

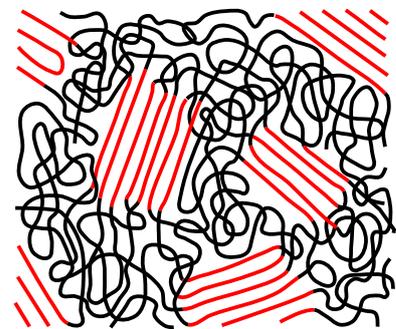
Kunststoffe sind aus unserem modernen Leben nicht mehr wegzudenken. Sie finden in nahezu allen Bereichen Anwendung und haben eine enorme Bedeutung für unsere Gesellschaft und Wirtschaft.

Was sind Kunststoffe? Kunststoffe sind synthetische Materialien, die aus organischen **Polymeren** (vielfach Moleküle) hergestellt werden. Polymere sind lange Kettenmoleküle (Riesenmoleküle), die aus wiederholenden kleinen Molekülen, den sogenannten Monomeren, bestehen. Kunststoffe zeichnen sich durch ihre Formbarkeit und Vielseitigkeit aus.

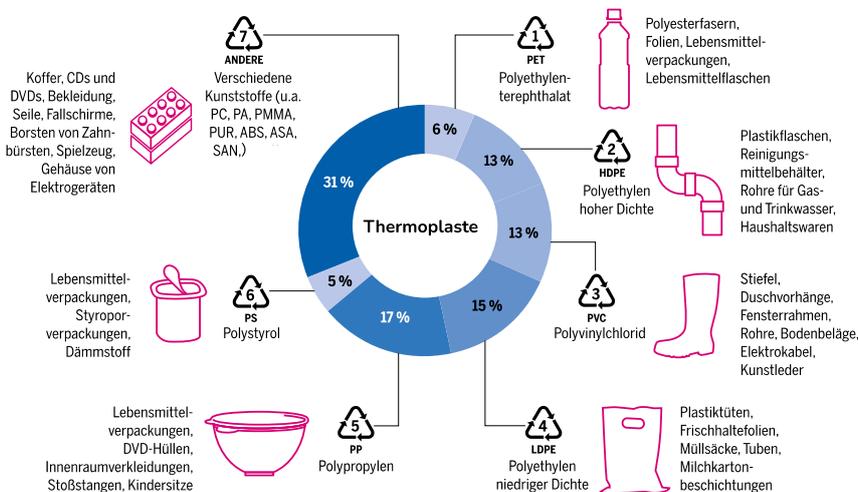
Eigenschaften von Kunststoffen: Kunststoffe besitzen eine Vielzahl von Eigenschaften, wie die leichte Formbarkeit, die hohe Beständigkeit gegenüber chemischen Einflüssen, die Isolierfähigkeit gegenüber Elektrizität und Wärme sowie die Witterungsbeständigkeit.

Neben diesen allgemeinen Eigenschaften lassen sich Kunststoffe auch in verschiedene Kategorien einteilen, je nach ihrer molekularen Struktur und ihrem Verhalten bei Hitze und Druck. Die drei wichtigsten Kategorien sind **Thermoplaste, Duroplaste und Elastomere**.

Thermoplaste sind Kunststoffe, die bei Erwärmung weich und formbar werden. Sie können mehrfach geschmolzen und geformt werden, ohne dabei ihre chemische Struktur zu verändern. Ein bekanntes Beispiel für einen Thermoplasten ist Polyethylen (PE), das in Form von Folien, Flaschen oder Beuteln weit verbreitet ist. Thermoplaste sind aufgrund ihrer guten Verarbeitbarkeit und Recyclbarkeit sehr beliebt und finden Anwendung in Bereichen wie Verpackung, Konsumgüter, Automobilindustrie, ...

