



## Wie eine Raffinerie funktioniert

Jeder, der ein Auto fährt, kauft ganz selbstverständlich Kraftstoff an der Tankstelle. Doch wie wird aus dem Rohöl, das die Rheinland Raffinerie über die Rotterdam-Rhein-Pipeline direkt vom Ölhafen in Rotterdam und über die Nord-West-Ölleitung aus Wilhelmshaven bezieht, eigentlich der Kraftstoff, den wir in unsere Autos füllen? Und wie wird daraus Kerosin für Flugzeuge oder Heizöl für die Etagenheizung? Auch Lippenstifte, Waschmittel, Computer, Speicherchips, Reifen und Kunststoffe werden aus Mineralöl hergestellt.

Die Antwort auf diese Fragen gibt die Raffinerie: Ihre Anlagen verarbeiten das Naturprodukt Rohöl zu Kraftstoffen und Heizölen. Das Öl durchläuft verschiedene Verfahren wie die Destillation, Konversion oder das Cracken, ferner die Entschwefelung und Veredelung. Je nach Bedarf gibt die Raffinerie Zusätze, die sogenannten Additive, hinzu oder mischt biogene oder synthetische Substanzen bei, zum Beispiel Bio-Ethanol oder Rapsmethylester. Je nach Produktionsschwerpunkt wendet die Raffinerie diese Verfahren unterschiedlich an.

### **Destillation: Im ersten Schritt der Rohölverarbeitung wird das Naturprodukt in seine Bestandteile zerlegt**

Rohöl besteht aus Kohlenwasserstoffmolekülen. Bei der Destillation wird es in seine Bestandteile, die verschiedenen Kohlenwasserstoffe, zerlegt. Dabei entstehen schwere und leichte Destillate, auch Fraktionen genannt. Sie werden in weiteren Schritten unter anderem zu Flüssiggas, Benzin, Diesel, Heizöl und Bitumen verarbeitet.

Im Destillationsprozess wird das Rohöl erhitzt und in eine Destillationskolonne eingeleitet. Das sind bis zu 50 Meter hohe, turmähnliche Behälter, die in verschiedene Etagen oder Segmente unterteilt sind. Die einzelnen Segmente sind durch Destillationsböden getrennt. Im Turm besteht ein Temperaturgefälle: Oben ist es am kühlfsten, am Boden am heißesten. Das Rohöl wird erhitzt und im unteren Drittel in die Kolonne eingeleitet. Wegen der großen Hitze verwandelt sich ein Teil des eingefüllten Rohöls in ein Gas-Flüssigkeitsgemisch. Die besonders schwer siedenden Kohlenwasserstoffe sinken sofort in die unteren Etagen der Kolonne: Hier kondensiert zunächst das Schweröl bei 370 bis 570°Celsius. Im unteren Ende der Kolonne, dem „Sumpf“, sammeln sich nicht verdampfte Rückstände (Residue).

Die leicht siedenden Kohlenwasserstoffe steigen gasförmig in der Kolonne auf und kühlen nach und nach ab. Beim Aufstieg passieren sie die Destillationsböden, die viele Durchlässe haben, jeder geformt wie ein kleiner Schornstein mit einer Glocke darüber. Das Gas steigt durch den Schornstein unter die Glocke, wo ein Teil kondensiert, also flüssig wird, und sich als Destillat auf dem Destillationsboden sammelt. Die Gase, die erst bei niedrigeren Temperaturen kondensieren, steigen weiter auf zu den höher gelegenen Destillationsböden in den kühleren Bereichen der Kolonne. Die flüssigen Stoffgemische werden durch Rohrleitungen zur weiteren Verarbeitung abgeführt: Über dem Schweröl kondensiert das Mitteldestillat bei etwa 370 bis 170°Celsius, darüber kondensiert Rohbenzin im oberen



Abschnitt der Kolonne bei 170 bis 65°Celsius. Die leichtesten Teile steigen in den Kolonnenkopf auf und verlassen die Anlage dort bei 65 bis 30°Celsius als Gase wie Methan, Ethan, Propan und Butan.

