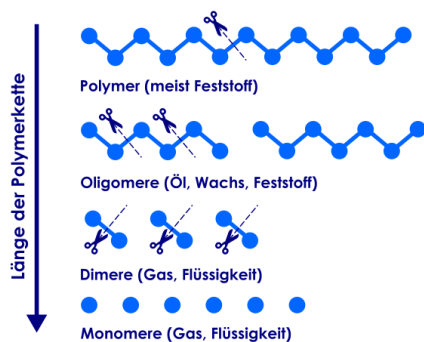


Depolymerisationen

**Was bedeutet Depolymerisation?**

Depolymerisation bezeichnet die **Umkehrung der Polymerisation**. Bei der Polymerisation werden einzelne Monomere zu langen Polymeren verknüpft. Bei der Depolymerisation werden die **Polymere in kleinere Moleküle gespalten**. Dabei können die Endprodukte Monomere oder Kohlenwasserstoffe unterschiedlicher Kettenlänge sein (siehe Abb. [1]).

**Prinzip der Rohstofflichen Verwertung**



[1] Depolymerisation als Basis der rohstofflichen Verwertung

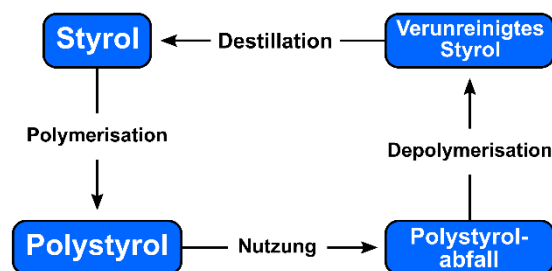
Depolymerisation kann sowohl gezielt im Zuge des **Recyclings** stattfinden als auch während des **Abbaus von Kunststoffen in der Umwelt**. Depolymerisation kann über unterschiedliche Reaktionswege stattfinden. Sie kann durch Wärme, Strahlung, durch den Einsatz von Katalysatoren oder Zugabe von Chemikalien ausgelöst werden.

**Depolymerisation durch Wärme**

Polystyrol ist ein Polymer, welches **durch Hitze depolymerisiert** wird. Bei Temperaturen von 450-600°C zerfällt es wieder in seine

Monomere. Das dabei entstehende flüssige Styrol kann dann durch Destillation aufgereinigt werden, so dass aus ihm wieder frisches Polystyrol hergestellt werden kann. Auf diese Weise entsteht ein **geschlossener** Kreislauf für den Rohstoff Polystyrol (siehe Abb. [2]). Das sog. **Cracken** ist auch eine Form der Depolymerisation in der Hitze, wobei dort viele unterschiedliche, kürzere Kohlenwasserstoffe entstehen.

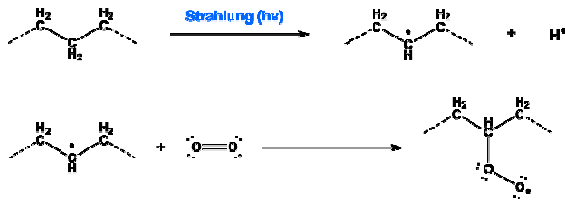
**Bildung eines Polystyrolkreislaufs durch Depolymerisation**



[2] Depolymerisation ermöglicht die Bildung eines geschlossenen Kreislaufs für den Rohstoff Polystyrol

