



## Geräte

- 1 Reagenzglas
- 1 schwerschmelzbares Reagenzglas
- 1 durchbohrten Reagenzglasstopfen
- Gebogenes Glasrohr als Einleitungsrohr
- Bunsenbrenner
- Becherglas (600-mL)

## Aufbau



Abb. 1: Versuchsbeginn mit hellem Perlkatalysator.



Abb.2: Versuchsende mit schwarzem Perlkatalysator.



Abb. 3: Gewonnenes Kondensat.



Abb. 4: Verbrennung des Kondensats.



Abb. 5: Alternativer Aufbau mit Tonscherben.

## Durchführung

Paraffinöl wird zusammen mit dem Perlkatalysator in ein Reagenzglas gegeben. Darüber wird etwas Glaswolle gebracht, damit das Paraffinöl nicht in die Kühlfalle übergeht. Das Reagenzglas wird mit einem durchbohrten Gummistopfen versehen, an dem ein gebogenes Glasrohr befestigt ist. Das andere Ende des Glasrohrs führt in ein weiteres Reagenzglas, das zum Kühlen in einem mit Eiswasser gefüllten Becherglas steht. Das Paraffinöl-Perlkatalysator-Gemisch wird dann mit einem Bunsenbrenner erhitzt und die entweichenden Gase über das Glasrohr im zweiten Reagenzglas als Kondensat aufgefangen.

Alternativ zum Perlkatalysator können auch Tonscherben als Katalysator verwendet werden. Der Aufbau weicht bei diesem Katalysator insofern ab, dass das Paraffinöl von den Tonscherben durch die Glaswolle getrennt wird. Bei direktem Kontakt kann der Katalysator nicht vollständig wirken.

## Beobachtung

Beim Erhitzen des Paraffinöls beginnt dieses sehr schnell zu sieden und leicht aufzuschäumen. Weiterhin entstehen weiße Dämpfe, die in die Kühlfalle übergehen. Das aufgefangene Kondensat roch sehr benzin- bzw. dieselartig und die Viskosität der Flüssigkeit hatte stark abgenommen. Die Glaswolle hat während des Crackens mit dem Perlkatalysator eine grünliche Farbe angenommen, die scheinbar vom Perlkatalysator kommt. Führt man den Versuch nämlich ohne Glaswolle durch, so findet sich eine grünliche Schicht auf dem Alkankondensat, die wahrscheinlich vom Perlkatalysator gefärbtes Paraffin ist. Der Perlkatalysator war am Ende der Reaktion schwarz gefärbt. Das Kondensat ließ sich in einer Porzellanschale leicht entzünden. Die Flamme hatte eine intensive Gelbfärbung und hinterließ einen Rußfleck.

## Entsorgung

Das Kondensat wird entweder in den Behälter für organische Lösungsmittel entsorgt oder verbrannt. Überschüssiges Paraffin wird in die organischen Lösungsmittel gegeben. Der Perlkatalysator kann in die Feststofftonne gegeben werden.

## Fachliche Auswertung der Versuchsergebnisse

Unter dem Cracken (engl. to crack = aufbrechen) versteht man das chemische Verfahren, das man dazu nutzt, langkettige Kohlenwasserstoffe in kürzerkettige zu zerlegen. Bei dem Erhitzen der langkettigen Kohlenwasserstoffe auf Temperaturen über 360 °C geraten die Moleküle so stark in Schwingung, sodass die Bindungen zwischen den Kohlenstoffatomen teilweise aufbrechen und somit kürzerkettige Moleküle entstehen. In der Industrie herrscht hauptsächlich ein Überschuss an langkettigen Kohlenwasserstoffen, die aus dem Erdöl gewonnen werden. Die Benzinfraktionen dagegen sind sehr knapp, sodass die fraktionierte Destillation alleine nicht ausreichend ist, um den Bedarf an kürzerkettigen Molekülen zu decken. Mithilfe des Crackens gelangt man neben der fraktionierten Destillation an die selteneren Fraktionen. Grundsätzlich lassen sich verschiedene Crackverfahren unterscheiden. Darunter zählen das thermische Cracken (Pyrolyse), das katalytische Cracken, das Steamcracken (Dampfcrackverfahren) und das Hydrocracken. Beim thermischen Cracken werden schwer siedende Kohlenwasserstoffe, wie zum Beispiel schweres Heizöl, durch hohe Temperaturen und hohen Druck in leichter siedende Benzine oder Mitteldestillate umgewandelt. Die Reaktion verläuft über die Bildung von Radikalen. Das katalytische Cracken ähnelt dem thermischen sehr stark. Der Unterschied liegt nur in der angewandten Temperatur. Beim katalytischen Cracken wird mit sauren Katalysatoren gearbeitet, die ein Arbeiten unter milderen Bedingungen ermöglichen. Die Reaktion läuft hierbei über ionische Zwischenstufen. Durch Steamcracken werden ungesättigte Kohlenwasserstoffgase erhalten (Ethen, Buten, Butadien,...). Das Prinzip beruht auf dem Zusatz von Dampf zu Mineralölprodukten. Beim Hydrocracken wird auch katalytisch in Gegenwart von Wasserstoff gearbeitet. Man benötigt weiterhin einen hohen Druck (etwa 100 Atmosphären).

