



WBF

Institut für Weltkunde in Bildung und Forschung • Gemeinnützige Gesellschaft mbH
Holzdamm 34 • D-20099 Hamburg • Tel. (040) 68 71 61 • Fax (040) 68 72 04
office@wbf-medien.de • www.wbf-medien.de

Verleihnummer der Bildstelle

Unterrichtsblatt zu der didaktischen DVD

Wie Heizöl und Rohbenzin veredelt werden

Reinigen - Cracken - Umwandeln



**Unterrichtsfilm, ca. 15 Minuten,
Filmsequenzen, Zusatzmaterial und Arbeitsblätter**

Adressatengruppen

Alle Schulen ab 8. Schuljahr,
Jugend- und Erwachsenenbildung

Unterrichtsfächer

Erdkunde, Chemie, Weltkunde, Wirtschaft,
Naturwissenschaften, Naturwissenschaft und
Technik, Naturwissenschaftliches Arbeiten

Kurzbeschreibung des Films

Im Destillationsturm einer Raffinerie erfolgt die Trennung des Erdöls in seine Bestandteile. Die Fraktionen müssen anschließend gereinigt und entschwefelt werden. Die schwereren Fraktionen durchlaufen weitere Verarbeitungsstufen. In einer Animation werden die Zusammensetzung der Kohlenwasserstoffmoleküle, das thermische Cracken, das katalytische Cracken und Hydrocracken sowie die Gewinnung von Superbenzin erklärt. Ein Raffineriemitarbeiter zeigt die Umwandlung von Rohbenzin in zwei gasförmige Produkte: Ethylen und Propylen. Diese beiden Gase sind Ausgangsstoff für die verschiedensten Kunststoffprodukte.

Kompetenzen

Die Schülerinnen und Schüler beschreiben die stoffliche Zusammensetzung von Erdöl und wenden ihre Kenntnisse zur Stofftrennung auf die fraktionierte Destillation an. Sie erklären die Anordnung und Bindung von Kohlenstoff- und Wasserstoffatomen sowie die Veränderung von Molekülketten, die bei großtechnischen Prozessen durch den Einsatz von Hitze und Katalysatoren erfolgen. Sie wenden die in der Raffineriesprache verwendeten Begriffe *Cracken* und *Umwandeln* an und erläutern, wie durch Veränderungen der molekularen Anordnung neue, ihnen bereits bekannte Kunststoffprodukte entstehen.

Verleih in Deutschland: WBF-Unterrichtsmedien können bei den Landes-, Stadt- und Kreisbildstellen sowie den Medienzentren entliehen werden.

Verleih in Österreich: WBF-Unterrichtsmedien können bei den Landesbildstellen, Landesschulmedienstellen sowie Bildungsinstituten entliehen werden.

Weitere Verleihstellen in der Schweiz, in Liechtenstein und Südtirol.

Inhaltsverzeichnis

• Hilfe für den Benutzer	S. 2	• Ergänzende Informationen	S. 8
• Struktur der WBF-DVD	S. 3	• Übersicht über die Materialien	S. 10
• Unterrichtliche Rahmenbedingungen	S. 4	• Didaktische Merkmale der WBF-DVD Kompakt neu	S. 11
• Inhalt und Aufbau des Films	S. 4	• Zum Einsatz der WBF-DVD Kompakt neu	S. 11
• Anregungen für den Unterricht: Einsatz des Unterrichtsfilms	S. 5	• Kopiervorlage: Beobachtungs- und Arbeitsaufträge	S. 12

Hilfe für den Benutzer

Die WBF-DVD Kompakt neu besteht aus einem **DVD-Video-Teil**, den Sie auf Ihrem DVD-Player oder über die DVD-Software Ihres PC abspielen können, und aus einem **DVD-ROM-Teil**, den Sie über das DVD-Laufwerk Ihres PC aufrufen können.

DVD-Video-Teil

In Ihrem DVD-Player wird der DVD-Video-Teil automatisch gestartet.

Hauptfilm starten: Der WBF-Unterrichtsfilm läuft ohne Unterbrechung ab.

Schwerpunkte: Der WBF-Unterrichtsfilm ist in Filmsequenzen (= Schwerpunkte) unterteilt. Jeder Sequenz sind Problemstellungen zugeordnet, die mithilfe des filmischen Inhalts und der Materialien erarbeitet werden können. Die Schwerpunkte, Problemstellungen und Materialien sind durchnummeriert (siehe S. 3 und 10).

DVD-ROM-Teil

Im DVD-Laufwerk Ihres PC können Sie den DVD-ROM-Teil über den Explorer durch Öffnen der **Index-Datei** starten. Für den Wechsel zum DVD-Video-Teil starten Sie Ihre DVD-Software.

Der Aufbau des DVD-ROM-Teils entspricht dem des DVD-Video-Teils. Auch der Unterrichtsfilm und die Filmsequenzen sind direkt vom DVD-ROM-Teil abspielbar. Zusätzlich finden Sie auf dem DVD-ROM-Teil Arbeitsblätter und die Infothek.

Alle Materialien können als PDF- oder Word-Datei aufgerufen und ausgedruckt werden. Sie sind nach den Schwerpunkten und Problemstellungen gegliedert. Zu allen Materialien werden **Arbeitsaufträge** angeboten. In den Word-Dateien finden Sie das jeweilige Material mit Arbeitsaufträgen, in den PDF-Dateien ohne Arbeitsaufträge.

