

■ präkambrische Schilde
 ▨ ungefaltete Schichttafeln
 ▤ Faltengebirge
 ~ Tiefseegräben
 ⊗ Erdöl- und Erdgasbecken

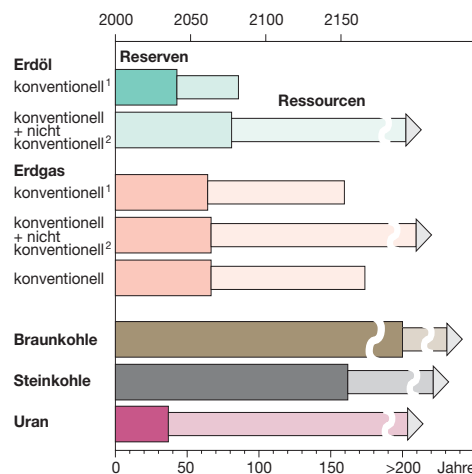
5 Die großen Erdöl- und Erdgasbecken der Erde

Reinhard Schöenberg: *Geographie der Lagerstätten*.
 Darmstadt: Wissenschaftliche Buchgesellschaft 1979, Abb. 13

- 1 Colville/Alaska
- 2 Cook Inlet/Alaska
- 3 Alberta/Kanada
- 4 Sacramento, San Joaquin, Ventura, Los Angeles/Kalifornien
- 5 San Juan, Uinta, Powder River/Felsengebirge
- 6 Permian/Texas
- 7 Anadarc, Amarillo/Oklahoma, Texas
- 8 Golfküste
- 9 Appalachen
- 10 Maturin/Venezuela, Trinidad
- 11 Maracaibo/Venezuela
- 12 Magdalena/Kolumbien
- 13 Piura/Peru
- 14 Comodoro Rivadavia/Argentinien
- 15 Nordsee
- 16 Aquitanische Becken
- 17 Karpatenvortiefe
- 18 Petschora
- 19 Wolga Ural
- 20 Dnipro Donez
- 21 Kaukasus Mangyschlag Turkmenistan
- 22 Westsibirien
- 23 Wiljui
- 24 Dsungarei/China
- 25 Pre-Nan Shan/China
- 26 Tsaidam/China
- 27 Sichuan/China
- 28 Sungliao (Taching)/China
- 29 Naher Osten
- 30 Indus/Pakistan
- 31 Westlicher Großer Erg/Algerien
- 32 Östlicher Großer Erg/Algerien
- 33 Syrte/Libyen
- 34 Rotes Meer
- 35 Nigerdelta
- 36 Cabinda/Angola, D.R. Kongo
- 37 Zentralsumatra
- 38 Nordkalimantan
- 39 Großes Artesisches Becken/Australien
- 40 Gippsland/Australien (Victoria)
- 41 Maui/Neuseeland

**Statistische Reichweite
 oder Lebensdauer:** s. Randspalte S. 31

Anmerkung zu Grafik 6:
 1 leicht gewinnbar aus reifem Muttergestein
 2 nur mit hohem Aufwand gewinnbar aus unreifem Muttergestein (zum Beispiel Ölschiefer, Gas aus Kohleflözen)



6 Statistische Reichweite nicht erneuerbarer Energieträger

Energieträger

Nach Hilmar Rempel: *Geht die Kohlenwasserstoff-Ära zu Ende?*
 Hannover: Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe
 2000, auf: www.bgr.de, 2002

