

# **Geschichte des Erdöls.**

Bilder aus der Vergangenheit unseres Planeten.

Von

**ERNST BLUMER.**

Druck von Gebr. Fretz A. G. in Zürich.



Schlammkegel von Paja Bilie, bei Langsar, in Atjeh, Nord-Sumatra.

Im letzten Jahrhundert wurde sein Donnern bei Ausbrüchen in weitem Umkreis vernommen. Dabei wurden Schlamm, Sand, Steine, ja selbst Blöcke ausgeschleudert, das Schlammfeld, das den Kegel umgab, bildete eine Lichtung im Urwald. — Inzwischen sind die unterirdischen Öl- und Gaslager durch Bohrungen künstlich entleert worden. Seither ist der Schlammkegel tot und erstarrt, und der Urwald drängt wieder vor über die Schlammfläche.



Ein Teil des umgebenden Schlammfeldes.

# Geschichte des Erdöls.

Bilder aus der Vergangenheit unseres Planeten.

Von  
ERNST BLUMER.

Mit 1 Tafel und 10 Textbildern.

Neujahrsblatt der Naturforschenden Gesellschaft in Zürich  
auf das Jahr 1920.  
122. Stück.

Druck von Gebr. Fretz A. G. in Zürich.  
In Kommission bei Beer & Co. in Zürich.

Der Erinnerung  
an meinen Grossonkel und grossen glarnerischen Mitbürger  
**OSWALD HEER**  
den Forscher voll Begeisterung,  
den Menschen voll Güte,  
sei das hier entworfene Naturgemälde gewidmet  
E.B.

# Geschichte des Erdöls.

„Der Geologe kann die Gegenwart  
nicht ohne die Vergangenheit fassen.“

Alexander v. Humboldt

Siebentausendmal hat sich die Erde um die Sonne bewegt, seit Menschen Geschichte schreiben, um darin ihre Taten und Schicksale einer fernem Zukunft zu überliefern. Es erscheint aber als eitle Vermessenheit und Selbstüberhebung sondergleichen, diese Aufzeichnungen „Weltgeschichte“ zu nennen! Handelt es sich doch dabei nicht im entferntesten um die Vergangenheit des Weltganzen, ja auch bei weitem nicht um die der ganzen Erde oder auch nur aller ihrer Bewohner und selbst nicht um die des ganzen Menschengeschlechtes, sondern nur um die Vergangenheit jenes Teiles der Menschheit, der, vor wenigen Jahrtausenden aus Duft und Nebel der Urzeit auftauchend, sich seither unter vielen Leiden und Hindernissen und unaufhörlichen brudermörderischen Kämpfen über den ganzen Erdkreis ausgebreitet hat.

Die ganze Vergangenheit des Menschengeschlechtes reicht aber viel weiter zurück als die „Universalgeschichte“ und dahinter steht eine vielhunderttausendmal längere Vergangenheit anderer, einfacherer Lebewesen und dahinter liegt erst die Vergangenheit des noch öden Planeten, der selbst wieder bloss einen winzigen Punkt und einen flüchtigen Augenblick im nach Raum und Zeit unendlichen Weltall darstellt.

In der überaus kurzen historischen Zeitspanne hat sich im Antlitz der Erde nicht vieles geändert. Die Festländer, die Meere, die Berge, die Täler, die Klimate, ja selbst die meisten Pflanzen und Tiere sind dieselben geblieben.

In der unendlich viel längeren vorhistorischen Zeit hat sich das alles geändert. Denn im Herzen der Kontinente und auf den höchsten Gipfeln finden wir heute alte Meeresablagerungen, die einst am Grunde des Ozeans entstanden sind. Die Verteilung von Land und Meer, von Berg und Tal war eben in diesen längeren Zeiträumen nicht weniger wechselvoll, als später die Geschichte der Völker. Auch die Tier- und Pflanzenwelt hat sich langsam und stetig geändert. Nur die grossen Naturvorgänge sind auch durch diese frühere Vergangenheit hindurch dieselben geblieben; denn dieselben „ewigen, ehren, grossen Gesetze“ leiteten durch alle Zeiten hindurch die Bewegungen des Erdballs, wie die seiner Lithosphäre, Hydrosphäre und Atmosphäre. Die Naturvorgänge der Gegenwart bilden daher einen Spiegel der früheren Zeiten und erhellen uns in gleicher Weise Vergangenheit und Zukunft. Indem wir beobachten, wie heute das Künftige wird, lernen wir erkennen, wie das Heutige früher geworden. Auf diese Weise werden wir auch in den folgenden Darlegungen die Erscheinungen der Gegenwart mit denen der Vergangenheit verknüpfen.

