

Kohlenwasserstoffe

1. Fossile Energieträger

Ein Film von Anita Bach
Beitrag: Horst Wisniewski

Inhalt

Die Geschichte der Industrialisierung ist untrennbar mit der Nutzung fossiler Energieträger verbunden. Am Beginn dieses Prozesses stand die mit Kohle betriebene Dampfmaschine. Sie setzte sich im Lauf des 19. Jahrhunderts als zunächst ortsfester, dann bald auch beweglicher Energielieferant durch und führte zu einer tiefgreifenden Veränderung aller Wirtschafts- und Gesellschaftsbereiche. Um 1900 deckte die Kohle rund 90 Prozent des weltweiten Brennstoffbedarfs und hatte damit allen anderen Energieträgern klar den Rang abgelaufen. Den großen Vorteilen, vor allem hohe Energiedichte, gute Transport- und Lagerfähigkeit, standen jedoch auch gravierende Nachteile gegenüber. Die massenhafte Kohleverfeuerung verursachte vor allem in Industrie- und Ballungszentren eine erhebliche, gesundheitsschädliche Luftverschmutzung.

Mit der Erfindung des Verbrennungsmotors und dem Aufkommen der Petrochemie begann ein allmählicher Ablösungsprozess, der Kohle durch zunehmend durch Erdöl ersetzte. Seit den 1960er Jahren ist Erdöl nicht nur der unstrittig wichtigste fossile Brennstoff, sondern ein Ausgangsmaterial für etwa 96 Prozent aller chemischen Produkte.

Lebenssaft der Industriegesellschaft

Gegenwärtig verbraucht die Menschheit weltweit rund 87,4 Millionen Barrel, also fast 14 Milliarden Liter Öl täglich zur Energiegewinnung, zum Heizen, als Kraft- und Schmierstoff für Motoren und als Basis für eine unüberschaubare Anzahl organischer Chemikalien wie beispielsweise Kunststoffe, Lacke, Farben oder Kosmetika.

Die Grundsubstanz des "Schwarzen Goldes" bilden tierische und pflanzliche Kleinstlebewesen, die vor etwa 15 Millionen Jahren im Meer lebten und abstarben. Unter dem Druck von gewaltigen Sedimentschichten wandelte sich dieses Plankton im Laufe von Jahrtausenden unter Luftabschluss in Erdöl und Erdgas um und staute sich zwischen undurchlässigen Schichten in porösem Gestein. Durch Hebungen und Senkungen der Erdkruste kam es einerseits zu einer Verdichtung des Bodens und zur Bildung von Gesteinskuppeln, in denen sich Erdgas und Erdöl ansammelten.

Die Aufbereitung des Rohöls

Vor seiner Verwendung muss das Gemisch aus vorwiegend flüssigen, ketten- und ringförmigen Kohlenwasserstoffverbindungen gefördert und

aufbereitet werden. Da die Erdölbestandteile unterschiedliche Siedepunkte besitzen, lassen sie sich durch Destillation relativ einfach trennen.



Großtechnisch geschieht dies in den bis zu 60 Meter hohen Fraktioniertürmen, die im Abstand von knapp einem Meter in zahlreiche Glockenböden unterteilt sind. Da in diesen Fraktioniertürmen die Temperatur nach oben hin abnimmt, kondensieren die Erdölbestandteile (die Fraktionen) in den unterschiedlichen Stockwerken. Von dort werden sie abgeleitet und in entsprechenden Tanks gesammelt.

Die bei der Destillation gewonnenen Mengen an Benzin und Diesel reichen heute bei weitem nicht mehr aus, die erforderlichen Kraftstoffe zu liefern. Daher crackt (zerbricht) man weniger benötigte,



langkettige Kohlenwasserstoffe in kürzerkettige, niedrig siedende Produkte auf. Das einfachste Verfahren in speziellen Anlagen der Raffinerien ist dabei das thermische Cracken, bei dem durch hohe Temperaturen die Kohlenwasserstoffe in Schwingungen geraten und zerreißen.

Abgase heizen die Erdatmosphäre auf.