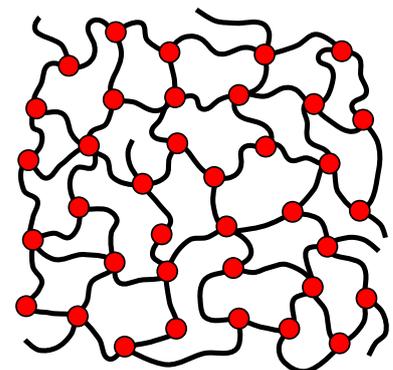


[Roland.chem, Polymerstruktur-teilkristallin](#), ©©



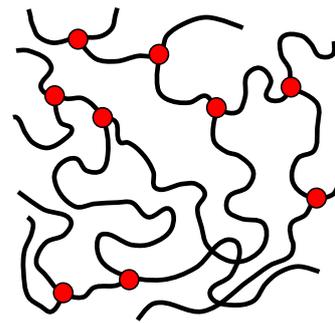
PLASTIKATLAS | Appenzeller/Hecher/Sack, [Typen von Kunststoff nach Verwendung und Recyclingkennzeichnung](#), ©©40

Duroplaste sind Kunststoffe, die bei der Härtung eine dreidimensionale, vernetzte Struktur bilden und dadurch eine feste, nicht schmelzbare Form annehmen. Im Gegensatz zu Thermoplasten sind Duroplaste nicht mehr umformbar, wenn sie erst einmal ausgehärtet sind. Bekannte Beispiele für Duroplaste sind Epoxidharze und Phenolharze. Duroplaste zeichnen sich durch ihre hohe Festigkeit, Steifigkeit und Beständigkeit gegenüber Hitze und Chemikalien aus. Sie werden häufig für Anwendungen verwendet, bei denen Stabilität und Härte erforderlich sind, wie zum Beispiel in der Elektronik, Luftfahrt und beim Bau von Verbundwerkstoffen.



[Roland.chem, Polymerstruktur-engmaschig](#), ©©

Elastomere, auch bekannt als Gummi oder Kautschuk, sind Kunststoffe, die sich nach Dehnung oder Verformung wieder in ihre ursprüngliche Form zurückziehen. Sie besitzen eine hohe Elastizität und Flexibilität. Durch die spezielle molekulare Struktur können sich die Polymerketten in den Elastomeren bei Verformung ausrichten und danach wieder in ihre Ausgangsposition zurückkehren. Beispiele für Elastomere sind Naturkautschuk (aus dem Saft des Kautschukbaums gewonnen) und synthetische Elastomere wie Styrol-Butadien-Kautschuk (SBR) oder Polyurethan (PU).



Roland.chem, [Polymerstruktur-weitmaschig](#), ©

Elastomere werden in vielen Anwendungen eingesetzt, darunter Reifen, Dichtungen, Schläuche, Schuhsohlen und Sportgeräte.

Jede dieser drei genannten Kategorien hat spezifische Eigenschaften, die sie für bestimmte Anwendungen geeignet machen und zur Vielseitigkeit von Kunststoffen insgesamt beitragen.

Herstellung von Kunststoffen:

Die Herstellung von Kunststoffen erfolgt in mehreren Schritten. Zunächst werden die Monomere durch Polymerisation zu langen Kettenmolekülen verknüpft. Dieser Prozess kann durch verschiedene Verfahren wie **Additionspolymerisation** oder **Kondensationspolymerisation** erfolgen. Anschließend werden die Polymere in Granulatform gebracht und können dann zu verschiedenen Produkten weiterverarbeitet werden.

Die radikalische Additionspolymerisation von Polyethen (Polyethylen) (PE)

Kettenstart: Die Polymerisation beginnt mit der einem Starter-Radikal ($R\cdot$) bzw. $R\cdot$.

Oft Peroxidverbindungen als Initiator eingesetzt. Diese Verbindungen spalten sich unter Einfluss von Wärme oder Licht in reaktive Starter-Radikale auf.

Bei der radikalischen Polymerisation von Propen $C=C$ entsteht beim Start ein wachstumsfähiges Primärradikal $R-C-C\cdot$.

Kettenwachstum: Nach dem Kettenstart beginnt das Kettenwachstum.