Zur Unterstützung der **Binnendifferenzierung** sind diese Arbeitsaufträge in drei Schwierigkeitsgrade unterteilt:

○ leicht	◉ mittel	● schwer
----------	----------	----------

Infothek - hier finden Sie folgende Dokumente als PDF- und Word-Datei:

- die **Arbeitsaufträge für alle Materialien**, zusammengestellt in einer Datei
- das **didaktische Unterrichtsblatt** mit Anregungen für den Unterricht
- die **Sammlung aller Arbeitsblätter - Lehrer** (mit Lösungen)
- die **Sammlung aller Arbeitsblätter - Schüler** (ohne Lösungen)
- die **Sammlung aller Arbeitsmaterialien**
- die **Internet-Links** zum Thema

Struktur der WBF-DVD

Unterrichtsfilm: Wie Heizöl und Rohbenzin veredelt werden Reinigen - Cracken - Umwandeln	
1. Schwerpunkt: Reinigen und Umwandeln durch Hitze: Thermisches Cracken	
<ul style="list-style-type: none">• Filmsequenz (5:20 Minuten) auf DVD-Video und DVD-ROM• Problemstellung, Materialien (siehe Seite 10)	
1.1	Warum werden Rohölprodukte noch weiter bearbeitet?
2. Schwerpunkt: Hydrocracken und Veredeln	
<ul style="list-style-type: none">• Filmsequenz (2:45 Minuten) auf DVD-Video und DVD-ROM• Problemstellung, Materialien (siehe Seite 10)	
2.1	Warum wird Heizöl mit Hitze und Wasserstoff „gebrochen“?
3. Schwerpunkt: Auslieferung der Rohölprodukte	
<ul style="list-style-type: none">• Filmsequenz (2:30 Minuten) auf DVD-Video und DVD-ROM• Problemstellung, Materialien (siehe Seite 10)	
3.1	Wie gelangen die fertigen Rohölprodukte zu den Verbrauchern?
4. Schwerpunkt: Vom Rohbenzin zu Ethylen und Propylen	
<ul style="list-style-type: none">• Filmsequenz (3:40 Minuten) auf DVD-Video und DVD-ROM• Problemstellung, Materialien (siehe Seite 10)	
4.1	Warum ist Erdöl für viele Kunststoffherzeugnisse das Ausgangsmaterial?

Systemvoraussetzungen für den Einsatz der DVD-ROM:

Windows XP, Windows 7, 8 und 8.1, **NEU:** Mac OS X, DVD-Laufwerk mit gängiger Abspielsoftware, 16-Bit-Soundkarte mit Lautsprechern, Bildschirmauflösung von 800 x 600 Pixel oder höher

Unterrichtliche Rahmenbedingungen

Die Schülerinnen und Schüler wissen, dass Erdöl ein Gemisch aus Kohlenwasserstoffen ist. Sie können erklären, was Atome sind und wie sie sich zu Molekülketten zusammensetzen. Ihnen sind die Vorgänge zum Trennen von Rohöl in einer Raffinerie bei der „Atmosphärischen Destillation“ und bei der „Vakuum-Destillation“ bekannt (siehe WBF-DVD Kompakt neu: Wie aus Rohöl Heizöl und Rohbenzin werden - Destillieren: Sieden - Trennen).

Inhalt und Aufbau des Films

Der Unterrichtsfilm behandelt vier Schwerpunkte: **1. Reinigen und Umwandeln durch Hitze: Thermisches Cracken**, **2. Hydrocracken und Veredeln**, **3. Auslieferung der Rohölprodukte** und **4. Vom Rohbenzin zu Ethylen und Propylen**.

Einstieg: Der Blick auf eine Raffinerie und das Herzstück, den Destillationsturm, führen in die Thematik ein. Eine Animation zeigt die bei der „Atmosphärischen Destillation“ gewonnenen Produkte.

1. Reinigen und Umwandeln durch Hitze: Thermisches Cracken

Ein Schwefelstück aus der Chemiesammlung der Schule belegt die Notwendigkeit, Erdölprodukte zu reinigen. Die Entschwefelung mithilfe von Wasserstoff wird in einer Animation dargestellt. Heizöl (Vakuum-Gasöl), der Rückstand aus der Vakuum-Destillation, ist das Ausgangsmaterial für die Erzeugung von mehr Benzin. Eine Animation verdeutlicht zunächst, wie Kohlenwasserstoffe aufgebaut sind und die Moleküle unter Einfluss von Hitze zerbrechen (engl. to crack). In einer weiteren Animation wird das „Thermische Cracken“ in einer Konversionsanlage dargestellt.

2. Hydrocracken und Veredeln

Eine Animation zeigt, wie in den Reaktoren das Brechen von Heizöl mit Hitze und Wasserstoff erfolgt. Eine zweite Animation verdeutlicht das Zerbrechen der großen Ölmoleküle, die Anlagerung von Wasserstoffatomen und die Entstehung von Benzinmolekülen.

Das Veredeln von Benzin zu Superbenzin, in der Raffineriesprache „Reformieren“ genannt, setzt den Einsatz eines Katalysators voraus. Eine Animation veranschaulicht, wie in Gegenwart eines Platinkatalysators Benzinmoleküle durch die Bewegungsenergie zerbrechen und sich neu zu Superbenzin zusammensetzen.

