



Quarks & Co „Kostbares Erdöl“

**Autoren:**

Christoph Goldbeck
Jakob Kneser
Christina Krätzig
Harald Raabe
Ismeni Walter

Redaktion:

Monika Grebe

Es schmiert, es stinkt, es ist nicht annähernd so attraktiv wie Gold und Diamanten. Trotzdem ist seine Bedeutung vergleichbar und nicht umsonst nennt man Erdöl auch das "schwarze Gold". Doch wieso ist es für uns Menschen so kostbar? Und wie lange sprudeln die Quellen noch?

Quarks & Co sieht sich das "Schwarze Gold" einmal genauer an: Wie und wo entsteht Erdöl? Wie wird es gefördert, wie kommt es zu uns, und wo liegen die Gefahren beim Transport? Welche Auswirkungen hat eine Ölpest für Flora und Fauna – und für den Menschen? In welchen Produkten "versteckt" sich Erdöl? Und könnten wir ohne Probleme auf diesen Rohstoff verzichten?

Erdöl entsteht, wenn winzige Organismen wie beispielsweise Algen in drei- bis viertausend Metern Meerestiefe über Millionen von Jahren eingeschlossen sind. Bei entsprechendem Druck und ausreichend großer Hitze verwandelt sich das organische Material in Erdöl.

Die erste Erdölbohrung der Neuzeit fand im Mai 1859 in Wietze bei Celle statt. Zur Zeit des Erdöl-Booms um 1910 lieferte das Ölfeld Wietze rund 80 Prozent der deutschen Erdölproduktion, mehr als 2.000 Bohrtürme ragten in den Himmel, und Wietze hatte seinerzeit den Beinamen "Klein-Texas". **Quarks & Co** erzählt den Siegeszug des Erdöls vom Nebenprodukt der Kohle zum Rohstoff Nummer Eins – und testet seine Effizienz als Energieträger im Vergleich mit Kohle und Erdgas.

Die Suche nach Erdöl ist teuer: Eine Probebohrung kann bis zu 50 Millionen Euro kosten – viel Geld, wenn die Suche erfolglos bleibt. Deshalb verlassen sich viele Ölfirmen heute auf Computermodelle, mit deren Hilfe sie den Erfolg einer Bohrung besser einschätzen können.

Täglich werden weltweit mehr als elf Millionen Tonnen Erdöl gefördert. Transportiert werden sie via Pipeline oder per Tanker. Bei einer Entfernung von über 4.000 Kilometern werden meist immer noch Tanker eingesetzt, auch wenn allein in den letzten 15 Jahren mehr als ein Dutzend großer Tankerunglücke für negative Schlagzeilen gesorgt haben. **Quarks & Co** fragt nach: Welche Transport-Probleme gibt es? Und was passiert bei einer Ölpest?

Der Weg ins Erdölzeitalter



Suche nach dem schwarzen Gold:
die erste Bohrung in
Pennsylvania

Bekannt ist es seit der Antike, aber die eigentliche Geschichte des Erdöls beginnt erst Mitte des 19. Jahrhunderts in den USA. Es ist das Zeitalter der beginnenden Industrialisierung. Kohle ist der Treibstoff der Epoche, Erdöl nur ein Rohstoff unter vielen. Hauptsächlich als Schmiermittel findet es Verwendung. Erst als sich 1854 herausstellt, dass sich aus dem Öl, das in den Wäldern Pennsylvanias aus dem Boden quillt, ein vorzügliches Leuchtöl destillieren lässt, wendet sich das Blatt. Ein gigantisches Geschäft scheint möglich – unter der Voraussetzung, dass sich der Stoff in ausreichender Menge fördern lässt. Man kommt auf die Idee, es mit einer Technik zu versuchen, die bisher nur zur Salzgewinnung bekannt war: dem Bohren.

Das "neue Licht": Siegeszug des Petroleums



Im Petroleum-Fieber: Ölrausch in
Pennsylvania

1859 haben die Bohrungen endlich Erfolg. Ein wahrer Ölrausch setzt ein, die Nachfrage nach dem neuen Leuchtstoff Petroleum explodiert. Im gleichen Jahr produzieren in den USA 34 Firmen Petroleum mit einem Umsatz von 5 Millionen Dollar. Zehn Jahre später leben in Pennsylvania bereits 60.000 Arbeiter vom Öl. Raffinerien entstehen, das Öl-Geschäft wird zum ersten Big Business der Weltgeschichte. Doch gegen Ende des Jahrhunderts scheint plötzlich alles vorbei zu sein. 1876 hatte Thomas A. Edison die Glühbirne erfunden. Das saubere und sichere elektrische Licht erlebt einen Triumphzug. Öl ist als Leuchtstoff immer weniger gefragt. Schon bald gehen die Preise erheblich zurück, das Geschäft mit Erdöl stagniert.

Der Verbrennungsmotor: Aufstieg des Benzins



Autobauer Henry Ford:
Durchbruch für den Benzinmotor

Bereits im Jahr 1876 hatte der deutsche Ingenieur Nikolaus August Otto den Verbrennungsmotor entwickelt. Auf die Idee, damit ein Fahrzeug anzutreiben, kommt allerdings erst sein junger Mitarbeiter Gottlieb Daimler. Er baut den ersten mit Benzin betriebenen Motorwagen, zeitgleich mit seinem Konkurrenten Carl Benz. Lange Zeit ist der Benzinmotor gegenüber Dampf- und Elektrowagen im Nachteil. Doch 1908 bringt der amerikanische Fabrikant Henry Ford das T-Modell auf den Markt. Das Automobil steigt zum kommerziellen Massenprodukt auf und damit steigt auch die Nachfrage nach dem bisherigen Nebenprodukt Benzin rasant: Im Jahr 1910 ist sie zum ersten Mal höher als die nach Kerosin.