1.3 Erdöl und Erdgas aus der Nordsee

Entstehung von Erdöl und Erdgas

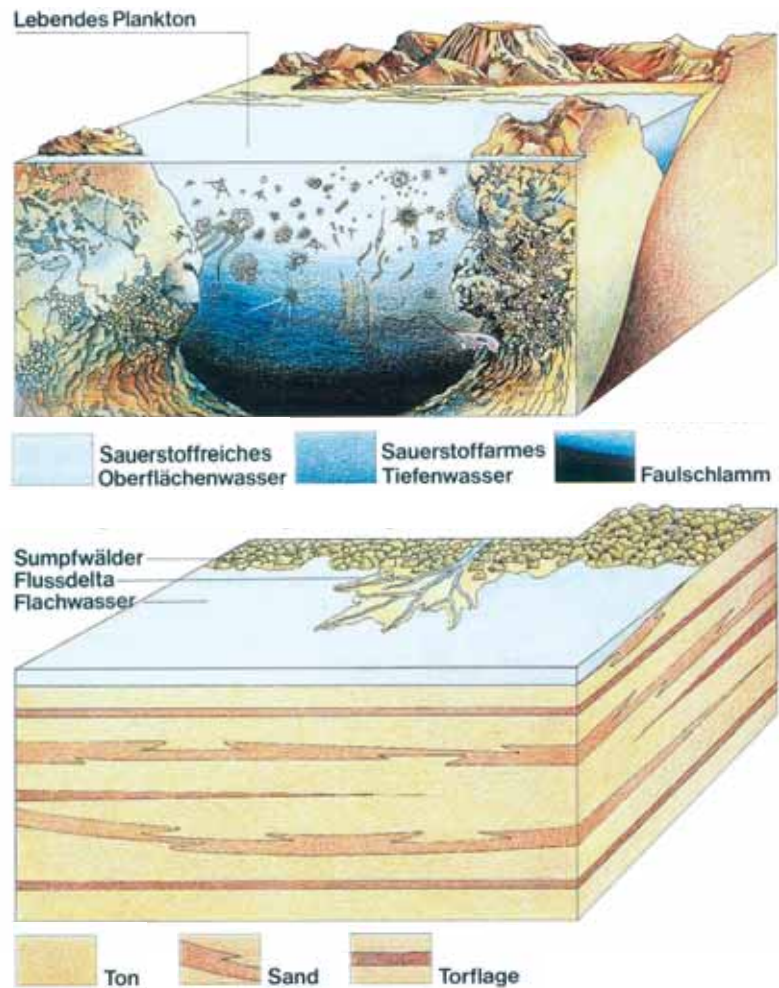
Erdöl aus Kleinstlebewesen

Als Bildungsraum des Erdöls gelten vor allem warme Flachmeere, in deren oberflächennahen licht- und sauerstoffreichen Zonen es zur Bildung von großen Mengen tierischen und pflanzlichen Planktons kam. Nach dem Absterben sank das Plankton zu Boden, wo es sich zusammen mit anorganischen Sedimenten anreichte. Wo die Meeresströmungen die tieferen Wasserschichten bzw. den Meeresboden nicht erreichten, fehlte der zur Verwesung notwendige Sauerstoff. Es fand lediglich ein anaerober Fäulnisprozess statt, so dass die organische Substanz erhalten blieb. Zusammen mit den von Flüssen ins Meer getragenen Sedimenten bildete sie einen Faulschlamm (Sapropel), der sich unter der Last der weiteren darüber abgelagerten Materialien im Laufe der Zeit zu Tonschiefer (Ölschiefer) wandelte. Diesen unter auflastigem Druck zu Tonschiefer verfestigten Faulschlamm bezeichnet man als Erdölmuttergestein.

Die Bildung von Erdöl aus dem Muttergestein erfolgt äußerst langsam im Laufe von Jahrmillionen. Dabei finden mehrere komplexe Abläufe sowohl gleichzeitig als auch in Stufen hintereinander statt. Stets handelt es sich um eine Aufspaltung des organischen Materials in einfache organische chemische Verbindungen (wie z. B. Methan oder Benzol). Voraussetzung sind Temperaturen zwischen 65 und 120 °C, wie sie in einer Tiefe von 2 000 bis 4 000 m herrschen.