Von den letzten sieben Jahrtausenden, einem kurzen Momente, wenn mit jenen älteren Zeiträumen verglichen, wissen wir durch mündliche und schriftliche Überlieferung, was unser Geschlecht erlebt und getan, was seine besten Köpfe gedacht, entdeckt und erfunden, seine grossen Sittenlehrer gepredigt, seine unsterblichen Dichter gesungen und seine verruchten Quälgeister in unzähligen Kriegen vernichtet, gestohlen und gemordet haben. Aber das Gedächtnis des Menschen ist kurz, seine Erinnerung oft durch Absicht und Irrtum verfälscht. Je älter die Geschichte, um so geringer ist ihre Zuverlässigkeit, um so mehr ist sie mit Dichtung und Sage verwoben.

Ein zwar weniger vollständiges, aber dafür sichereres, anschaulicheres Bild verschwundener Tage erhalten wir durch deren steinerne Denkmäler. Mit ergreifender, gleichsam lebender Wucht und Kraft stehen heute noch vor uns die Pyramiden Ägyptens, die Trümmer Babylons, die herrlichen, unerreichbaren Bildwerke der alten Griechen. Während die Erinnerung an grosse Taten verblasst und schliesslich nur noch in der Geschichte ein gespensterhaftes Dasein führt, wirken diese grossen Werke überwältigend und erhebend durch lange Zeiten; es sind die verkörperten Spuren des Menschengeschlechts.

Selbst aus den frühesten Zeitaltern sind noch Gräber geblieben. Gleich den Pyramidengräbern und den ganzen Gräberstädten am Nil geben uns die Steinzeitgräber, die Gräber der Höhlenbewohner Kunde von einer Vergangenheit, aus der keine Lieder und kein Gesang, keine Sage und keine Geschichte in unsere Gegenwart hinübertönen.

Gräber sind es auch vor allem, die erzählen von jener unendlich viel längeren Vergangenheit, die hinter der Zeit der Menschen zurückliegt. Denn in allen Breiten und auf allen Höhen findet man in die Erdrinde eingestreut, in ihrer Bedeutung erst spät erkannt und doch in ungeheurer Zahl, Schalen und Skelettreste früherer Lebewesen, von den niedersten und einfachsten Pflanzen und Tieren zu Muscheln und Schnecken, zu Korallen und Schwämmen, bis zu Fischen und höheren Wirbeltieren. Das sind die stummen Zeugen zahlreicher Jahrmillionen. Sie bevölkern wie ein unabsehbares Heer von Toten die ganze sedimentäre Erdkruste, jenen grossen Teil der Erdrinde, der sich aus alten Meeresablagerungen zusammensetzt.

Es ist eine der Merkwürdigkeiten in der Geschichte des Menschengeistes, dass man trotz dieser Fülle von Skelett- und Schalenresten sich die doch so naheliegende Frage kaum vorgelegt hat: Wo ist denn die eigentliche lebende Substanz, wo ist das Protoplasma geblieben, das einst diese Schalen erfüllt, diese Skelette bekleidet hat? Man hielt sich offenbar mehr oder weniger unbewusst die Vorgänge an der Erdoberfläche vor Augen, wo bei der Verwesung die organische Substanz vergast und scheinbar spurlos in die Atmosphäre entweicht. Aber anders spielen sich die Ereignisse auf dem Meeresgrunde ab. Grosse Mengen organischer Substanz, die einst unseren Planeten belebt, sind heute tatsächlich noch vorhanden, als Kohle, als Erdöl. Unsere Erdöllager sind nichts anderes als die naturnotwendige Ergänzung zu unseren Versteinerungen!