Der Preis für die immer noch steigende Nutzung fossiler Brennstoffe ist hoch. Durch die Verbrennung von Kohlenwasserstoffen wie Kohle und Erdöl werden schädliche Klimagase frei, die zur

Erwärmung der Erdatmosphäre führen. Zudem stellt das Öl selbst, da es wasserunlöslich ist, etwa bei Schiffsunglücken auch eine immense Gefahr für die Meere und ihre Bewohner dar.

Ausgehend von einem kurzen Überblick über die historische Nutzung der Erdölprodukte Benzin und Lampenöl zeigt die Sendung anhand von Realaufnahmen und animierten Trickgraphiken die Entstehung der fossilen Energieträger sowie die Förderung, den Transport und die technische Verarbeitung von Erdöl.

Fakten

Weil Erdöl, Erdgas, Kohle und Torf im Laufe von Jahrmillionen aus Pflanzen und Kleinlebewesen entstanden sind, bezeichnet man sie auch als fossile Energieträger. Da sie bei der Verbrennung die Energie direkt frei setzen, zählen sie zu den Primärenergieträgern. Während Erdgas, Torf und mit Einschränkungen auch Kohle normalerweise unmittelbar verbrannt werden, veredelt man vor allem das Erdöl in Sekundärenergieträger wie Benzin, Synthesegas oder Heizöl.

Die fossilen Energieträger sind – trotz der inzwischen bekannten negativen Auswirkungen auf das Klima und die Umwelt – noch immer unsere Hauptenergiequellen.

1. Die Nutzung des Erdöls

Erdöl ist ein uralter Stoff. Die ältesten Lagerstätten schätzt man auf etwa 2 Milliarden Jahre, die wichtigsten heute genutzten Lager entstanden wahrscheinlich vor 500 bis 100 Millionen Jahren. Je nach Fundort und chemischer Zusammensetzung ist Erdöl ein helles bis schwarzgrünes, dünn- bis dickflüssiges, öliges Gemenge. Mithilfe der Chromatographie und der Spektroskopie hat man über 500 verschiedene Stoffe, hauptsächlich Aliphate (geradkettige oder verzweigte Kohlenwasserstoffe), Naphthene (Cycloalkane) und Aromate (z. B. Benzol) mit wechselnden Anteilen ungesättigter Kohlenwasserstoffe analysieren können. Erdöl enthält außerdem organische Säuren, Phenole, Schwefel und stickstoffhaltige organische Verbindungen sowie asphaltartige Stoffe. Das unmittelbar aus der Erde kommende, nicht gereinigte Erdöl wird als Rohöl bezeichnet. Seine Dichte liegt zwischen 0,65 und 1,02 g/cm³.

So ist es vielleicht gewesen

Ganz ist die Bildung von Erdöl immer noch nicht geklärt. Mit großer Wahrscheinlichkeit entstand

es aufgrund seiner chemischen Zusammensetzung jedoch aus tierischem und pflanzlichem Plankton, besonders aus Einzellern, aber auch aus Hohltieren und Krebsen, die in riesiger Anzahl flache, küstennahe Gewässer besiedelten. Früher glaubte man, dass nur in Randmeeren mit geringer Bodenwasserzirkulation, wo sauerstofffreier (anaerober), schwefelwasserstoffreicher Faulschlamm entsteht, die Voraussetzung für die Bildung von Erdöl gegeben sei. Hier können die abgestorbenen, zum Boden gesunkenen Organismen nicht oder kaum verwesen. Spätere Untersuchungen zeigten aber, dass auch in gut durchlüftetem Wasser mit starker, rascher Sedimentation am Meeresboden schon wenige Zentimeter unter der Oberfläche solche anaeroben Verhältnisse herrschen können.

In jedem Fall aber wurden die Kohlenhydrate, Proteine und Fette der abgestorbenen Lebewesen unter Einwirkung von anaeroben Bakterien zersetzt und reduziert, wobei zunächst vor allem Methan, Wasser, Kohlenstoffdioxid und Kerogen (sedimentiertes Material der Weichteile) entstanden. Bei höheren Temperaturen (50 – 80 °C) und unter starkem Druck bildeten sich dann mit Hilfe mineralischer Katalysatoren (Tonminerale) Erdöl und Erdgase wie Ethan, Propan und Butan.

