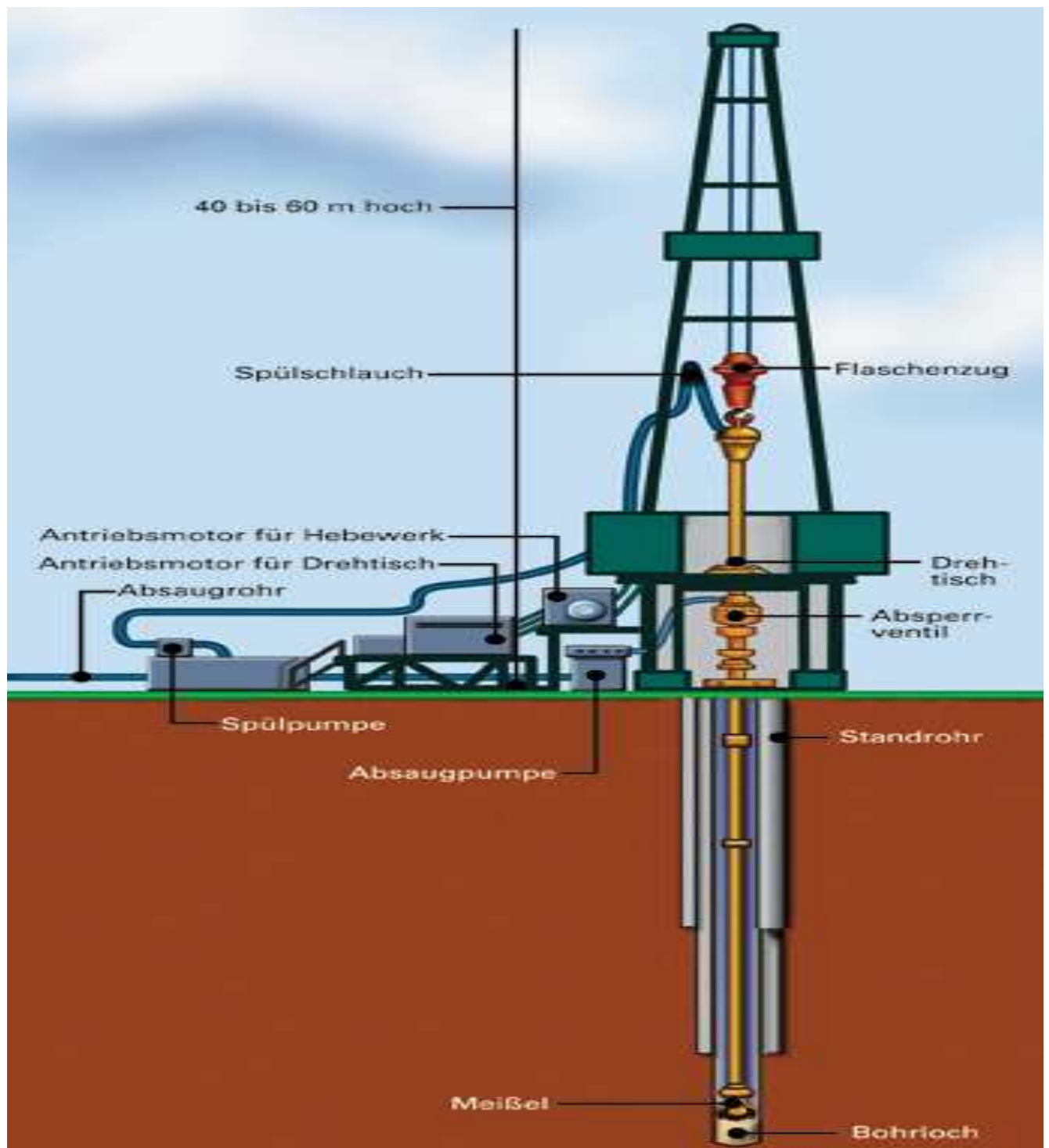


## Erdkundeprojekt: Erdöl



*Konstantin Tews  
Robert Wischnewski*

*Klasse: 10B*

## Inhaltsverzeichnis

1. Grundbegriffe zum Thema Erdöl
2. Wie ist das Erdöl entstanden?
  - 2.1 Geschichte
  - 2.2 Graphische Darstellung
3. Methoden zur Suche von Erdöllagerstätten
  - 3.1 Vor der Suche
  - 3.2 Seismische Untersuchung:
  - 3.3 Animation von Lagerstätten am Computer:
4. Wie wird Erdöl gefördert?
  - 4.1 Gewinnung im Tagebau
  - 4.2 Rotary-Verfahren
  - 4.3 Bohrturm
  - 4.4 Primärförderung
  - 4.5 Sekundärförderung
5. Erdöltransport
  - 5.1 Transport per Tanker
  - 5.2 Transport per Pipelines
6. Erdölverarbeitung und Endprodukte
  - 6.1 Fraktionierte Destillation
  - 6.2 Katalytisches Cracken
  - 6.3 Platin-Reforming
  - 6.4 Entschwefelung, Hydrofining und Claus-Verfahren
  - 6.5 Synthesegas-Erzeugung
  - 6.6 Pyrolyse
  - 6.7 Endprodukte
7. Freier Teil zum Thema Erdöl
  - 7.1 OPEC
  - 7.2 Öl/Benzinpreise
  - 7.3 Erdgas
  - 7.4 Politische Macht durch Ergas bzw. Erdöl
8. Kritik zum Erdkundeprojekt „Erdöl“
9. Quellen

## Grundbegriffe zum Thema Erdöl

Pipeline: *Pipe* = Rohr, Röhre + *line* = Linie, Leitung, Verbindung  
ein Rohrleitungssystem zum Transport von Flüssigkeiten oder Gasen(z. B. Erdöl oder Erdgas)

Rotary Verfahren: der gesamte Bohrstrang und damit auch der Bohrmeißel von einer motorgetriebenen Vorrichtung Übertage gedreht

Cracken: kommt vom englischen Begriff to Crack (spalten). Unter Cracken versteht man die Spaltung von langkettigen Molekülen, wie es beispielsweise bei der Erdölraffination geschieht

Raffinerie: Eine Raffinerie ist ein Betrieb, der aus Naturstoffen, durch Reinigung und Veredelung (Verarbeitung), höherwertige Produkte herstellt.

