

## Kettenpolymerisation

### Die Kettenpolymerisation

Die Kettenpolymerisation wird umgangssprachlich als **Polymerisation** bezeichnet. Sie beschreibt Reaktionen **ungesättigter organischer Verbindungen** (Edukte), bei denen lineare Makromolekül entstehen. Dabei kommt es zu keiner Abspaltung von Nebenprodukten oder Umstrukturierung der Monomereinheiten. Dadurch unterscheidet sie sich die Kettenpolymerisation von der Polyaddition und der Polykondensation. Die Kettenpolymerisation läuft in drei Teilschritten ab:

1. **Startreaktion:** Ausbildung einer Reaktiven Spezies (Ionen, Radikale etc.)
2. **Kettenfortpflanzung:** Kettenreaktion bei der sich die Monomereinheiten miteinander verbinden
3. **Abbruchreaktion:** Reaktion der reaktiven Spezies, bei der die erhöhte Reaktivität verloren geht

Durch die gezielte Abbruchreaktion kann die Anzahl der Monomere im Makromolekül kontrolliert werden. Diese Anzahl wird als Polymerisationsgrad bezeichnet und stellt ein Maß für die Kettenlänge dar.

Je nach reaktiver Gruppe wird die Kettenpolymerisation unterteilt:

- **Radikalische Polymerisation:** Radikalbildner dienen als Initiatoren. Diese sind meist organische Peroxide oder unter UV-Strahlung zerfallende Verbindungen
- **Koordinative oder stereospezifische Polymerisation:** Bildung von Polymeren mit

Hilfe von Katalysatorkomplexen. Häufig werden Ziegler-Natta-Katalysatoren verwendet. Dabei handelt es sich z. B. um ein Gemisch aus Titan(IV)-chlorid und Diethylaluminiumchlorid. Die besondere Geometrie des Katalysatorgemischs verändert den Reaktionsweg der Polymerisation, so dass die sog. Taktizität des Polymers kontrolliert werden kann

- **Ionische Polymerisation:** Ionischer Initiator der Reaktion. Entsprechend der Natur des Initiators wird weiterhin zwischen anionischer und kationischer Polymerisation unterschieden
- **Copolymerisation:** Das Produkt der Copolymerisation ist ein Copolymer, welches unterschiedliche Monomere in der Polymerkette aufweist

Polymere, die durch derartige Polymerisationsverfahren entstehen, sind z. B. Polyethylen (PE), Polypropylen (PP), Polystyrol (PS).

### Polyethylen (PE)

Bei Polyethylen wird anhand seines Verzweigungsgrads in **Low-Density-Polyethylen (LDPE)** und **High-Density-Polyethylen (HDPE)** unterschieden. Polyethylen besitzt einen sehr unpolaren Charakter. Daraus resultierend ergeben sich Eigenschaften, wie **geringe Wasseraufnahme**, **geringe Quellung in polaren Lösungsmitteln** sowie auch starke Quellung und Löslichkeit bei Hitze in unpolaren Lösungsmitteln. Aufgrund dieser Eigenschaften findet Polyethylen Anwendung bei der Herstellung von **Massenartikeln** wie, dünnen

Folien und Verpackungs- und Abdeckfolien, aber auch von Säcken, Beuteln, Tragetaschen. Der Anteil von Polyethylen an der Kunststoffverarbeitung Deutschlands lag im Jahr 2017 für LDPE bei 2144 Kilotonnen und für HDPE bei 1828 Kilotonnen. Damit hatte Polyethylen einen Anteil von ca. 30 % an der Gesamtkunststoffproduktion.

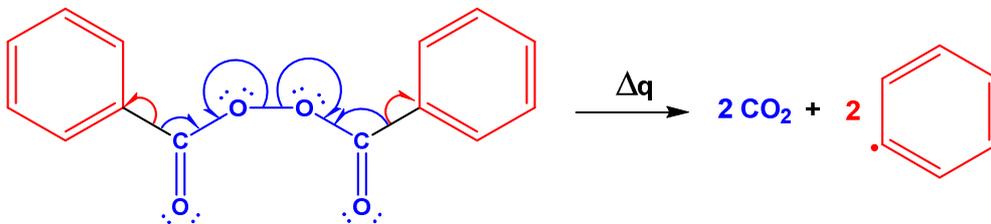
### Polymerisation von PE

Bei Polyethylen, handelt es sich um einen Kunststoff, der aus einer Vielzahl von Ethylen-

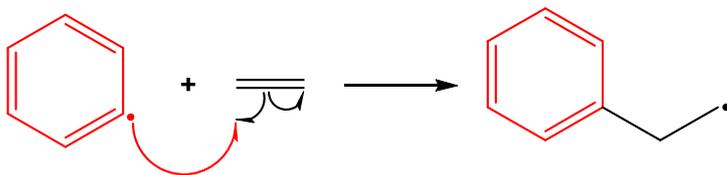
Monomeren zusammengesetzt ist. Es kann durch **radikalische**, **ionische**, sowie durch **stereospezifische Additionspolymerisation** hergestellt werden. Er ist einer der strukturell am einfachsten aufgebauten Vertreter der Kunststoffe.

Bei der radikalischen Polymerisation werden Teile der Radikalstarter an den Enden des Polymers integriert. Ethylen wird unter Einsatz von Dibenzoylperoxid (Radikalstarter) zu Polyethylen polymerisiert (siehe Abbildung [1]).

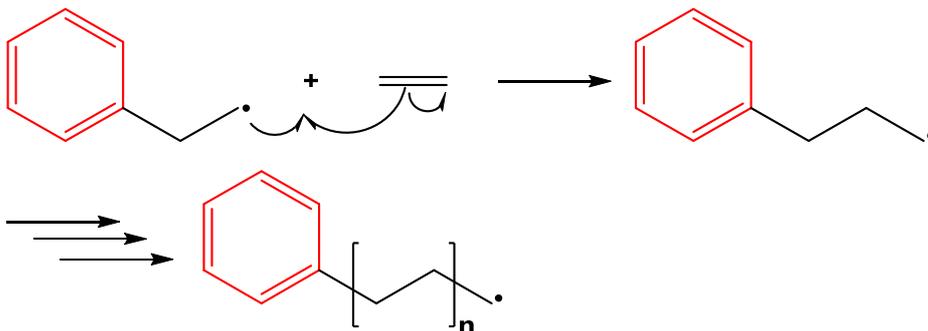
#### Thermischer Zerfall des Initiators Benzoylperoxids



#### Startreaktion



#### Kettenfortpflanzung



#### Abbruchreaktion