Vom Lampenöl zum Autotreibstoff

Schon vor etwa 4000 Jahren nutzte man in Mesopotamien Erdöl in Form von Bitumen, Erdpech oder Teer zum Abdichten von Schiffen und als Bindemittel für den Mörtel. Diese festen Rückstände entstehen, wenn Erdöl auf natürlichem Weg an die Erdoberfläche gelangt und die flüssigen Bestandteile dabei verdunsten. Im alten China, wo man vermutlich schon nach Erdöl grub, verwendete man es bereits zur Beleuchtung.

In Mitteleuropa verkauften geschäftstüchtige Mönche vom Tegernsee Erdöl um 1430 als sogenanntes Quirinöl, das gegen die verschiedensten Krankheiten helfen sollte. In der Lüneburger Heide tritt um 1652 Erdöl in sogenannten Teerkuhlen aus der Erde. Die Heidebauern nennen die übelriechende Flüssigkeit "Smeer" und benutzen sie als Wagenschmiere sowie als Heilmittel. Im Jahre 1859 gelang bei Celle die erste erfolgreiche Erdölbohrung und 1881 löst eine Bohrung in der Nähe von Peine ein in Deutschland bis dahin unbekanntes Ölfieber aus. Nachdem man im Jahre 1859 auch in Pennsylvania (USA) die erste größere Erdölquelle gefunden hatte, begannen ein weltweiter Ölboom und die intensive industrielle Nutzung des schwarzen Goldes. Damit Allerdings verwendete man es zunächst noch bevor-

zugt zu Beleuchtungszwecken, wobei Bukarest die erste Stadt der Erde war, die schon Mitte des 19. Jahrhunderts die Straßen nachts mit Petroleumlampen beleuchtete. Durch das Aufkommen des elektrischen Stroms wurden die brandgefährlichen und stark rußenden Petroleum-Lampen schließlich aus den Wohnungen verbannt. Etwa



zur selben Zeit begann dann – durch das Aufkommen der Autos – die stetig steigende Nachfrage nach Treibstoffen wie Benzin und Diesel.

2. Förderstätten und Förderung des Erdöls

Die ersten Berichte über das Anbohren von Erdöllagerstätten stammen aus dem alten China. Damals wandte man die schlagende Bohrmethode an, bei der ein niederfallender Meißel das Ge-



stein zertrümmerte. Heute wird meistens mit dem Rotary- oder Drehbohrverfahren gearbeitet. Dabei zermalmt ein mit Schneiden oder Zähnen versehener Meißel im Bohrloch in drehender Bewegung das Gestein. Gleichzeitig fördert eine durch das Bohrgestänge gepumpte kühlende Spülflüssigkeit den Gesteinsabrieb zutage. Mit diesem Verfahren kann man bis in eine Tiefe von 8000 m bohren, wo eine Temperatur von rund 270 °C herrscht. Ist die Lagerstätte angebohrt, treibt nur in Ausnahmefällen der Lagerstättendruck das Erdöl aus dem Speichergestein bis zur Erdoberfläche (eruptive Förderung). Daher muss das Erdöl meist durch Pumpen (Gestängtief- oder

Tauchkreispumpen) oder durch Eindüsen von Erdgas (Gaslift) an die Oberfläche gefördert werden. Der sogenannte Entölungsgrad (Ausbeute-grad) liegt dabei zwischen 10 und 40%. Nach dem Anstieg des Ölpreises aufgrund verschiedener, politischer Krisen werden daher inzwischen auch Fördermethoden angewandt, die eine möglichst große Ausbeute garantieren. So pumpt man etwa beim Dampffluten bis zu 340°C heißen Dampf unter 150 bar Druck in die Lagerstätte, wodurch sich die Viskosität und Mobilität des im Gestein haftenden Erdöls erhöht.

Vor dem Abtransport muss man das Erdöl jeweils noch entgasen und entwässern sowie darin schwebende Feststoffe (z. B. Sand) abtrennen.