Wie lebende Substanz zum Erdöl sich wandelt, wie, was vor Äonen gelebt, nach wechselvollen Schicksalen heute im Schosse der Erde ruht, sei auf den folgenden Blättern geschildert.

## 1. Das Meeresleben. - Ursprung des Erdöls.

Reichtum des Meereslebens. - Besonders deutliche Anzeichen desselben in Gegenwart und Vergangenheit.

Die Zeiten sind vorbei, da man die blauen Fluten des Weltmeers und namentlich die Tiefsee als kalte und dunkle „Wasserwüste“ bezeichnete. Im Gegenteil, die Festländer erscheinen wüst und leer, verglichen mit der unerschöpflichen Fülle des Meereslebens, und wäre dies nur allein aus dem Grunde, dass auf dem Festlande das organische Leben in der Hauptsache auf die dünne Berührungsschicht von Erdrinde und Lufthülle beschränkt bleibt, während es in den Ozeanen alle Tiefen erfüllt, von den obersten, vielbewegten und durchsonnten Schichten der offenen See bis zu den neuntausend Meter tiefen, beständig kalten, beständig ruhigen, beständig finsternen untersten Gründen des Weltmeeres. Nirgends zwischen Meeresgrund und Meeresoberfläche finden sich gänzlich unbelebte Wasserschichten.

Besondere Umstände bringen den verborgenen Organismenreichtum des Meeres gelegentlich mit eindringlicher Deutlichkeit vor die Augen des erstaunten Fischers, Seefahrers oder Küstenbewohners. Zeitweise kann ein Sturm Milliarden von Fischleichen an den Strand werfen. Bei der Medusenplage an der ligurischen Küste wird jeweilen von der Riviera di Ponente bis an die Riviera di Levante eine unübersehbare Masse von Tieren ans Ufer geschlagen. Im magellanischen Archipel bilden Riesentange dichte untermeerische Wälder, die Darwin mit den üppigsten tropischen Urwäldern verglich. Im Sargassomeer musste schon Columbus die bekannten „Tangwiesen“ schwimmender Algen durchfahren, deren Ausbreitung später Humboldt auf den dritten Teil der Fläche Europas schätzte. Gelegentlich bilden pelagische Tiere und Pflanzen im Meere jene merkwürdigen „Tierströme“, worin sie viel dichter angehäuft erscheinen, als die menschliche Bevölkerung in den belebtesten Strassen unserer Großstädte; Millionen und Abermillionen kleinster Geschöpfe wimmeln bunt durcheinander und geben ein Schauspiel, von dessen Reizen man sich nur durch eigene Anschauung eine Vorstellung schaffen kann. An anderen Orten sieht man das Meerwasser durch Algen förmlich breiig werden; es entsteht die Erscheinung der „Wasserblüte“ oder „Meeresverschleimung“, die der Italiener poetisch als „malattia di mare“, als „Meereskrankheit“ bezeichnet. Im roten Meere können planktonische Blutalgen, in den arktischen und antarktischen Meeren Diatomeen, im indischen Archipel Oscillarien in solchen Massen auftreten, dass sie auf weite Strecken den Wasserspiegel verfärben.

Die jährlich dem Meere durch Fischerei entnommenen Mengen organischer Substanz belaufen sich auf viele Millionen Tonnen. Noch viel grösser als die Masse der Fische ist aber die der kleinen und kleinsten Wesen; namentlich das tiefere Meer ist der grosse Lebensbezirk der mikroskopischen Schwebefauna und besonders jener einfachen und zierlichen einzelligen Lebewesen, die noch am gemeinsamen Ausgangspunkte des Tier- und Pflanzenreiches stehen. Erst die moderne Erforschung der Ozeane hat diesen Reichtum der Meerestiefen enthüllt und tausende verschiedener Formen von zierlichen Diatomeen, Radiolarien und Foraminiferen, von prächtigen Medusen und Korallen, von abenteuerlichen Mollusken und Krabben ans Tageslicht befördert, eine ungeahnte Fülle früher unbekannter Wesen von eigenartiger Schönheit und grösster Mannigfaltigkeit.