Erdgas aus höheren Landpflanzen

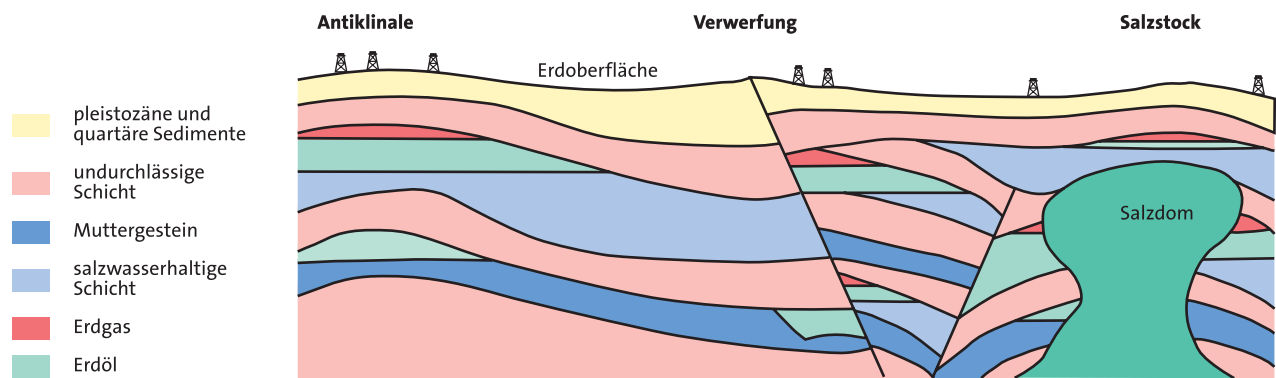
Ausgangsmaterial für die Bildung von Erdgas sind meist höhere Landpflanzen. Unter tropischen und subtropischen Klimabedingungen, wie sie in großen Teilen Mittel- und Nordeuropas und in Nordamerika besonders im Karbon vor 290 bis 315 Mio. Jahren herrschten, kam es zu einer großen Anhäufung von organischem Material in küstennahen Zonen. Dort, wo der Zutritt von Luftsauerstoff eingeschränkt war, wie z. B. in Sümpfen, fand keine Verwesung der Pflanzenreste statt. Es bildete sich Torf, der sich infolge der Überlagerung mit Sedimenten in der Folgezeit zunächst in Braunkohle und später in



7 Muttergesteinsbildung für Erdöl (oben) und Erdgas (unten)

Wirtschaftsverband Erdöl- und Erdgasgewinnung (Hrsg.): Erdgas – Erdöl: Entstehung, Suche, Förderung. Hannover 2000, S. 7

Steinkohle umwandelte. Diese Umwandlung, die so genannte Inkohlung, war die Voraussetzung für die Bildung des Erdgases. Notwendig waren auch hier, wie beim Erdöl, hohe Temperaturen, optimal zwischen 120 und 180 °C in einer Tiefe von etwa 4 000 bis 6 000 m unter der Erdoberfläche. Während das Muttergestein für die Bildung von Erdöl also Tonschiefer ist, ist es beim Erdgas Steinkohle.



8 Typen von Erdgas- und Erdöllagerstätten, „Fallen“

Lagerstättenbildung. Durch den Überlagerungsdruck jüngerer, im Hangenden abgelagerter Sedimente wurden die bei der Entwicklung des Muttergesteins entstandenen gasförmigen und flüssigen Kohlenwasserstoffe ausgepresst. Sie wanderten aus dem Muttergestein durch Poren oder entlang von Spalten zum so genannten Speichergestein. Das sind poröse oder klüftige Gesteinsschichten, besonders Sandsteine und Kalke. Diese müssen von undurchlässigen Schichten abgedeckt sein, welche das Erdöl am weiteren Aufstieg hindern. Den Prozess der Wanderung bezeichnet man als Erdölmigration.

An manchen Stellen erreichten die aufsteigenden Kohlenwasserstoffe die Erdoberfläche. Es bildeten sich so genannte „Ölkuhlen“, wie z. B. in einigen Gegenden Niedersachsens, oder es entstanden „ewige Feuer“, wie z. B. im Iran.

Innerhalb des Speichergesteins sammelt sich das Erdöl an besonders günstigen Krustenstrukturen, den Erdölfällen. Das sind vor allem Antiklinalen (Schichtsättel), Verwerfungen (tektonische Fallen) sowie Flanken und Dächer von Salzstöcken (typisch für die norddeutschen Erdöllagerstätten).

In den Lagerstätten tritt das Öl meist mit Gas und Salzwasser gemeinsam auf, wobei die drei Fraktionen ihren spezifischen Gewichten entsprechend getrennt sind: Erdgas oberhalb des Erdöls (Gaskappe), Wasser unterhalb des Erdöls (Randwasser).

