Zeitschrift: Der Fourier : offizielles Organ des Schweizerischen Fourier-Verbandes und des Verbandes Schweizerischer Fouriergehilfen

Herausgeber: Schweizerischer Fourierverband

Band: 52 (1979)

Heft: 5

Artikel: Die Bedeutung des Erdöls im Industriezeitalter

Autor: [s.n.]

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-518717

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 02.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Die Bedeutung des Erdöls im Industriezeitalter

Energie, in mechanischer, thermischer, chemischer oder nuklearer Form, ist einerseits eine wesentliche Voraussetzung für die Produktion von Gütern und Dienstleistungen. Das im letzten Jahrhundert einsetzende industrielle Wachstum ist nur im Zusammenhang mit der gleichzeitigen Entwicklung einer ausreichenden Energieversorgung möglich geworden.

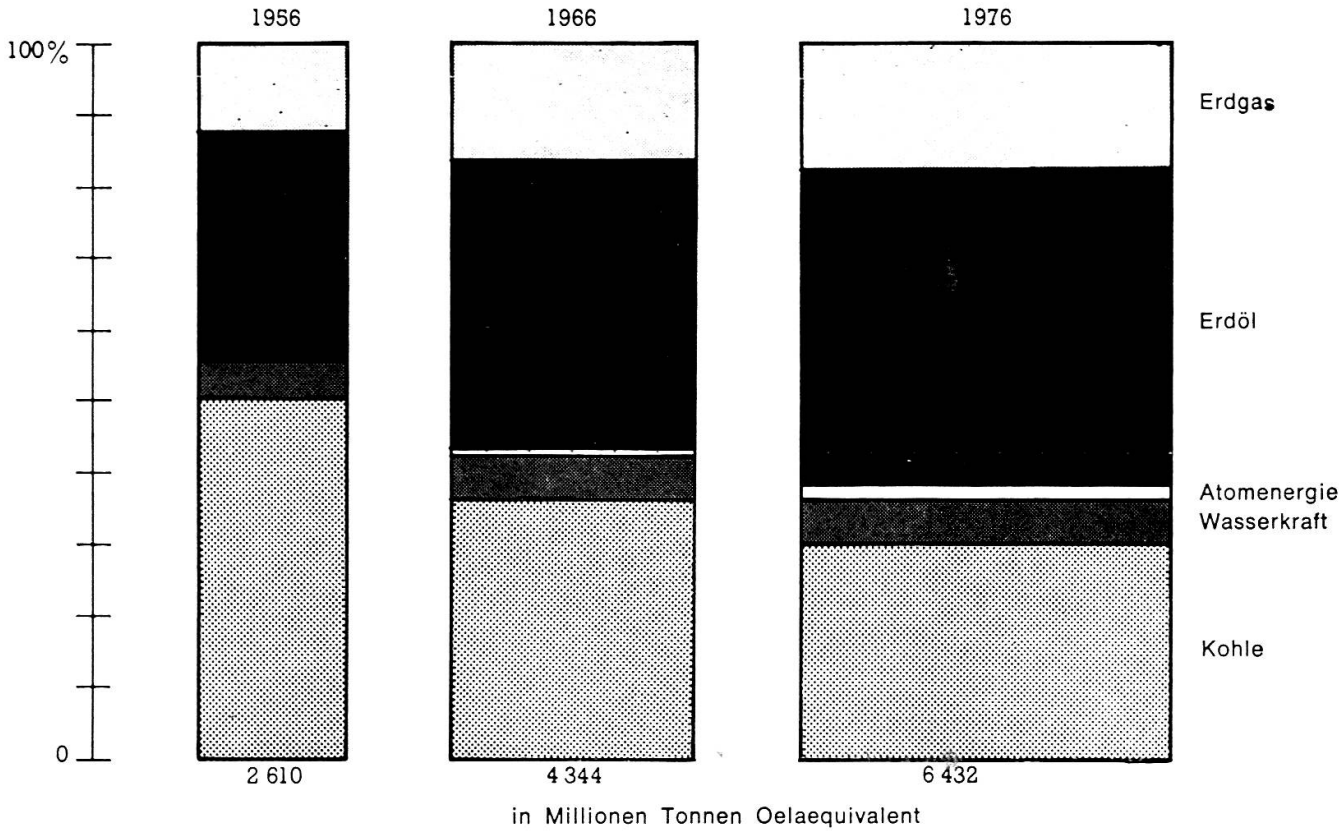
Die wirtschaftliche Entwicklung hat anderseits die menschlichen Lebensgewohnheiten grundlegend verändert und insbesondere in den industrialisierten Gebieten zu einer stark gestiegenen Energienachfrage der privaten Verbraucher geführt. Als wichtigste Anwendungsgebiete stehen hier die Wärmeversorgung, der Verkehr und die elektrischen Anlagen im Vordergrund.