### **Beim Cracken werden Destillationsrückstände in leichtere Bestandteile aufgespalten**

Durch die Destillation allein kann nicht das gesamte verwendete Rohöl zu Benzin, Diesel oder Kerosin und Heizöl verarbeitet werden, dafür bleiben zu viele Rückstände im Sumpf übrig. Um den Anteil der wertvollen Stoffe zu erhöhen, wendet die Raffinerie bei den Rückständen zusätzlich eine besondere Technik an, das Cracken (engl. „to crack“ = spalten, zerbrechen). Dabei werden in sogenannten Umwandlern, den Konversionsanlagen, große Kohlenwasserstoffmolekülketten in kürzere Bruchstücke gespalten, die Benzin, Diesel und leichterem Heizöl entsprechen. Dazu nutzt man aus, dass sich die Moleküle und die in ihnen enthaltenen Atome ständig in Bewegung befinden. Sie bewegen sich umso schneller, je höher die Temperatur steigt. Im Cracker werden die Kohlenwasserstoffmoleküle durch Hitze in so starke Schwingungen versetzt, dass sich an einigen Stellen die Bindungen zwischen den Kohlenstoffatomen lösen: Es entstehen Kohlenwasserstoffverbindungen mit kürzerer Kettenlänge. Die Stabilität der Moleküle ist abhängig von ihrer Größe und ihrem Aufbau. Während langkettige Kohlenwasserstoffe sich schon bei 400°Celsius zerbrechen lassen, braucht man für kurzkettenige bis zu 800°Celsius.

### **Die verschiedenen Methoden des Crackens**

Beim *thermischen Cracken* werden die Moleküle ausschließlich durch Hitze gespalten. Dazu erwärmt man die Rückstände in sogenannten Visbreakern auf zirka 450°Celsius. Dieses Verfahren senkt die Viskosität, also Zähflüssigkeit, schwerer Öle.

Das *Hydrocracken* setzt zusätzlich Wasserstoff ein, um aus dem Residue mehr gesättigte Kohlenwasserstoffe, sogenannte Alkane, zu gewinnen. Die Kohlenwasserstoffmolekülketten werden gespalten, der Wasserstoff lagert sich an die Bruchstücke an und blockiert die unerwünschte Wiederverbindung. Die hierbei entstehenden Mineralölprodukte wie Benzin, Diesel und Heizöl sind stabil und darum bereits lagerfähig und gleichzeitig entschwefelt.

Für das *katalytische Verfahren* wird ein Katalysator verwendet, ein Stoff der eine Reaktion fördert, beschleunigt oder in eine bestimmte Richtung lenkt, ohne sich selbst dabei zu verändern. Auf ihm sammeln sich nur bestimmte Molekültypen, die durch die Bewegungsenergie der Katalysator-Atome gespalten werden. Auf diese Weise kann man gezielt Crackprodukte wie Crackbenzin erzeugen.

Beim *Steamcracken* werden die Molekülketten unter Wasserdampf bei etwa 800°Celsius gespalten. Der Dampf hält die gespaltenen Molekülketten auf Abstand, und verhindert so, dass sie sich wieder verbinden. Dafür sorgt zusätzlich eine rasch eingeleitete Abkühlung. Bei diesem Verfahren entstehen vor allem die Gase Ethylen, Propylen und die Aromaten Benzol, Toluol und Xylol, die als Lösungsmittel verwendet werden.



### **Den Rohödestillaten wird Schwefel entzogen**

Schwefel ist ein natürlicher Bestandteil des Rohöls. Es wird den Destillaten in einer Entschwefelungsstufe entzogen, um zu verhindern, dass bei der Verbrennung von schwefelhaltigem Benzin, Diesel oder Kerosin Schwefeldioxid entsteht. In einem Entschwefelungsreaktor werden bei etwa 350 °Celsius gezielt nur die Schwefel-Kohlenstoff-Verbindungen gespalten. Wasserstoff wird zugefügt, mit dem die Spaltprodukte zu Schwefelwasserstoff und Kohlenwasserstoff reagieren. Der Schwefelwasserstoff wird dann abgeleitet und über mehrere Zwischenstufen in reinen Schwefel umgewandelt. Er wird unter anderem von der chemischen Industrie für die Herstellung von Düngemitteln verwendet und kommt in der Reifenindustrie zum Einsatz.