3. Auslieferung der Rohölprodukte

Die Raffinerieprodukte gelangen in ein Tanklager und werden von dort mit dem Binnenschiff, per Pipeline, mit Kesselwagen der Bahn oder mit Tankwagen an die Kunden ausgeliefert. In einem Exkurs wird auf die Wirkung von Superbenzin für Motoren hingewiesen.

4. Vom Rohbenzin zu Ethylen und Propylen

Die Frage nach der Weiterverarbeitung von Rohbenzin, das nicht zu Superbenzin verarbeitet wird, führt noch einmal in die Raffinerie zurück. Ein Mitarbeiter erläutert die Produktionsabläufe in der Spaltgasanlage und deren Endprodukte Ethylen und Propylen. Diese beiden Gase sind das Ausgangsmaterial für zahlreiche Kunststoffzeugnisse, von denen einige wenige exemplarisch gezeigt werden.

Ausblick: Nach dem Rückblick auf die Kohlenwasserstoffe wird die Frage formuliert, welche Verfahren Erdöl für die Kraft- und Kunststoffproduktion durchlaufen muss.

Anregungen für den Unterricht: Einsatz des Unterrichtsfilms

Vorarbeit der Lehrkraft	Die Sichtung des Films vor Unterrichtsbeginn ist unerlässlich. Die Beobachtungs- und Arbeitsaufträge sollten vorher kopiert werden. Alternativ können sie diktiert oder von den Lerngruppen nach dem Aufruf am Whiteboard abgeschrieben werden (zeitraubend!).
Methodisch-didaktische Vorüberlegungen	Für die Erarbeitung bieten sich drei Möglichkeiten an: a) Die Lehrkraft setzt den Film ein, ohne das Thema vorher bekannt zu geben. Der Vorteil besteht darin, dass bei den Schülerinnen und Schülern ein hoher Motivationsgrad entsteht. Bei zu geringen Vorkenntnissen könnte jedoch das Verständnis für die Gesamtproblematik leiden. b) Die Lehrkraft nennt das Thema des Unterrichtsfilms. c) Im Unterricht werden Abläufe in der Raffinerie bei der Rohöldestillation besprochen (Atmosphärische Destillation, Vakuum-Destillation). Im Fächerverbund mit Chemie arbeiten die Schülerinnen und Schüler Molekülstrukturen von Kohlenwasserstoffen.
Verteilung der Beobachtungs- und Arbeitsaufträge	Die Lehrkraft teilt die Klasse in Gruppen ein und verteilt die Beobachtungsaufträge für die Filmbetrachtung (Kopiervorlage S. 12). Die Aufträge können auch für die Gruppen-, Partner- oder Einzelarbeit gegliedert oder zusammengefasst werden. Sie sind zugleich Arbeitsaufträge für die Auswertung nach der Filmbetrachtung.
Filmvorführung	Die Lerngruppen sehen sich den Unterrichtsfilm gemeinsam an, ohne mitzuschreiben.
Auswertung	Die Klasse äußert sich spontan zu dem Unterrichtsfilm. Gut geeignet ist die Lehrerfrage, welche Filmsequenz am besten gefallen hat. Sie erfordert bereits eine einfache Begründung. Die Lehrkraft klärt Begriffe und Zusammenhänge, die einzelnen Schülerinnen und Schülern nicht deutlich wurden. Als schnelle Verständnisüberprüfung eignet sich auch eine von den Lerngruppen in fünf bis acht Minuten zu erstellende Stichwortliste zu den Filminhalten. Die Lerngruppen bearbeiten anschließend ihre Arbeitsaufträge und werden dabei von der Lehrkraft unterstützt.
Sicherung	Die Gruppensprecher tragen die Ergebnisse vor. Die Lehrkraft oder ein Schüler/eine Schülerin fasst die Auswertungen an der Tafel, auf der Folie oder dem Whiteboard zusammen (mögliches Tafelbild siehe S. 8). Die Schülerinnen und Schüler übertragen das Tafelbild in ihr Arbeitsheft.
Lernerfolgskontrolle	Die Schülerinnen und Schüler formulieren eine schriftliche Zusammenfassung des Unterrichtsfilms (maximal eine DIN-A4-Seite). Motivierender ist die Bearbeitung von Arbeitsblättern, die im DVD-ROM-Teil aufgeführt sind.
Transfer	In einer weiterführenden Unterrichtsphase können Maßnahmen, wie man den Verbrauch von Kraftstoffen verringert, sowie Vor- und Nachteile von Kunststoffherzeugnissen erörtert werden.

Arbeitsaufträge und mögliche Schülerantworten

Abhängig von der Methodenkompetenz der Schülerinnen und Schüler (Erfahrung mit Gruppenarbeit) und der Sachkompetenz können die Arbeitsaufträge auch geschlossen an den Klassenverband verteilt werden. Zur Unterstützung der Binnendifferenzierung sind die Aufgaben in drei Schwierigkeitsgrade unterteilt:

○ leicht, ⊙ mittel und ● schwer.

Erste Lerngruppe: Reinigen/Umwandeln durch Hitze: Thermisches Cracken

⊙ 1. Begründe die Entschwefelung von Raffinerieprodukten.

⇒ Schwefelverbindungen greifen andere Stoffe an. Schwefelwasserstoff ist ein Gas, das nach faulen Eiern riecht. In konzentrierter Form ist es hoch giftig.