Der weltweite *Energieverbrauch pro Kopf* (Primärenergie) ist von durchschnittlich 703 kg Oelaequivalent im Jahr 1950 auf 1420 kg Oelaequivalent im Jahr 1975 angestiegen. Je nach Industrialisierung, Lebensstandard und geographischer Lage weist er nach Regionen und einzelnen Ländern ganz erhebliche Unterschiede auf (1975):

	kg Oelaequivalent		kg Oelaequivalent
USA	7 699	Südamerika	569
Australien	4 450	China	485
UdSSR	3 882	Afrika	275
Westeuropa	2 816		
Japan	2 535	Welt	1 420
Naher Osten	739	Schweiz	2842

Anteile der Energieträger am weltweiten Energiekonsum

(Quelle: BP statistical review)



Der weltweite *Gesamtverbrauch* an Energie ist auf Grund der stark zunehmenden Bevölkerung bedeutend rascher angestiegen als der pro Kopf-Verbrauch. Während er im Jahr 1950 noch bei 1745 Mio t Oelaequivalent lag, hat er sich 1975 auf 5601 Mio t Oelaequivalent belaufen.

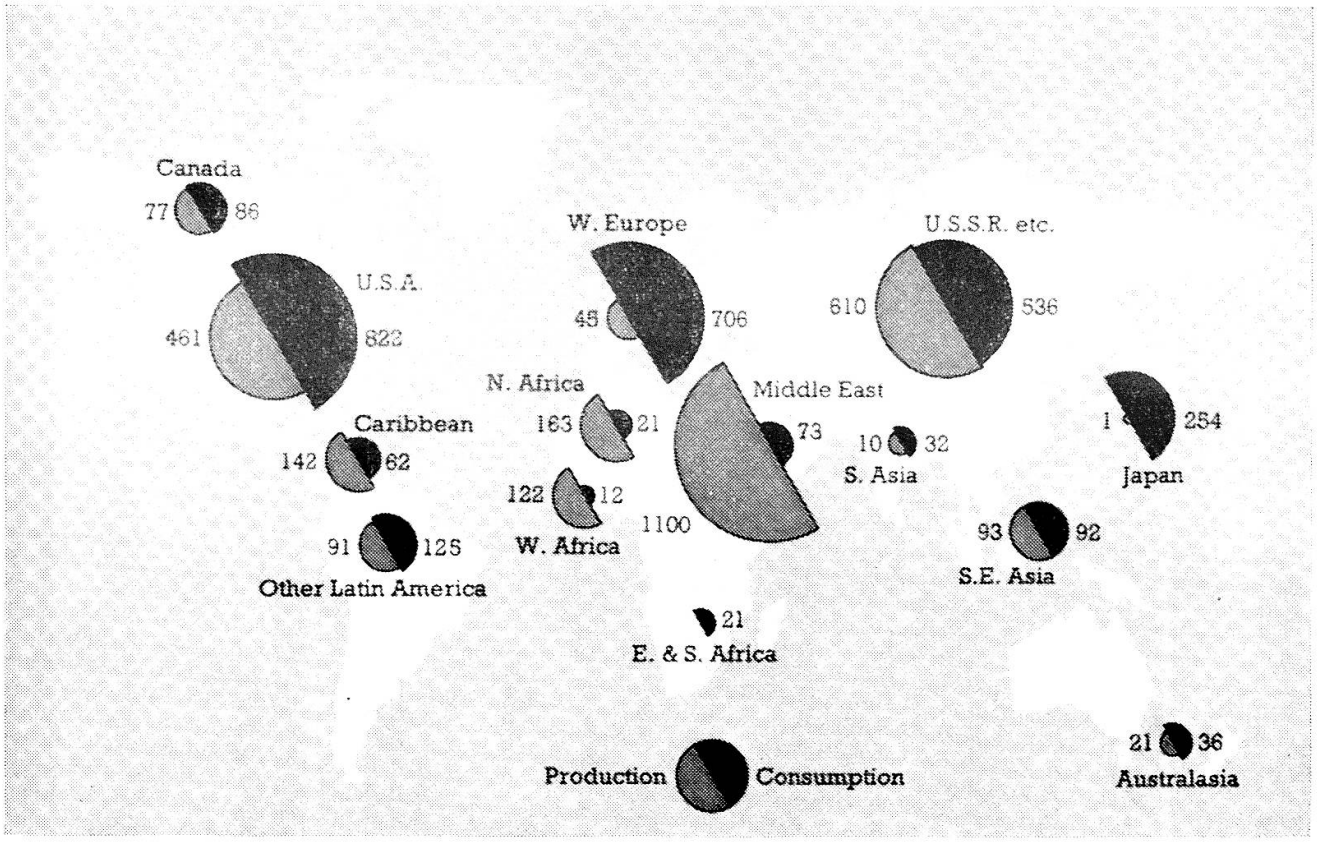
Gleichzeitig ist es hinsichtlich der *Anteile der einzelnen Energieträger am Gesamtverbrauch* zu deutlichen Verschiebungen gekommen. Wesentlichstes Merkmal ist der stetige prozentuale Rückgang der festen Brennstoffe, insbesondere der Kohle, und der starke Anstieg des Erdölverbrauchs.