### **Die Veredelung verwandelt Rohbenzin in hochwertigen Kraftstoff**

Nach dem Cracken und Entschwefeln des Rohbensins werden noch eine Reihe von Veredelungsverfahren durchgeführt, um die Qualität der gewonnenen Produkte weiter zu verbessern. Dabei werden die Molekülstrukturen des Bensins so verändert, dass dieses eine höhere Klopfestigkeit aufweist und nicht unkontrolliert durch Selbstentzündung („klopfen“), sondern ausschließlich präzise gesteuert verbrennt.

### **Additive verbessern das Produkt**

Mineralölprodukte werden auch aufgewertet, indem Additive hinzugegeben werden – ihre Menge entspricht meist deutlich unter einem Prozent der Produktmenge. Diese Zusätze können die Produkteigenschaften bei der Verbrennung oder im Gebrauch deutlich verbessern. Die wichtigsten Additive verbessern die Kälteeigenschaften oder die Schmierfähigkeit im Diesel und Heizöl oder steigern die Zündwilligkeit von Kraftstoffen und damit die Cetanzahl im Diesel und die Oktanzahl beim Ottokraftstoff.

### **Blending – das Beimischen biogener oder synthetischer Komponenten**

Einige Produkte wie Propangas oder Benzol verkauft die Rheinland Raffinerie als Reinstoffe. Hingegen mischt sie für die unterschiedlichen Kraftstoffe, Heiz- und Schmieröle entsprechend den jeweiligen Produkt-Anforderungen mehrere Komponenten kontrolliert zusammen, die zuvor durch die Destillations- und Crack-Verfahren aus dem Rohöl abgetrennt wurden. Dieser Mischprozess heißt Blending (engl. to blend = beimischen). Zunehmend werden Mineralölprodukte, insbesondere Kraftstoffe, zusätzlich auch mit anderen Komponenten gemischt, etwa biogenen Komponenten wie Biodiesel oder Bioethanol oder synthetischen Komponenten, die über Syntheseverfahren aus Erdgas, Biomasse oder Kohle gewonnen werden können. Im Zusammenhang mit den Syntheseverfahren spricht man dann auch von GtL (Gas to Liquid), BtL (Biomass to Liquid) oder CtL (Coal to Liquid).



Das Blending von Biodiesel mit herkömmlichem Dieselmotorkraftstoff ist heute bereits weit verbreitet, dagegen ist die Beimischung von Bioethanol noch nicht so weit fortgeschritten. Anders als Biokraftstoffe der ersten Generation sind GtL, BtL oder CtL die Kraftstoffe der Zukunft. Als so genannte Designerkraftstoffe lassen sich ihre Eigenschaften ganz nach den Anforderungen des Verbrennungsprozesses gestalten. So verbrennen synthetische Kraftstoffe zum Beispiel erheblich sauberer als herkömmliche. Shell mischt als erstes Mineralölunternehmen seinem Premium-Produkt V-Power Diesel synthetisches GtL bei.

### **Petrochemie: Die Verbindung von der Mineralöl- zur chemischen Industrie**

Fast die gesamte organische Produktion in der chemischen Industrie geht auf Mineralölprodukte zurück. Rohbenzin, sogenanntes Naphtha, ist zum Beispiel das wichtigste Produkt für die Olefinerzeugung. Olefine sind einfach ungesättigte Kohlenwasserstoffe, wie Ethylen und Propylen, die zur Herstellung von Kunststoffen, Reinigungsmitteln, Lacken und Farbstoffen sowie Kunstfasern dienen.