Offshore-Förderung

Da Erdöl ein Produkt des Meeres ist, findet man es überwiegend dort, wo Meeressedimente zur Ablagerung kamen, auch wenn solche Gebiete inzwischen zu Festland geworden sind. Die größten Erdölbecken liegen im Nahen Osten (z. B. in Saudi-Arabien, in den USA und in Russland). Der größte Teil des europäischen Erdöls wird in der Nordsee zwischen der Straße von Dover und den Shetland-Inseln gewonnen. Bei dieser Offshore-Förderung verwendet man Ölplattformen.



Zu Beginn der Erdölförderung konstruierte man auf Pfählen aufwendig fixierte Plattformen. Später setzte man die sogenannten Halbtaucher ein, die zwar schwimmen, aber keinen Grundkontakt haben und nur von Trossen an ihrer Stelle gehalten werden.

Eine weitere Plattformart ist die schwerkraftgegründete Stahlbetonplattform, die durch ihr Eigengewicht am Meeresboden hält und kein Pfahlfundament benötigt. Daneben werden auch noch Bohrschiffe eingesetzt, die wie die Halbtaucher den Vorteil haben, dass sie leicht versetzbar sind und somit einen weitaus kostengünstigeren Betrieb gewährleisten.

3. Die Aufbereitung des Rohöls

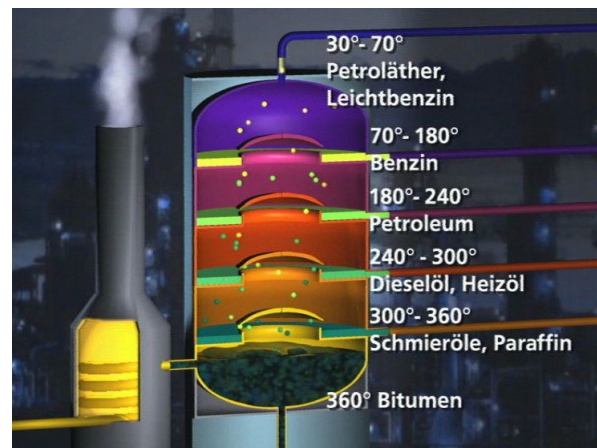
Vor seiner Verwendung muss das Gemisch aus vorwiegend flüssigen, ketten- und ringförmigen



Kohlenwasserstoffverbindungen gefördert und aufbereitet werden. Da die Erdölbestandteile unterschiedliche Siedepunkte besitzen, lassen sie sich durch Destillation relativ einfach trennen. Großtechnisch geschieht dies in den bis zu 60 Meter hohen Fraktioniertürmen, die im Abstand von knapp einem Meter in zahlreiche Glockenböden unterteilt sind. Da in diesen Fraktioniertürmen die Temperatur nach oben hin abnimmt, kondensieren die Erdölbestandteile (die Fraktionen) in den unterschiedlichen Stockwerken. Von dort werden sie abgeleitet und in entsprechenden Tanks gesammelt.

Die fraktionierte Destillation

Die stufenweise Auftrennung des Erdöls aufgrund der verschiedenen Siedepunkte seiner Be-



standteile, geschieht in den Fraktioniertürmen. In deren verschiedenen Stockwerken verläuft unter Atmosphärendruck die erste Stufe der Verarbeitung (atmosphärische Destillation). Dabei werden die unterschiedlichsten Produkte gewonnen.

Der bei der atmosphärischen Destillation verbleibende Rückstand wird anschließend noch ein

weiteres Mal – jetzt bei vermindertem Druck - destilliert (Vakuumdestillation). Dabei entstehen Schmieröle und schwere Heizöle. Die ebenfalls noch anfallenden Bitumen eignen sich als Straßenteer und zur Herstellung von Dachpappe.

Cracken

Die bei der Destillation gewonnenen Mengen an Benzin und Diesel reichen heute bei weitem nicht mehr aus, die erforderlichen Kraftstoffe zu liefern. Daher crackt (zerbricht) man weniger benötigte, langkettige Kohlenwasserstoffe in kürzerkettige, niedrig siedende Produkte auf. Das einfachste Verfahren in speziellen Anlagen der Raffinerien ist dabei das thermische Cracken, bei dem durch hohe Temperaturen die Kohlenwasserstoffe in Schwingungen geraten und zerreißen.