Faulschlamm: Faulschlamm ist ein fauliges subaquatisches Sediment, auch Sapropel genannt, das aus sich zersetzender und zersetzter organischer Substanz besteht, es entsteht beispielsweise als Abbauprodukt von Klärschlamm.

Lagerstätten: Unter Lagerstätten versteht man ober- oder unterirdische natürliche Vorkommen von Rohstoffen, deren Abbau sich wirtschaftlich lohnt.

Polymer: Ein Polymer (griech.: poly, viel; meros, Teil) ist eine chemische Verbindung, die aus Molekülketten oder stark verzweigten Molekülen (Makromoleküle) besteht. Das Adjektiv polymer bedeutet entsprechend aus vielen gleichen Teilen aufgebaut.

Tenside: Tenside sind Substanzen, die auf die Oberflächenspannung der Grenzfläche zwischen zwei Phasen einwirken. Der Name ist vom lateinischen tensus (von tendere - spannen, straff anziehen) abgeleitet.

Rektifikation: Rektifikation bezeichnet: \* in der Rechtssprache die Berichtigung eines Zustands\* ein thermisches Trennverfahren, siehe Rektifikation (Chemie)

OPEC: OPEC ist ein Akronym für "Organisation of Petroleum Exporting Countries"; (Organisation erdölexportierender Länder).

Monopol: Ein Monopol nennt man eine Marktsituation (Marktform), in der nur ein Anbieter oder Nachfrager die Preise in einem Marktsegment kontrollieren kann. Das Wort lässt sich auf das griechische "mono" (allein) und "polein" (verkaufen) zurückführen.

Barrel: Das Barrel (engl. Fass) ist eine Maßeinheit des Raums (Flüssigkeiten, siehe Raummaß). Man unterscheidet zwischen Imperialen und (U.S.-)amerikanischen Barrel sowie zwischen dem Barrel für Erdölprodukte und dem für Brauereiprodukte.

## Wie ist das Erdöl entstanden?

### Geschichte:

Erdöl, Erdgas und Kohle gehören zu den fossilen Brennstoffen, da sie im Laufe der Jahrmillionen durch den Umbau ehemaliger Lebewesen entstanden sind. In der Kreide- und der Jurazeit, vor 65-200 Millionen Jahren, sanken tote Meereslebewesen in den Faulschlamm von flachen Meeren und küstennahen Gewässern und wurden dort einem langwierigen Abbauprozess unterworfen. Das in hohen Konzentrationen vorhandene Salz wirkte zunächst konservierend, so dass die gewöhnlichen Fäulnisprozessen nicht stattfinden konnten. Im Laufe der Jahrhunderte und Jahrtausende lagerten sich viele Schlammschichten darüber. Unter hohem Druck und hoher Temperatur wandelten dann anaerobe Bakterien den sauerstoffarmen Faulschlamm um, so dass allmählich die Erdöl- und Erdgas-Lagerstätten entstanden.

### Graphische Darstellung:

#### **Die Entstehung der Erdöl-Lagerstätten**



Vor vielen Millionen Jahren sanken tote Meereslebewesen in den Faulschlamm von flachen Meeren und nahen Gewässern.

Im Laufe der Jahrhunderte und Jahrtausende lagerten sich viele Schlammschichten darüber.

Unter hohem Druck und hoher Temperatur wandelten anaerobe Bakterien den sauerstoffarmen Faulschlamm um, so dass die Lagerstätten entstanden.

*Experimente.net*

## Methoden zur Suche von Erdöllagerstätten

### Vor der Suche:

Vor jeder Erdölförderung steht unweigerlich die Suche nach dem kostbaren Rohstoff. Da Erdöl nur begrenzt vorhanden ist, versuchen Experten Erdöllagerstätten in immer unzugänglicheren Gebieten auf dem Festland und im Meer zu finden. Die Kosten einer Bohrung betragen bis zu 50 Millionen Dollar. Das wirtschaftliche Risiko für die Ölfirmen ist also hoch. Deshalb wollen sich die Firmen natürlich im Vorfeld möglichst gut dagegen absichern, dass eine Bohrung nicht trocken ist – also sprichwörtlich in den Sand gesetzt wird. Dafür bedient sie sich verschiedener Methoden:

### Seismische Untersuchung:

Seismische Untersuchungen gehören zu den "Standardverfahren", um Erdöllagerstätten zu entdecken. Dabei treffen durch Explosionen ausgelöste Schallwellen im Untergrund auf unterschiedliche Gesteinsschichten. Spezielle Erdmikrophone an der Erdoberfläche – so genannte Geophone – nehmen die reflektierten Wellen wieder auf. Mit einer Genauigkeit von plus/minus 20 Metern können Spezialisten so die Strukturen des Untergrunds berechnen und Vorhersagen über mögliche Erdöllagerstätten treffen. Danach erfolgen erste Probebohrungen, die genauere Daten liefern sollen. Sie lassen beispielsweise auf die Größe der Lagerstätte und die Ölqualität schließen.

### Animation von Lagerstätten am Computer:

Eine Methode, um die Treffsicherheit von Probebohrungen zu erhöhen, ist die Animation von Lagerstätten am Computer. Unter Verwendung aller seismischen und geologischen Daten ist eine Simulation des Untergrundes möglich. So versuchen Fachleute dann nachzuvollziehen: Wo genau hat sich unter den gegebenen Bedingungen das Erdöl gebildet, wohin ist es gewandert und wo hat es sich gesammelt? Mit Hilfe von Experten der Firma IES in Jülich haben wir einmal eine solche Simulation verwendet und damit in die Zukunft geblickt. Und diese Fiktion hat ergeben: Der Kölner Dom hätte gar keine so schlechten Chancen, vielleicht einmal eine respektable Erdölquelle abzugeben.

## Wie wird Erdöl gefördert?

### Gewinnung im Tagebau:

Befindet sich die Erdöllagerstätte nahe der Erdoberfläche, so kann das Öl im Tagebau gewonnen werden, Beispiel: Athabasca-Erdölsande, Alberta, Kanada. Zu Beginn der Erdölnutzung wurde es an einigen Orten auch im Tiefbau gewonnen, zum Beispiel bei Wietze, westlich Celle (Niedersachsen, Deutschland). Aus tieferen Lagerstätten wird Erdöl durch Sonden gefördert, die durch Bohrungen bis zur Lagerstätte eingebracht werden. Es existieren auch Bohrseln die ein Fördern mitten im Meer ermöglichen. Wobei zum Teil die Bohrplattformen durch Förderplattformen ersetzt werden.