○ 2. Beschreibe den Reinigungsvorgang.

⇒ Ein Gemisch aus Heizöl und Wasserstoff wird auf etwa 350 °C erhitzt. Ein Katalysator (Metalloxyd) wird dazugegeben. Im Reaktor verbinden sich Schwefel und Wasserstoff. Im Trennturm kühlt das entschwefelte Heizöl ab, während der Schwefelwasserstoff weiter aufsteigt. In einer nachgeschalteten Anlage wird der Schwefel vom Wasserstoff getrennt.

○ 3. Nenne das Ausgangsmaterial für die Gewinnung von mehr Benzin.

⇒ Ausgangsmaterial ist Heizöl (Vakuum-Gasöl) aus der Vakuum-Destillation.

○ 4. Beschreibe den Aufbau von Kohlenwasserstoffen.

⇒ Kohlenwasserstoffe bestehen aus den Atomen C (Kohlenstoff) und H (Wasserstoff). Die Moleküle, die sich aus den Atomen zusammensetzen, unterscheiden sich durch Anzahl und Anordnung der Atome.

⊙ 5. Erläutere, wie sich Kohlenwasserstoffmoleküle durch Hitze verändern.

⇒ Bei großer Hitze geraten die Großmoleküle des Heizöls in Schwingungen, bis sie brechen, d. h., sie werden gecrackt. Sie zerbrechen in kleinere Molekülketten (im vorliegenden Fallbeispiel in zwei), denen jeweils ein Wasserstoffatom fehlt. Ein Wasserstoffatom löst sich von dem einen Molekül und lagert sich an dem zweiten an. Dieses Molekül ist jetzt ein gesättigtes Molekül, ein Benzinmolekül.

○ 6. Beschreibe das Raffinerieverfahren zur Umwandlung von Heizöl.

⇒ Das im Ölerhitzer erhitzte Heizöl gelangt in den Trennturm. Die entstehenden Produkte sind der Rückstand, leichtes Heizöl, Benzin und Gase.

⊙ 7. Erläutere den Fachbegriff für die Umwandlung und nenne den Nachteil.

⇒ Das Zerbrechen mit Hitze wird „Thermisches Cracken“ genannt. Die Ausbeute an Benzin ist nicht sehr hoch.

Zweite Lerngruppe: Hydrocracken und Veredeln

⊙ 1. Schildere die Gewinnung von mehr Benzin mithilfe von Zusatzstoffen.

⇒ Einsatzprodukt ist Heizöl (Vakuum-Gasöl). Im Reaktor vermischen sich erhitzter Öldampf, Metalloxyd als Katalysator und Wasserstoff. Die großen Ölmoleküle zerbrechen und an die Bruchstellen lagern sich Wasserstoffatome an. Nicht verbrauchter Wasserstoff wird im Abscheider abgetrennt und zurückgeführt.

- ⊙ 2. **Erläutere den Fachbegriff für diesen Vorgang und nenne den Vorteil.**
 - ⇒ Das Verfahren heißt wegen des Mitwirkens von Wasserstoff „Hydrocracken“. Die Benzinausbeute ist höher als beim „Thermischen Cracken“.
- 3. **Fertige eine Zeichnung über die Molekülveränderung beim Hydrocracken an. Gehe von dem Molekül $C_{16}H_{34}$ aus.**
 - ⇒ Lösung siehe „Ergänzende Informationen“ S. 9
- ⊙ 4. **Erläutere, wie die Raffinerie Rohbenzin in Superbenzin umwandelt.**
 - ⇒ Erhitztes Rohbenzin strömt im Reaktor über einen Platinkatalysator. Das Benzinmolekül zerbricht, setzt sich zu neuen, verzweigten Molekülen zusammen.

Dritte Lerngruppe: Auslieferung der Rohölprodukte

- ⊙ 1. **Zähle auf, wie die Produkte von der Raffinerie an den Kunden gelangen.**
 - ⇒ a) mit dem Binnenschiff, b) über Rohrleitungen, c) mit Kesselwagen der Bahn, d) mit Tanklastwagen
- ⊙ 2. **Rechne aus, wie viele Kilometer ein Pkw (Verbrauch 7 Liter/100 km) mit der Füllung eines Tanklasters fahren kann.**
 - ⇒ Mit den 28 000 Litern eines Tankwagens kann ein Pkw 400 000 km zurücklegen.
- ⊙ 3. **Beschreibe die Belieferung einer Tankstelle mit Kraftstoff.**
 - ⇒ Der Tankwagen wird an der Abfüllstation der Raffinerie beladen. Der Tankwagenfahrer pumpt den Kraftstoff an der Tankstelle in unterirdische Tanklager.
- ⊙ 4. **Erläutere den Unterschied zwischen Rohbenzin und Superbenzin.**
 - ⇒ Rohbenzin wurde früher als Kraftstoff verwendet. Aber im Motor kann sich das Benzin-Luftgemisch zu früh entzünden. Superbenzin verbrennt besser, bringt mehr Leistung und schützt vor Motorschäden.
- 5. **Führe eine Internetrecherche durch, was „Klopffestigkeit“ bedeutet.**
 - ⇒ Individuelle Bearbeitung

