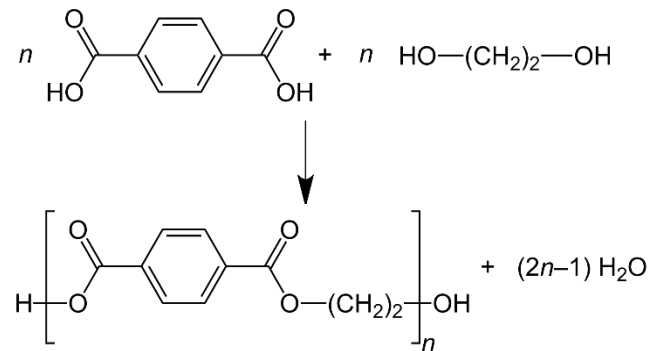
## Epoxidharze



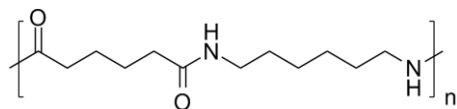
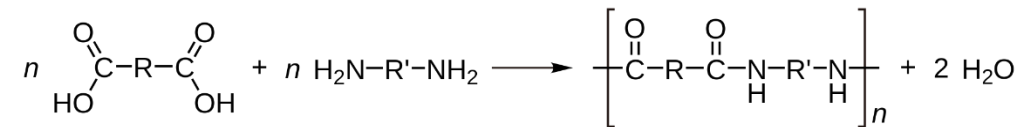
## Polymethylmethacrylat (PMME, Plexiglas)



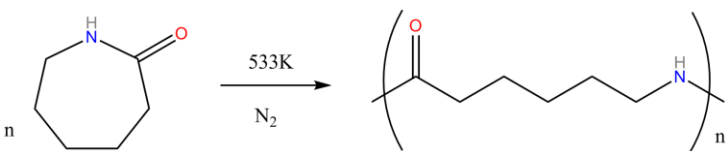
## Polyethylenterephthalat (PET)



## Nylon

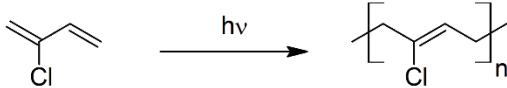


Nylon-6,6



Nylon-6

## Neopren



Wallace Carothers 1930

## Wichtige Massenkunststoffe

### Polyethylen (PE)

Polyethylen wird hauptsächlich in drei unterschiedlichen Qualitäten hergestellt: HD-PE (*High-Density-PE*), LLD-PE (*Linear-Low-Density-PE*), LD-PE (*Low-Density-PE*).

Folien, Formteile  
Fässer



### Polypropylen (PP)

Polypropylen wird fast ausschließlich auf metallkatalytischem Wege hergestellt, da nur das so erhaltene kristalline Material kommerziell verwertbare Eigenschaften aufweist.

Luftfiltergehäuse, Spoiler, Sitzbezüge,  
Gaspedale, Gartenmöbel,  
Toilettendeckel, Kunstrasen, Koffer,  
Schulranzen, medizinische Geräte.

### Polyvinylchlorid (PVC)

sehr gute Beständigkeit gegen Säuren, Basen, Fette, Alkohole und Öle, sehr geringe Wärmebeständigkeit, thermoplastisch.

Abwasserrohre, Fensterprofile,  
Bodenbeläge, Dichtungen, Schläuche,  
Kunstleder

### Polystyrol (PS)

Polystyrol wird überwiegend als amorpher Thermoplast hergestellt. Mittels Kohlenstoffdioxid aufgeschäumtes Polystyrol wird unter anderem als *Styropor* vertrieben

Isolierung von elektrischen Kabeln,  
Schaumstoffe, Verpackungsmaterial,  
Wärmedämmung, Wärmeboxen

# Wichtige Massenkunststoffe

## Polyurethan (PU/PUR)

Die Eigenschaften von Polyurethanen können durch Wahl der Isocyanat- oder Urethan-haltigen Monomerkomponenten sehr stark in ihrer Elastizität variiert werden.



Matratzen, in Autositze, Sitzmöbel, Dämmmaterial, Schwämme, rostverhindernde Polymerschicht auf Eisen

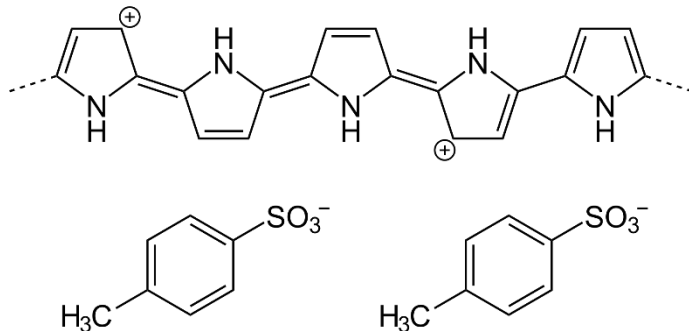
## Polyethylenterephthalat (PET)

Polyethylenterephthalat ist ein Polyester aus Terephthalsäure und Ethylenglycol. PET besitzt hohe Steifigkeit, Härte, Abriebfestigkeit und ist beständig gegen verdünnte Säuren, Öle, Fette und Alkohole.

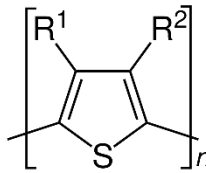
Teile für Haushalts- und Küchengeräte, Computer, Zahnräder, Lager, Schrauben, Federn, Sicherheitsgurte, Lkw-Abdeckplanen, Implantate, Prothesen.

## Leitfähige Polymere

Intrinsisch leitfähige Polymere, sind Kunststoffe mit elektrischer Leitfähigkeit, die vergleichbar mit Metallen sind.



Dotiertes Polypyrrol



Polythiophene

wiederaufladbare Batterien, OLED, Bildschirme, Sensoren  
Photovoltaikzellen