1. Weltkrieg: Erdöl als strategischer Rohstoff



Motorisierung im Weltkrieg:
Pariser Taxis schaffen Truppen an
die Front

1914 bricht in Europa der 1. Weltkrieg aus: Es ist der erste Krieg, in dem Erdöl als Machtfaktor zum Tragen kommt. Zwar ruht die Hauptlast des Truppen- und Materialtransportes anfangs noch hauptsächlich auf der Muskelkraft von Mensch und Tier. Im Verlauf des Krieges erweist sich der Grad der Motorisierung jedoch immer mehr als kriegsentscheidend. Vor allem der Einsatz benzingetriebener Panzer verändert die Kriegführung grundlegend. Bereits vor dem Krieg haben die Briten ihre Flotte auf Öl umgestellt: Sie ist mobiler als die mit Kohle betriebene deutsche Flotte. Die Alliierten gewinnen den 1. Weltkrieg nicht zuletzt dank ihres besseren Zugangs zum Öl.



Die automobile Gesellschaft: Start ins Benzinzeitalter

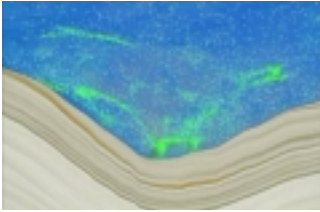


Aufbruch ins Benzinzeitalter:
Massenmotorisierung in den USA

Nach dem Krieg entbrennt der Kampf ums Öl weltweit. Der Nahe Osten wird zum Hauptschauplatz der Suche nach dem "schwarzen Gold", schließlich wächst die Nachfrage nach Benzin: Mitte der 20er Jahre ist die Autoindustrie in den USA auf Platz eins vorgerückt. 1929 gibt es hier bereits 23 Millionen Automobile, über sechs Mal so viel wie noch 1916. 1929 werden allein in den USA 2,58 Millionen Barrel Öl pro Tag verbraucht, 85 % davon für Benzin und Heizöl. Im gleichen Jahr gibt es in den USA 143.000 Drive-In-Tankstellen. Eine neue Zivilisation bricht sich Bahn: die der motorisierten Gesellschaft. Mit dem Auto wird auch das Erdöl endgültig zu dem Treibstoff des neuen Jahrhunderts.

Jakob Kneser

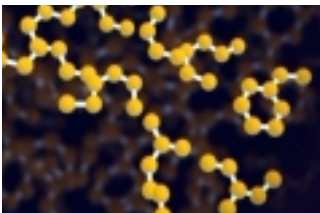
Wie entsteht Erdöl?



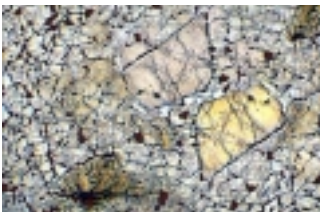
Algen und andere Organismen sterben ab und sinken auf den Grund von Meeren und Seen



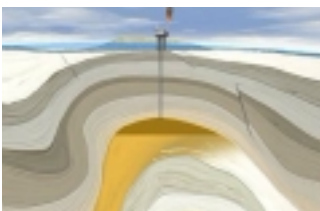
Die "Plankton-Schicht" wandert immer tiefer und verfestigt sich



Bindungen der großen, untereinander vernetzten Moleküle des Kerogens brechen auf



Öl gelangt in die nächste poröse Gesteinsschicht



In einer Art Kuppel des Speichergesteins fangen sich immer mehr Erdöltröpfchen und bilden Erdöllagerstätten

Erdöl ist schwarz, klebrig, stinkt und erinnert eigentlich durch nichts mehr an seinen Ursprung. Denn das meiste Öl entsteht aus kleinsten Algen und anderen Lebewesen, die im Wasser schweben, dem Plankton. Unser Erdöl in Europa stammt überwiegend von pflanzlichem Plankton aus dem Erdzeitalter des Jura ab. Vor rund 150 Millionen Jahren starben Algen und andere Organismen ab und sanken auf den Grund von Meeren und Seen. Vor allem Planktonfriedhöfe ab ca. 200 Metern Tiefe bilden die Basis für die Erdölentstehung. Denn in dieser Tiefe – in Mulden und Senken – gelangt an das tote, organische Material kaum Sauerstoff über die Wasserströmungen. Das hat zur Folge, dass das abgestorbene Plankton dort nicht verwesen kann.

Mit der Zeit überlagern weitere Sedimente wie z. B. Sande oder Tone die dicke Schicht toten Planktons auf den Böden der Gewässer. Die "Plankton-Schicht" wandert so immer tiefer und verfestigt sich. Sie bildet das so genannte Muttergestein. Aus diesem kann sich Erdöl bilden, wenn die Bedingungen dafür stimmen. Liegt die Schicht in dem so genannten Erdölfenster, also in einer Tiefe von 1.500 – 3.000 Meter bei einer Temperatur von 80 °C – 150 °C, kann aus dem toten, organischen Material (Kerogen) Erdöl entstehen. Im Muttergestein brechen die Bindungen der großen, untereinander vernetzten Moleküle des Kerogens auf. Es entstehen kleinere Moleküle: Erdöl-Kohlenwasserstoffe. So wird aus fester Substanz zähflüssiges Erdöl.

Wanderung in die Erdöllagerstätte

Der hohe Druck in der Tiefe quetscht das Öl aus dem Muttergestein heraus und es gelangt in die nächste poröse Gesteinsschicht. Da Öl leichter ist als Wasser, wandert es in den Porenräumen des Speichergesteins (z. B. Sandsteine) aus der Tiefe so lange nach oben - bis es in einer Falle gefangen wird. Diese natürlichen Fallen entstehen dort, wo Speichergestein nach oben hin durch undurchlässige Schichten aus Ton oder Salz abgedichtet ist. In einer Art Kuppel des Speichergesteins fangen sich immer mehr Erdöltröpfchen und bilden Erdöllagerstätten. Diese sind also keine riesigen, unterirdischen Seen, sondern eher poröse Gesteinsschichten, die sozusagen wie ein Schwamm vollgesogen sind mit Erdöl.

Erdölseen

Erdölseen oder -kuhlen entstehen nur dann, wenn das Öl von selbst an die Erdoberfläche tritt, weil es nicht zuvor in den "Fallen" hängen bleibt, sondern ungehindert nach oben steigt. An der Luft verdunsten dann die leichteren Bestandteile. Übrig bleibt zäher Asphalt. Deshalb nennt man diese Kuhlen oder Seen auch Teerkuhlen oder Asphaltseen. In diesen findet man übrigens oft spektakuläre Fossilien. Berühmt sind hier die Asphaltseen "Rio La Brea" bei Los Angeles. An deren Oberfläche hat sich schon vor 40.000 bis 8.000 Jahren Regenwasser angesammelt - und viele Tiere sind dort beim Trinken hineingefallen. So sind zum Beispiel Säbelzahn tiger, Mammuts oder Höhlenbären in diesen "Seen" versunken. Der Asphalt hat sie hervorragend konserviert.