Abbildung 6 zeigt den schematischen Aufbau einer katalytischen Crackanlage. Unten links wird das Heizöl in den Erhitzer gegeben und gelangt von dort aus zusammen mit dem Katalysator in den Reaktor, in dem dann eine Temperatur von 650 °C herrscht. Als Dampf steigen dann die gespaltenen Kohlenwasserstofffraktionen in den Destillationsturm, in dem sie dann getrennt werden können. Die Trennung erfolgt auf mehreren unterschiedlich hoch liegenden Böden.

## Katalytische Crack-Anlage

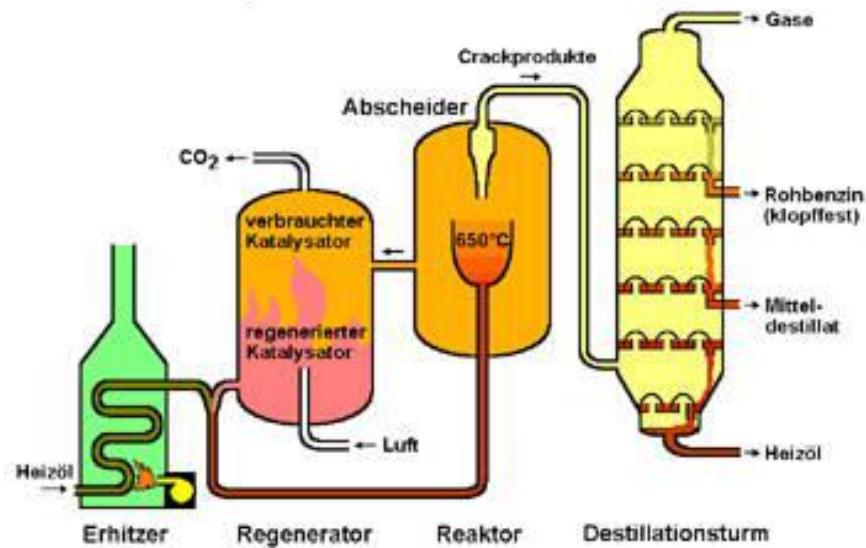


Abb. 6: Schema einer katalytischen Crackanlage. <sup>[3]</sup>

In diesem Versuch wurde Paraffinöl mithilfe des Perlkatalysators gecrackt. Der Perlkatalysator ist eine Mischung aus Aluminiumoxid und Siliciumoxid, die in Perlforn vorliegt. Durch die große innere Oberfläche kann gut eine Katalyse stattfinden. Es liegt eine heterogene Katalyse vor, die durch das Erhitzen mit einem Bunsenbrenner in Gang gebracht wird. Die Paraffinmoleküle können sich an den Perlkatalysator anlagern und werden an ihm leichter gespalten.

Die Brennbarkeit des erhaltenen Kondensats sowie der Geruch zeigten eindeutig einen Crackprozess an. Aus dem langkettigen und sehr viskosen Paraffin wurden kürzerkettige flüssigere Moleküle, die in einer Porzellanschale zum brennen gebracht werden konnten.