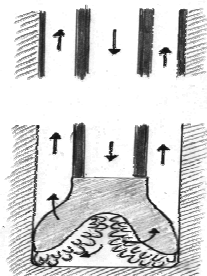
Zum Bohren werden Hohlbohrer verwendet, damit das Bohrklein aus dem Bohrloch zutage transportiert werden kann. Das Bohrwerkzeug besteht aus Stahlrohren, die zu einem immer längeren Rohrgestänge, dem Bohrstrang, aneinandergeschraubt werden können. Am unteren Ende befindet sich das eigentliche Bohrwerkzeug, der so genannte Bohrmeißel. Meistens besitzt der Bohrmeißel drei gegeneinander winklig angeordnete, gezähnte Kegelrollen (Bild 1), die zum Bohren in hartem Gestein mit Diamanten besetzt sein können, aber auch andere Formen werden verwendet.



(Bild 1: Erdöl-Bohrmeißel mit je 3 gezähnten Kegelrollen)

### Rotary-Verfahren:

Meistens wird der gesamte Bohrstrang und damit auch der Bohrmeißel von einer motorgetriebenen Vorrichtung über Tage (Drehtisch) gedreht (Rotary-Verfahren). Der Bohrmeißel hat einen größeren Durchmesser als das Rohrgestänge, so dass um das Gestänge herum ein Hohlraum entsteht (so genannter Ringraum), der zur Verhinderung seines Zusammenbrechens mit einem Stahlrohr ausgekleidet wird („Casing“) (Bild 2).



(Bild 2: Erdölbohrloch mit Bohrmeißel, Längsschnitt, schematisch, oben verbohrt)

### Bohrturm:

Um das Bohrklein herauszufördern, wird eine Bohrflüssigkeit durch das Bohrrohr eingepresst, die an der Bohrkronen austritt und im Ringraum zusammen mit dem Bohrklein wieder nach oben gedrückt wird. Die Bohrflüssigkeit muss ein hohes spezifisches Gewicht und eine hohe Viskosität aufweisen, damit sie durch das hohle Bohrgestänge eingepresst und durch den Ringraum wieder ausgepresst werden kann und damit das Bohrklein dabei mitgerissen wird (Wasser, das unter anderem gelöste Polymere und suspendiertes Baryt-Mehl enthält). Manchmal wird die Bohrspülung auch benutzt, um damit einen Motor direkt über dem Bohrmeißel anzutreiben, so dass nur der Bohrmeißel, nicht aber der gesamte Bohrstrang gedreht wird. Damit die einzelnen Rohre des Bohrgestänges gehandhabt werden können, wird über dem Bohrloch ein Bohrturm errichtet (Bild 3), in dem sich auch die Vorrichtung zum Drehen des Bohrgestänges mittels Motor befindet.



(Bild 3: Erdölbohrturm mit Rohrgestängeabschnitten, daneben Behälter für die Bohrflüssigkeit)

### Primärförderung:

Wenn die Gegebenheiten es erfordern, kann auch in weiten Bögen gebohrt werden, so dass eine Lagerstätte auch von der Seite aus erschlossen werden kann (*siehe*: Richtbohren), zum Beispiel bei Lagerstätten unter besiedeltem, schwierigem, zu schützendem oder militärisch genutztem Gelände.

In größerer Tiefe steht das Erdöl unter dem Druck der auflastenden Erdschichten und gegebenenfalls des assoziierten Erdgases und wird nach Anbohren aus dem Bohrloch gepresst, da es leichter als Wasser und das umgebende Gestein ist. Beim ersten Anbohren der Lagerstätte muss deshalb das Austreten des unter Druck stehenden Öls mit einer speziellen Vorrichtung („Preventer“) verhindert werden, die sich am oberen Ende des Bohrgestänges befindet. In der ersten Zeit kann das Öl meistens ohne weitere Maßnahmen durch den Eigendruck in der Lagerstätte gefördert werden (Primärförderung). Lässt der Lagerstättendruck nach, muss das Öl mit Tiefpumpen zutage gefördert werden, die von über Tage über ein Bohrgestänge angetrieben werden.

### Sekundärförderung:

Der Lagerstättendruck kann durch Einpressen von Wasser oder Erdgas mittels durch Bohrungen eingerichteter Einpresssonden erhöht werden (Sekundärförderung). Die Durchlässigkeit des Speichergesteins kann durch Einpressen von Säuren erhöht werden, wodurch Komponenten des Speichergesteins, zum Beispiel Karbonate, gelöst werden. Im Lauf der Lagerstättenausbeutung steigt der Wasser-Anteil im Fördergut, später wird in der Regel mehr Wasser als Öl gefördert, zum Teil mehr als 90 % Wasser. Durch primäre und sekundäre Förderverfahren können je nach Lagerstättenverhältnissen etwa 20 bis 50 % des Erdöls, das sich in der Lagerstätte befindet („Oil in place“) gewonnen werden. Der Rest wird durch die beschriebenen Förderverfahren nicht von den Feststoffen des Speichergesteins abgelöst. Weiteres Öl kann aber durch spezielle Verfahren gewonnen werden (Tertiärförderung). Dazu gehören:

- Wärmeverfahren: Einpressen von Heißwasser oder Heißdampf („Dampfpluten“) oder Verbrennen eines Teils des Erdöls in der Lagerstätte;
- Einpressen von N<sub>2</sub> (Stickstoff);
- Einpressen von CO<sub>2</sub> (Kohlenstoffdioxid), das den Lagerstättendruck erhöht und sich im Öl löst und dadurch dessen Viskosität vermindert („CO<sub>2</sub>-Pluten“);
- Einpressen von Leichtbenzin oder Flüssiggas, die ebenfalls die Viskosität des Öls erniedrigen.
- Einpressen von wässrigen Lösungen Viskosität erhöhender Stoffe (organische Polymere), wodurch das Öl besser von den Feststoffen abgelöst wird („Polymerpluten“);
- Einpressen von wässrigen Lösungen grenzflächenaktiver Stoffe (Tenside), die sich an den Grenzflächen Öl/Feststoff und Öl/Wasser anreichern und so das Öl vom Feststoff lösen und im Wasser fein zerteilen, emulgieren („Tensidpluten“).