Eine Ansammlung von Kohlenwasserstoffen wird jedoch nur dann als Lagerstätte bezeichnet, wenn die Menge so groß ist, dass eine Förderung derzeit oder in der Zukunft wirtschaftlich vertretbar ist bzw. sein wird.

Verteilung der Lagerstätten

Durch die genannten petrographisch-tektonischen Bedingungen (mächtige Sedimentpakete mariner Schichtfolgen) sind die Erdöl- und Erdgaslagerstätten weltweit an Räume mit folgenden Voraussetzungen gebunden (vgl. Karte 5):

- weiträumige Becken mit flach liegenden marinen Sedimentserien im Bereich der Kontinentaltafeln,
- Sedimentfüllungen in tektonischen Gräben,
- Rand- und Zwischenbecken der jungen Faltengebirge,
- Schelfgebiete der Erde.

Etwa 9% der Erdölreserven finden sich in paläozoischen Schichten, 54% in mesozoischen und 37% in tertiären. Nicht hoffig sind die alten Schilde mit kristallinen Gesteinen.

Die Erdöllagerstätten in Deutschland gehören der Formation der Jura- und Kreidezeit an, sind ca. 100 bis 200 Mio. Jahre alt und liegen meist in einer Tiefe von 1000 bis 2000 m. Die Erdgaslagerstätten sind der Formation des Zechsteins und des Rotliegenden zuzuordnen. Sie sind ca. 250 bis 300 Mio. Jahre alt und erreichen Tiefen von 3000 bis 5000 m. (Vgl. Geologische Zeittafel S. 23).

1.3 Erdöl und Erdgas aus der Nordsee

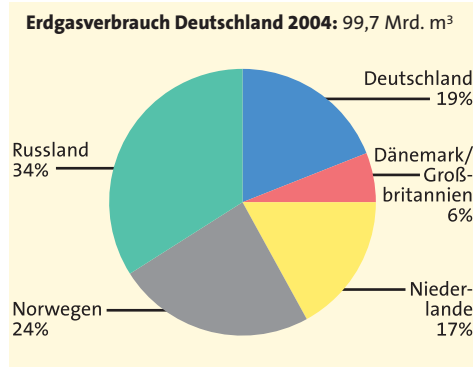
Erdöl- und Erdgasgewinnung

Erdölförderung. Die Fördertechnik ist abhängig von den jeweiligen Bedingungen der Lagerstätten. In der Regel erfolgt die Gewinnung in drei Phasen:

- Bei der primären Gewinnung wird das Erdöl durch den natürlichen Druck der Lagerstätten zur Fördersonde getrieben. Der Druck entsteht durch das im Erdöl gelöste Erdgas (vergleichbar der Kohlensäure in einer Mineralwasserflasche), durch das im Untergrund im gespannten Zustand sich befindende Wasser bzw. durch die Gaskappe im oberen Teil der Lagerstätte, die sich durch Gasübersättigung gebildet hat. Falls kein Gas zur Verfügung steht, muss das Öl mit den so genannten „Pferdekopfpumpen“ hoch gepumpt werden.
- Sinkt der Lagerstättendruck, folgt die sekundäre Phase. Der Druck wird künstlich erhalten oder verstärkt durch Einpressen von Wasser (Fluten) oder Gas. Wegen der geringen Viskosität überholt jedoch das Wasser im porösen Speichergestein das höher-viskose Erdöl. Erreicht die Verwässerung des geförderten Erdöls die Wirtschaftlichkeitsgrenze, wird die Förderung eingestellt, oder es folgt
- die tertiäre Phase. Durch eingepressten Dampf oder Chemikalien werden die Fließeigenschaften des Öls in der Lagerstätte verbessert, so dass es leichter zur Fördersonde fließt und somit eine höhere Endausbeute (Entölungsgrad) erreicht wird.

Je nach Ausbildung der Lagerstätten wird im Durchschnitt 20 bis 40% des in der Lagerstätte vorhandenen Erdöls gefördert.