Der Mechanismus des thermischen Crackens basiert auf der Radikalbildung. Die Kohlenwasserstoffe werden homolytisch in zwei Radikale gespalten und anschließend unterschiedlich und vor allem beliebig wieder zusammengesetzt. Am Beispiel des Heptans ist der Mechanismus der Radikalbildung in Abbildung 7 veranschaulicht.

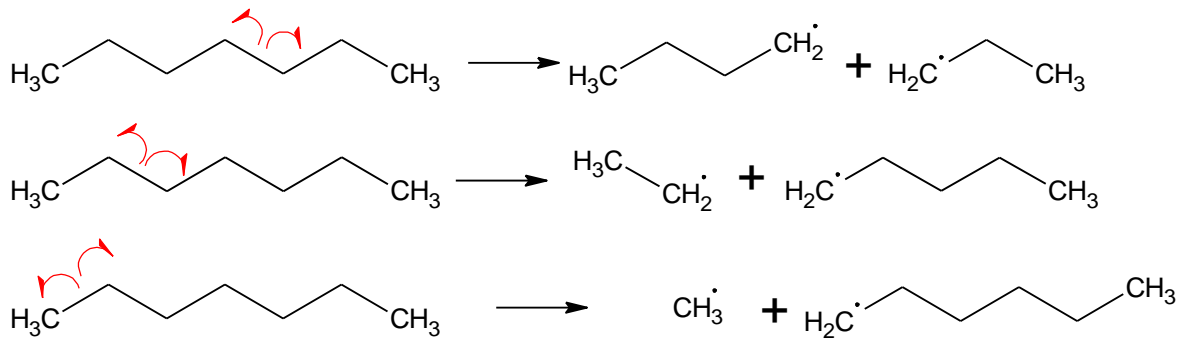


Abb. 7: Mechanismus der Radikalbildung im Heptanmolekül.

Durch die vielen verschiedenen Möglichkeiten einer Neuzusammensetzung der Alkanradikale, entstehen wiederum Alkane mit unterschiedlicher Kettenlänge.

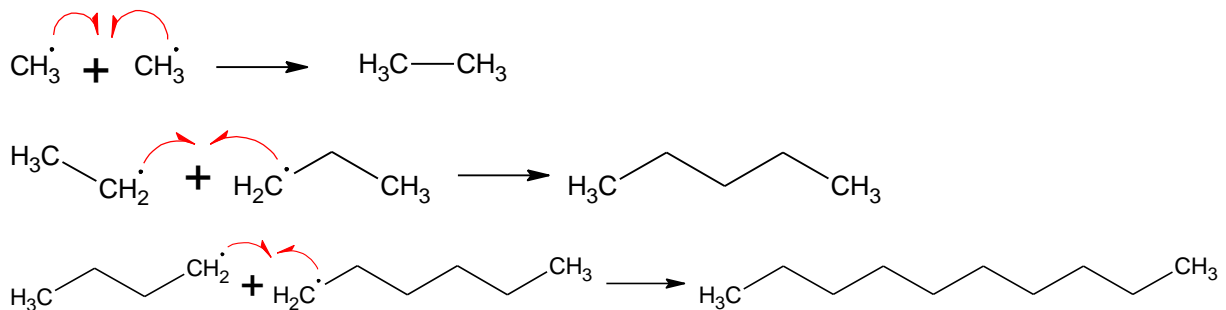


Abb. 8: Möglichkeiten der Neuzusammensetzung von Radikalen (Rekombination).

Neben der Bildung von kürzerkettigen Alkanen, werden auch Alkene gebildet. Diese Reaktion ist eine Disproportionierung, bei der das eine Kohlenwasserstoffradikal ein Wasserstoffatom auf ein anderes Kohlenwasserstoffradikal überträgt. Dadurch wird dann bei dem Protonendonator eine Doppelbindung ausgebildet.

