



Verleihnummer der Bildstelle

Unterrichtsblatt zu dem didaktischen Film

Vom Heizöl zum Superbenzin

Reinigen und Umwandeln durch Cracken und Veredeln

**WBF-Unterrichtsfilm, ca. 16 Minuten, Farbe
16mm (Lichtton) oder Video (VHS)**

Adressatengruppen

Alle Schulen ab 6./7. Schuljahr,
Jugend- und Erwachsenenbildung

Unterrichtsfächer

Geographie, Chemie, Physik, Welt-
und Umweltkunde, Wirtschaft

Kurzbeschreibung des Films

Im Destillierturm einer Raffinerie erfolgt die Trennung des Erdöls in seine Bestandteile. Die Fraktionen müssen gereinigt und entschwefelt werden. Damit die Raffinerie ihre Ausbeute an Benzin erhöhen kann, durchlaufen die schwereren Bestandteile noch weitere Verarbeitungsstufen. Zum Verständnis erläutert ein Trick die Zusammensetzung der Kohlenwasserstoffmoleküle. Durch Zerschneiden großer Moleküle beim thermischen, katalytischen und Hydrocracken entstehen neue Verbindungen. Der Vorgang beim Umwandeln des Erdöls wird durch Realaufnahmen dargestellt und durch verständliche Trickaufnahmen unterstützt. Die Zusammenfassung zeigt die Hauptprodukte aus dem Raffinerieprozeß und Erzeugnisse.

Didaktische Absicht

Anknüpfend an die Erkenntnis, wie Erdöl durch Destillieren in seine Bestandteile zerlegt wird, lernen Schülerinnen und Schüler, daß Rohöl aus Kohlenwasserstoffen besteht. An einem übersichtlich gestalteten Beispiel erleben sie, wie chemische Prozesse in der Industrie ablaufen. Sie verfolgen, wie die Verbindungen in ihrer Zusammensetzung verändert werden können. Sie erkennen, daß durch Veränderungen der molekularen Anordnung neue, ihnen bereits bekannte Produkte entstehen.

Verleih in Deutschland: WBF-Unterrichtsfilme können bei der Mehrzahl der Landes-, Stadt- und Kreisbildstellen sowie den Medienzentralen entliehen werden.

Österreich: Bundesministerium für Unterricht und kulturelle Angelegenheiten-Medienservice, Wien, durch die Landesbildstellen bzw. Bezirksbildstellen sowie Medienzentralen.

Schweiz: Schweizerische Schulfilm-Verleihstellen in Rorschach, Basel, Zürich und Medienzentralen.

I. Einsatzmöglichkeiten zu folgenden Themenbereichen der Lehrpläne und Schulbücher

- **Im Erdkundeunterricht**
 - „Arbeiten und Versorgen in Industrieräumen“
 - „Strukturwandel unter dem Einfluß moderner Techniken und industrieller Produktionsweisen“
- **Im Chemieunterricht**
 - „Erdöl als Gemisch aus Kohlenwasserstoffen“
 - „Technische Verfahren zur Aufbereitung“
 - „Wichtige Produkte und ihre Verwendung“
 - „Bedeutung des Erdöls als Energieträger und Rohstoff“
- **Im Wirtschaftsunterricht**
 - „Die verschiedenen Bereiche der gesamtwirtschaftlichen Produktion“
 - „Grundlagen des Produktionsablaufes und der Ansprüche und Zielsetzungen der Produktion“

II. Inhalt und Aufbau des Films

Zwischentitel gliedern den Film.

Einstieg: Das Herzstück der Raffinerie ist der Destillier- oder Trennturm. Wir werfen einen kurzen Blick auf das Zwischentanklager. Die Produkte müssen gereinigt werden, zum Beispiel von Schwefelverbindungen. Sie bilden beim Verbrennen Schwefeloxide. Diese greifen andere Stoffe an. Mit Wasser in der Luft haben sie großen Anteil am „Sauren Regen“.