Neben dem thermischen Cracken hat sich heute - vor allem zur Herstellung von Motorenbenzinen - das katalytische Cracken (*Catcracken*) durchgesetzt. Es ermöglicht durch die Verwendung bestimmter Katalysatoren – in Verbindung mit bestimmten Temperaturen und einem entsprechenden Druck – eine Vielzahl erwünschter, vorher definierter Crack-Produkte. Normalerweise arbeitet man bei diesem Verfahren mit niederen Drücken von rund 2 bar und Temperaturen von etwa 550 °C. Als Katalysatoren lassen sich neben aktivierten natürlichen Tönen auch synthetische, saure Aluminiumsilicate sowie Magnesium- und Molybdänsilicate verwenden. Das beim Catcracken anfallende Benzin zeichnet sich durch eine hohe Oktanzahl (OZ) aus, da es viele niedermolekulare, aromatische Verbindungen und Isoparaffine enthält.

Platforming

Die bei der Destillation anfallenden Benzinfraktionen enthalten überwiegend geradkettige, unverzweigte und cyclische Alkane, deren Zündverhalten in Verbrennungsmotoren sehr ungünstig ist. Ein häufig angewandtes, großtechnisches Verfahren zur Gewinnung von hochwertigen Motorenbenzinen mit Oktanzahlen zwischen 90 und 100 ist daher das Platforming (Platin-Reforming), bei dem mithilfe von Platinkatalysatoren die weniger klopfesten Kohlenwasserstoffe durch Isomerisierungs-, Cyclisierungs- und Aromatisierungsreaktionen in hoch klopfestere Kohlenwasserstoffe (v. a. Isoparaffine, Aromaten und Alkene) umgewandelt werden. Als Nebenprodukte treten bei dieser Technik zudem wasserstoffreiche, zu Synthesen geeignete Spaltgase auf.

Daneben gibt es auch noch das Wirbelschicht-

verfahren, bei dem der Katalysator aus feinkörnigen Molybdän- und Aluminiumoxidteilchen oder aus Gemischen von Kobalt-, Molybdän- und Aluminiumoxid besteht. Diese Katalysatoren werden von unten her von den zu reformierenden Benzinfraktionen durchströmt. Die Reaktion vollzieht sich bei Drücken zwischen 10-30 bar und bei Temperaturen von mehr als 500 °C (Hydroforming, Hyperforming).

3. Erdgas

Erdgas (Naturgas) entstand oft zusammen mit Erdöl durch die Umwandlung von organischen Stoffen, vorwiegend maritimen Ursprungs in Sedimenten am Meeresboden. Erdgas besteht aus 80 – 90 % Methan (CH_4). Daneben enthält es aber auch noch Ethan (C_2H_6) und Propan (C_3H_8) sowie geringe Mengen an Kohlenstoffdioxid (CO_2), Stickstoff (N_2) und Schwefelwasserstoff (H_2S). Neben diesen Stoffen können je nach Fundort auch Edelgase (z. B. Helium) enthalten sein. Allgemein kann man zwei Arten von Erdgas unterscheiden:

- *Trockenes Erdgas* bezeichnet ein Gas, das fast nur aus Methan besteht. Dieses Gas wird aus relativ geringer Tiefe in reinen Gaslagerstätten gefördert. Es steht sofort zur Verwendung zur Verfügung und muss nicht speziell gereinigt werden.
- *Nasses Erdgas* fällt in der Regel zusammen mit Erdöl in größeren Tiefen in denselben Lagerstätten an. Bevor dieses Erdgas genutzt werden kann, muss man es nach dem Fördern beispielsweise mit verschiedenen Waschlösungen auf alle Fälle zuerst noch reinigen.

Nach dem Anbohren einer Lagerstätte strömt das Erdgas wegen des vorhandenen Drucks in der Regel von selbst aus.

Die größten Erdgasvorkommen findet man in den USA in den Bundesstaaten Oklahoma und Kansas sowie am Golf von Mexiko. Weitere bedeutende Erdgasfelder besitzen Usbekistan sowie Russland östlich des Ural. Kleinere Felder liegen in Kanada und der Nordsee. Der größte Erdgaslieferant war 1996 die GUS mit einer Förderung von rund 673 Milliarden Kubikmetern, gefolgt von den USA mit etwa 573 Milliarden Kubikmetern sowie Kanada mit rund 164 Milliarden Kubikmetern. Größte europäische Förderländer sind die Niederlande (97 Milliarden Kubikmeter) und Großbritannien (87 Milliarden Kubikmeter).