Ein reaktive Radikal $R-C-C\cdot$ bricht dann die $C=C$ -Doppelbindung eines Ethenmoleküls (Monomer $C=C$) auf und verbindet sich mit dem Ethylrest. Dabei bildet somit ein neues Radikal $R-C-C-C-C\cdot$, das an das nächste Ethenmolekül binden kann. Dieser Prozess wiederholt sich fortlaufend, wodurch die Polymerkette immer länger wird. Das geht so lange, bis es zu einer Abbruchreaktion kommt.

Kettenabbruch (Termination): Die Polymerisation endet mit der Termination, bei der die Kettenbildung gestoppt wird. Es gibt verschiedene Möglichkeiten der Termination, wie beispielsweise die Kombination zweier radikaler Kettenenden oder weil der Vorrat an Ethen erschöpft ist. Bei der Herstellung werden Polyethen-Moleküle mit einer Kettenlänge von mehreren 10.000 Ethen-Monomeren gewünscht.

Additionspolymerisation mit Symbolen dargestellt:

Kettenstart:



Kettenwachstum:



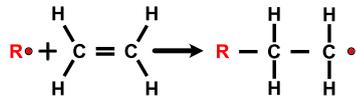
Kettenabbruch: (viele verschiedene Möglichkeiten)



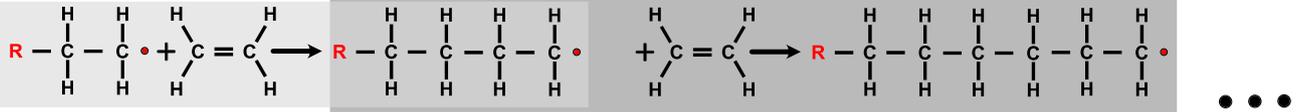
A.Spielhoff, Additionspolymerisation Symbole, ©⁴⁰

Additionspolymerisation mit Lewis dargestellt:

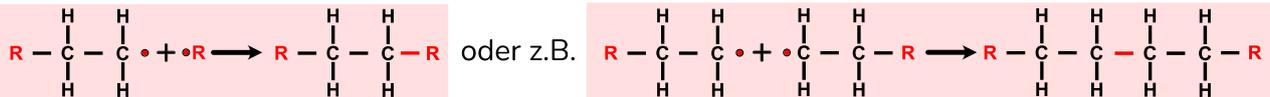
Kettenstart:



Kettenwachstum:



Kettenabbruch: (viele verschiedene Möglichkeiten)



A.Spielhoff, Additionspolymerisation, ©⁴⁰

Die Polymerketten von Polyethylen können unterschiedliche Längen haben, abhängig von den Reaktionsbedingungen und der Dauer der Polymerisation. Polyethylen ist ein lineares Polymer, was bedeutet, dass die Ketten in gerader Linie angeordnet sind.

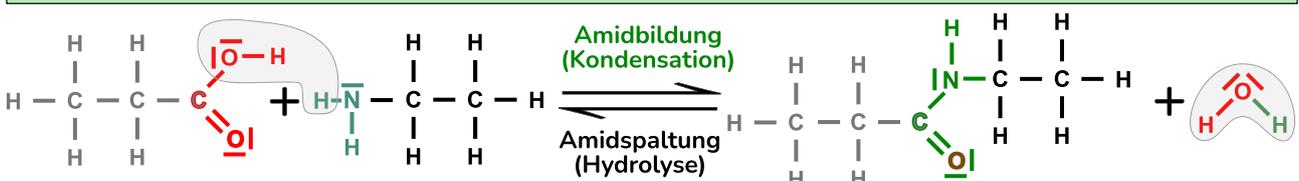
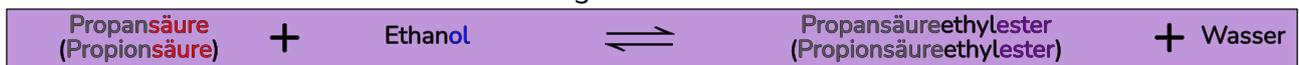
Durch Hitze und Druck kann es geschmolzen und in die gewünschte Form gebracht werden. Nach dem Abkühlen behält das Polyethylen seine Form und kann wieder erhitzt und umgeformt werden, ohne dass seine chemische Struktur verändert wird.