Das *Erdöl* deckt gegenwärtig rund 44 % des Weltenergiebedarfs, was einem jährlichen Verbrauch von rund 3 Milliarden Tonnen Oel entspricht. Der Anteil des Erdöls am Energiebedarf fällt in den einzelnen Regionen und Ländern je nach der Verfügbarkeit anderer Energieträger unterschiedlich aus und ist insbesondere dort hoch, wo andere Energieträger fehlen bzw. die Verwendung von festen Brennstoffen, vor allem von Kohle und von Erdgas nicht wettbewerbsfähig ist (1975).

	%		%
Dänemark	87,1	Australien	44,8
Südamerika	77,2	USA	44,3
Japan	73,4	Afrika	43,9
Schweiz	68,6	UdSSR	36,8
Mittlerer Osten	61,9	China	16,1
West-Europa	54,7	Welt	44,1

Erdöl ist zum *wichtigsten Energieträger* und somit zu einem entscheidenden Faktor des wirtschaftlichen Wachstums geworden. Es ist einer der Pfeiler, auf dem der Wohlstand unseres Zeitalters beruht.

Welt-Erdölförderung und Bedarf (in Millionen Tonnen) (Quelle: BP statistical review)



Entstehung und Verbreitung des Erdöls

Rohöl ist im wesentlichen ein Gemisch von Kohlenwasserstoffen, d. h. von chemischen Verbindungen zwischen Kohlenstoff (C) und Wasserstoff (H). Kohlenstoff ist der Grundbaustein der organischen Materie (Pflanzen, Tiere). Unter den zahlreichen Theorien über die Entstehung des Erdöls wird daher heute jener die grösste Wahrscheinlichkeit beigemessen, welche Erdöl als Umwandlungsprodukt vorwiegend tierischer, teilweise aber auch pflanzlicher Herkunft betrachtet.

Das *organische Ausgangsmaterial* bildeten — und bilden noch immer — zur Hauptsache Wassertiere (Zooplankton, Schwebefauna). Die Existenz dieser vorwiegend einzelligen Organismen lässt sich bis in das frühe Paläozoikum (Kambrium) zurück nachweisen.

Förderung, Transport und Lagerung von Erdöl

Unter der *Förderung* wird allgemein der Fluss des Rohöls von der Lagerstätte zur Erdoberfläche verstanden. Die entsprechenden Massnahmen unterscheiden sich nach den besonderen geologischen Eigenschaften der Lagerstätten und der Qualität des Oels.

In vielen Fällen genügt die in der Lagerstätte vorhandene Energie, um das Rohöl in *natürlicher Förderung* (Primärförderung) an die Oberfläche zu bringen. Unter Umständen ist diese Energie so gross, dass es zu einem stark eruptiven Oelaustritt kommt. Die Lagerstättenenergie entsteht durch den Randwasserdruck, allenfalls aber auch durch unter Druck stehendes, natürlich gebildetes Gas.

Reicht die Lagerstättenenergie für die natürliche Förderung nicht aus, werden *Pumpen* eingesetzt.

Von zunehmender Bedeutung sind die *sekundären Fördermethoden*, die im Prinzip darin bestehen, die ungenügende Lagerstättenenergie künstlich zu erzeugen. Zu diesem Zweck wird Gas oder Wasser unter Druck in den ölhaltigen Horizont eingebracht (sog. Gasliftförderung bzw. Förderung durch Wasserfluten).

Die sekundären Fördermethoden werden heute aber auch deshalb immer stärker angewandt, weil sie die Erhöhung des *Entölungsgrades* ermöglichen. Die Fliessgeschwindigkeit des Rohöls in den Poren des Speichergesteins hängt weitgehend von dessen Permeabilität und der Viskosität des Oels ab. Ist die Permeabilität schlecht oder die Viskosität hoch, wird ein grosser Teil des Rohöls, im Durchschnitt rund 75 %, durch die Kapillarkräfte im Speichergestein zurückgehalten. Mit den sekundären Fördermethoden lassen sich die Kapillarkräfte jedoch teilweise überwinden und der Entölungsgrad damit erhöhen.