(Bild 5: Erdölplattform (Bohrinsel) im Meer zum Bohren und Fördern)

Die Tertiärverfahren werden teilweise auch kombiniert. Ein beträchtlicher Rest des Erdöls kann aber bisher mit keinem Verfahren aus der Lagerstätte gewonnen werden.

Besondere Schwierigkeiten bereitet die Erdölförderung aus Lagerstätten, die sich unter Gewässern befinden („Off-shore-Gewinnung“). Hier müssen zur Erschließung der Lagerstätte auf dem Gewässergrund stehende oder darüber schwimmende Bohrplattformen (Bild 5) eingerichtet werden, von denen aus gebohrt und später gefördert werden kann. Hierbei ist das Richtbohren vorteilhaft, weil dadurch von einer Bohrplattform ein größeres Areal erschlossen werden kann.

## Erdöltransport

### Transport per Tanker:

Das entwässerte Rohöl wird zunächst in einem Tank gelagert und später zur Raffinerie transportiert. Der Transport erfolgt in langen Rohrleitungen (Pipelines) oder durch Kesselwagen mit der Bahn. Der Transport über die Meere in Öltankern ist sehr kostenaufwendig und mit hohen Risiken verbunden. Derartige Supertanker können viele Millionen Tonnen Öl aufnehmen. Tritt Rohöl bei einer Havarie in das Meer, entsteht eine Ölpest, die schwere Schäden im Ökosystem Meer auslösen kann. So verlor zum Beispiel der Tanker Exxon Valdez im Jahre 1989 vor der Küste Alaskas bis zu 40 Millionen Tonnen Rohöl. Ein riesiger Ölteppich trieb im Meer und verschmutzte mehr als 1000 Kilometer Küste. 30000 Seevögel, 750 Seeotter und unzählige andere Tiere kamen trotz dem unermüdlichen Einsatz der Rettungskräfte ums Leben. Es dauerte viele Jahre, bis sich die Küsten Alaskas von dieser Katastrophe erholten.

### Transport per Pipelines:

Pipelines werden für den Öl- und Gastransport über weite Entfernungen eingesetzt, wo sie trotz hoher Baukosten ökonomischer als Tankwagen sind. Einige Leitungen sind sogar mehrere tausend Kilometer lang, z.B. jene aus Sibirien bis Mitteleuropa oder von Alaska in die USA.

Beispielsweise transportiert eine Gaspipeline von Fahud nach Sohar (Oman) bei einem Durchmesser von 32 Zoll (81 cm) täglich 22,8 Mio m<sup>3</sup> Erdgas über eine Entfernung von 305 km. Die 700 km lange Leitung zwischen Saih Nihayda und Salalah, ebenfalls in Oman, transportiert bei 24" Durchmesser (61 cm) pro Tag 5 Mio m<sup>3</sup> Gas. Die 28" (71 cm)-Erdölpipeline Wilhelmshaven-Wesseling hat eine Jahreskapazität von 15,5 Mio Tonnen. Die Angabe der Transportkapazität erfolgt in sog.

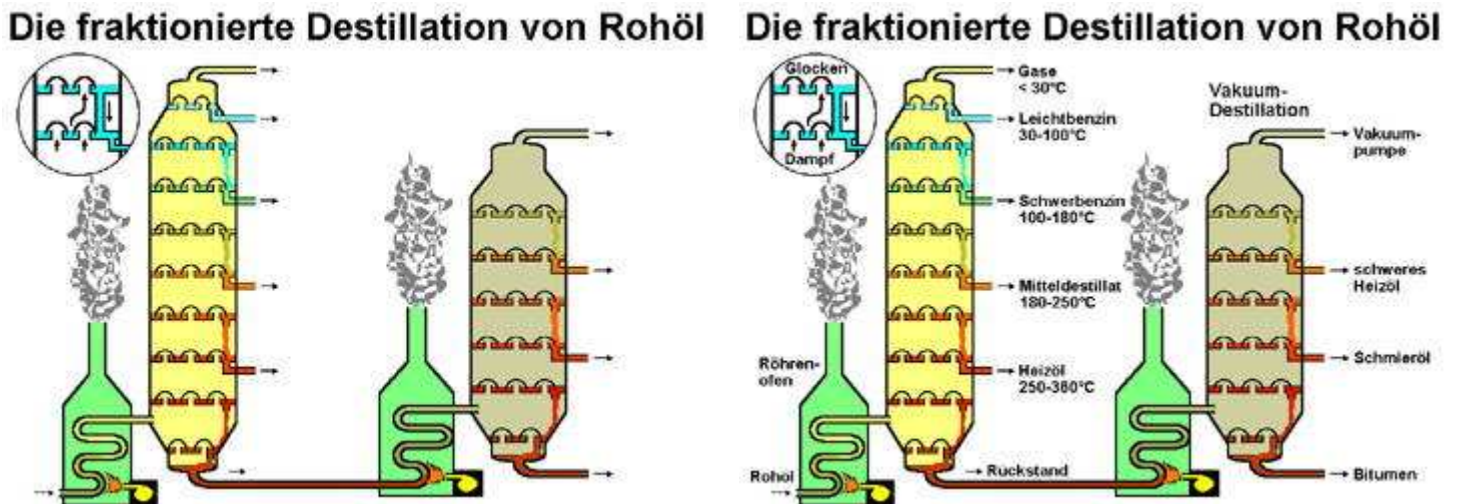


(Pipeline)

## Erdölverarbeitung und Endprodukte

### a) Fraktionierte Destillation

Trifft das Rohöl in der Raffinerie ein, werden die einzelnen Bestandteile zunächst in einer fraktionierten Destillation abgetrennt. Da das Rohöl ein Gemisch von verschiedenen Kohlenwasserstoffen mit unterschiedlichen Siedetemperaturen darstellt, kann man die Stoffe in die verschiedenen Siedebereiche, die Fraktionen, abtrennen.