Die Polymerisation von Ethylen zu Polyethylen ist ein Beispiel für die Herstellung von Thermoplasten durch Additionspolymerisation. Dieses grundlegende Prinzip der Polymerisation wird auch bei anderen Kunststoffen angewendet, wobei unterschiedliche Monomere und Bedingungen verwendet werden, um verschiedene Polymere mit spezifischen Eigenschaften herzustellen.

Kondensation:

Die **Kondensation** beschreibt eine Reaktion, bei der zwei oder mehr Moleküle miteinander reagieren und dabei ein Molekül abspalten, typischerweise Wasser oder ein anderes kleines Molekül.

Zwei unterschiedliche Kondensation im Vergleich:



A. Spielhoff, Kondensationsreaktion, ©⁴⁰

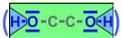
Polykondensation (vielfach Kondensation):

Damit eine Polykondensation stattfinden kann, müssen die Monomere jeweils zwei funktionelle Gruppen haben.

vielfache Veresterung (Polyester)

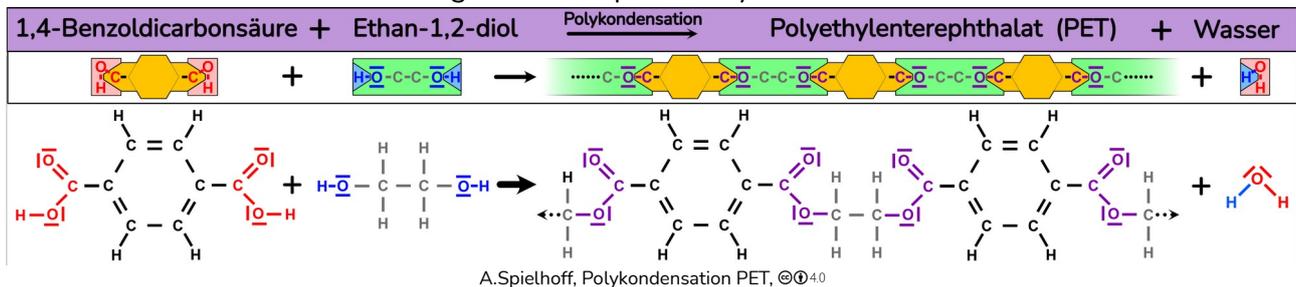
Dialkoholen und **Dicarbonsäuren** können an zwei Stellen **verestert** werden. Hierdurch ist eine vielfache **Veresterung** (Polyester) möglich.

Einer der bekanntesten Polyester ist Polyethylenterephthalat (PET).

Diese Verbindung ist ein Polymer welches aus den Monomeren **Ethan-1,2-diol** ()

(Ethylenglycol) und **1,4-Benzoldicarbonsäure** () (Terephthalsäure) aufgebaut ist.

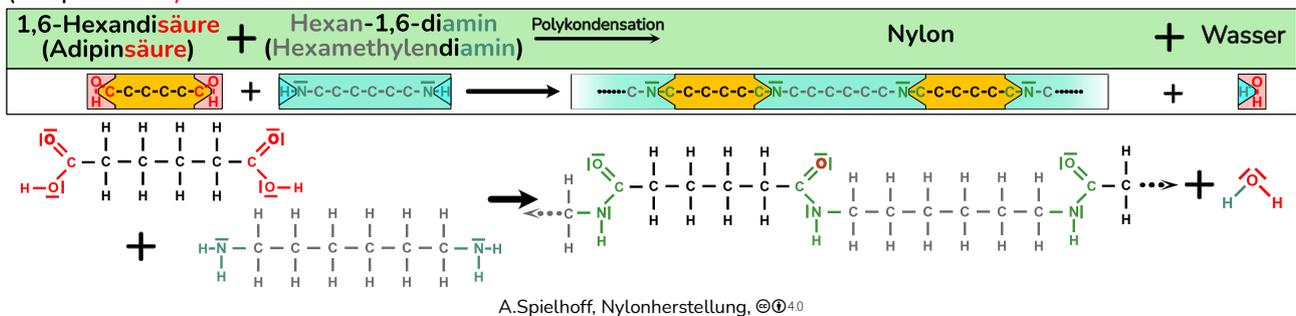
Zuerst bilden sich dabei zuerst Dimere, Trimere und Oligomere. (Es findet kein Kettenwachstum wie bei der Polymerisation statt.) Erst bei fast vollständigem Umsatz der funktionellen Gruppen bilden sich daraus wie im Bild dargestellt komplexe Polykondensate.