Harald Raabe

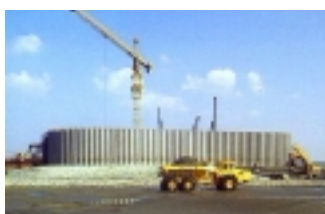
Die Mittelplate – Ölförderung in Deutschland



Luftaufnahme der Mittelplate

Deutschlands einzige Offshore-Bohrinsel, die Mittelplate, liegt mitten im Naturschutzgebiet Wattenmeer. Auf der Anlage, die etwa so groß ist wie ein Fußballfeld, wird rund die Hälfte des in Deutschland geförderten Erdöls produziert. Das deckt gerade mal zwei Prozent des deutschen Bedarfs an Rohöl. Vergleicht man die Fördermenge der Mittelplate mit der von anderen OffShore-Anlagen in der Nordsee, stellt man fest, dass viele von diesen etwa zehn mal mehr Öl fördern. Warum leistet sich Deutschland die Mittelplate? Ist sie überhaupt rentabel?

Ölpreisschock – der Motor der Mittelplate



Die Mittelplate ist eine Bohrinsel, die von Stahlspundwänden umgeben und somit abgeschirmt vom Meer ist

Die Ölpreisschocks von 1973 und 1979 machten die eigentliche Geburtsstunde der Mittelplate aus. Die Erkenntnis, vollkommen abhängig von Ölimporten zu sein, führte dazu, dass man sich auf den Abbau der Ölreserven im eigenen Land konzentrierte. Bisher hielt man eine Förderung dieser für unrentabel. Schon länger vermuteten Geologen im Wattenmeer größere Ölvorkommen. Unter einer Sandbank, der so genannten Mittelplate, entdeckte man schließlich Deutschlands größtes Ölfeld. Seine Ausbeutung erschien unter dem Eindruck der Ölkrise nun auch wirtschaftlich interessant.

Nach mehreren Probebohrungen begannen 1985 trotz starker Widerstände seitens der Naturschützer die Bauarbeiten an der Bohr- und Förderinsel im Nationalpark Wattenmeer. Wegen der Lage im Watt konstruierte man eine absolut dichte Stahl- und Betonwanne, um Verschmutzungen des Wattenmeers durch Öl zu vermeiden.

Förderung



Rund 6000 Tonnen Rohöl werden täglich von der Bohrinsel (links) im Watt und vom Festland (rechts) gefördert

1987 floss dann das erste Öl aus dem Ölfeld. Heute strömen aus 16 Bohrungen im Wattenmeer täglich rund 3.000 Tonnen Rohöl. Dieses kommt aus etwa 3.000 Meter Tiefe und ist, wenn es an die Oberfläche gelangt, noch etwa 60 °C warm. Bei dem Öl handelt es sich allerdings um tiefschwarzes, schweres Öl von relativ schlechter Qualität.

Dennoch arbeiten und leben bis zu 90 Leute zwei Wochen ununterbrochen im 3-Schicht-Betrieb auf der Mittelplate, um den "schwarzen Schatz" zu heben. Die meisten Menschen sind dann auf der Plattform, wenn das Ölfeld mit einer weiteren Bohrung angezapft wird. Zusätzlich zu den bereits vorhandenen Bohrungen ist eine weitere in Planung. Denn die Lagerstätte soll schnellstmöglich ausgebeutet werden, nach dem Motto: Je kürzer die Förderzeit, desto rentabler das Geschäft.

Deshalb hat man 1998 zusätzlich vom Festland die Lagerstätte angebohrt. Diese Bohrung geht über 8 km waagrecht in 2.000 m Tiefe und ist ein echter Superlativ. Zwar erreicht man vom so genannten Dieksand aus nur den östlichen Teil des Ölfeldes, doch dafür wird ungebremst gefördert. Im Watt hingegen ist man gewissermaßen abhängig von den Gezeiten.

Transport



Ein speziell konstruiertes Schubschiff mit doppelter Hülle soll vor verheerenden Tankerunglücken schützen

Von der Bohrinself gelangt das geförderte Öl nur bei Flut in einem speziellen Schiffstyp mit geringem Tiefgang ans Festland. Diese so genannten Leichter wurden speziell für die Mittelplate konstruiert.

Vor dem Transport lagert das Rohöl in einem großen Tank. Das Fassungsvermögen des Tanks begrenzt somit auch die absolute Fördermenge der Bohrinself. Doch die Mittelplate ist in eine perfekte Infrastruktur eingebettet. Die absoluten Wege von der Förderung bis zur Aufbereitung in der Raffinerie auf dem Festland sind sehr kurz. Dieser Umstand macht die offensichtlichen Nachteile durch die Lage im Watt und die schlechte Ölqualität wieder wett.

Harald Raabe

Erdöl im Test – Effizienz von Erdöl



Nur wenige Prozent sind erneuerbare Energien

Pro Jahr werden weltweit etwa 3,5 Milliarden Tonnen Erdöl zu Tage gefördert. Bis zu 7 % des Öls wird zu petrochemischen Produkten weiterverarbeitet, der Rest dient als Brennstoff zur Energiegewinnung.

Erdöl ist mit über 40 % Anteil weltweit Energierohstoff Nr. 1, vor Kohle und Erdgas. Beide liegen bei etwa 20 %. In Deutschland werden 39 % der Energie mit Erdöl erzeugt, trotzdem ist und bleibt es auch hierzulande der wichtigste Rohstoff für die Energieversorgung vor Erdgas mit 23 % und Stein- und Braunkohle mit 14 % bzw. 10 %. Der Anteil der Kernenergie liegt bei 11 %. Regenerative Energiequellen, wie Wind oder Sonne, decken heute gerade einmal 3 % unseres Bedarfs und werden auch in absehbarer Zukunft keine vollwertige Alternative sein.

Aber: Ist Erdöl überhaupt eine "gute" Energiequelle? Wie viele wohl ein direkter Vergleich der drei fossilen Brennstoffe Kohle, Gas und Erdöl aus? Wir haben es getestet.