Im Röhrenofen wird das Rohöl auf über  $360^{\circ}\text{C}$  erhitzt, so dass die Bestandteile weitgehend verdampfen. Diese gelangen in den Destillationsturm, der aus zahlreichen Glockenböden aufgebaut ist. In den Glockenböden sammeln sich die Destillate der einzelnen Fraktionen. Nach oben nehmen die Temperaturen der Glockenböden ab. Der aufsteigende Dampf wird im Gegenstrom zur kondensierten Flüssigkeit in Kontakt gebracht. Dieses Verfahren heißt auch **Rektifikation**. Dabei kondensieren alle Stoffe, die einen höheren Siedepunkt besitzen, als die Flüssigkeit im Glockenboden.

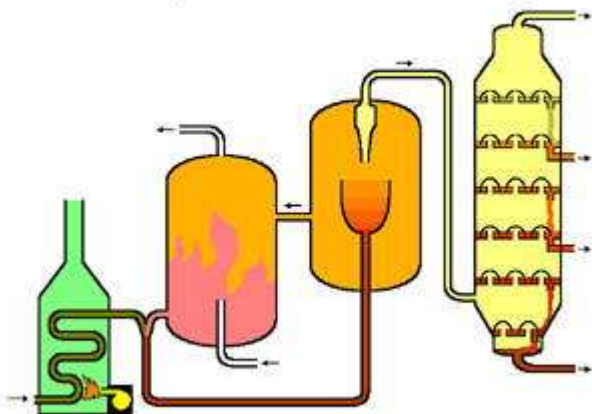
Der Rückstand wird in einer Vakuumdestillation erneut bei niedrigem Druck fraktioniert. Bei  $350^{\circ}\text{C}$  würden viele Kohlenwasserstoffe zerfallen. Der niedrige Druck bewirkt eine Siedepunktniedrigung, so dass dies verhindert wird.

Die bei der ersten Destillation unter Normaldruck abgetrennten Gase (z.B. Methan, Ethan, Propan und Butan) sind wichtige Heizgase. Die Leicht- und Schwerbenzine ( $30-180^{\circ}\text{C}$ ) dienen als Ottokraftstoff für Kraftfahrzeuge. Das Mitteldestillat ( $180-250^{\circ}\text{C}$ ) wird zu Lampen-Petroleum oder zu dem Düsenkraftstoff Kerosin verarbeitet. Das Heizöl wird zum Heizen in Ölbrennern oder als Dieselmotorkraftstoff eingesetzt. Bei der nachfolgenden Vakuumdestillation des Rückstands erhält man weitere wichtige Erdölprodukte. Das schwere Heizöl dient als Brennstoff für Kraftwerke oder Schiffsmotoren. Die Schmieröle eignen sich als Schmierstoffe für Motoren und Getriebe. Der unlösliche Rückstand Bitumen dient als Anstrichstoff und vor allem als Straßenteer zum Bau von Straßen.

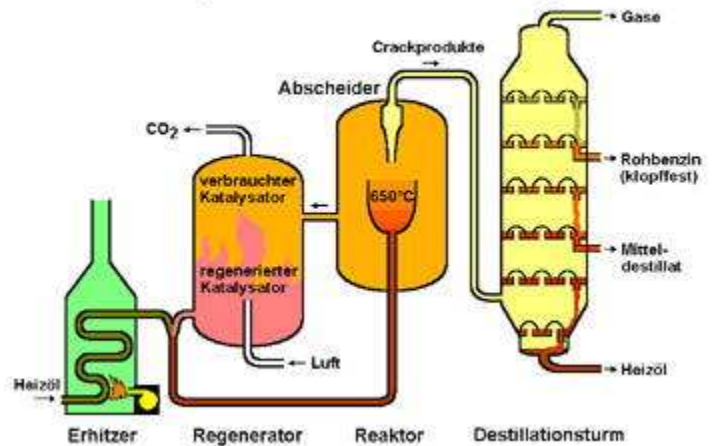
## Katalytisches Cracken:

Die aus dem Rohöl durch fraktionierte Destillation gewonnenen Mengen an Rohbenzin reichen nicht aus, um den Markt zu decken. Daher werden beim Cracken die anfallenden langkettigen Alkane in kurzkettige Alkane gespalten.