1. Reinigen: In einer sich entwickelnden Zeichnung sehen wir, daß ungereinigtes leichtes Heizöl auf etwa 350° C erhitzt wird. Das leichte Heizöl verdampft und wird zusammen mit Wasserstoff in einem Reaktor mit einem Katalysator in Berührung gebracht. Schwefel und Wasserstoff verbinden sich zu Schwefelwasserstoff (H₂S). Dieses übelriechende Gas ist in konzentrierter Form hochgiftig. Es wird im Trennturm abgetrennt (in einer nachgeschalteten Anlage wird der Schwefelwasserstoff in Schwefel umgewandelt). Realaufnahmen zeigen festen und flüssigen Schwefel.

2. Exkurs - Die Zusammensetzung des Erdöls: Wir kennen die Bausteine aller Körper. Sie heißen Atome. Zwei oder mehr Atome bilden ein Molekül. Erdöl besteht aus Kohlenwasserstoffen, d.h. aus Kohlenstoff- (C) und Wasserstoffatomen (H). Kohlenwasserstoffverbindungen unterscheiden sich durch die Anzahl von Kohlenstoff- und Wasserstoffatomen und durch deren molekulare Anordnung. Benzinmoleküle z.B. haben 5 - 10 Kohlenstoffatome. Ein Trick stellt das einfachste Kohlenwasserstoffmolekül vor, das Gas Methan (CH₄). Es leitet hin zu komplizierteren Verbindungen, zu Molekülketten.

3. Das Zerbrechen von Molekülen - Drei Arten des Crackens: Ein Rückblick erinnert an den Destillierturm aus der ersten Trennstufe. Die Ausbeute an Benzin war gering. Der Rückstand aus der ersten Trennstufe wurde erneut destilliert. Er ergab im Vakuum-Turm ein neues Hauptprodukt: Heizöl (Vakuum-Gasöl). Aus ihm kann jetzt mehr Benzin gewonnen werden. Unsere Leitfrage lautet: Wie funktioniert das?

a) Durch Hitze brechen (Thermisches Cracken): Die schweren (großen) Kohlenwasserstoffmoleküle des Öls müssen in leichtere (kleinere) zerbrochen werden (englisch: to crack). Das kann erstens durch Hitze geschehen. Bei der hohen Tem-

peratur (ca. 600°C) halten die Bindungen zwischen den Atomen nicht stand. In einer Kombination von Zeichnung und Trick beobachten wir den Vorgang. In unserem Beispiel zerbricht eine lange Molekülkette in zwei kleinere. Eine davon ist ungesättigt, denn ihr fehlen zwei Wasserstoffatome. Diese können sich an ein anderes Molekül anlagern und es absättigen. So entsteht ein Benzinmolekül. Dieses Thermische Cracken wird zur Benzingewinnung nur noch wenig angewendet, denn sein Benzinertrag ist nicht sehr hoch.

b) Brechen mit Hitze und Aluminiumverbindungen als Katalysator (Katalytisches Cracken): Dieses Verfahren läuft im Prinzip ab wie das thermische Cracken, aber bei geringerer Temperatur. Bei Temperaturen um 500°C würde man auch noch nicht zu der gewünschten Benzinausbeute kommen. Deshalb geben die Raffinerien einen Katalysator zu dem Öldampf in den Reaktor. Ein Katalysator begünstigt und beschleunigt chemische Reaktionen, ohne sich selbst zu verändern. Es gibt verschiedene Katalysatoren. In unserem Beispiel handelt es sich um Aluminiumverbindungen. Im Film sehen wir den Katalysator in Form kleiner Kügelchen. Die Kügelchen sind porös. Beim Kontakt des Öldampfes mit den Wänden der Poren zerbrechen die Kohlenwasserstoffmoleküle. Der Vorgang heißt Katalytisches Cracken.

c) Brechen mit Hitze und Wasserstoff und zusätzlich ebenfalls einem Katalysator (Hydrocracken): Auf diese dritte Art des Crackens legt der Film einen Schwerpunkt, da die Benzinausbeute besonders hoch ist. Es wird deutlich, daß hier nur gesättigte Kohlenwasserstoffe, Benzinmoleküle, entstehen.