Kohlendioxid-Emissionen



Erdgas ist am besten für die Umwelt

Mit Unterstützung der TU Clausthal sind wir der Qualität des "schwarzen Goldes" auf den Grund gegangen.

Der erste Test fand in einer Verbrennungskammer statt, die mit Sensoren zur Messung der Abluft ausgestattet ist. Dort sollte festgestellt werden, welcher der drei Rohstoffe bei der Verbrennung am wenigsten Kohlendioxid freisetzt. Denn das belastet die Umwelt. Um vergleichbare Ergebnisse zu erhalten, müssen natürlich identische Mengen der Rohstoffe verbrannt werden. In unserem Fall waren das je ein Kilogramm Kohle, Erdöl und Erdgas. Alle drei verbrannten innerhalb weniger Minuten vollständig.

Das Ergebnis: Erdgas ist umweltfreundlicher als Erdöl und Kohle. Die Erdgasprobe hinterließ nur 2,14 kg Kohlendioxid, bei Erdöl waren es 3,12 kg Kohlendioxid und bei fast reinem Kohlenstoff 3,67 kg Kohlendioxid.

Energieeffizienz



Öl heizt besonders gut

Im zweiten Test sollte bestimmt werden, wie viel Energie die Rohstoffe abgeben. Dafür wurde ein so genannter "Kalorimeter" eingesetzt: Die "Probanden" werden jeweils in einen Zylinder gefüllt und, versetzt mit Sauerstoff, vollständig verbrannt – in diesem Fall je ein Gramm Kohle, Erdöl und Erdgas. Der Zylinder beheizt ein Wasserbad, dessen Temperatur während des Versuchs kontrolliert wird. Je heißer das Wasser wird, desto mehr Wärmeenergie hat die Probe abgegeben.

Nach etwa 20 Minuten stand das Ergebnis fest. Das Erdöl erwies sich als der effizientere Rohstoff: Es ließ die Temperatur des Wassers um 5,7 °C ansteigen. Bei Erdgas waren es nur 5 °C und bei Kohle sogar nur 3,2 °C.



Verbrennungsrückstände



Bei Gas bleibt gar nichts übrig

Der letzte Versuch sollte zeigen, welcher der drei Brennstoffe die geringste Menge an Rückständen hinterlässt? Je 100 Gramm wurden für diesen Versuch verbrannt. Kohle und Erdöl waren mit Weichbenzin versetzt, damit sie sich schneller entzünden ließen. Bei Gas ist das nicht notwendig.

Die Verbrennungstemperaturen lagen zwischen 1.500 °C und 1.800 °C. Um diesen Versuch auszuwerten, wurden alle Rückstände, wie Rußpartikel oder Asche, gewogen. Für die Kohle ergab sich eine Restmenge von 36 Gramm, das Öl brachte noch 5 Gramm auf die Waage, und nur das Erdgas verbrannte völlig rückstandsfrei.

Das Endergebnis: Erdgas schneidet zwar in Punkto Energieeffizienz etwas schlechter ab als Erdöl, gleicht das aber dank rückstandsfreier Verbrennung und geringer Kohlendioxid-Emissionen wieder aus. Kohle kann mit beiden Konkurrenten in keiner Hinsicht mithalten. Damit heißt der Testsieger: Erdgas.

Christoph Goldbeck

Die schwarze Flut – Verlauf einer Ölpest



100.000 Tonnen Erdöl fließen durchschnittlich jedes Jahr bei Tankerunfällen ins Meer

Schwarzes Gold und schwarzes Gift

Erdöl ist nicht nur ein wertvoller Rohstoff – es ist auch ein Cocktail von Gefahrenstoffen. Gesundheitsgefährdende, teils sogar Krebs erregende Verbindungen aus Kohlenstoff und Wasserstoff sind darin enthalten: zum Beispiel so genannte "polyzyklische Aromaten" oder Substanzen wie Benzol oder Naphtalin. Etwa 1,3 Millionen Tonnen Erdölkohlenwasserstoffe landen jedes Jahr im Meer – das meiste durch chronische, schleichende Verschmutzung wie Eintrag durch die Flüsse oder ganz normaler Schiffsbetrieb. Nur 8 %, durchschnittlich 100.000 Tonnen, laufen jährlich bei Tankerunfällen aus. Doch die Folgen für die Meeresumwelt sind bei so einem Unfall katastrophal.



Rund eine Viertelmillion Seevögel fällt dem Öl aus der Exxon Valdez zum Opfer

Der Fall Exxon Valdez

Die Havarie der Exxon Valdez vor der Küste Alaskas vor 15 Jahren – der größte Öltanker-Unfall in der Geschichte der USA – brennt sich besonders ins Gedächtnis der Öffentlichkeit: Ein vorher fast unberührtes, extrem empfindliches Naturgebiet wird mit 40.000 Tonnen Rohöl verseucht. Rund 250.000 Seevögel sterben, 2.800 Seeotter und mehrere hundert Robben – und das sind nur die augenfälligsten Opfer. Das gesamte Ökosystem ist auf Jahre ruiniert: Die Bedingungen für die natürliche Selbstreinigung des Meeres und der Küste sind dort schwierig. Zudem verschlimmern gravierende Fehler bei der Ölbekämpfung die Folgen des Unfalls.

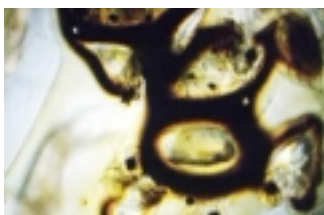
1. Fehler direkt nach dem Unfall: Untätigkeit



Bei ruhiger See kann man einen Ölteppich mit Ölsperren eingrenzen und große Teile davon absaugen

Die See ist ruhig, als das Öl ausläuft und bleibt es auch noch drei Tage lang – optimale Bedingungen für die Ölbekämpfung auf See. Der Ölteppich ist zu diesem Zeitpunkt vergleichsweise klein, nur 7 km lang. Ölbekämpfungsschiffe könnten ihn mit Ölsperren eindämmen und dann absaugen – Maßnahmen, die bis Windstärke 6 gut funktionieren. Aber vor Ort ist man auf so einen Unfall nicht vorbereitet: Weder die nötige Ausrüstung, noch genügend Personal gibt es dort. In dieser Phase könnte man den Tanker auch noch gut leer pumpen und abschleppen und damit das Schlimmste verhindern. Aber beim verantwortlichen Ölkonzern Exxon will niemand die Kosten für diese Aktion absegnen – die Entscheidung wird vom einem zum anderen weitergereicht. Die einzige, die in dieser Zeit Öl aus dem Meer entfernt, ist die Natur selbst: Rund 25 % des auslaufenden Öls, die leicht flüchtigen Bestandteile, verdunsten. Nicht so viel wie bei anderen Unfällen, dort können es je nach Ölsorte und Temperatur bis zu 60 % sein.