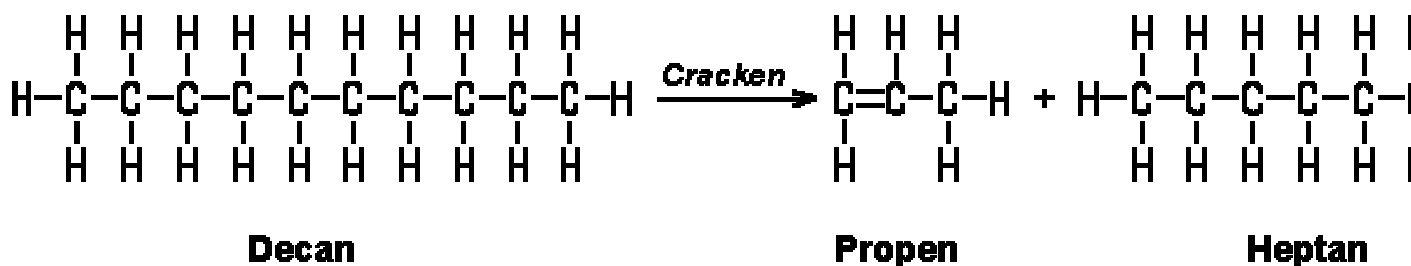
### Katalytische Crack-Anlage



### Katalytische Crack-Anlage



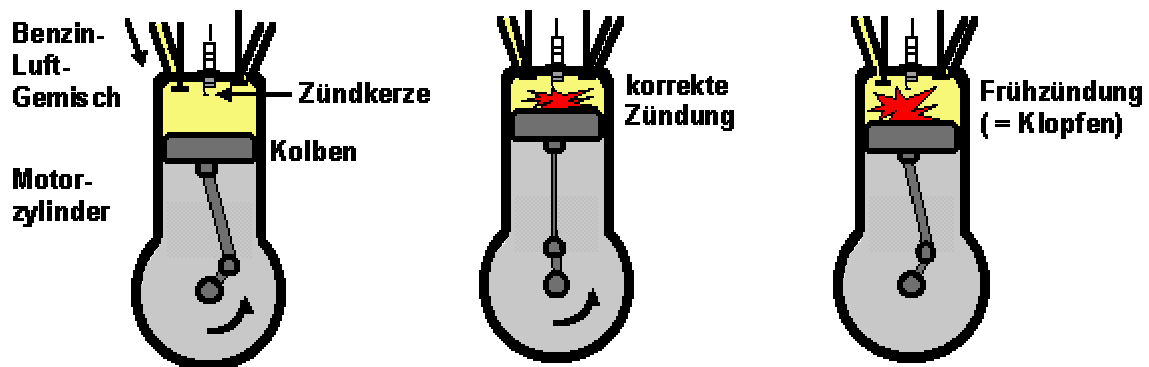
Im Erhitzer werden die zu spaltenden Kohlenwasserstoffe vorgeheizt und danach mit dem aus dem Regenerator kommenden 650 °C heißen Katalysator, einem Gemisch aus  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (Aluminiumoxid) und  $\text{SiO}_2$  (Siliziumdioxid), versetzt. Dabei verdampft das Gemisch vollständig und gelangt in den Reaktor. Bei den vorherrschenden hohen Temperaturen geraten die langen Kohlenstoffmoleküle in starke Schlingerbewegungen, so dass sie auseinanderreißen. Durch das Cracken lässt sich zum Beispiel aus Paraffinöl oder aus Kerzenwachs Benzin herstellen. Bei dem folgenden Beispiel zerbricht Decan in zwei kleinere Moleküle:



Der im Reaktor eingebaute Abscheider trennt die Crackprodukte von dem verbrauchten Katalysator ab. Die gecrackten Kohlenwasserstoffe werden in einem nachfolgenden Destillationsturm in die einzelnen Fraktionen abgetrennt. Beim Cracken scheidet sich auf der Oberfläche des Katalysators Kohlenstoff ab, wodurch der Katalysator unwirksam wird. Daher wird der verbrauchte Katalysator im Regenerator mit heißer Luft vermischt, wodurch der Kohlenstoff verbrennt und der Katalysator wieder regeneriert wird.

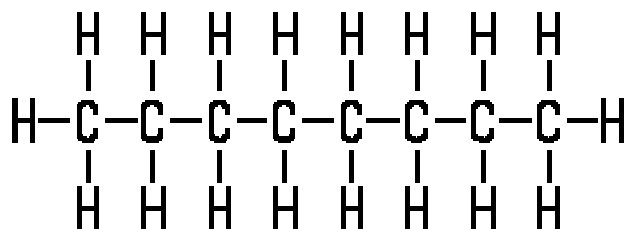
## Platin-Reforming:

Durch die Verdichtung und die Wärme in den Zylindern des Ottomotors kann es zu vorzeitigen Selbstzündungen des Benzin-Luftgemischs kommen (=Klopfen). Unverzweigte Kohlenwasserstoffe neigen zu dieser Frühzündung, während verzweigte und ungesättigte Kohlenwasserstoffe, sowie Aromaten eine relativ hohe **Klopffestigkeit** besitzen.

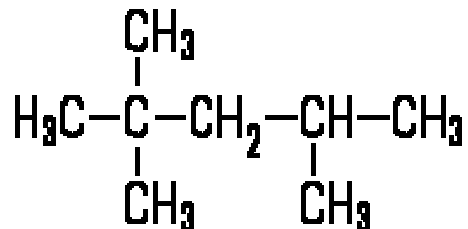


Das "Klopfen" im Motor ist eine Frühzündung des Benzin-Luftgemisches

Die Maßzahl für die Klopffestigkeit heißt **Ostanzahl** (OZ, auch ROZ = Research-Octanzahl). Je höher die Oktanzahl ist, umso klopffester ist der Kraftstoff. Demnach hätte reines *iso*-Octan (2,2,4-Trimethylpentan) die Ostanzahl OZ=100 (vgl. >Isomerie). Normalbenzin besitzt eine Oktanzahl von OZ=91, Superbenzin dagegen OZ=95 und "Super-Plus" OZ = 98. Automotoren, die mit Superbenzin betrieben werden, halten aufgrund der hohen Klopffestigkeit deutlich länger.

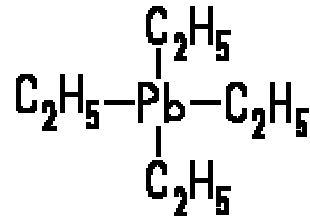


Oktan (*n*-Oktan); Oktanzahl = 0



2,2,4-Trimethylpentan (*iso*-Octan);  
Oktanzahl = 100

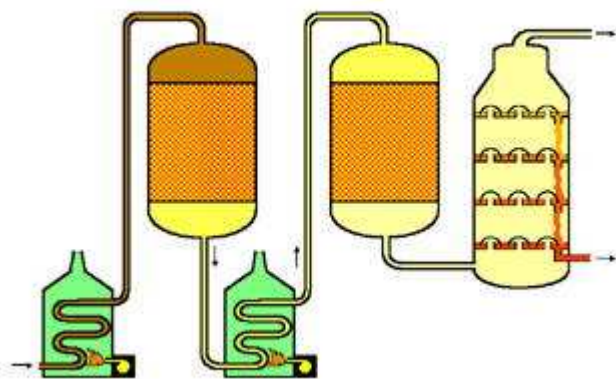
Früher wurden dem Benzin zur Erhöhung der Klopfestigkeit bleihaltige, metallorganische Verbindungen wie Bleitetraethyl zugesetzt. Bei der Verbrennung zersetzte sich die Bleiverbindung thermisch, wobei Bleistäube in den Abgasen frei wurden. Die Bleistäube stellten ein großes Umweltproblem dar, da z.B. Verkehrspolizisten permanent den Stäuben ausgesetzt waren. Heute ist kein verbleites Benzin mehr erhältlich.



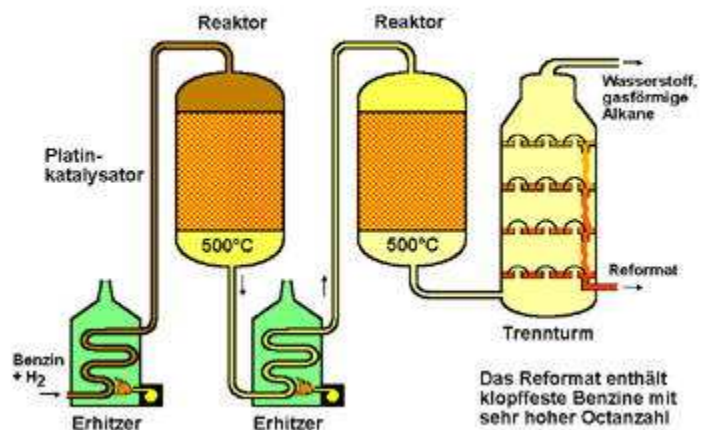
Strukturformel des Antiklopfmittels Bleitetraethyl

Die Platin-Reformer-Anlage macht aus wenig klopfesten Rohbenzinen Benzine mit hoher Klopfestigkeit. Die Umwandlung erfolgt mit Hilfe eines Platin-Katalysators. Als Nebenprodukt entstehen Wasserstoff und gasförmige Alkane.