In der für Schülerinnen und Schüler leicht eingängigen Verbindung von entstehender Zeichnung und Trick wird deutlich, wie der erhitzte Öldampf zusammen mit Wasserstoff reagiert: Als Katalysator wirkt Metalloxid; die schweren Ölmoleküle zerbrechen wie beim thermischen Cracken. An die Bruchstellen lagern sich Wasserstoffatome an. So entstehen Benzinmoleküle. Der nicht verbrauchte Wasserstoff wird abgetrennt. Im Trennturm kühlt der Dampf ab. Die gewünschten Produkte sind leichtes und schweres Benzin. Dieser Crackvorgang mit dem Anlagern von Wasserstoff (= Hydrieren) heißt Hydrocracken. Das Verfahren ist sehr teuer: Die Reaktorwände müssen dem Wasserstoff unter hohem Druck und bei hoher Temperatur standhalten; die Wasserstofferzeugung ist sehr energieaufwendig.

4. Das Veredeln - „Reformieren“ - von Benzin: Ein Motorradfahrer stoppt seine schwere Maschine an einer Zapfsäule und tankt Superbenzin. (Es ist höheroktanig, damit klopfester, und verbrennt kontrollierter.) Unsere letzte Frage lautet daher: Wie erzielt man das hochwertige Superbenzin?

Trick- und Realaufnahmen sowie eine Zeichnung verdeutlichen wieder den Prozeß. In einem Schauglas sehen wir Rohbenzin. Auf 500°C erhitzt, gelangt es als heißes Gas in den Reaktor. In Gegenwart eines Platin-Katalysators - es sind millimetergroße, platinbedampfte Kügelchen - zerbricht das uns bereits bekannte Benzinmolekül und setzt sich neu zusammen. Die Raffinerietechniker nennen diesen Vorgang auch Reformieren. Der Überblick über eine 100 Millionen DM teure Reformier-Anlage beendet diese Filmsequenz.

5. Die Produkte: Abschließend werden noch einmal Hauptprodukte aus dem Raffinerieprozeß in der Anwendung dargestellt. Zusätzliche Beispiele aus dem Bereich der Petrochemie, die mit Hilfe von Raffinerieprodukten unter anderem Kunststoffe, Farben und Arzneimittel herstellt, zeigen die vielseitige Verwendung von Kohlenwasserstoffen.

Einige Filmszenen zur Öltechnologie wurden mit freundlicher Genehmigung der BASF, BP, Deutschen Texaco, Esso, Mobil Oil verwendet.

III. Vorschlag für einen Stundenverlauf

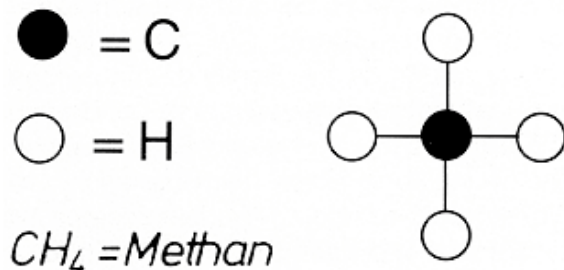
(A) Vor Beginn der Filmbetrachtung teilt die Lehrerin/der Lehrer die Schülerinnen und Schüler in drei (oder mehr) Gruppen ein. Jede Gruppe erhält eigene Beobachtungsaufträge für die Filmbetrachtung (Kopiervorlage siehe Seite 8).

Diese Beobachtungsaufträge sind zugleich Arbeitsaufträge für die Gruppen- bzw. Partnerarbeit nach der Filmbetrachtung.

Erste Schülergruppe	Thema: Die Zusammensetzung des Erdöls Reinigen von Raffinerieprodukten
	Lernziel: Die Schülerinnen und Schüler sollen wissen, daß Erdöl aus Kohlenwasserstoffen besteht, und erkennen, daß Fremdstoffe aus den Produkten entfernt werden müssen.

1) Woraus besteht Erdöl?

→ Es besteht aus Kohlenwasserstoffverbindungen. Sie heißen Moleküle und setzen sich aus Atomen zusammen. Beim Erdöl sind es Kohlenstoff- (C) und Wasserstoff- (H) Atome. Die Moleküle unterscheiden sich durch Anzahl und Anordnung der Atome. Die leichteste Kohlenwasserstoffverbindung ist Methan (CH_4).