Vierte Lerngruppe: Vom Rohbenzin zu Ethylen und Propylen

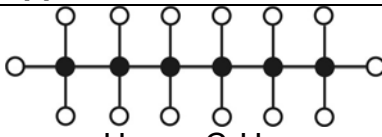
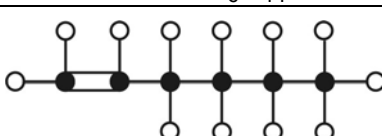
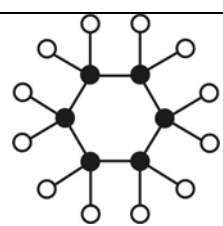
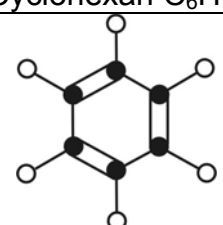
- 1. **Fertige ein Fließdiagramm an, wie Rohbenzin weiterverarbeitet wird.**
 - ⇒ Stichworte: Reaktor (Rohbenzin) ⇒ Spaltgasanlage ⇒ Kolonne (Ölwäsche) ⇒ Kolonne (Wasserwäsche) ⇒ Maschinenhaus (Verdichtung) ⇒ Destillationskolonnen (Kühlen, Trennen) ⇒ Rohgasverdichter (Aufspaltung) ⇒ Endprodukt
- ⊙ 2. **Informiere dich im Chemiebuch oder Internet über Ethylen und Propylen.**
 - ⇒ Beide Gase sind der Ausgangsstoff für die meisten Kunststoffe.
- ⊙ 3. **Nenne Beispiele für Kunststoffe, für die Rohöl der Ausgangspunkt ist.**
 - ⇒ Schutzhelme, Gebrauchsgegenstände, Haushalts- und Sportartikel, Folien, Stadiondächer, CDs, DVDs, Kosmetikartikel, Farben usw.
- 4. **Erstelle ein Wirkungsgefüge vom Erdöl bis zu den Kunststoffen.**
 - ⇒ Individuelle Bearbeitung; Hilfen: Organische Chemie für Schüler/Kunststoffe - wikibooks; <http://kunststoff.bearx.de/kunststoff/herstellung.htm>

Mögliches Tafelbild

Wie Heizöl und Rohbenzin veredelt werden		
Ausgangsprodukt	Verfahren	Ziel
Rohöl + bei der Destillation gewonnene Produkte	entschwefeln/reinigen (mit Wasserstoff)	keine Fremdstoffe
Heizöl (aus der Vakuum-Destillation)	brechen durch Hitze (Thermisches Cracken)	gewinnen von Benzin
Heizöl (aus der Vakuum-Destillation)	brechen mit Hitze und Wasserstoff (Hydrocracken)	gewinnen von mehr Benzin
Rohbenzin	umwandeln/veredeln (Katalytisches Cracken)	Superbenzin
Rohbenzin	aufspalten	Ausgangsmaterial für Kunststoffe
<p>Rohöl ist ein Gemisch aus Kohlenwasserstoffen. Bei hohen Temperaturen wird das Rohöl in der Raffinerie erhitzt und in seine Bestandteile zerlegt. In weiteren Schritten werden die Produkte umgewandelt und veredelt.</p>		

Ergänzende Informationen

Kohlenwasserstoffe: vier Hauptgruppen

<p>1. Alkane (Paraffine): Kohlenwasserstoffe mit Einfachbindung; einfachstes Alkan Methan (CH_4); längerkettige Alkane = Bestandteile des Benzins; aber Abnahme der thermischen Stabilität mit zunehmender Kettenlänge</p>	 <p>Hexan C_6H_{14}</p>
<p>2. Alkene (Olefine): eine oder mehrere Doppelbindungen zwischen den Kohlenstoffatomen; einfachste Alkane aus Rohbenzin; bevorzugter Grundstoff für Petrochemie, Verbindung der Moleküle zu langen Ketten möglich</p>	 <p>Hexen C_6H_{12}</p>
<p>3. Cycloalkane (Naphthene): Untergruppe der Alkane; ringförmig angeordnete Kohlenwasserstoffe, am häufigsten mit 5, 6 oder 7 Kohlenstoffatomen; hohe Kältebeständigkeit; wichtiger Rohstoff für Nylonherstellung; natürlich vorkommende Cycloalkane zuerst in Rohbenzin (Naphtha) gefunden, daher Namensableitung</p>	 <p>Cyclohexan C_6H_{12}</p>
<p>4. Aromaten: Kohlenwasserstoffe mit Molekülen aus einem oder mehreren stabilen Benzolringen; beständig gegen Temperaturen; wegen guter Klopfestigkeit wichtige Mischkomponenten zur Erreichung hoher Oktanzahl bei Otto-Kraftstoffen; vielseitiger Ausgangsstoff für die chemische Industrie</p>	 <p>Benzol C_6H_6</p>