Die Netto-Weltförderung von Erdgas (Naturgas) einschließlich Erdölgas, abzüglich zurückge-

presstes und abgefackeltes Gas und abzüglich Eigenverbrauch betrug im Jahr 2004 rund 2689 Milliarden Kubikmeter, davon waren Russland mit 22 % und die USA mit 20 % Weltanteil die Hauptförderländer. Russland förderte 2004 589,1 Milliarden Kubikmeter, die USA 542,9 Milliarden Kubikmeter Erdgas. Weitere bedeutende Förderstaaten sind Kanada mit 6,8 % (182,8 Milliarden Kubikmeter), Großbritannien mit 3,6 % (95,9 Milliarden Kubikmeter). Insgesamt deckt Erdgas etwa 24 % des weltweiten Energieverbrauchs. (Quelle: Wikipedia)

2009 importierte Deutschland 5 Prozent weniger Erdgas aus dem Ausland als im Vorjahr. Die inländische Förderung nahm sogar um mehr als 6 Prozent ab. Das gesamte Erdgasaufkommen basierte zu 13 Prozent auf deutscher Förderung (2008: 14 Prozent) und zu 87 Prozent auf Einfuhren. Wichtigstes Lieferland blieb Russland, allerdings nur noch mit einem Anteil von 32 Prozent (2008: 37 Prozent). Insbesondere zu Beginn des Jahres 2009 sanken die russischen Erdgasimporte im Vergleich zum Vorjahr sehr deutlich. Ursache hierfür war die Unterbrechung der Gaslieferungen über die ukrainische Transportroute. Im Gegenzug erhöhten sich die Gasbezüge aus den anderen Importländern. Der Anteil Norwegens stieg um 3 Prozentpunkte auf 29 Prozent und lag damit vor dem niederländischen Anteil, der auf 20 Prozent anstieg (2008: 19 Prozent). Die restlichen 6 Prozent verteilten sich auf Dänemark, Großbritannien und andere Länder (2008: 4 Prozent). Beim Import von Erdgas nach Deutschland wird Norwegen für Deutschland weiter an Bedeutung gewinnen: In den nächsten 5 bis 10 Jahren wird der Anteil norwegischen Erdgases an der deutschen Erdgasversorgung auf mehr als 30 Prozent steigen.

(Quelle: [Energemarkt Deutschland](#))

4. Kohleveredelung

Aus Kohle lassen sich durch Verkokung, Vergasung oder Verflüssigung hochwertige Grundstoffe für die chemische Industrie gewinnen. Von großer Bedeutung ist dabei die Vergasung der Kohle zu Synthesegas. Dazu lässt man Braunkohle oder Steinkohle mit Luftsauerstoff und Wasserdampf bei etwa 1.000 °C reagieren. Das entstehende Synthesegas – eine Mischung aus Wasserstoff und Kohlenstoffmonoxid – verwendet man unter anderem zur Herstellung von Ammoniak (NH_3), das seinerseits wieder ein Ausgangsstoff für Düngemittelherstellung ist.

Franz Fischer und Hans Tropsch entwickelten

1925 ein Verfahren, mit dem sich aus Synthesegas mithilfe von Katalysatoren Kohlenwasserstoffe (beispielsweise flüssige Brennstoffe wie Benzin und Diesel) herstellen lassen.

Das Fischer-Tropsch-Verfahren spielte vor allem im 2. Weltkrieg eine bedeutende Rolle, als die Erdölimporte nach Deutschland weitgehend zum Stillstand gekommen waren. Damals erreichte die Benzinproduktion durch die Kohleverflüssigung auch ihren Höhepunkt.