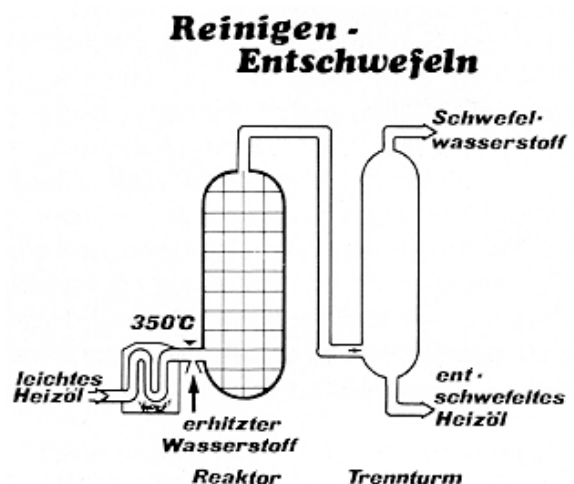


2) Nenne den im Film gezeigten Fremdstoff im Raffinerieprodukt. Warum muß er entfernt werden?

→ Fremdstoff = Schwefel. Raffinerieprodukt = leichtes Heizöl. Schwefelverbindungen bilden beim Verbrennen Schwefeloxide. Diese greifen andere Stoffe an. Zusammen mit Wasser in der Luft haben sie Anteil am „Sauren Regen“. Schwefeloxid und Wasser ergeben schweflige Säure, H_2SO_3 , und Schwefelsäure H_2SO_4 .

3) Beschreibe den Reinigungsvorgang.

→ Der Heizöldampf (auf ca. 350°C erhitzt) und die darin enthaltenen Schwefelverbindungen kommen zusammen mit Wasserstoff (und Metalloxid als Katalysator) in einen Reaktor. Schwefel und Wasserstoff verbinden sich zu Schwefelwasserstoff (H_2S). Er riecht wie faule Eier und ist in konzentrierter Form hochgiftig. Im Trennturm kühlt das Heizöl ab (kondensiert). Der Schwefelwasserstoff steigt auf. In einer nachgeschalteten Anlage trennt man den Schwefel vom Wasserstoff.



Zweite Schülergruppe	Thema: Zerkleinern von Kohlenwasserstoffmolekülen (Thermisches und Katalytisches Cracken)
	Lernziel: Die Schülerinnen und Schüler sollen erkennen, daß zur höheren Benzinausbeute schwere, große Moleküle in leichtere, kleinere zerbrochen werden.

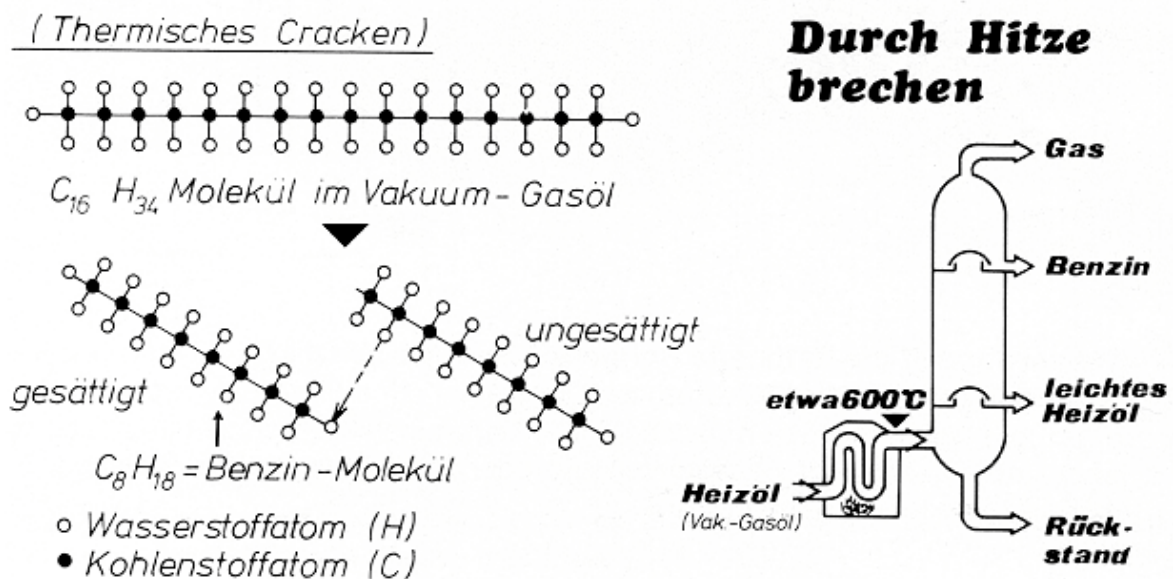
1) Aus welchem Produkt gewinnt die Raffinerie mehr Benzin?