**Depolymerisation durch Strahlung**

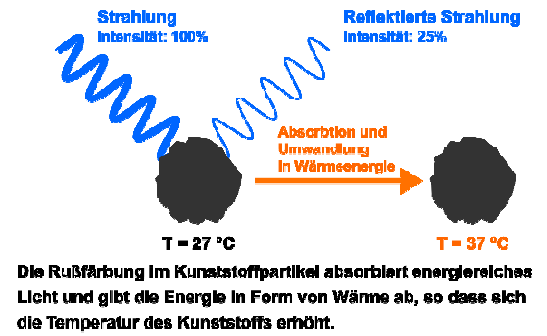
Ein anderer Weg der Depolymerisation ist der Abbau der Kohlenwasserstoffketten durch Strahlung. Dieser Weg ist im Rahmen des Recyclings weniger relevant. Er ist jedoch wichtig für den Abbau von Kunststoffen in der Umwelt und der Erosion von Kunststoffmaterial, welches der Sonne ausgesetzt ist. Die in der UV-Strahlung gespeicherte Energie führt dazu, dass sich in Kunststoffen **Radikale** bilden (siehe Abb. [3]).



[3] Bildung von Radikalen in Polymeren durch Strahlung am Beispiel von Polypropylen

Die so gebildeten Radikale führen zu Folgereaktionen, durch welche die Polymerkette an einer **beliebigen Stelle** innerhalb der Polymerkette **aufgespalten** wird. Dadurch verkürzt sich die Länge der Molekülketten im Laufe der Zeit. Bei **Baumaterialien** führt das zur **Erosion** und beeinträchtigt die Lebensdauer der Kunststoffteile. Diese Form der Depolymerisation ist damit meist unerwünscht, weshalb den Kunststoffen in diesem Bereich meist **Stabilisatoren** zugesetzt werden. Durch diese wird die Lichtbeständigkeit des Kunststoffs erhöht und seine Lebensdauer verlängert. Gleichzeitig wird er aber **noch langsamer abgebaut**, sollte er falsch entsorgt werden oder auf einer Mülldeponie landen. Die Stabilisatoren sind meist **Radikalfänger**, welche mit den entstehenden Radikalen unter Bildung weniger reaktiver Radikale reagieren. Alternativ kommen sog. **UV-Quencher** zum Einsatz, welche die energiereiche Strahlung absorbieren und deren Energie in Form von Wärme abgeben (siehe Abb. [4]). Dazu wird oft Ruß verwendet, mit dem die Kunststoffe eingefärbt werden.

Prinzip der UV-Stabilisation von Kunststoffen durch Zusatz von Quenchern



[4] Prinzip der UV-Stabilisation durch Zugabe von Quenchern

Durch die unkontrollierte Depolymerisation bilden sich immer kürzere Polymerketten, sodass aus **Makroplastik** über lange Zeiträume **Mikroplastik** wird.

Katalytische Depolymerisation

Bei der **Depolymerisation in Gegenwart von Katalysatoren** werden Polymere, wie bei den beiden vorher genannten Methoden durch Temperatur oder Strahlung gespalten. Doch der Katalysator schafft **neue Reaktionswege** bei denen die Reaktion bei niedrigeren Temperaturen oder geringerer Strahlung stattfindet. Häufig können die alternativen Reaktionsschritte dazu führen, dass ein **Produkt leichter entfernt werden kann**, sodass auch der **Umsatz der Reaktion verbessert** wird. Ein Beispiel für ein Verfahren in dem katalytisch depolymerisiert wird, ist das sog. **Fluid Catalytic Cracking**. Dort wird als Katalysator Zeolith Y verwendet.

Eine Sonderform der katalytischen Depolymerisation ist der **Abbau von Biokunststoffen durch Enzyme**. Dabei

übernehmen die Enzyme die Funktion des Katalysators.

### Die Chancen und Grenzen der Depolymerisation

Depolymerisation ist ein aufwendiger Prozess, welcher **große Mengen an Energie** benötigt. Jedoch ist es im Rahmen der Kreislaufwirtschaft notwendig v.a. Mischkunststoffe und Kunststoffe mit Additiven zu recyceln. Für diese Kunststoffe bildet das **Prinzip der Depolymerisation die Basis für die rohstoffliche Verwertung**. Damit diese jedoch vollständig von fossilen Rohstoffen entkoppelt werden kann, **sollte auch die benötigte Energie aus erneuerbaren Energien bezogen werden**.