Erdgasförderung. Die Förderung des Erdgases erfolgt im Prinzip genauso wie die Erdölförderung. Aufgrund des höheren Lagerstättendrucks und der besseren Strömungseigenschaften des Gases können in der Regel bis zu 75% des Gasinhalts aus dem Trägergestein gewonnen werden. Bei abnehmendem Lagerstättendruck kann die Durchlässigkeit des Speichergesteins durch Einpressen einer mit Speziandsand beladenen Flüssigkeit erhöht werden, was im Gestein zusätzliche Risse erzeugt (Frac-Verfahren).



9 Erdgasversorgung Deutschlands 2004 (Anteile in % nach Herkunftsland)

Wirtschaftsverband Erdöl- und Erdgasgewinnung (Hrsg.): Jahresbericht 2004. Hannover 2005, S. 20

Offshore-Förderung. Die steigende Nachfrage hat die Suche nach Erdöl und Erdgas in den letzten Jahrzehnten verstärkt in klimatische Extremräume (z.B. Alaska) und in den maritimen Bereich vorangetrieben. Die eigentliche Offshore-Tätigkeit begann 1947, als im Golf von Mexiko erstmals eine Bohrung im Meer außerhalb Küstensichtweite fündig wurde, allerdings in sehr flachem Wasser. Erst in den 1960er Jahren wagte man sich in tiefere Gewässer vor, und eine fieberhafte Explorationstätigkeit begann. Die Untersuchungen haben ergeben, dass nahezu 50% aller nachgewiesenen Vorräte der Welt unter dem Meeresboden liegen, davon jedoch nur ein Drittel in Regionen mit einer Wassertiefe von weniger als 200 Metern. Die Förderung aus submarinen Lagerstätten deckt gegenwärtig ca. ein Fünftel der Erdöl- und Erdgasproduktion der Welt.



Typische Pferdekopfpumpe

Weltförderung und -reserven an Erdöl (in Mio. t) und Erdgas (in Mrd. m³)

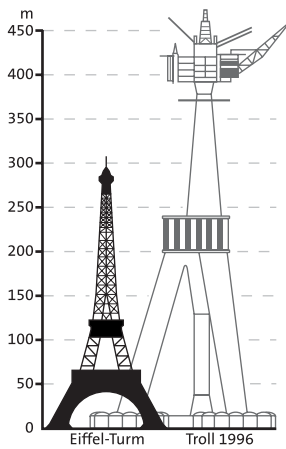
	1980	2004
Erdöl		
Förderung	3 059	3 821
Reserven	88 352	173 338

	1980	2004
Erdgas		
Förderung	1 531	2 690
Reserven	88 090	170 942

Nach ExxonMobil (Hrsg.): a. a. O.

- 1** Erstellen Sie eine Tabelle zu den Gemeinsamkeiten und Unterschieden bei der Entstehung von Erdöl, Erdgas, Steinkohle und Braunkohle.
- 2** Beschreiben Sie die Verbreitung der Erdöllagerstätten auf der Welt und versuchen Sie eine Erklärung aus den tektonischen Bedingungen.
- 3** Nennen Sie mithilfe von Karte 5 die wichtigen Offshore-Vorkommen von Erdöl und Erdgas.

Erschließung der Erdöl- und Erdgasvorkommen in der Nordsee



Größenvergleich:

Eiffelturm (324 m)

Ölplattform Troll (472 m)

Nordseelagerstätten. Geologisch gehört die Nordsee zum großen nordwesteuropäischen Sedimentationsbecken. Dieses weist eine Reihe komplizierter Synklinalen und Gräben mit mächtigen Sedimentpaketen auf. Die Sedimente wurden kaum gefaltet, waren zwischen Karbon- und Kreidezeit aber mehrfach Zugspannungen ausgesetzt, aus denen Bruchzonen entstanden. An diese sind die meisten Ölfallen gebunden. Bislang wurden drei große Kohlenwasserstoffprovinzen nachgewiesen:

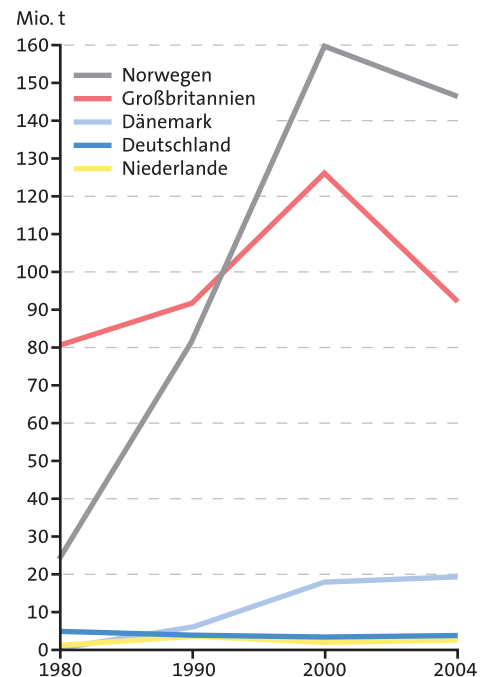
- Südliches Rotliegend-Becken (südl. 54° n. Br.),
- Zentrales Tertiär-Becken (56–58° n. Br.),
- Nördliche Jura-Provinz (nördl. 58° n. Br.).

Im Südlichen Rotliegend-Becken wurden ausschließlich Gasvorkommen erschlossen. Sie haben sich aus den Steinkohleflözen des liegenden Karbons (Muttergestein) gebildet und sind in die Speichergesteine des Rotliegenden eingewandert. Den Abschluss nach oben bilden dichte Salze des Zechsteins.

Im Zentralen Tertiär-Becken (Zentralgraben) befinden sich die Lagerstätten in bis zu mehreren Tausend Metern mächtigen Sedimenten des Tertiär und der Oberkreide. Im Gegensatz zum Südlichen Becken kommen hier Gas und Öl in gleichen Feldern und Bohrungen vor.

In der Nördlichen Jura-Provinz (Viking-Graben) wurden überwiegend Ölfelder (zum Teil allerdings mit einem großen Anteil Lösungsgas) erschlossen. Sie liegen vornehmlich in Horizonten jurassischer Sandsteine. Die beiden bekanntesten Felder sind das britische Brent-Feld und das norwegische Statfjord-Feld.

Entwicklung der Förderung. Den Anstoß zur Suche nach Kohlenwasserstoffen in der Nordsee gab die Entdeckung des bis dahin größten Erdgasfeldes der Welt im niederländischen Groningen 1959. Die Suchbohrungen in der Nordsee konzentrierten sich zunächst auf den südlichen Teil, da man hier eine Fortsetzung der geologischen Strukturen des niederländischen Festlandes vermutete. 1965 wurde hier



10 Entwicklung der Erdölförderung der Nordseeanrainer (in Mio. t)

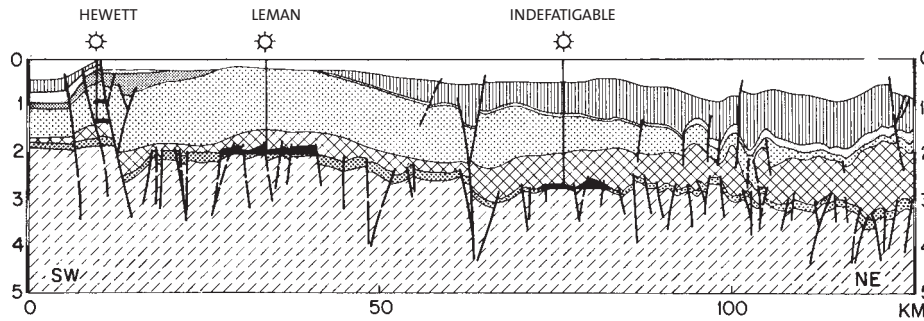
Nach ExxonMobil: a.a.O., verschiedene Jahrgänge

auch in der Tat ein breiter Gürtel von Gasfeldern entdeckt, insbesondere vor der Küste Ostenglands. Drei Jahre später begann die Förderung. Zunächst bestanden keine internationalen Abkommen über die Schürfrechte außerhalb der Hoheitsgewässer. Erst 1964 erfolgte auf der Grundlage der Genfer Seerechtskonvention eine Aufteilung der Schelfzone unter die Anrainerstaaen. Der Hauptanteil fiel dabei an Großbritannien und Norwegen. Deutschland erhielt nur ein verschwindend kleines Gebiet, das jedoch 1973 nach Einspruch um den so genannten „Entenschnabel“ erweitert wurde.