→ Heizöl (**Vakuum-Gasöl**); es stammt aus der Vakuum-Destillation (2. Trennstufe).

2) Wie gewinnt die Raffinerie mehr Benzin? Beschreibe das erste Verfahren.

→ Durch Zerkleinern (englisch: to crack) der schweren Moleküle. Das Heizöl (Vakuum-Gasöl) wird auf ca. 600°C erhitzt und in einen Trennturm geleitet. Bei der Hitze geraten die schweren Moleküle in Schwingungen, bis sie brechen. Es entstehen (in unserem Fall) zwei kleine Moleküle. Beiden fehlt jetzt ein Wasserstoffatom. Ein Wasserstoffatom löst sich von dem einen Molekül und lagert sich an das zweite an. Dieses Molekül ist jetzt, im Gegensatz zu dem ersten, ein gesättigtes Molekül, ein Benzinmolekül.

Das Verfahren heißt - nach dem sehr hohen Hitzegrad - „**Thermisches Cracken**“, Brechen durch Hitze.



3) Was ist ein Katalysator? Wozu braucht man ihn bei der Benzingewinnung?

→ Ein Katalysator ist ein Stoff, der einen chemischen Vorgang beschleunigt und begünstigt. Er verändert sich dabei nicht. Bei der zweiten Art des Crackens setzt die Raffinerie Metalloxid (Aluminiumverbindungen) ein. (Bei der späteren Umwandlung von Roh- zu Superbenzin wirkt Platin als Katalysator.)

Mit einem Katalysator läuft der Crackvorgang schneller ab. Die Temperaturen liegen niedriger. Man nennt den Vorgang „**Katalytisches Cracken**“.

**Dritte
Schülergruppe**

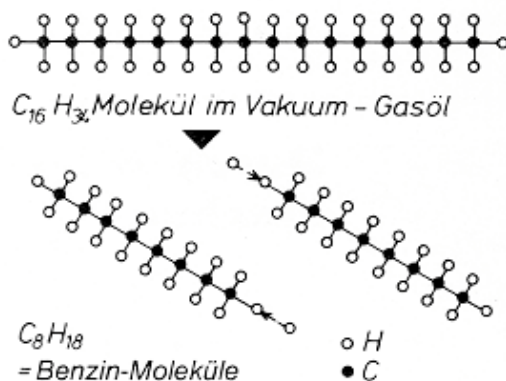
Thema: Hydrocracken und Veredeln
Lernziel: Die Schülerinnen und Schüler sollen 1.) ein Verfahren kennen, das beim Cracken die höchste Benzinausbeute bringt, und 2.) erkennen, wie Rohbenzin in Superbenzin umgewandelt wird.

1) Beschreibe das dritte Verfahren bei der Gewinnung von mehr Benzin.