Jüngste Entwicklungen haben zu den *tertiären Fördermethoden* geführt. Anstatt den Lagerstättendruck mit eingepresstem Wasser oder Gas zu erhöhen, werden dem ölhaltigen Gesteinshorizont Wärme (Heisswasser, Dampf), Lösungsmittel (Flüssiggas, Leichtbenzin) oder Chemikalien (Polymere, Emulsionen) zugeführt. Dabei wird das in den Gesteinsporen zurückgehaltene Rohöl durch Wärme oder Lösungsmittel in einen dünnflüssigen Zustand versetzt und damit förderfähig gemacht. Mit den chemischen Verfahren wird das Oel entweder vorübergehend im Wasser gelöst und in diesem Zustand gefördert oder die Viskosität des Förderwassers erhöht, um eine bessere Oelverdrängung zu erreichen.

Mit den Massnahmen der Sekundär- und Tertiärförderung wird eine Erhöhung des Entölungsgrades von heute rund 25 % auf durchschnittlich 40 % angestrebt. Die Rohölversorgung der kommenden Jahrzehnte dürfte damit rund zur Hälfte durch die Sekundär- und Tertiärförderung und nur zur Hälfte aus neu erschlossenen Vorkommen gedeckt werden.

Das geförderte Rohöl wird in den wenigsten Fällen an Ort und Stelle verarbeitet oder gar verbraucht. Im Gegenteil ist es vielmehr so, dass die Förderzentren (Mittlerer Osten, Nordafrika, nördliches Lateinamerika, Südwesten der USA, UdSSR) mit den wichtigsten Verbrauchsregionen (Osten der USA, Westeuropa, Japan) nicht identisch sind. Dies bedingt Transporte sehr bedeutender Volumen über meist sehr weite Strecken. Das Oel wird im häufigsten Falle von der Förderstelle in *Pipelines* zum Verladehafen, von diesem mit Tankern in den Bestimmungshafen und dann wiederum durch Pipelines, über Strasse und Schiene oder mit Flußschiffen zum Importeur befördert. Die Feinverteilung erfolgt fast ausschliesslich über Strasse und Schiene.

Der Transport erfolgt in der Regel dann in Pipelines, wenn erhebliche Mengen regelmässig zwischen zwei festen Punkten zu verschieben sind. Dies trifft vor allem zwischen der Förderstelle und dem Verladehafen einerseits und dem Bestimmungshafen und regelmässigen Grossabnehmern (Raffinerien, thermische Kraftwerke) anderseits zu.

Pipelines sind stählerne, meist in die Erde versenkte und mit einem starken Korrosionsschutz versehene Rohrleitungen. Die Transportbewegung wird mittels Pumpen aufrechterhalten, die in Funktion des Rohrdurchmessers, der zu überwindenden Steigungen und der Viskosität des Oels in bestimmten Abständen angeordnet sind. Der Rohrdurchmesser kann 100 cm übersteigen, wobei der Reibungswiderstand mit steigendem Durchmesser abnimmt, während die Baukosten jedoch zunehmen. Die weltweit verlegten Pipelines weisen heute eine Gesamtlänge von rund 2 Millionen km auf.

Der Transport in Pipelines ist wenig störungsanfällig, *sicher* und somit *umweltfreundlich.* Von den im Jahr 1975 in Westeuropa in Pipelines transportierten 483 Mio cm^3 Oel sind lediglich 397 cm^3 ausgeflossen, wobei über $^3/_4$ an Ort und Stelle wieder aufgefangen werden konnten.

Der Transport mit *Tankschiffen* hat in dem Masse einen starken Aufschwung erfahren, wie der Import von überseeischem Oel durch die wichtigsten Verbrauchszentren zugenommen hat. Auf die Oeltanker entfallen heute rund 55 % der weltweiten Schiffstonnage, d. h. rund 325 Mio tdw. Dabei ist die Grösse der einzelnen Tanker stark erhöht worden. Der Grund dafür liegt einerseits in den mit zunehmender Grösse der Schiffe sinkenden Bau- und Betriebskosten. Anderseits ist die Vergrösserung auch dadurch möglich geworden, dass vermehrt in den Verbrauchsländern raffiniert wird, was zu einer Vereinheitlichung der auf der See tansportierten Güter geführt hat.