### Platin-Reformer-Anlage (vereinfacht)



### Platin-Reformer-Anlage (vereinfacht)



Vor dem eigentlichen Reformieren wird das Benzin zunächst entschwefelt, da der Schwefel den Katalysator zerstören würde. Hierbei entweicht als Produkt Schwefelwasserstoff. Das so gereinigte Benzin wird unter Zugabe von Wasserstoff in einem Erhitzer auf über 500°C erhitzt und durch einen Reaktor mit einem platinhaltigen Gitternetz geleitet. Das Benzin durchläuft in der Regel drei mal einen Erhitzer und einen Reaktor. Es muss jedes Mal neu erhitzt werden, da die Reaktion im Reaktor endotherm verläuft. Im Trennturm werden von dem klopfesten Benzin der ebenfalls entstehende Wasserstoff und die gasförmigen Alkane abgetrennt. Beim Reformieren laufen folgende Hauptreaktionen ab (aufgezeigt am *n*-Heptan):

- 1.) Isometrisierung:  $n\text{-Heptan} \xrightarrow{\text{Pt}} 2,3\text{-Dimethylpentan ("Neopentan")}$
- 2.) Dehydrocyclisierung:  $n\text{-Heptan} \xrightarrow{\text{Pt}} \text{Toluol} + 4 \text{H}_2$
- 3.) Dehydrierung:  $n\text{-Heptan} \xrightarrow{\text{Pt}} \text{Benzol} + 3 \text{H}_2$
- 4.) Hydrocracking:  $n\text{-Heptan} \xrightarrow{\text{Pt}} n\text{-Pentan} + \text{Methylbutan ("Isobutan")}$

## Entschwefelung, Hydrofining und Claus-Verfahren

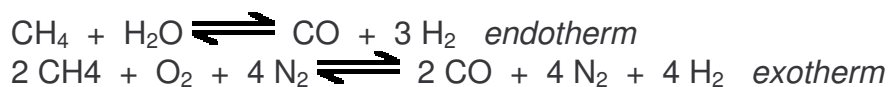
Die bei der fraktionierten Destillation anfallenden Schmier- und Heizöle sind noch reich an Schwefelverbindungen. Diese würden bei der Verbrennung giftiges Schwefeldioxid freisetzen, das auch für das Waldsterben verantwortlich ist. Beim Hydrofinieren werden die zu entschwefelnden Öle mit Wasserstoff vermischt und erhitzt. Das heiße Gemisch gelangt in einen mit einem Katalysator gefüllten Reaktor. Bei einer Temperatur von ca. 350 °C reagiert der Wasserstoff mit den Schwefelverbindungen zu Schwefelwasserstoff.

Beim nachfolgenden Claus-Verfahren wird der angefallene Schwefelwasserstoff mit Luftsauerstoff in einem Reaktor verbrannt. Es lässt sich dabei Schwefel gewinnen:



## Synthesegas-Erzeugung

Als Synthesegas wird ein Gemisch aus Kohlenstoffmonoxid und Wasserstoff bezeichnet. Es dient als Ausgangsprodukt zur Herstellung zahlreicher anderer, organischer Stoffe, z.B. bei der Ammoniaksynthese oder bei der Herstellung von Methan oder Methanol. Als Ausgangsprodukt werden fossile Brennstoffe oder ihre Zwischenprodukte, z.B. die Rückstände von der fraktionierten Destillation, bei sehr hohen Temperaturen mit Wasserdampf und Luftsauerstoff umgesetzt. Die Synthesegas-Erzeugung aus Methan kann nach folgenden Reaktionsgleichungen ablaufen:



Das entstehende Kohlenstoffmonoxid kann in einer Konvertierungsanlage mit Wasserdampf und mit Hilfe eines Katalysators zu Wasserstoff und Kohlenstoffdioxid umgewandelt werden. Benötigt man das Gasgemisch zur Ammoniaksynthese, wird das Kohlenstoffdioxid zuvor unter hohem Druck mit Wasser herausgewaschen.

## Pyrolyse:

Bei der Pyrolyse werden vor allem Leichtbenzine bei sehr hohen Temperaturen in Ethen, Ethin und Propen gespalten. Ein Gemisch aus Methan und Sauerstoff wird in einem Brenner unter Zugabe von Wasserdampf auf 2500 °C erhitzt. Leitet man das Leichtbenzin in dieses Gemisch, wird es gespalten (Beispiel am n-Heptan):



Ethen und Propen sind wichtige Zwischenprodukte zur Herstellung von Kunststoffen. Die Pyrolyse wird auch als Steam-Crackverfahren bezeichnet. Im Gegensatz zum katalytischen Cracken findet die Pyrolyse bei sehr viel höheren Temperaturen und ohne Katalysator statt.

## Endprodukte:

Erdöl ist Ausgangsstoff für Schweröle, Heizöle, Diesel- und Benzintriebstoff sowie für verschiedene chemische Produkte. Viele Produkte werden aus Erdöl hergestellt, z.B. Klebstoffe, Farben, Lacke, Medikamente, Kosmetikartikel, Benzin,....

## Freier Teil zum Thema Erdöl

### OPEC:

Das Thema „Produktherstellung aus Erdöl“ interessiert uns am meisten. Aus Erdöl wird Erdgas bzw. Benzin hergestellt. Diese Produkte sind in der Welt sehr wichtig. Das meiste Erdöl wird in den sogenannten OPEC-Staaten gefördert. Die OPEC-Staaten legen den Ölpreis fest, der in Dollar pro Barrel (159 Liter) . Sie besitzen ca. 75% der Weltölreserven. Die OPEC-Staaten bilden 40% der Ölexporte. Mitgliedsstaaten sind Algerien, Indonesien, Iran, Irak, Kuwait, Libyen, Nigeria, Katar, Saudi-Arabien, die Vereinigten Arabischen Emirate und Venezuela, die durch Erdölförderung ihre größten Staatseinkünfte haben.