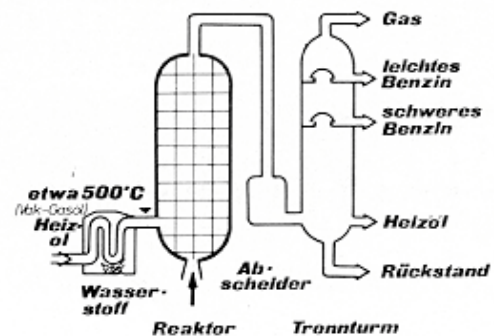
→ Einsatzprodukt ist wieder Vakuum-Gasöl. Auf ca. 500°C erhitzter Öldampf, Metall-oxid als Katalysator und Wasserstoff vermischen sich im Reaktor. Die großen Öl-moleküle zerbrechen wie beim thermischen Cracken. An den Bruchstellen lagern sich Wasserstoffmoleküle an. Gesättigte Verbindungen entstehen, vorwiegend Benzinmoleküle. Der überschüssige Wasserstoff gelangt in einen Abscheider. Im Trennturm steigen die Dämpfe auf und verflüssigen sich bei den entsprechenden Temperaturen. Die gewünschten Hauptprodukte sind schweres und leichtes Benzin. Die Benzinausbeute ist höher, die Benzinherstellung teurer als bei den beiden anderen Crackverfahren.

Das Verfahren heißt - nach dem Mitwirken von Wasserstoff - „**Hydrocracken**“.

(Hydrocracken)



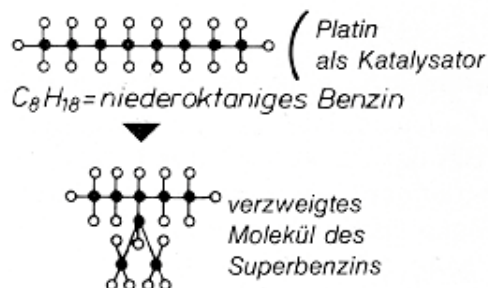
**Aufbrechen mit Hitze
+ Wasserstoff + Katalysator**



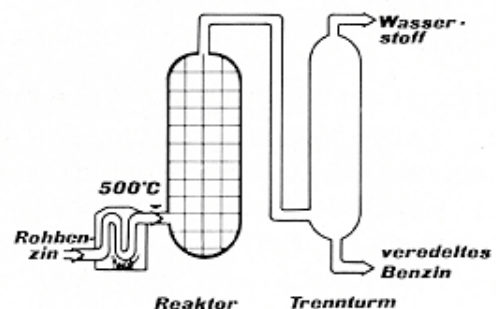
2) Wie verwandelt die Raffinerie Rohbenzin in Superbenzin?

→ Rohbenzin wird auf ca. 500°C erhitzt. Der Dampf strömt im Reaktor über millimetergroße, platinbedampfte Kügelchen. Das Benzinmolekül zerbricht und setzt sich wieder neu - verzweigt - zusammen. So oder ähnlich verzweigte Moleküle sind die Bestandteile des Superbensins.

(Umwandeln)



Umwandeln von Benzin



3) Wodurch unterscheiden sich Superbenzin und Normalbenzin?

→ Superbenzin hat eine höhere Oktanzahl, ist damit klopfester in hochverdichteten Motoren, motorschonender und leistungsstärker.

(B) Filmbetrachtung

(C) **Gruppenarbeit:** Die Schülerinnen und Schüler erarbeiten Antworten zu den Arbeitsaufträgen.

(D) Auswertung der Gruppenarbeit

(E) **Weiterführendes Unterrichtsgespräch** - Auftrag an alle drei Schülergruppen:

Welche Bedeutung haben Erdöl und Erdölprodukte für uns? Vergleiche mit den Beispielen aus dem Film.

→ Als Energieträger: Kraftstoff für Motoren; Brennstoff zur Wärme- und Stromerzeugung; ferner Schmierstoff für Motoren und andere Maschinen.

Als Industrie-Rohstoff: In der Petrochemie = Kunststoff-, Farben- und Arzneimittelherstellung; ferner Verwendung als Baustoff (z.B. Bitumen).

IV. Ergänzende Informationen

Ausbeutestruktur bei verschiedenen Crackverfahren (in % vom Einsatz)

	Thermisches Cracken	Katalytisches Cracken		Hydrocracken	
		(I)	(II)	(I)	(II)
Gase	7	23	11	23	7
Benzine	15	45	28	77	19
Mitteldestillate	48	24	52	--	74
Rückstand	30	8	9	--	--

(I) = Benzin-Fahrweise

(aus: Mineralölwirtschaftsverband, Aus der Sprache des Öls, S. 14)

(II) = Mitteldestillat-Fahrweise

Einige wichtige Begriffe:

Atom: kleinstes Teilchen eines chemischen Grundstoffes, mit chemischen Mitteln nicht weiter teilbar.