Naphtha kann auch zu Aromaten verarbeitet werden, das sind Kohlenwasserstoffe wie Benzol, Toluol und Xylol, die für die Herstellung von Kunststoffen, Insektiziden, Lösungsmitteln, Lacken und Farbstoffen gebraucht werden.

Welche Produkte in welchen Verfahren hergestellt werden, hängt auch von der Herkunft der Rohöle ab, die sich deutlich in ihrer chemischen Zusammensetzung und ihren physikalischen Eigenschaften unterscheiden. So enthalten Nordsee-Rohöle (z.B. der Sorte Brent) einen hohen Prozentsatz leichter Komponenten, aus denen Benzin hergestellt werden kann. Sie zeichnen sich durch ihre niedrige Viskosität (Zähflüssigkeit) und niedrigen Schwefelgehalt (unter 0,5 Prozent) aus. Rohöl aus Venezuela hingegen gehört zu den schweren Rohölen, die zähflüssiger (hohe Viskosität) sind und deren Schwefelgehalt deutlich höher liegt (ca. drei Prozent). Wegen des hohen Anteils schwerer Kohlenwasserstoffe sind diese Qualitäten besonders geeignet, daraus Bitumen für Asphalt sowie Schmierstoffe herzustellen.

### **Die Produkte der Rheinland Raffinerie**

Die Rheinland Raffinerie verarbeitet als größte Raffinerie Deutschlands rund 16 Millionen Tonnen Rohöl pro Jahr zu einer Vielzahl von Produkten. So kommen jährlich rund 2,1 Millionen Tonnen Ottokraftstoff in den Qualitäten Super und V-Power aus der Rheinland Raffinerie. Das entsprach 2009 etwa zehn Prozent des Gesamtverbrauchs in Deutschland. Außerdem gehören unter anderem der Flugkraftstoff Jet A 1 sowie Dieselmotorkraftstoffe und leichtes Heizöl zu den Produkten der Raffinerie. An Dieselmotorkraftstoff produzierte das Werk 2009 mit 3,5 Millionen Tonnen pro Jahr zirka 14 Prozent des deutschen Gesamtverbrauchs. Das schwere Heizöl aus der Raffinerie, etwa 1,2 Millionen Tonnen im Jahr, wird als Kraftstoff für Schiffe und in Kraftwerken genutzt. Auch die Flüssiggase Propan und Butan werden bei der Raffinerie von Erdöl gewonnen. Sie kommen sowohl im häuslichen wie auch im industriellen Bereich zum Einsatz. Der in der Rheinland Raffinerie gewonnene

Shell Deutschland Oil GmbH  
Rheinland Raffinerie  
Kommunikation  
Godorfer Hauptstraße 150  
50997 Köln

Internet <http://www.shell.de/rheinlandraffinerie>



Bitumen wird für den Straßenbau verwendet. Zusätzlich fallen in der Raffinerie noch verschiedene Grundstoffe und Spezialitäten wie Ethylen, Propylen, Benzol, Toluol, Xylol, Methanol, Dimethylether und Industriegase an, die von der chemischen Industrie weiterverarbeitet werden.

### **Der Vertrieb – eine logistische Höchstleistung**

Die Produkte der Rheinland Raffinerie werden zu 38 Prozent über Schiffe vertrieben, 28 Prozent werden mit Tanklastwagen befördert und 22 Prozent verlassen über eine Pipeline das Werk. Weitere elf Prozent der hergestellten Produkte werden über eine Rohrleitung direkt zu Lyondell Basell, einem Unternehmen der petrochemischen Industrie, befördert. Ein Prozent der Produkte verlässt das Werk per Schiene. Die beiden Werke der Rheinland Raffinerie sind ein Veredelungsstandort, von dem täglich auf verschiedenen Wegen fast 44.000 Tonnen Rohöl in den Wirtschaftskreislauf zurückgegeben werden.

Shell Deutschland Oil GmbH  
Rheinland Raffinerie  
Kommunikation  
Godorfer Hauptstraße 150  
50997 Köln

Internet <http://www.shell.de/rheinlandraffinerie>