5. Die Umweltproblematik: Treibhauseffekt und Ölpest

Kohlenstoffdioxid (CO_2) ist nicht nur für die Photosynthese erforderlich, es ist auch weitgehend für die normale Erwärmung unserer Atmosphäre, den natürlichen Treibhauseffekt, verantwortlich. Durch einen Austausch zwischen Pflanzen, Wasser, Boden und Atmosphäre hat sich auf der Erde ein empfindliches, Leben erhaltendes CO_2 -Gleichgewicht eingestellt. Allerdings stört der Mensch besonders durch alle Verbrennungsprozesse dieses Gleichgewicht und fördert dadurch den anthropogenen Treibhauseffekt. Außerdem



reichert er die Atmosphäre zusätzlich noch mit einer ganzen Reihe weiterer, das Klima beeinflussender Gase an. Methan (CH_4) aus der Großviehhaltung und aus Erdgaslecks, Stickstoffmonoxid (N_2O) aus Autoabgasen und der Überdüngung sowie Fluorchlorkohlenwasserstoffe (FCKW) aus Spraydosen und Kühlmitteln haben mit dazu beigetragen, dass die globale Jahresmitteltemperatur in den letzten Jahren um mindestens 0,5 °C angestiegen ist. Sollte sich diese Entwicklung fortsetzen, ist mit Klimaänderungen zu rechnen, die unter Umständen verheerende Auswirkungen (etwa die Überflutung von Küstengebieten oder Inseln durch den Anstieg des Meeresspiegels) haben werden.

Gefährdung der Meere

Die Ölindustrie versucht in zunehmendem Maße Umweltschäden zu vermeiden. Technische Verbesserungen und strengere Vorschriften haben



dazu beigetragen, dass die Umweltbelastungen

dieses Industriezweigs in den letzten Jahren stark rückläufig waren. So sind die Abwässer aus den Raffinerien deutlich zurückgegangen und Blow-Downs (Abblasen von Gasen in Notfällen oder bei Undichtigkeiten) kommen dank neuer Techniken inzwischen nur noch selten vor.

Die Überwachung der Meere ist dagegen viel schwieriger. Tankerunglücke sind häufig Ursache einer Ölpest, da viele Tankschiffe immer noch nicht mit einem doppelwandigen Rumpf ausgestattet sind. Die Folgen der größten Schiffskatastrophen in den letzten Jahrzehnten waren immer empörend und schrecklich.

Auch von veralteten Pipelines gehen besonders in den Entwicklungsländern große Gefahren aus. So treten etwa in Westsibirien an diesen Leitungen bis zu 5.000 Brüche pro Jahr auf. Etwa 10 Millionen Tonnen Erdöl versickern dadurch im Boden und verseuchen das Grundwasser sowie die Flüsse und Seen in diesem Gebiet.

Didaktische Hinweise

Die Sendung ist für den Einsatz im Chemieunterricht ab der 9. Jahrgangsstufe gedacht. Sie eignet sich auch für das fächerverbindende Arbeiten (Chemie und Erdkunde).

Lernziele

Die Schülerinnen und Schüler sollen

- wichtige Erdölfördergebiete nennen,
- die Entstehung von Erdöl beschreiben,
- wesentliche Bestandteile des Rohöls kennzeichnen,
- die Raffination von Rohöl darlegen,
- das Cracken begründen,
- Umweltgefahren, die durch das Erdöl entstehen, kennen und einschätzen können.

Lehrplanbezug (Bayern)

Hauptschule

9. Jgst.

PCB

9.5 Stoffe im Alltag und in der Technik

9.5.1 Organische Rohstoffe / fossile Rohstoffe

9.6.2 Energieumwandlung

10.5.1 Kohlenwasserstoffe / ungesättigte Kohlenwasserstoffe

Realschule

9. Jgst.

Chemie

9.5 Kohlenwasserstoffe

An einfachen organischen Verbindungen lernen die Schüler Zusammenhänge zwischen Struktur und Eigenschaften kennen. Die Kenntnis von Eigenheiten fossiler Brennstoffe und der mit ihrer

Verwendung verbundenen Probleme für die Umwelt lässt in den Schülern die Bereitschaft wachsen, den eigenen Energiebedarf möglichst gering zu halten. Dabei lernen sie Verfahren zur Trennung und Aufbereitung komplexer Stoffgemische kennen, welche in der chemischen Industrie von großer Bedeutung sind.

