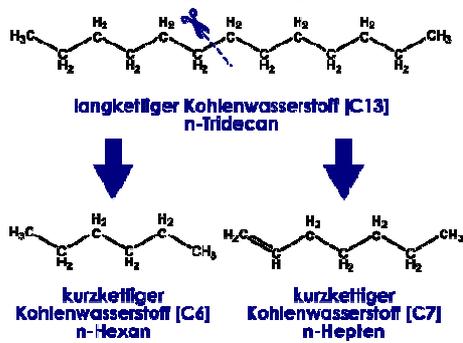


Verfahren der rohstofflichen Verwertung - Cracken

Was ist Cracking?

Bei Cracking handelt es sich um ein **Verfahren der Stoffumwandlung**, bei dem lang- bis mittelkettige Kohlenwasserstoffe in kurzkettige Kohlenwasserstoffe umgewandelt werden (siehe Abb. [1]). Das Verfahren entspringt der Petrochemie. Dort werden aus Schweröl, Benzin, Diesel und leichtes Heizöl gewonnen.

Prinzip der Bindungsspaltung beim Cracking



[1] Prinzip des Crackens als Verfahren der rohstofflichen Verwertung

Cracken kann auf Basis zweier unterschiedlicher reaktionschemischer Prinzipien durchgeführt werden. Zum einen durch das **thermische Cracken**, bei dem die Kohlenwasserstoffketten bei **hohen Temperaturen um die 800 °C** gespalten werden. Zum anderen durch das **katalytische Cracken** bei dem mithilfe eines Katalysators die Kohlenwasserstoffketten aufgebrochen werden.

Jede dieser Herangehensweisen besitzt **Vor- und Nachteile**. Thermisches Cracken ist **weniger anfällig für chemische Verunreinigungen und Katalysatorgifte**. Es

benötigt jedoch **höhere Temperaturen und mehr Zeit**, um die Reaktionen ablaufen zu lassen. Die Reaktionen des katalytischen Cracken laufen **schneller** ab und es sind **geringere Temperaturen** notwendig. Doch im Gegenzug sind die Verfahren sehr **anfällig für schwefelhaltige Rückstände** und andere Verunreinigungen die den Katalysator zerstören können. Solche Rückstände finden sich vor allem in Rückständen der Erdöldestillation.

Thermisches Cracken

Thermisches Cracken findet meist **unter Druck bei Temperaturen zwischen 450-900 °C** statt. Die hohen Temperaturen führen zu verstärkten **Schwingungen innerhalb der Moleküle**. Diese Schwingungen werden bei ausreichender Temperatur so stark, dass die Bindungen innerhalb der Kohlenwasserstoffkette gebrochen werden. Durch diese **Bindungsbrüche** verkürzen sich die Kohlenwasserstoffketten zu kurzkettigen Molekülen.

Ein besonderes Verfahren des Thermischen Cracken ist das **Steamcracking**. In diesem Verfahren wird der namensgebende **heiße Wasserdampf** zugeführt, um den Crackingprozess zu verbessern. Durch Steamcracking werden besonders Rohstoffe zur Herstellung von **Kunststoffen und Lacken** gewonnen. Die Spaltung wird bei Temperaturen zwischen **800 und 850 °C** erreicht. Zu den Produkten des Steamcrackings gehören

hauptsächlich **Alkane und Alkene** wie Ethen, Propen, Buten und Butadien. Es entstehen aber **auch Aromaten**, wie Benzen, Toluol und Xylen. Als **gasförmige Nebenprodukte** entstehen auch Wasserstoff und Methan.



[2] Steamcracker II der BASF in Ludwigshafen.

In Deutschland betreibt zum Beispiel die Firma BASF in Ludwigshafen zwei solcher Steamcracker. Allein der neuere der beiden Steamcracker der BASF erstreckt sich über eine **Fläche von 13 Fußballfeldern**.