Der Sturm



Erdöl verklebt alle Tiere und Pflanzen im Meer – auch Planktonorganismen, die Grundlage der Nahrungskette im Meer

Nach drei Tagen schlägt das Wetter um und die Chance das Öl auf See zu bergen ist vertan. In manchen Fällen kann ein Sturm dem Meer bei der Selbstreinigung helfen. Wind und Wellen zerschlagen das Öl in feinste Tröpfchen und verteilen es in der Wassersäule. Ist die Strömung stark genug, wird es dann ins offene Meer getragen und entsprechend verdünnt. In diesem Zustand können Bakterien das Öl auch leichter abbauen. Aber die Exxon Valdez liegt zu nah vor der Küste und der Wind weht zum Land hin. Der Ölteppich dehnt sich rasch auf eine Länge von 700 km aus und legt sich über Tiere und Pflanzen.

2. Fehler bei der Ölbekämpfung an Land: falsche Methoden

Alle Versuche, das Öl von der Küste fernzuhalten, schlagen fehl. Im Sturm unterwandert es die Ölsperren, die nun doch ausgebacht worden sind. Chemikalien, die den Ölteppich auflösen sollen – sogenannte Dispergatoren – können wegen des schlechten Wetters nicht ausgebracht werden. Ein großer Teil des Erdöls strandet schließlich und verseucht die Küste Alaskas auf einer Länge von über 2.000 km. Exxon übernimmt die Federführung bei den Reinigungsarbeiten und hat dabei vor allem ein Ziel: das Öl möglichst schnell unsichtbar zu machen. Mit Hochdruckreinigern spritzen sie das Öl mit heißem Wasser von den verschmutzten Felsen wieder ins Wasser zurück. Dadurch wird das Öl aber nicht entfernt, sondern nur verschoben. Die nächste Flut spült es wieder an Land.

Zusätzlich treiben die Hochdruckreiniger das Öl tief in den Boden. Dort liegt es unter Licht- und Luftabschluss und kann nur sehr langsam biologisch abgebaut werden. Zudem tötet das heiße Wasser an den Stränden auch die wenigen Pflanzen und Tiere ab, die das Öl überlebt haben. Die Wiederbesiedlung "behandelter" Strände geht deshalb sehr langsam voran und die Artenzusammensetzung ist verändert.

3. Fehler: Sinnvolle Maßnahmen werden falsch durchgeführt



Reinigungsarbeiter bringt Kunstdünger aus, um das Wachstum ölabbauender Bakterien zu fördern

Die einzigen, die das Öl an der Küste wirklich verschwinden lassen können, sind Öl abbauende Bakterien. Sie zählen zur natürlichen Bakterienflora, aber ihre Dichte ist in unbelasteten Gebieten gering. Um das Wachstum dieser Bakterien anzukurbeln, bringen die Reinigungsstrüps Dünger aus. Eigentlich ist das eine sinnvolle Maßnahme, die vor allem in empfindlichen Ökosystemen die Selbstreinigung der Küste schonend unterstützen kann. Aber die Düngung muss an die Bedürfnisse der "Ölfresser" angepasst werden. Denn die Zusammensetzung dieser Bakterienflora ändert sich im Laufe des Abbauprozesses und dementsprechend auch ihr Nährstoffbedarf. Außerdem brauchen die Öl abbauenden Bakterien unbedingt Sauerstoff, und der ist tiefer im Boden rasch aufgebraucht, wenn nicht zusätzlich belüftet wird. All dies wird bei den Düngeaktionen in Alaska nicht berücksichtigt und deshalb bleiben sie ohne Erfolg.

Folgen und Lehren

Die Natur im Prince William Sound hat sich auch 15 Jahre nach dem Exxon-Valdez-Unfall noch nicht erholt: Die Zahl missgebildeter Fischembryonen bei Lachs und Hering ist dort immer noch ungewöhnlich hoch. Die Populationen vieler Seevögel – wie Trottellummen oder Austernfischer und auch die Seeotter haben sich an vielen Stellen von ihrem Zusammenbruch nicht wieder erholt. Der Grund: Das Öl liegt auch heute noch an vielen Stellen nahezu unverändert im Boden – die Schadstoffe sickern von dort aus und sammeln sich weiterhin in den Nahrungsketten der Küstengewässer an.

Als Konsequenz aus der Katastrophe sind an der Südküste Alaskas jetzt Einsatzzentralen der Küstenwache für die Ölbekämpfung rund um die Uhr in Bereitschaft. In regelmäßigen Abständen gibt es Übungen für den Ernstfall. Auch die Sicherheitsbestimmungen für die Durchfahrt von Tankern durch die Soundgebiete wurden drastisch verschärft. Nach dem Unfall der Exxon Valdez wurden die Bemühungen um Tankersicherheit, Ölbekämpfungsmaßnahmen und die Forschung über ökologische Folgen von Ölkatastrophen weltweit intensiviert. Die beste Bekämpfung von Ölunfällen ist und bleibt aber ihre Vermeidung. Doch das Risiko bleibt, solange Erdöl in Tankern über die Weltmeere transportiert wird.

Autorin: Ismeni Walter



Wie sucht man nach Erdöl

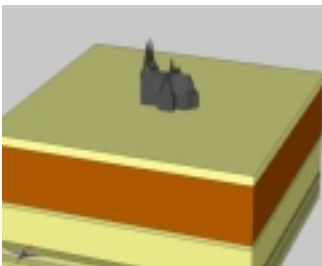


Vor jeder Erdölbohrung steht unweigerlich die Suche nach dem kostbaren Rohstoff

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 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.