Mit zunehmender Grösse wachsen die Anforderungen an die Tankerkonstruktion stark an. Dabei geht es vor allem darum, die frei bewegliche Oberfläche der Flüssigkeit zu stabilisieren, die Ausdehnung oder Verdichtung des Produktes bei extremen Schwankungen der Luft- und Wassertemperatur zu ermöglichen und eine ausreichende Steuerbarkeit auch unter schwierigen Verhältnissen und bei Leerfahrten zu gewährleisten. Trotz aller Sicherheitsvorkehrungen hat aber nicht vermieden werden können, dass es in den letzten Jahren zu Tankerunfällen gekommen ist. Die dabei eingetretenen Umweltschäden sind vor allem deshalb gravierend, weil auf verhältnismässig kleiner Fläche sehr grosse Mengen Oel frei auslaufen konnten. Anderseits ist wiederholt wissenschaftlich nachgewiesen worden, dass die Verschmutzung der Meere durch Mineralöl zu einem nur sehr geringen Teil, nämlich rund 4 %, von Tankerunfällen herrührt. Weit wichtigere Verschmutzungsquellen sind die natürliche Kohlenwasserstoffauswaschung durch die Oberflächengewässer (26 %), die Siedlungs- und Industrieabwasser (15 %), der atmosphärische Ausstoss (10 %) und die natürlichen Oelaustritte unter Wasser (9 %).

Der Transport ab Bestimmungshafen erfolgt mittels Pipelines, Kesselwagen, Tanklastwagen oder Flußschiffen. Während Pipelines vor allem Grossabnehmer (Raffinerien, thermische Kraftwerke, chemische Industrie) versorgen, werden Kesselwagen und

Hier wird ein Bohrmeissel durch das Loch des Bohrtisches eingeführt (Photo BP)

Bohrinsel in der Nordsee (Photo SHELL)

Flußschiffe vorwiegend auf langen Strecken eingesetzt. Dabei erweist sich vor allem die Flußschiffahrt als ein idealer Transportträger für Mineralöle. Durch die Zusammenfassung von mehreren Schiffen in Schub- und Schleppverbänden wird eine erhebliche Kapazität erreicht. Nachteilig wirken sich jedoch die in Abhängigkeit von Hoch- und Niederwasser variierenden Frachtraten aus. Der Tanklastwagen dient in erster Linie der Feinverteilung bis hin zum einzelnen Kunden.

Die *Lagerung* von Mineralöl erfolgt einerseits zum Ausgleich von Produktehäufungen an den Umschlagplätzen. Typische Beispiele hiefür sind die Tanklager in den Bestimmungshäfen, ab denen das Oel sukzessive an die Importeure abgegeben wird, wogegen der Umschlag selbst nur kurze Zeit dauert. Anderseits wird Mineralöl vor allem zu Vorsorgezwecken gelagert, wobei immer mehr Staaten dazu übergehen, Reserven für eine bestimmte Anzahl von Bedarfstagen gesetzlich zu verlangen.

Neuerdings gewinnt die Lagerung in Kavernen an Bedeutung. Dabei werden entweder stillgelegte Bergwerke einer neuen Verwendung als Lager zugeführt oder Felskavernen zu diesem Zwecke ausgehoben. Eine besondere und häufig angewandte Form stellen die Salzkavernen dar, die aus Salzstöcken ausgeschwemmt werden.

Verarbeitung von Rohöl

Rohöl kann in der Regel unverarbeitet nicht verbraucht werden. Um zu einer zweckmässigen Verwendung des Rohstoffes zu gelangen, wird das Kohlenwasserstoffgemisch vorerst in einzelne «Schnitte» (Fraktionen) zerlegt und diese wiederum mit besonderen Verfahren zu Fertigprodukten veredelt.

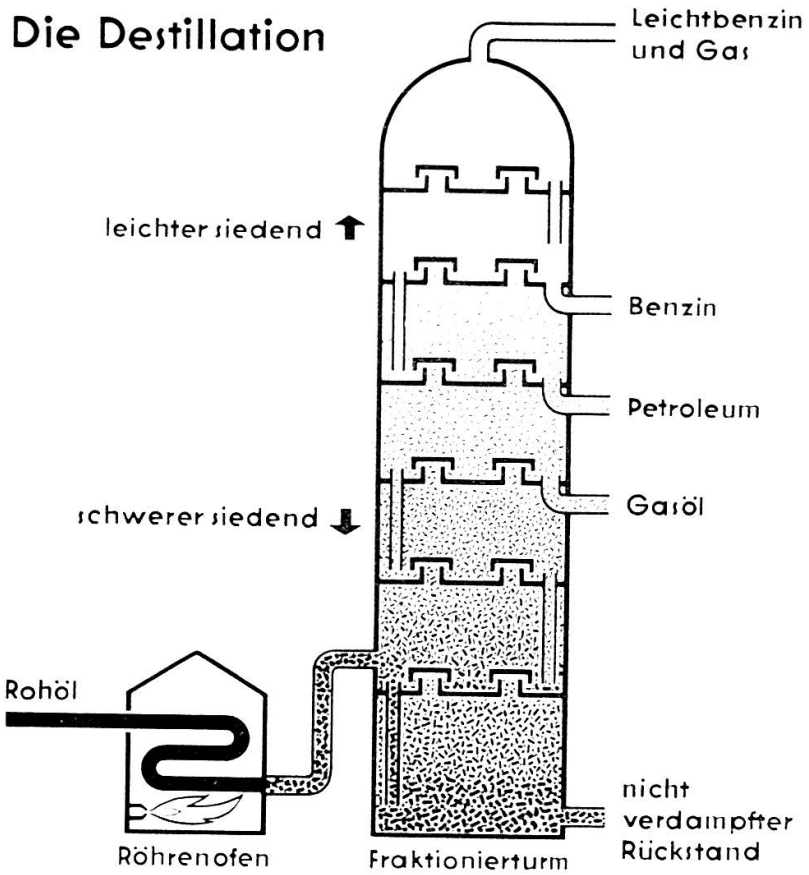
Die *Raffination* als Sammelbegriff für die Rohölverarbeitung gliedert sich im wesentlichen in die Destillation (Trennung des Rohöls in Fraktionen) und verschiedene Konversionsverfahren, mit denen die einzelnen Fraktionen weiter veredelt werden.