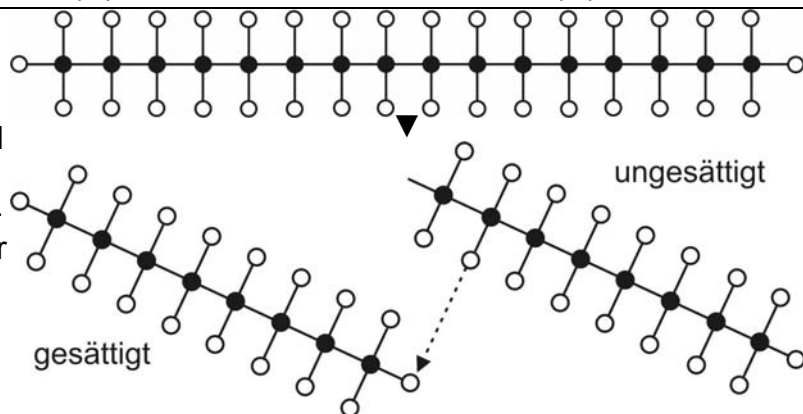
Methoden des Crackens

● Kohlenstoffatom (C)

○ Wasserstoffatom (H)

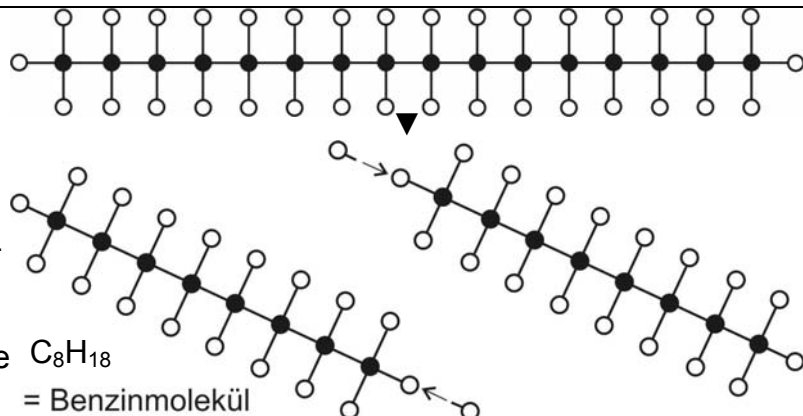
1. Thermisches Cracken

Zerbrechen großer Kohlenwasserstoffmoleküle durch Hitze; Oben: $C_{16}H_{34}$ -Molekül im Vakuum-Gasöl (Heizöl)
Unten: C_8H_{18} = Benzinmolekül; Endprodukte wie bei der Rohöldestillation: schwerer Rückstand, Mitteldestillat, Benzin, Gase, aber geringe Benzinausbeute



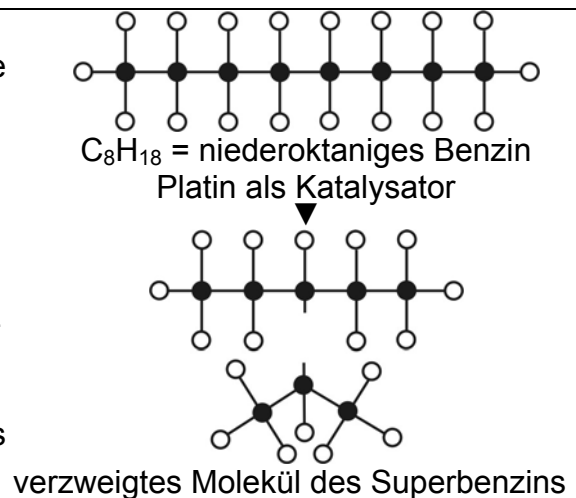
2. Hydrocracken

Zerbrechen großer Kohlenwasserstoffmoleküle durch Hitze + Wasserstoff; Oben: $C_{16}H_{34}$ -Molekül im Vakuum-Gasöl (Heizöl)
Unten: C_8H_{18} = Benzinmolekül; von allen Konversionsverfahren das teuerste: hoher Wasserstoffbedarf, dicke Reaktorwände



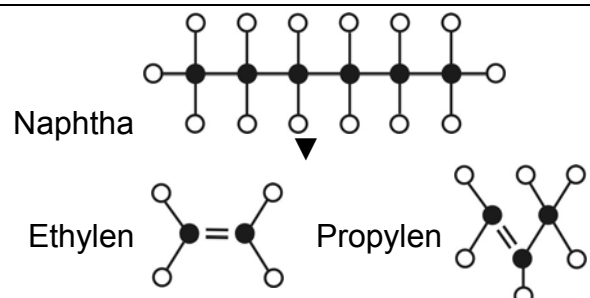
3. Katalytisches Cracken

Einsatzprodukte: überwiegend Rückstände aus der Rohöldestillation (Atmosphärische Destillation) und der Vakuum-Destillation; Spaltvorgang der Kohlenwasserstoffe in Gegenwart eines Katalysators (z. B. synthetische Aluminiumsilikate, verhalten sich wie eine Flüssigkeit); Sammeln von Molekültypen auf dem Katalysator, die durch die Bewegungsenergie der Katalysator-Atome gespalten werden; wesentlich höheres Umwandlungsergebnis als beim „Thermischen Cracken“



4. Steamcracken

Ausgangsprodukt Rohbenzin (Naphtha); Aufspaltung der länger-kettigen Molekülketten unter Wasserdampf; danach rasche Abkühlung; Endprodukte u. a. die Gase Ethylen und Propylen sowie Aromaten (Benzol, Toluol und Xylol)



Quellen: <http://www.shell.de/aboutshell/shell-deutschland/rheinland-raffinerie/wie-funktioniert-raffinerie.html>;
http://www.exxonmobil.com/Germany-German/PA/Files/news_broschueren_mineraloelverarbeitung.pdf;
http://www.bp.com/content/dam/bp-country/de_at/pdfs/erdoel_bewegt_die_welt_2013.pdf