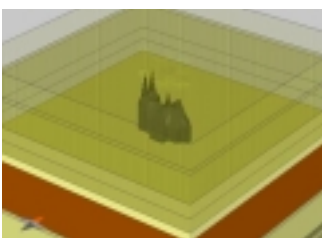
Eine Methode, um die Treffsicherheit von Probebohrungen zu erhöhen, ist die Animation von Lagerstätten am Computer. Unter Verwendung aller seismischen und geologischen Daten ist eine Simulation des Untergrundes möglich. So versuchen Fachleute dann nachzuvollziehen: Wo genau hat sich unter den gegebenen 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.



Die Grafik zeigt, wie sich der Kölner Untergrund über die Erdzeitalter bis heute entwickelt hat

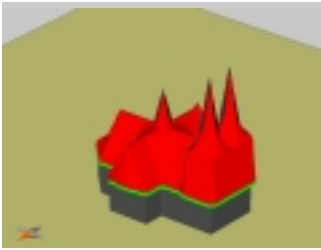
Wie groß sind die Chancen, dass in Köln Erdöl entsteht?

Die Grafik zeigt, wie sich der Kölner Untergrund über die Erdzeitalter bis heute entwickelt hat. Dabei fällt vor allem eine rotbraune Schicht auf. Sie stammt aus der Zeit des Tertiärs vor 65 bis 2 Mio. Jahren und ist sehr reich an totem organischem Material. Da totes organisches Material ja die Grundvoraussetzung für die Entstehung von Erdöl ist, könnte der Rohstoff hier entstehen. (Verweis auf Animation/ Text: Wie entsteht Erdöl) Doch die Temperatur in dieser Schicht ist nur um etwa 6 °C höher als an der Erdoberfläche. Das reicht momentan noch nicht aus, um Erdöl entstehen zu lassen. Dafür muss die Schicht noch weiter in die Tiefe sinken.



Erst wenn der Dom mindestens 3 km tief unter der Erdoberfläche versunken ist, liegt auch diese Schicht im so genannten Erdölfenster

Und hier beginnt die eigentliche Simulation: Wir nehmen an, dass durch ein in weiterer Zukunft verändertes Klima irgendwann der Rhein wieder beginnt Sedimente abzulagern. Köln existiert dann sicher längst nicht mehr – bis auf den unverwüstlichen Dom natürlich. Der wird also langsam mit Sedimenten zugeschüttet und versinkt in die Tiefe. Und mit ihm die darunter liegende dicke Schicht aus organischem Material. Erst wenn der Dom mindestens 3 km tief unter der Erdoberfläche versunken ist, liegt auch diese Schicht im so genannten Erdölfenster. Dort herrscht dann die Temperatur, bei der aus dem organischen Material durch chemische Umbauprozesse Erdöl entstehen kann.



Der Dom bildet eine ideale Erdölfalle

Befindet sich der Dom also ca. 3 km tief im Erdinneren, kann sich aus dem Ausgangsmaterial unter dem Dom Öl entwickeln. Der Rohstoff wandert aus dem Muttergestein nach oben und trifft schließlich auf den Kölner Dom, der überwiegend aus porösem Sandstein besteht – ein ideales Speichergestein für Erdöl. Da sich in den Schichten um den Dom herum vorwiegend undurchlässige Tone abgelagert haben, bildet der Dom eine ideale Erdölfalle. Die Grafik zeigt, wie sich der Dom hauptsächlich mit Erdgas (rot), aber auch mit Erdöl (grün) füllen würde. Bis zur Förderung des "geweihten" Erdgases und Erdöls müsste allerdings noch geraume Zeit vergehen: etwa 25 Millionen Jahre.

Vielen Dank an dieser Stelle an die Spezialisten der Firma Integrated Explorations Systems aus Jülich - Sie haben diese Simulation erstellt.

Harald Raabe

Erdöl ist überall

Ohne Erdöl leben – kein Problem? Von wegen! Das schwarze Gold ist allgegenwärtig! Wir zeigen Ihnen, in welchen Gegenständen aus Ihrer nächsten Umgebung Erdöl steckt. Und sagen Ihnen mehr über die Zusammensetzung des Gegenstands.



Folien (Kühlbeutel etc.), Verpackungsmittel, Formstücke, Rohre, Kabelummantelungen, Netze:

Material: Polyethylen (PE).

Polyethylen ist neben PVC einer der vielseitigsten thermoplastischen Kunststoffe. In seiner Grundform ist er farblos durchscheinend bis milchig weiß, jedoch durch Einfärbung in beliebigen Farben lieferbar.

Polyethylen ist geruchlos und geschmacksneutral. Daher eignet es sich besonders für die Lebensmittelindustrie und die Trinkwasserversorgung. Es ist stoß- und schlagfest, besitzt gute Gleiteigenschaften und nimmt nahezu keine Feuchtigkeit auf.



Flaschen (Nahrungsmittelindustrie, aber auch Behältnisse für kosmetische Produkte und Reinigungsmittel):

Material: überwiegend aus PET (Polyethylenterephthalat)

PET: das Grundmaterial wurde bereits 1941 als Polyester in den USA entwickelt und wird seitdem als hochwertige Kunstfaser in der Textilindustrie verwendet. Das heutige PET ist ein veredelter Polyester mit verbesserten Materialeigenschaften. Als äußerst belastbarer Kunststoff eignet PET sich für Verpackungen, Behälter, Folien, Fasern und vieles mehr.

PET besteht aus langen Molekülketten, sogenannten Makromolekülen. Der Aufbau der Molekülketten kann gezielt beeinflusst werden und bestimmt so die Eigenschaften der späteren Produkte. Als thermoplastischer Kunststoff ist PET unter Hitze formbar und kann in nahezu jede beliebige Form gebracht werden.



Spritzgussteile (beispielsweise Gießkanne, Eimer, Spülflasche, Tupperware-Dose, Fernseher, Föhn, Staubsauger etc.)

Material: Polyethylen

Polyethylen ist neben PVC einer der vielseitigsten thermoplastischen Kunststoffe. In seiner Grundform ist er farblos durchscheinend bis milchig weiß, jedoch durch Einfärbung in beliebigen Farben lieferbar.