Die *Destillation* beruht auf der Tatsache, dass die einzelnen Fraktionen des Rohöls bestimmte, voneinander abweichende Siedebereiche aufweisen, d. h. bei zunehmender Erhitzung in einer bestimmten Reihenfolge vom flüssigen in den gasförmigen Zustand übergehen.

Fraktionen mit Siedebereichen

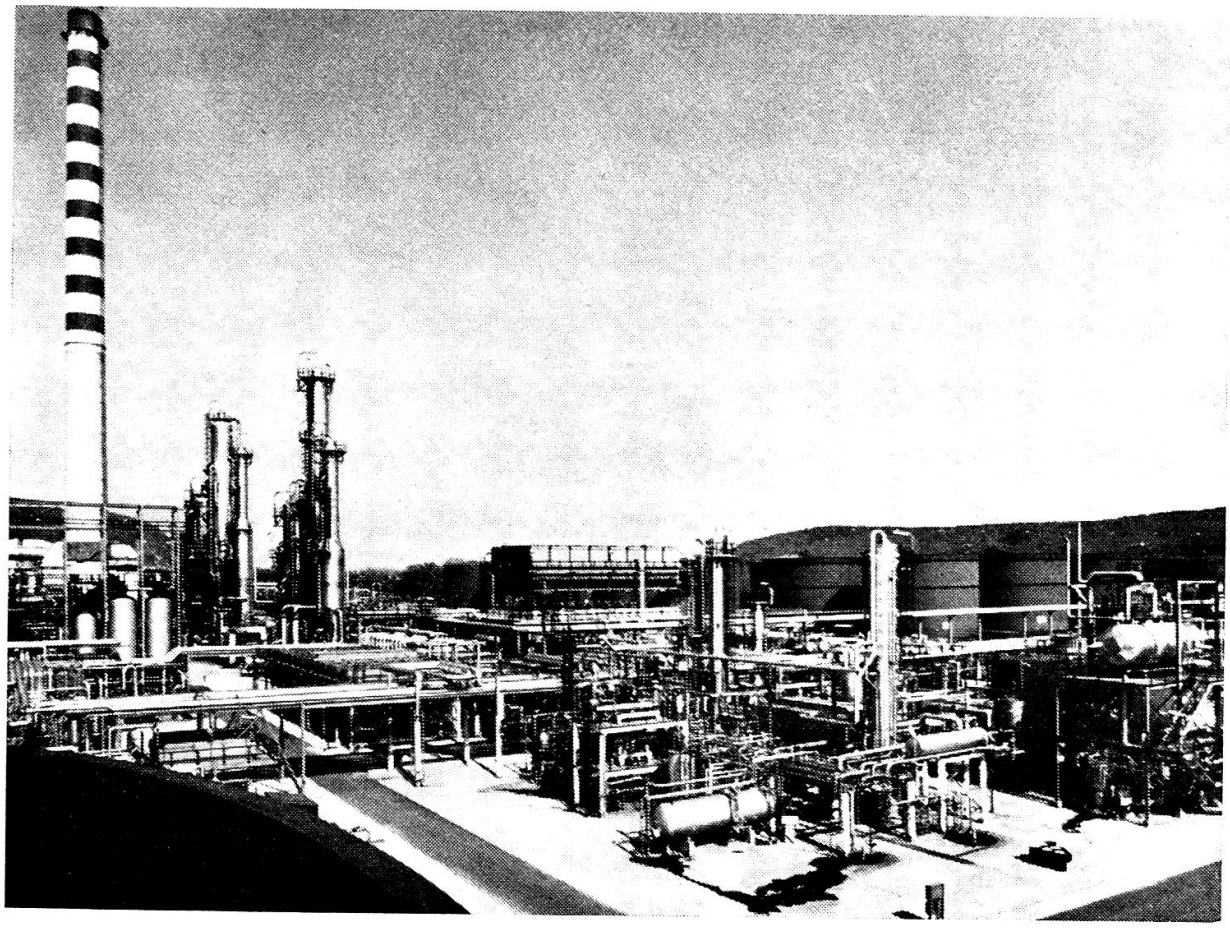
Produkt	*Siedebereich (° C)*
Leichtbenzin	35 – 100
Mittelschwer- und Schwerbenzin	100 – 200
Petrol	180 – 250
Gasöl (Diesel- und Heizöl)	250 – 400
Rückstände	über 400