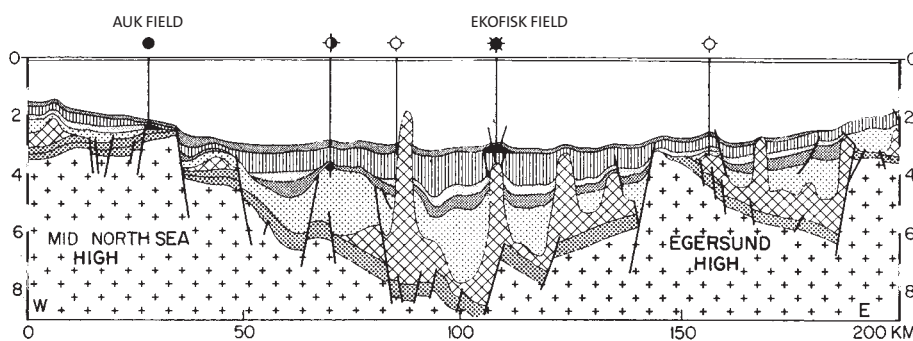
Der eigentliche Durchbruch bei der Ölsuche erfolgte 1969 mit Entdeckung des Ekofisk-Feldes etwa 300 km vor Südwestnorwegen. Die Erdöl- und Erdgasreserven auf dem norwegischen Festlandssockel sind zwar mit Abstand die größten im Nordseegebiet, aufgrund der komplizierten geologischen Bedingungen gehören sie jedoch zu den teuersten der Welt, was ihre internationale Wettbewerbsfähigkeit stark einschränkt.

1.3 Erdöl und Erdgas aus der Nordsee

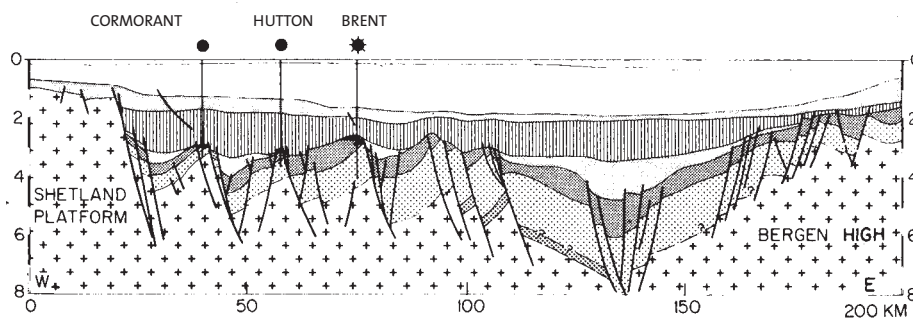
a) Südliches Rotliegend-Becken



b) Zentrales Tertiär-Becken



c) Nördliche Jura-Provinz



- Tertiär
- Obere Kreide
- Untere Kreide
- Jura
- Trias
- Zechstein Salze
- Rotliegend u. Devon
- Karbon
- Grundgebirge
- Ölfeld
- Gasfeld
- Öl- u. Gasfeld

11 Geologische Schnitte durch die Kohlenwasserstoffprovinzen der Nordsee

Nach Peter A. Ziegler: *Geology and Hydrocarbon Provinces of the North Sea*. In: *Geo Journal*, 1. Jg., Nr. 1. Wiesbaden: Akademische Verlagsgesellschaft 1977, S. 24, 26, 28

- 4 Nennen Sie Gründe, welche für die Öl- und Gasförderung aus der Nordsee trotz der extrem hohen Erkundungs- und Förderkosten sprechen.
- 5 Die Erdöl- und Erdgasförderung in der Nordsee wird vor allem aus ökologischen Gründen kritisiert. Nennen Sie Kritikpunkte und nehmen Sie Stellung dazu.
- 6 Die Nordsee ist eines der meistgefährdeten Meere der Welt. Erörtern Sie anhand von Atlaskarten und der Karten auf den Seiten 39 (16) und 127 (5) Belastungen des Ökosystems Nordsee. Gliedern Sie Ihre Ausführungen nach Belastungen im Wattenmeer und auf offener See.