Polyethylen ist geruchlos und geschmacksneutral. Daher eignet es sich besonders für die Lebensmittelindustrie und die Trinkwasserversorgung. Es ist stoß- und schlagfest, besitzt gute Gleiteigenschaften und nimmt nahezu keine Feuchtigkeit auf.

Wasch- und Reinigungsmittel:

Grundsubstanz: Ethylenoxid



Synthesefasern der Textilindustrie

Material: Polyamid

Synthetische Polyamide, die abgekürzt werden mit PA (für PolyAmid), sind die ältesten brauchbaren synthetischen Fasern und gehören noch heute zu den mengenmäßig bedeutendsten Kunstfasern. Wichtige Vertreter der Polyamide sind Nylon 6,6 und Perlon®.

Acrylfasern in Textilien etc.:

Material: Acrylnitril. Primärchemikalie ist auch hier Propylen.

Styropor-Verpackung:

Material Polystyrol.

Polystyrol (PS) ist ein weit verbreiteter, thermoplastischer Massenkunststoff. Er wird in der Regel durch radikalische Polymerisation von Styrol gewonnen. Diese Substanz ist eine Flüssigkeit, die in der chemischen Industrie aus Erdöl hergestellt wird.

Styrol besteht aus einem Benzolring und einer zwei Kohlenstoffatome langen Seitenkette mit Doppelbindung, die Vinylrest genannt wird. Diese Doppelbindung ist das reaktive Zentrum bei der Polymerisation. Das radikalische Ende einer wachsenden Polymerkette greift nie eine Doppelbindung im Ring an, da der Benzolring eine außerordentlich stabile Struktur ist.



Schaumstoffe in Polstermöbeln (Sofa, Sessel etc.), Matratzen:

Material: überwiegend aus Polyurethanen.

Polyurethane (abgekürzt PUR) sind vielseitige Kunststoffe, die dementsprechend in vielen verschiedenen Bereichen verwendet werden. Haupteinsatzgebiet von Polyurethanen ist die Verwendung als Schaum, also z. B. für Polstermöbel, Matratzen, Schwämmen, Winterkleidung, Beschichtung von Teppichen, Bauschaum zur Wärmedämmung, Verpackungsmaterial.

Polyurethane sind ebenfalls verwendbar als Lacke und Klebstoffe, als thermoplastische Kunststoffe zur Herstellung von Rollen, Walzen u. ä., als Elastomere und als Fasern.

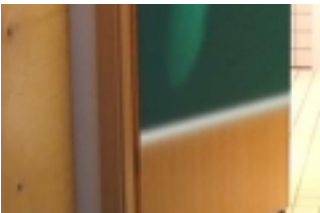


Sportschuhe: Sohlen

Material: überwiegend aus Polyurethanen.

Polyurethane (abgekürzt PUR) sind vielseitige Kunststoffe, die dementsprechend in vielen verschiedenen Bereichen verwendet werden. Haupteinsatzgebiet von Polyurethanen ist die Verwendung als Schaum, also z. B. für Polstermöbel, Matratzen, Winterkleidung, Beschichtung von Teppichen, Bauschaum zur Wärmedämmung, Verpackungsmaterial.

Polyurethane sind ebenfalls verwendbar als Lacke und Klebstoffe, als thermoplastische Kunststoffe zur Herstellung von Rollen, Walzen u. ä., als Elastomere und als Fasern.



Dämmmaterial, beispielsweise in Kühlschränken:

Material: überwiegend aus Polyurethanen.

Polyurethane (abgekürzt PUR) sind vielseitige Kunststoffe, die dementsprechend in vielen verschiedenen Bereichen verwendet werden. Haupteinsatzgebiet von Polyurethanen ist die Verwendung als Schaum, also z. B. für Polstermöbel, Matratzen, Winterkleidung, Beschichtung von Teppichen, Bauschaum zur Wärmedämmung, Verpackungsmaterial.

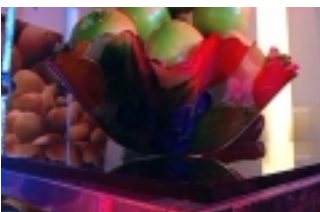
Polyurethane sind ebenfalls verwendbar als Lacke und Klebstoffe, als thermoplastische Kunststoffe zur Herstellung von Rollen, Walzen u. ä., als Elastomere und als Fasern.

Joghurtbecher

Material: überwiegend Polystyrol.

Polystyrol (PS) ist ein weit verbreiteter, thermoplastischer Massenkunststoff. Er wird in der Regel durch radikalische Polymerisation von Styrol gewonnen. Diese Substanz ist eine Flüssigkeit, die in der chemischen Industrie aus Erdöl hergestellt wird.

Styrol besteht aus einem Benzolring und einer zwei Kohlenstoffatome langen Seitenkette mit Doppelbindung, die Vinylrest genannt wird. Diese Doppelbindung ist das reaktive Zentrum bei der Polymerisation. Das radikalische Ende einer wachsenden Polymerkette greift nie eine Doppelbindung im Ring an, da der Benzolring eine außerordentlich stabile Struktur ist.



Küchengeräte aus hochwertigem Kunststoff (beispielsweise Mixer); Autoteile wie Batteriegehäuse, Stoßstange etc.); hochwertiges Kunststoff-Spielzeug

Material: überwiegend aus Polypropylen

Polypropylen ist ein dem Polyethylen eng verwandter thermoplastischer Kunststoff, der u. a. zur Herstellung von Spritzgussteilen, Fasern, Thermoformteilen und Halbzeugen verwendet wird. Im Gegensatz zu Polyethylen zeichnet sich Polypropylen durch eine höhere Härte und Steifigkeit aus. Polypropylen verfügt über eine gute Widerstandsfähigkeit gegen Chemikalien

**Fensterrahmen, Fußbodenbeläge, aber auch medizinisches Gerät wie Schläuche etc)**

Material: überwiegend aus Polyvinylchlorid (PVC). Schätzungsweise 40 % aller Fenster (Deutschland) haben heutzutage einen PVC-Rahmen.

Polyvinylchlorid (PVC) ist ein Kunststoff, der in vielen unterschiedlichen Bereichen eingesetzt wird. Durch Zugabe unterschiedlicher Substanzen kann die Elastizität von Polyvinylchlorid variiert werden, so dass dieser Kunststoff sowohl in harter Form als Material für Rohre, Dachrinnen und Schalenkoffer, als auch in weicher Form für Gartenschläuche und Fußbodenbeläge eingesetzt wird. (Auch die alte Schallplatte wird aus PVC hergestellt).