Anderseits weisen die verschiedenen Komponenten des Rohöls voneinander abweichende Siedebereiche auf. Die paraffinischen Bestandteile gehen im allgemeinen bei weniger starker Erhitzung in den gasförmigen Zustand über als die naphthenischen. Diese wiederum haben in der Regel einen tieferen Siedebereich als die aromatischen Komponenten. Aus der Zusammensetzung eines bestimmten Rohöltyps lassen sich daher bestimmte Schlüsse auf die Ausbeute von Produkten ziehen. Allgemein gilt, dass Rohöl mit einem grossen Anteil tiefsiedender Komponenten (paraffinische Rohöle) mehr hochwertige Produkte (z. B. Benzine) ergeben und dementsprechend gefragt sind.



Der Grundvorgang in einer Raffinerie ist die Destillation, in der das Rohöl in mehrere sogenannte Fraktionen zerlegt wird.
(Quelle «BP Mineralölstory»)

Raffinerie mit Destillationstürmen (Photo BP)



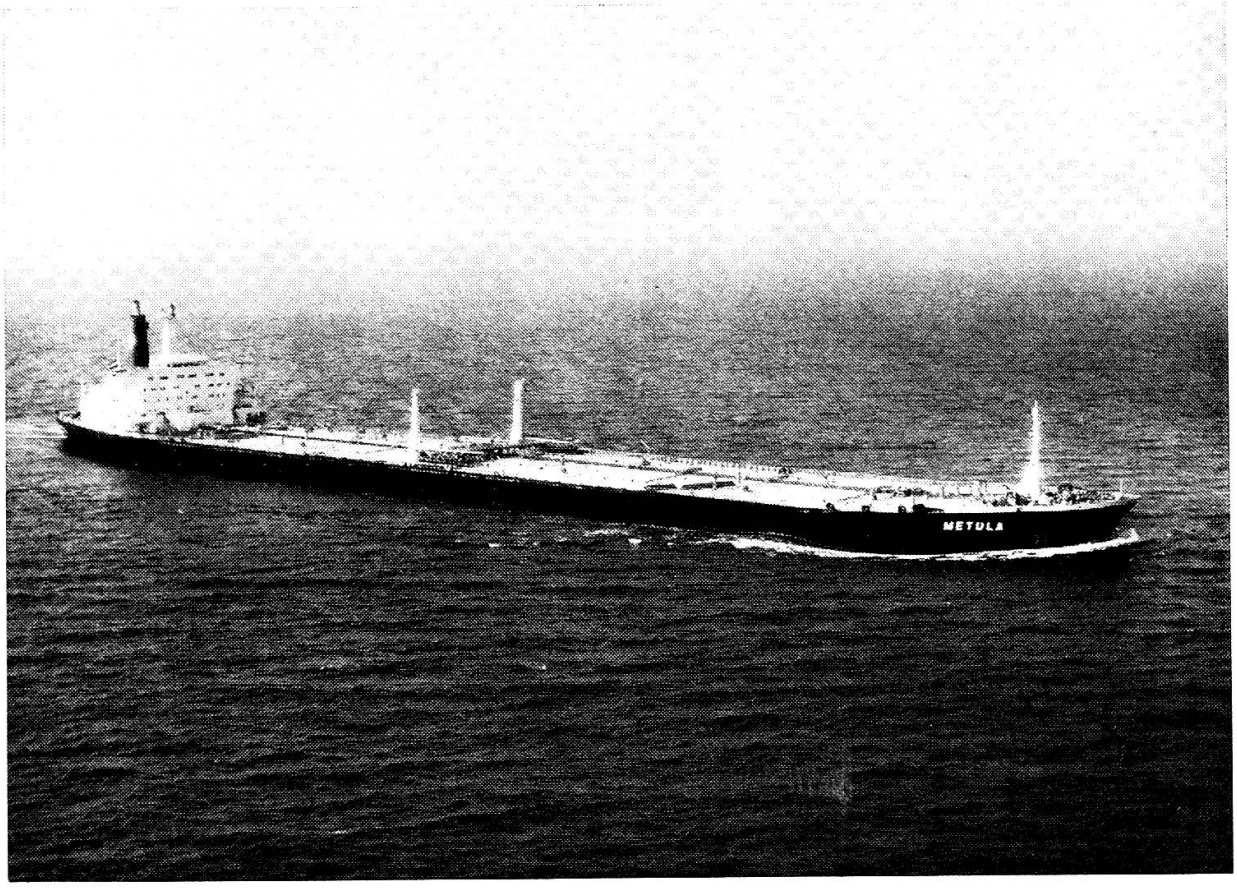
Beim *Destillationsvorgang* wird das Rohöl in einem Röhrenofen auf 350 – 400° C erhitzt. Dabei verdampft es grösstenteils. Sowohl der Dampf als auch der flüssig gebliebene Rückstand werden in einen Fraktionierturm geleitet. Fraktioniertürme oder Fraktionierkolonnen sind grosse, meist über 50 m hohe, hochstehende Gefässe mit mehreren Zwischenböden. Die Zwischenböden sind mit zahlreichen Öffnungen versehen, über denen glockenförmige Hauben angebracht sind. Einfach dargestellt erfolgt die eigentliche Destillation wie folgt: Das erhitzte Gas-Rückstand-Gemisch wird über dem ersten Zwischenboden in den Fraktionierturm eingeleitet. Dabei fliessen die Rückstände in die unterste Kammer ab und werden von dort zur weiteren Verarbeitung abgepumpt. Der Dampf steigt durch die Öffnungen in den Zwischenböden auf und durchstreicht auf dem Zwischenboden liegendes Kondensat.