Übersicht über die Materialien

Ziffern:	1. Schwerpunkt	1.1 Problemstellung	1.1.1 Material
Abkürzungen:	Tt = Texttafel	Sch = Schaubild	T = Text
	D = Diagramm		A = Arbeitsblatt

1. Reinigen und Umwandeln durch Hitze: Thermisches Cracken Filmsequenz (5:20 Minuten) auf DVD-Video und DVD-ROM		
1.1 Warum werden Rohölprodukte noch weiter bearbeitet?		
1.1.1 Rohöl muss entschwefelt werden	Sch/T	DVD-Video + ROM
1.1.2 Wie Moleküle brechen und umgewandelt werden	Sch	DVD-Video + ROM
1.1.3 Hitze beeinflusst die Moleküle: Thermisches Cracken	Sch	DVD-Video + ROM
1.1.4 Arbeitsblatt: Zerschneiden der Ölmoleküle durch Hitze	A	DVD-ROM
2. Hydrocracken und Veredeln Filmsequenz (2:45 Minuten) auf DVD-Video und DVD-ROM		
2.1 Warum wird Heizöl mit Hitze und Wasserstoff „gebrochen“?		
2.1.1 Was Hydrocracken bedeutet	Sch	DVD-Video + ROM
2.1.2 Umwandeln von Benzin mithilfe eines Platinkatalysators	Sch	DVD-Video + ROM
2.1.3 Die Zusammensetzung von Superbenzin	D/T	DVD-Video + ROM
2.1.4 Arbeitsblatt: Wie Hitze und Wasserstoff beim Umwandeln von Heizöl wirken	A	DVD-ROM
3. Auslieferung der Rohölprodukte Filmsequenz (2:30 Minuten) auf DVD-Video und DVD-ROM		
3.1 Wie gelangen die fertigen Rohölprodukte zu den Verbrauchern?		
3.1.1 Transportwege der fertigen Rohölprodukte	Sch	DVD-Video + ROM
3.1.2 Der Tankwagen an der Tankstelle	Tt	DVD-Video + ROM
3.1.3 Auslieferung der Rohölprodukte: Ein riesiger logistischer Aufwand	Tt	DVD-Video + ROM
3.1.4 Arbeitsblatt: Von der Raffinerie zum Verbraucher	A	DVD-ROM
4. Vom Rohbenzin zu Ethylen und Propylen Filmsequenz (3:40 Minuten) auf DVD-Video und DVD-ROM		
4.1 Warum ist Erdöl für viele Kunststoffherzeugnisse das Ausgangsmaterial?		
4.1.1 Rohbenzin wird umgewandelt	Tt/Sch	DVD-Video + ROM
4.1.2 Ethylen und Propylen - Vorprodukte für Kunststoffe	Sch	DVD-Video + ROM
4.1.3 Kunststoffprodukte aus Erdöl	Sch	DVD-ROM + ROM
4.1.4 Arbeitsblatt: Teste dein Wissen! Ein Multiple-Choice-Test über Kunststoff	A	DVD-ROM

Didaktische Merkmale der WBF-DVD Kompakt neu

- Die didaktische Konzeption der WBF-DVD ist problem- und handlungsorientiert. Sie ermöglicht entdeckendes Lernen und fördert die Sach-, Methoden- und Medienkompetenz.
- Der Aufbau der DVD ist übersichtlich. Sie ist in Schwerpunkte unterteilt, die der Untergliederung des Unterrichtsfilms entsprechen. Den Schwerpunkten ist jeweils eine Problemstellung zugeordnet, die mithilfe des filmischen Inhalts und der Materialien erarbeitet werden kann. Die didaktische Konzeption der WBF-DVD hat das Ziel, zu einer lebendigen Unterrichtsgestaltung beizutragen.
- Zu jedem Material bietet die WBF-DVD **Arbeitsaufträge** mit den Schwierigkeitsgraden „leicht“, „mittel“ und „schwer“ an. Sie sind nicht verbindlich, sondern können reduziert, ergänzt oder weggelassen werden. Durch die Arbeitsaufträge mit ihrem Aufforderungscharakter haben die Lerngruppen einen besseren Zugang zu den Materialien. So ist eine gezielte Erschließung der Materialien möglich.
- Die **Arbeitsblätter** auf dem DVD-ROM-Teil können als PDF- oder als Word-Datei ausgedruckt werden. Sie fördern die selbstständige und handlungsorientierte Erschließung und Bearbeitung einzelner Problemfelder in Einzel-, Partner- oder Gruppenarbeit. Die vorgegebenen Arbeitsaufträge auf den Arbeitsblättern sind nicht verbindlich, sondern können reduziert, ergänzt oder weggelassen werden.

Zum Einsatz der WBF-DVD Kompakt neu

1. Möglichkeit: Nach Verteilung der Beobachtungs- und Arbeitsaufträge (s. S. 12) führt die Lehrkraft den Unterrichtsfilm als Einheit vor. Die Auswertung erfolgt nach den Vorschlägen auf S. 6 ff. Danach werden Fragen zum weiteren Verständnis und zur vertiefenden Problematisierung gesammelt. Die Zuordnung ergibt sich aus der Struktur des Unterrichtsfilms mit den Schwerpunkten. Die unterrichtlichen Schwerpunkte sollten im Unterrichtsgespräch erörtert werden. Anschließend erfolgt die Einteilung der Schülerinnen und Schüler in Gruppen. Für diese *Gruppenarbeit* bietet es sich an, die Materialien des **DVD-ROM-Teils** auszudrucken und den jeweiligen Gruppen zur freien Bearbeitung zur Verfügung zu stellen. Die **Arbeitsblätter** ermöglichen eine selbstständige, weiterführende Bearbeitung der Themenschwerpunkte.