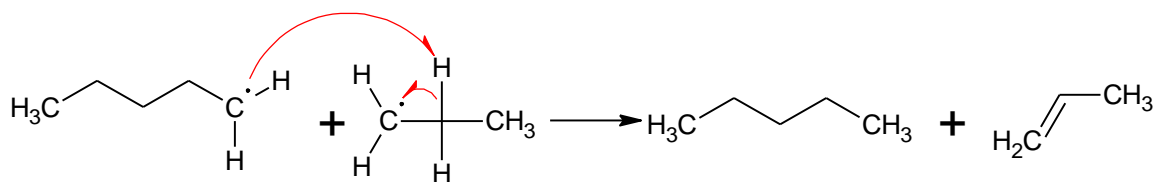


Abb. 9: Mechanismus der Disproportionierung.

## Methodisch-Didaktische Analyse

### **1 Einordnung**

Das Cracken von Kohlenwasserstoffen wird zu Beginn des Unterrichts der organischen Chemie in Klasse 9 zum Thema fossile Brennstoffe und gesättigte Kohlenwasserstoffe durchgeführt. Mit diesem Versuch kann die Erdölaufarbeitung näher betrachtet werden. Innerhalb

dieses Themengebiets kann dann auch weiterführend auf Benzin- und Dieselmotorkraftstoffe sowie die Oktanzahl eingegangen werden.

## **2 Aufwand**

Der Versuch lässt sich relativ schnell und mit geringem Aufwand durchführen. Der Aufbau ist nicht sehr komplex, sodass auch Schüler dies bewerkstelligen könnten. Auch die Materialien dürften alle (außer der Perlkatalysator) an einer Schule vorhanden sein. Da nicht unbedingt auf den Perlkatalysator als Katalysator zurückgegriffen werden kann, wurden alternativ auch Tonscherben als Katalysator eingesetzt. Durch diese Abwandlung funktionierte der Versuch immer noch, sodass das Ergebnis das gleiche bleibt.

## **3 Durchführung**

Da dieser Versuch sehr schnell aufgebaut und durchgeführt ist, ist er auch gut als Schülerversuch einsetzbar. Die Schüler können an einem einfachen Verfahren die Gewinnung von Benzin aus schwerem Heizöl verfolgen. Da jedoch bei diesem Versuch auch viele Gase entweichen und die Apparatur an der Kühlfalle nicht verschlossen ist, sollte am besten im Abzug gearbeitet werden. Da eine Schule vermutlich über nicht ganz so viele Abzüge in einem Klassenraum verfügt, sollte man überlegen, den Versuch entweder in Gruppen durchführen zu lassen oder ihn in einen Lernzirkel mit Stationen einzubauen, sodass jeder Schüler in einer Kleingruppe die Zeit dazu hat, den Versuch selbst durchzuführen. Wenn dies jedoch aus Zeit- oder Klassengrößen Gründen nicht möglich ist, sollte man vielleicht doch eher auf den Lehrerversuch zurückgreifen.

## Literatur

- [1] Asselborn, Wolfgang: Chemie heute. Sekundarbereich II. Hannover **1998**. Seite 235.
- [2] Soester Liste. Version 2.7.
- [3] Schuchlenz, Christina: Cracken von Paraffinöl. Vom Rohöl bis zum Methan. SS **2003**.  
[http://chemiedidaktik-graz.at/content/pdf/erdoel\\_cracken\\_paraffinoel.pdf](http://chemiedidaktik-graz.at/content/pdf/erdoel_cracken_paraffinoel.pdf). (25.11.2008).
- [4] Umweltdatenbank: Cracken. <http://www.umweltdatenbank.de/lexikon/cracken.htm>. (25.11.2008).
- [5] Fachinformationszentrum Chemie GmbH: Cracking: Mechanismus.  
[http://www.chemgapedia.de/vsengine/vlu/vsc/de/ch/2/vlu/alkane/alk\\_cracken.vlu/Page/vsc/de/ch/2/oc/stoffklassen/systematik\\_struktur/acyclische\\_verbindungen/gesaettigte\\_kohlenwasserstoffe/cracking/mechanismus.vscml.html](http://www.chemgapedia.de/vsengine/vlu/vsc/de/ch/2/vlu/alkane/alk_cracken.vlu/Page/vsc/de/ch/2/oc/stoffklassen/systematik_struktur/acyclische_verbindungen/gesaettigte_kohlenwasserstoffe/cracking/mechanismus.vscml.html). (01.12.2008).