- Benzin und Dieselkraftstoff: Eigenschaften im Vergleich (E), Zusammensetzung, Oktanzahl, Gewinnung durch fraktionierte Destillation von Erdöl, Verunreinigungen, Entschwefelung, Raffination
- Isomerisierung (Reformation); Cracken
- ungesättigte Verbindungen; weitere homologe Reihen: Alkene, Alkine

9.6 Chemische Reaktionen der Kohlenwasserstoffverbindungen

Die Schüler lernen an ausgewählten Beispielen grundlegende Reaktionstypen kennen. Sie erweitern dabei ihre Kenntnisse über organische Stoffe des Alltags.

- Verbrennung von Kohlenwasserstoffen (E), Gefahren für die Umwelt und Gegenmaßnahmen

Anregungen für den Unterrichtseinsatz

Die einzelnen Sequenzen der Sendung können zur Erarbeitung oder Wiederholung von Fakten bei den entsprechenden Themen des Lehrplans vor allem der 9. und 10. Jahrgangsstufe genutzt werden. Folgende Themenkreise bieten jeweils die Möglichkeiten des Filmeinsatzes:

- Organische Rohstoffe (HS-9)
- Kohlenwasserstoffe (HS-10 / RS-9, neu / RS-10, alt)
- Fossile Rohstoffe (HS-9 / RS-9, neu / RS-10, alt / Gym-10)
- Chemische Reaktionen der Kohlenwasserstoffverbindungen (HS-10 / RS-9, neu / RS-10, alt)

Beispiel 1: Bestandteile von Erdöl

Wenn zur Demonstration der fraktionierten Destillation aufwendige Apparaturen fehlen, kann auch mit einfachsten Mitteln das Phänomen veranschaulicht werden. Dabei erhitzt man das Erdöl nacheinander auf etwa 70 °C, 120 °C, 170 °C und 220 °C und untersucht die aufgefundenen Destillate (Fraktionen) anschließend unter anderem auf Farbe, Geruch, Fließ- und Zündverhalten.

Beispiel 2 : Methan und Erdgas

(1) Methan ist leichter als Luft

- Zunächst wird ein mit Methan gefüllter Standzylinder ohne Abdeckung etwa 10 Sekunden stehen gelassen.
- Anschließend senkt man eine an einem Verbrennungslöffel befestigte, brennende Kerze in den Zylinder.
- Beobachtungen: Methan ist leichter als Luft. Es hat sich im oberen Teil des Zylinders verflüchtigt. Das Gas entzündet sich erst weiter unten im Zylinder.

(2) Methan und Stadtgas im Vergleich

- Ein mit Methan gefüllter Standzylinder wird mit der Öffnung nach unten an einem Stativ befestigt.
- In den Zylinder führt man eine an einer Stange befestigte, brennende Kerze ein.
- Man lässt die Flamme beschreiben (schwach blau, nicht rußend).
- Nachdem die Flamme erloschen ist, dreht man den Zylinder vorsichtig um und schüttet einige Tropfen Kalkwasser hinein. (Trübung -> Nachweis von CO₂)
- Man wiederholt den Versuch dann mit Erdgas anstelle von Methan und stellt wieder dieselben Beobachtungen an (z. B. rußende Flamme).
- In diesem Zusammenhang kann man von den Schülern auch die Verbrennungsgleichung von Methan aufstellen lassen.

Beispiel 3: Kohleverflüssigung

Der Versuch, Steinkohle zu verflüssigen, gelingt mit jeder Form von Kohle. Mit Fettkohle ist er jedoch am eindrucksvollsten.

Links

<http://www.seilnacht.com/Lexikon/erdoel.html>

(Alles über das Erdöl mit zahlreichen Fotos)

<http://nibis.ni.schule.de/~julianum/arbeiten/oelndse.htm>

(Erdölförderung in der Nordsee)

<http://ras.habt8.de/deutschland/braunkohletagebau/index.html>

(Braunkohletagebau)

<http://www.raeschen.de/kultur/tagebau.htm>

(Braunkohleabbau)

<http://www.dneuhaus.de/steinkohle/>

(Steinkohle: Entstehung, Förderung, Bedeutung)