vielfache Amidbildung (Polyamide)

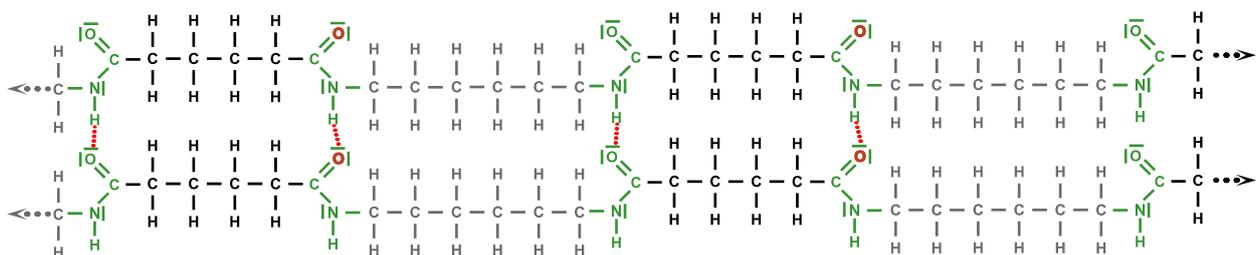
Die Monomere der **Diamine** und **Dicarbonsäuren** können **Polyamide** bilden.

Einer der bekanntesten Polyamide ist das **Nylon**. Typischerweise werden bei der Herstellung von Nylon die Monomere **Hexan-1,6-diamin** (Hexamethyldiamin) und **1,6-Hexandisäure** (Adipinsäure) verwendet.



Während der Nylon Herstellung werden die funktionellen Gruppen der Monomere - die **Aminogruppe** (-NH₂) des Diamins und die Carboxylgruppe (-COOH) der Dicarbonsäure - miteinander verknüpft. Gleichzeitig wird Wasser als Nebenprodukt freigesetzt. Die entstehenden Verbindungen zwischen den Monomeren werden als **Amidbindungen** bezeichnet und sind für die Struktur des Polyamids Nylon verantwortlich.

Die polaren **Amidgruppen** ermöglichen die Bildung von **Wasserstoffbrückenbindungen** zwischen den Nylonmolekülen.



A.Spielhoff, Nylonfaden mit Wasserstoffbrücken, ©⁴⁰

Die Wasserstoffbrückenbindungen sind mitverantwortlich für die hervorragenden mechanischen Eigenschaften von Nylon. Sie tragen zur hohen Zugfestigkeit und Elastizität des Materials bei.

Verwendung von Kunststoffen:

Kunststoffe werden in nahezu allen Bereichen unseres Lebens eingesetzt. In der Verpackungsindustrie werden sie für Flaschen, Folien, Beutel und Behälter verwendet. Im Baugewerbe kommen sie als Isolationsmaterialien, Rohre, Fensterrahmen und Bodenbeläge zum Einsatz. In der Automobilindustrie finden Kunststoffe Anwendung bei der Herstellung von Innenraumkomponenten, Stoßfängern und Karosserieteilen. Auch in der Medizin sind Kunststoffe unverzichtbar, zum Beispiel bei der Herstellung von Prothesen, Kathetern und Verpackungen für Medikamente.

Umweltaspekte und Recycling:

Die Verwendung von Kunststoffen hat auch ökologische Auswirkungen. Kunststoffe sind langlebig und können in der Umwelt nur sehr langsam abgebaut werden. Dies führt zu einer zunehmenden Verschmutzung der Meere und anderer Ökosysteme. Daher ist es wichtig, Kunststoffe zu recyceln und den Einsatz von Einwegkunststoffen zu reduzieren. Durch das Recycling können Kunststoffe wiederverwertet und somit die Umweltbelastung verringert werden.

Text von [A.Spielhoff](#) und [openai.com](#), ©©