## Öl/Benzinpreise:

In den letzten 140 Jahren sind die Erdölpreise sehr schwankend gewesen. Die Preise lagen 1860 noch bei 9\$ pro Barrel. Der Ölpreis sank sogar bis unter 2\$ pro Barrel. Nach der Krise 1979 stieg der Preis stark an. Seit der Zusammenschließung der OPEC-Staaten stieg der Preis zwischen 1970 und 1979 um 23\$ pro Barrel, auf 24,5\$ an. Der heutige Preis pro Barrel liegt bei über 60\$ pro Barrel. Dies ist auch der Grund für die steigenden Benzinpreise.



## Erdgas:

Erdgas ist ebenfalls ein interessantes Thema, da es zu 24% den weltweiten Energieverbrauch deckt. Das meiste Erdgas wird in Russland ( 22% ) und USA ( 20% ) gefördert. Andere wichtige Erdgasförderländer sind Kanada, Großbritannien mit Algerien, Indonesien, Niederlande, Norwegen, Usbekistan, Iran, Argentinien, Mexiko, Saudi-Arabien, Vereinigte Arabische Emirate und Malaysia. Nach einer Hochrechnung werden die Erdgasreserven in 66 Jahren aufgebraucht sein. Obwohl das Erdgas knapp wird, wird es verstärkt als Kraftstoff verwendet.

### Politische Macht durch Ergas bzw. Erdöl:

Durch Erdöl bzw. Erdgasförderung kann man sich auch Politische Macht holen. In den letzten Tagen wurde es sehr kalt und in Europa sind durch ein Streit zwischen Russland und Ukraine Teile der Erdgaslieferungen der Russen ausgefallen. Russland warf Ukraine vor, Gas abgezapft zu haben ohne Erlaubnis. Die Russen hatten den Ukrainern zuvor den Gashahn abgedreht mit der Begründung das Ukraine nicht den Europäischen Standardpreis zahlt und eine Preiserhöhung des russischen Gaskonzern "Gazprom" zum April hin, nicht akzeptieren will. Ukraine vermutet das diese Preiserhöhung eine Strafe ist, da die Ukrainer sich Westeuropäisch entwickelt und sich den Westeuropäischen Staaten nähert. Gazprom ist ein Politisch interessiertes Monopol Unternehmen. Monopol bedeutet, dass Russland auf dem Erdgasmarkt eine wichtige und bedeutende Rolle spielt und in dieser Branche der größte und wichtigste Lieferant ist, ohne echte Konkurrenz. Da Gazprom halb zum Staat gehört, ist es ein politisch interessiertes Unternehmen. Mit der Abhängigkeit von den einzelnen Ländern an Russlands Erdgas, versucht Russland der Vorherrschaft in Osteuropa wieder ein Stück näher zu kommen. Ein weiteres Druckmittel gegen die Osteuropäischen Länder, ist die Ostseepipeline. Sie verbindet Deutschland und Russland direkt miteinander, so das die Pipeline nicht durch Länder wie z.B. Polen läuft, so kann man diesen Ländern drohen, kein Erdgas mehr zu liefern. So kann man auch Politische Forderungen durchsetzen oder den Erdgaspreis höher setzten. Ein kurioser Fall hat sich während der letzten Wochen abgespielt. Aufgrund der niedrigen Temperaturen, zweigte die Ukraine ein Teil von dem für Europa bestimmten Erdgas ab. Die Russen wollten, wie schon erwähnt, eine drastische Preiserhöhung von den Ukrainern ( von 50€ auf 230€ pro 1000 m<sup>3</sup> ). Da Ukraine eine längere Übergangszeit wollte, diese aber nicht bekam, drehte Russland ihnen das Gas ab. Da Ukraine Erdgas braucht, sind sie von Russland abhängig und stimmten den neuen Preisen dennoch zu. Um solche Abzweigungen zu vermeiden baut Russland eine direkt Verbindung nach Deutschland. Durch Erdöl und Erdgas spielen viele arme Länder wie Iran, Irak usw. eine große Rolle in der Welt. Jeder Staat ist von Erdöl und Erdgas abhängig. Sie müssen jeden Preis zahlen, die die einzelnen Staaten (Russland als Monopol) oder Organisationen wie die OPEC vorgeben. Je mehr Erdöl bzw. Erdgas gebraucht wird umso stärker steigen die Preise. Wir, als Bürger merken es an Heizkosten und Benzinpreisen.

### **Kritik zum Erdkundeprojekt „Erdöl“**

Unsere Meinung über das Projekt fällt positiv aus. In dem Projekt lernt man Informationen aus dem Internet zu finden und Texte gut zusammenzufassen. Es ist sehr leicht strukturiert und einfach zu überschauen.

## Quellen

### Aufgabe 5 –10:

- 5) <http://www.seilnacht.com/Lexikon/erdoel.html>
- 6) <http://www.quarks.de/dyn/17513.phtml>
- 7) <http://www.de.wikipedia.org/wiki/Erd%C3%B6l#Gewinnung>
- 8) [http://www.de.wikipedia.org/wiki/Pipeline\\_%28Transport%29](http://www.de.wikipedia.org/wiki/Pipeline_%28Transport%29)
- 10) <http://www.seilnacht.com/Lexikon/erdoel.html>

### Aufgabe 11:

<http://www.libyen-news.de/opec.htm>

<http://www.uni-duisburg.de/FB5/VWL/IWB/docs/observer/opec.htm>

[http://de.wikipedia.org/wiki/Benzin#Preisentwicklung\\_in\\_Deutschland](http://de.wikipedia.org/wiki/Benzin#Preisentwicklung_in_Deutschland)

[http://de.wikipedia.org/wiki/Erdgas#Erdgas\\_als\\_Kraftstoff\\_f.C3.BCr\\_Kraftfahrzeuge](http://de.wikipedia.org/wiki/Erdgas#Erdgas_als_Kraftstoff_f.C3.BCr_Kraftfahrzeuge)

<http://www.nachrichten.at/apanews/apap/411712?PHPSESSID=2b479bd445c063fa1bec9629d19c3ace>

<http://derstandard.at/?url=/?id=2318154>

<http://www.wams.de/data/2006/01/08/828549.html>