Cracken: Zerbrechen (englisch: to crack) großer Kohlenwasserstoffmoleküle in kleinere. Verfahren: **Thermisches Cracken** - Zerbrechen mit Hitze; **Katalytisches Cracken** - Zerbrechen mit Hitze und Katalysator; **Hydrocracken** - Zerbrechen mit Hitze, Wasserstoff und Katalysator.

Katalysator: Stoff, der eine chemische Reaktion auslöst oder ihren Verlauf bestimmt, sich selbst nicht chemisch verändert (Beispiel: Metalloxid wie Aluminiumverbindungen und Platin).

Kohlenwasserstoff: Gruppe von Verbindungen mit den Elementen Kohlenstoff (C) und Wasserstoff (H). Erdöl ist ein natürlich vorkommendes Gemisch aus Kohlenwasserstoffen verschiedener Zusammensetzung.

Molekül: Chemische Verbindung aus zwei oder mehr Atomen. Beim Erdöl sind theoretisch Millionen verschiedener Molekülstrukturen möglich.

Oktanzahl (OZ): Maßstab für die Klopfestigkeit eines Benzins. Klopfen = schlagartiger, d.h. unkontrollierter und damit schädlicher Verbrennungsablauf im Motor.

Kopiervorlage: Beobachtungs- und Arbeitsaufträge

Erste Schülergruppe

1. Woraus besteht Erdöl?
2. Nenne den im Film gezeigten Fremdstoff im Raffinerieprodukt.
Warum muß er entfernt werden?
3. Beschreibe den Reinigungsvorgang.

Zweite Schülergruppe

1. Aus welchem Produkt gewinnt die Raffinerie mehr Benzin?
2. Wie gewinnt die Raffinerie mehr Benzin? Beschreibe das erste Verfahren.
3. Was ist ein Katalysator? Wozu braucht man ihn bei der Benzinherstellung?

Dritte Schülergruppe

1. Beschreibe das dritte Verfahren bei der Gewinnung von mehr Benzin.
2. Wie verwandelt die Raffinerie Rohbenzin in Superbenzin?
3. Wodurch unterscheiden sich Superbenzin und Normalbenzin?

Auftrag an alle drei Schülergruppen

Welche Bedeutung haben Erdöl und Erdölprodukte für uns?
Vergleiche mit Beispielen aus dem Film!

Literatur

Deutsche BP AG (Hrsg.): Das Buch vom Erdöl, Hamburg 1978
Deutsche Texaco AG (Hrsg.): Lernprogramm Raffinerie, Hamburg 1982
Esso-Magazin: Raffiniert. Heft 1/1982
Mineralölwirtschaftsverband (Hrsg.): Mineralöl und Raffinerien, Hamburg 1983
Mineralölwirtschaftsverband (Hrsg.): Aus der Sprache des Öls, Hamburg 1981
Ferner: Poster, Rollbilder und Informationsbroschüren von BP, Esso, Mobil Oil, Shell und Texaco (alle Hamburg)

Wissenschaftliche und didaktische Beratung und Gestaltung

StD P. Fischer, Studienleiter für Erdkunde, Elmshorn (auch Beiblatt)
Ing. grad. E. Steffen, Leiter der Kreisbildstelle Göttingen
Prof. Dr. J. Newig, Geographisches Institut der Päd. Hochschule Kiel
StR. G. Kochendörfer, Fachseminarleiter für Chemie, Berlin
Gerhard Benecke, Raffinerie-Techniker, Hamburg
Prof. Dr. H. Meier zu Köcker, Technische Universität Berlin
Dr. O. Schulz-Kampfenkel †, Institut für Weltkunde, Hamburg

Auf Anforderung erhalten Sie kostenlos die Gesamtübersicht

WBF-Medien für den Unterricht als Katalog und CD-ROM

Alle Rechte vorbehalten: W B F Institut für Weltkunde in Bildung und Forschung Gemeinn. GmbH