Der Kunststoff wird auch als PVC-Paste verarbeitet, die auf Textilien (für Regenmäntel) oder Schaumstoffen (für Polstermöbel) aufgetragen werden kann

**CD-/DVD-Rohlinge:**

Material: überwiegend aus Polycarbonat

Polycarbonat zeichnet sich durch hervorragende Lichtdurchlässigkeit, hohe mechanische Festigkeit und Wärmeformbeständigkeit aus.

Seinen Siegeszug als Kunststoff begann das Polycarbonat 1983, als auf der Funkausstellung in Berlin die ersten CDs vorgestellt wurden. Weitere Einsatzgebiete sind z. B. Schutzhelme, Fensterverglasungen und Sicherheitsgläser

Lesetipps

Der Preis – Die Jagd nach Öl, Geld und Macht

Standardwerk zum Thema: kompetente, detaillierte und spannend zu lesende Geschichte des Erdöls und seines Aufstiegs zur wichtigsten Ressource des 20. Jahrhunderts

Autor: Daniel Yergin:

Verlagsangaben: S. Fischer Verlag, 1993

ISBN: 3-596-11525-6

Faktor Öl. Die Mineralölwirtschaft in Deutschland 1859 – 1974

Geschichte des Erdöls und seiner Rolle im Deutschland des späten 19. und vor allem des 20. Jahrhunderts: Erdöl als strategische Ressource von essentieller Bedeutung in den beiden Weltkriegen

Autor: Rainer Karlsch/Raymond G. Stokes

Verlagsangaben: C. H. Beck Verlag, 2003

ISBN: 3-406-50277-6

Öl im Meer – Katastrophen und langfristige Belastungen

Dieses Buch gibt einen wissenschaftlich fundierten und für interessierte Laien gut verständlichen Überblick über das Verhalten und die Auswirkungen von Erdöl in der Meeresumwelt. Die Autoren zeigen die Folgen sowohl von chronischer Verschmutzung als auch von Ölunfällen auf und diskutieren die gängigen Maßnahmen der Ölbekämpfung kritisch anhand zahlreicher Fallbeispiele.

Autor: Carlo van Bernem und Thies Lübbe

Verlagsangaben: Wissenschaftliche Buchgesellschaft, Darmstadt, 1997

ISBN: 3-534-12135

Schwarzbuch Markenfirmen: Die Machenschaften der Weltkonzerne

Eine Attacke gegen Ölkonzerne. Hintergrundinformationen zu den wirtschaftlichen Interessen und den Auswirkungen der Erdölförderung auf Ökologie und Mensch.

Autor: Hans Weiss und Klaus Werner

Verlagsangaben: Franz Deuticke Verlag, Frankfurt. 2001

ISBN: 3-216-30592-9

MARE – Die Zeitschrift der Meere. Öl – Treibstoff für Mythen und Motoren.

Kritische und detaillierte Berichterstattung über Förderung, Transport und Handel von Erdöl. Heft Nr. 43. April/Mai 2004. <http://www.mare.de/mare/index.php>

Linktipps

Informative, kompakte und bebilderte Darstellung vom Beginn des Erdöl-Zeitalters; Erläuterungen zu technischen Details der frühen Bohrungen

<http://www.wabweb.net/history/oel/usa&today.htm>

Ausführliche Informationen über Deutschlands einzige off-shore Ölförderungsanlage im Naturschutzgebiet Wattenmeer.

www.mittelplate.de

Die Spezialisten der Firma Integrated Explorations Systems aus Jülich haben für uns die Simulation "Könnte unter dem Dom Erdöl entsehen?" erstellt.

<http://www.ies.de>

Erdöl als Energieträger

Energiestudien & Co. Alles wissenswerte rund um Energie: Zukunftsaussichten der Energieressourcen, Informationen zu erneuerbaren Energien (z. B. Brennstoffzelle) und aktuelle Mitteilungen über Konferenzen.

<http://www.wupperinst.org>

Konferenz bezüglich erneuerbarer Energien in Bonn. Wie sieht die "Energie-Ressourcen-Zukunft" unseres Planeten aus?

<http://www.renewables2004.de>

Ölkatastrophen

Mehr zu den Folgen von Ölkatastrophen im Meer

<http://www.bsh.de/de/Meeresdaten/Umweltschutz/Oelidentifizierung/Tankerunfall.jsp>

Informationen von Greenpeace zum Thema Tanker und Ölverschmutzung im Meer und an Land (Suchwort "Erdöl")

<http://www.greenpeace.org/deutschland/>

Rohölverarbeitung

Sehr detaillierte Website zum Thema Rohölverarbeitung; Einführung in chemische Grundverfahren wie Cracken, Reformieren, Destillieren etc.; teilweise interaktiv.

<http://www.aral-lubricants.com/forschung/homepage/wissen/dieraffinerie/raffinerie.html>

Übersichtliche, kompakte und grafisch anschaulich aufgearbeitete Website zu den Verfahren in der Rohölverarbeitung wie Destillieren, Reformieren und Cracken.

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

Informative u. anschauliche Website zu Prinzip u. Methoden d. Destillation im Allgemeinen, mit Unterkapitel zum Thema fraktionierte Dest./Rohöl-Destillation.

<http://www.seilnacht.com/versuche/destill.html>

Impressum:

Herausgegeben
vom Westdeutschen Rundfunk Köln

Verantwortlich:
Quarks & Co
Monika Grebe

Autoren:
Christoph Goldbeck
Jakob Kneser
Christina Krätzig
Harald Raabe
Ismeni Walter

Redaktion:
Monika Grebe

Gestaltung:
Designbureau Kremer & Mahler

Bildrechte:
Alle: © WDR

außer:
Der Weg ins Erdölzeitalter (5 Fotos) – Rechte: National Archives, Maryland, USA
Die schwarze Flut – “Ölteppich”; Rechte: dpa; “Seevogel”; Rechte: dpa;
“Reinigungsarbeiter”; Rechte: Engstfeld Filmproduktion
Wie sucht man Erdöl – “Erdbohrung”; Rechte: dpa

© WDR 2004