Das katalytische Cracken

Bei katalytischem Cracken wird die **Eigenschaft eines Katalysators genutzt**, um den Reaktionsweg zu verändern und so die für die Reaktion benötigte Energie zu verringern.

Durch den Katalysator können die Reaktionen bei **niedrigeren Temperaturen** ablaufen, als es beim thermischen Cracken der Fall ist. Bei dieser Methode verändert sich der Ablauf des Prozesses und der Aufbau der Maschinen mit der Wahl des Katalysators.

Das wohl bedeutendste katalytische Verfahren ist das sog. **Fluid Catalytic Cracking**. Wörtlich übersetzt bedeutet das „flüssig katalytisches

Cracken“. Am Häufigsten wird dafür **Zeolith Y** als Katalysator eingesetzt. Zeolith Y ist eine Verbindung aus Aluminium, Silizium und Sauerstoff (Aluminiumsilikat).

ZeolithY

der häufigster Katalysator des fluid catalytic crackings.

Kristallstruktur:

Sodalithkäfige über die Atome (Al, Si) der Ecken jedes zweiten Sechsecks über Sauerstoffatome verbunden.

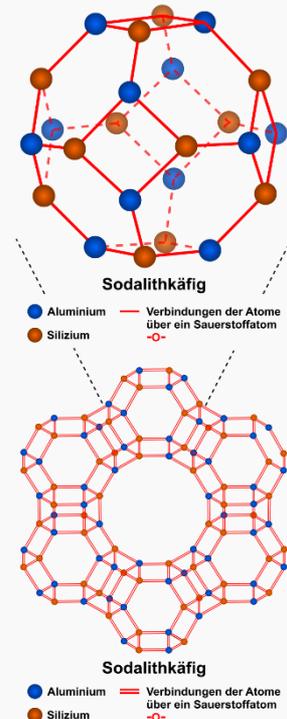
Die Sodalithkäfige bilden damit eine Struktur, die der Kristallstruktur des Minerals **Faujasit** ähnelt.

Die **große Oberfläche** der porenartigen Struktur verbessert die katalytischen Eigenschaften des Zeolith Y

Das **Verhältnis von Silizium zu Aluminium** in Zeolith Y beträgt ca. 2,5:1.

Siliziumatome können direkt über ein Sauerstoffatom benachbart sein.

Aluminiumatome sind immer über ein Sauerstoffatom von Siliziumatomen benachbart.



[3] Informationen zu Zeolith Y

Namensgebend für dieses Verfahren ist, dass der feste Katalysator im sog. **Katalysator-Riser** durch die Kohlenwasserstoffdämpfe und die Temperaturen von **315 – 535 °C** fluidisiert wird. Die Gase ziehen den Katalysator mit nach oben in den **Abscheider**. Daher entspringt auch die Bezeichnung des Reaktionsgefäßes als Katalysator-Riser. Im Abscheider wird der **Katalysator von den nun gasförmigen Produkten abgetrennt** und dem **Regenerator** zugeführt.

Da sich während der Reaktion eine Kohlenstoffschicht um den Katalysator bildet,

muss dieser **regeneriert** werden. Dazu wird bei Temperaturen um die 700 °C und bei einem Überdruck von etwa 2,4 bar, der störende Kohlenstoff vollständig zu CO₂ oder unvollständig zu CO oxidiert. Die Gase können im Anschluss aus dem Katalysator-Riser geleitet werden.

Der regenerierte Katalysator wird im Anschluss durch einen zweiten Abscheider geleitet, um entstandene Rauchgase vollständig zu entfernen. **Danach kann der Katalysator dem Katalysator-Riser im unteren Bereich erneut zugeführt werden.**

Das Gasgemisch aus kurzkettigen Kohlenwasserstoffen wird aus dem Abscheider in eine **Destillationseinheit** geleitet und dort anhand der unterschiedlichen Siedepunkte aufgetrennt.