Er kühlt sich ab, wobei zuerst die dampfförmige Komponente mit dem höchsten Siedebereich in den flüssigen Zustand übergeht und abgeleitet werden kann. Der nicht kondensierte Dampf steigt zum nächsten Zwischenboden, wo sich der gleiche Vorgang wiederholt und das nächst leichter siedende Produkt ausfällt. In der letzten Kammer geht die Komponente mit dem tiefsten Siedepunkt (Leichtbenzin) in den flüssigen Zustand über.

Die Rückstände werden einem zweiten Destillationsverfahren, der *Vakuumdestillation*, zugeführt. Die Destillation erfolgt in diesem Falle im Vakuum und daher bei tieferen Temperaturen. Sie ermöglicht, auch die Rückstände in leicht verwertbare Produkte umzuwandeln.

Die Verbrauchsstruktur der Erdölprodukte hat in den letzten Jahrzehnten eine ganz wesentliche Veränderung erfahren. Mit der zunehmenden Motorisierung und den neuen Heizgewohnheiten hat der Bedarf an leichten Produkten, insbesondere an Benzin, Dieseltreibstoff und Heizöl extra-leicht, stark zugenommen. Das Angebot der im Destillationsverfahren gewonnenen Produkte deckte sich daher nicht mehr mit den Bedürfnissen des Marktes. Dies war der Grund zur Entwicklung *neuer Raffinationsverfahren* (Konversionsverfahren), mit denen schwere Destillationsprodukte in leichtere umgewandelt werden können.

Das älteste Konversionsverfahren stellt das *Kracken* (engl. to crack = aufbrechen) dar. Die Rohölkomponenten mit hohem Siedebereich (z. B. Schweröl) setzen sich aus langen und vielfach verzweigten Kohlenwasserstoffketten zusammen. Beim Kracken werden diese Ketten aufgebrochen, womit eine Umwandlung in leichte Produkte (z. B. Benzine, Dieseltreibstoff) eintritt. Man kennt verschiedene Verfahren.

Alle diese zum Teil sehr komplizierten und kostspieligen Verfahren tragen zwar dazu bei, die Mineralölprodukte bis zu einem Höchstmass zu veredeln und den Bedürfnissen des Marktes Rechnung zu tragen. Sie vermögen aber die Tatsache nicht aus der Welt zu schaffen, dass es sich bei der Mineralölproduktion um eine *Koppelproduktion* handelt, d. h. dass bei der Herstellung eines Produktes zwangsläufig stets auch andere Erzeugnisse anfallen, für die ebenfalls eine Absatzmöglichkeit vorhanden sein muss. Es wird daher in wirtschaftlicher Weise nie möglich sein, aus Rohöl ausschliesslich Benzin herzustellen, immer wird auch mindestens ebenso viel schweres Heizöl anfallen, für das Abnehmer gefunden werden müssen. So würde etwa die Schliessung von ölthermischen Kraftwerken infolge übersetzter Umweltschutzbestimmungen den Absatz von schwerem Heizöl derart reduzieren, dass auch die Produktion von Benzin oder leichtem Heizöl stark herabgesetzt werden müsste. Die Folgen davon aber sind kaum vorstellbar.

Fluss- und Seetransportschiffe (Oeltanker) bringen das Rohöl in die Industriezentren (Photos SHELL)