2. Möglichkeit: Für eine Bearbeitung im *Klassenverband* strukturiert die Lehrkraft die Materialien aus dem **DVD-Video-Teil** oder dem **DVD-ROM-Teil** vor. Damit lässt sich der Lernfortschritt dem Leistungsstand der Klasse anpassen. Zur Wiederholung und zur Hervorhebung bestimmter Themenaspekte des Unterrichtsfilms kann die Lehrkraft die **Filmsequenzen** zu den Schwerpunkten der WBF-DVD einzeln anwählen und vorführen. Die **Arbeitsaufträge** erleichtern die Erschließung der Materialien.

3. Möglichkeit: selbstständige Bearbeitung durch die Lerngruppen am Computer
Die Klasse stellt nach der Filmbetrachtung eine Liste der zu bearbeitenden Themen auf. Nach der Einteilung in Gruppen wählen die Gruppenmitglieder ein Thema und die zu bearbeitenden Materialien auf der WBF-DVD selbstständig aus und kopieren und bearbeiten sie in einem eigenen Ordner. Jede Gruppe druckt für die Präsentation die Materialien aus oder ruft sie nacheinander auf und kommentiert sie.

4. Möglichkeit: selbstständige Projektarbeit

Die Gruppenmitglieder wählen die für ihr Thema relevanten WBF-Materialien aus und bereiten ihre Präsentation selbstständig vor.

Kopiervorlage: Beobachtungs- und Arbeitsaufträge zum Unterrichtsfilm

leicht mittel schwer

Erste Lerngruppe: Reinigen/Umwandeln durch Hitze: Thermisches Cracken

- 1. Begründe die Entschwefelung von Raffinerieprodukten.
- 2. Beschreibe den Reinigungsvorgang.
- 3. Nenne das Ausgangsmaterial für die Gewinnung von mehr Benzin.
- 4. Beschreibe den Aufbau von Kohlenwasserstoffen.
- 5. Erläutere, wie sich Kohlenwasserstoffmoleküle durch Hitze verändern.
- 6. Beschreibe das Raffinerieverfahren zur Umwandlung von Heizöl.
- 7. Erläutere den Fachbegriff für die Umwandlung und nenne den Nachteil.

Zweite Lerngruppe: Hydrocracken und Veredeln

- 1. Schildere die Gewinnung von mehr Benzin mithilfe von Zusatzstoffen.
- 2. Erläutere den Fachbegriff für diesen Vorgang und nenne den Vorteil.
- 3. Fertige eine Zeichnung über die Molekülveränderung beim Hydrocracken an. Gehe von dem Molekül $C_{16}H_{34}$ aus.
- 4. Erläutere, wie die Raffinerie Rohbenzin in Superbenzin umwandelt.

Dritte Lerngruppe: Auslieferung der Rohölprodukte

- 1. Zähle auf, wie die Produkte von der Raffinerie an den Kunden gelangen.
- 2. Rechne aus, wie viele Kilometer ein Pkw (Verbrauch 7 Liter/100 km) mit der Füllung eines Tanklasters fahren kann.
- 3. Beschreibe die Belieferung einer Tankstelle mit Kraftstoff.
- 4. Erläutere den Unterschied zwischen Rohbenzin und Superbenzin.
- 5. Führe eine Internetrecherche durch, was „Klopffestigkeit“ bedeutet.

Vierte Lerngruppe: Vom Rohbenzin zu Ethylen und Propylen

- 1. Fertige ein Fließdiagramm an, wie Rohbenzin weiterverarbeitet wird.
- 2. Informiere dich im Chemiebuch oder Internet über Ethylen und Propylen.
- 3. Nenne Beispiele für Kunststoffe, für die Rohöl der Ausgangspunkt ist.
- 4. Erstelle ein Wirkungsgefüge vom Erdöl bis zu den Kunststoffen.

Gestaltung:

Peter Fischer, Oelixdorf (auch Unterrichtsblatt)

Gerhild Plaetschke, Institut für Weltkunde in Bildung und Forschung (WBF), Hamburg

Schnitt: Virginia von Zahn, Hamburg

Animationen: Holger Korn, Neumünster

Technische Realisation: Paints Multimedia, Hamburg

Weitere WBF-DVDs zum Thema Erdöl

- **Wie aus Rohöl Heizöl und Rohbenzin werden** - Destillieren: Sieden - Trennen
- **Fossile Energieträger** - Erdöl und Erdgas sind nicht erneuerbar

Mit Dank an die Deutsche BP AG und die Bayer AG
für die freundliche Überlassung von Filmmaterial

**Gern senden wir Ihnen unseren aktuellen Katalog
WBF-Medien für den Unterricht**

Wir freuen uns auf Ihren Besuch im Internet - www.wbf-medien.de

Alle Rechte vorbehalten: WBF Institut für Weltkunde in Bildung und Forschung Gemeinn. GmbH