So sind die Ozeane die wahren Fluren des Lebens. Das ist heute, das ist von jeher gewesen! Denn aus Zeiträumen, die um Millionen von Jahren zurückliegen, kennen wir zahllose Reste von Meeresbewohnern, die im Laufe des letzten Jahrhunderts in allen Teilen der Erde entdeckt wurden. Sie füllen nun unsere geologischen und paläontologischen Museen und sind abgebildet und beschrieben in vielen grossen Werken. In der Natur sind sie stellenweise in solcher Menge angehäuft, dass sie selbst dem ungeübten Auge des Laien nicht entgehen können.

Wenn in unseren Alpen wie übrigens in der ganzen alten Welt von den Mittelmeerländern bis nach Ostasien ungezählte Massen von linsen- bis talergrossen Schalen eines alten Foraminiferen-

geschlechts die tertiären Nummulitenkalke erfüllen, wenn unser kretacische Seewerkalk wie die Schreibkreide von Rügen bei mikroskopischer Betrachtung überall Foraminiferenskelette aufweist, wenn manche Kalke des Juragebirges wie der Alpen von Schwammresten so stark durchsetzt sind, dass sie als förmliche alte Schwammbänke erscheinen, wenn der triasische Muschelkalk in unserem Jura wie in Deutschland vielfach ganz zusammengesetzt ist aus unzähligen Krinoidengliedern, den zierlichen Stielgliedern einer alten Seelilie, wenn viele andere Kalke durch und durch erfüllt sind von Schnecken- und Muschelschalen, wenn der Lias in gewissen Schichten demassen von den Rückenschulpen alter Tintenfische, den Belemniten, wimmelt, dass man diese Bänke scherzhaft als „Belemnitenschlachtfeld“ bezeichnet hat, so sind das alles nur einige wenige beliebig herausgegriffene Belege für die Erkenntnis, dass die Meere der Vergangenheit nicht weniger belebt waren, als die der Gegenwart.

In diesem Leben von gestern liegt aber die Quelle des Erdöles von heute.

## II. Meeresablagerung. - Festlandsbildung.

Biogene Sedimente. - Terrigene Sedimente. - Der blaue Kontinentalschlamm.

Alles Leben vergeht! Wo viel Leben, da ist viel Sterben; denn mit dem Tod wird das Leben bezahlt.

Die weltweite Schwebefauna, die das Meer in allen Tiefen bevölkert, sinkt nach dem Absterben, soweit sie nicht anderen Tieren zur Nahrung dient, langsam auf den Meeresgrund. Tagtäglich und stündlich und in jedem Augenblick fällt daher ein äusserst langsamer, aber ununterbrochener Regen toter Organismen, namentlich mikroskopisch kleiner planktonischer Wesen auf den Boden der Ozeane und häuft sich dort gleich einer allmählich wachsenden Schneedecke Schicht auf Schicht. Wie das Weltmeer der grösste Tummelplatz des Lebens, so ist sein Boden die grossartigste Stätte des Todes, eine Grabstätte von wahrhaft riesenhafter Ausdehnung!

Dort entstehen jene biogenen Schlamme, die, wie der Globigerinenschlamm, der Radiolarienschlamm, der Diatomeenschlamm, fast ganz aus den Kalk- oder Kieselskeletten kleinster, einfachster, einzelliger Lebewesen zusammengesetzt sind. Solche Ablagerungen bedecken in gewaltiger Ausdehnung die meisten tieferen Böden der heutigen Ozeane.

In den Küstenregionen, den Golfen, den Binnenmeeren dagegen mischen sich, durch die Flüsse herbeigeführt, grosse Massen von Festlandstrümmern mit den Organismenresten. Letztere erscheinen nun bloss noch als eine meist sehr untergeordnete Beimengung von Sedimenten festländischer Herkunft, terrigenen Geröllbänken, Sanden und Schlammern, von denen die ersten gewöhnlich am küstennächsten, die letzten am küstenfernten abgelagert werden und zugleich weitaus die grösste Verbreitung haben; das ist der blaue Kontinentalschlamm, der manche Golfe und Binnenmeere vollständig erfüllt und dem gegenüber Sande und Konglomerate vorwiegend bloss als untergeordnete Einschaltungen, als Linsen und Bänke erscheinen.

Denn es ist namentlich feiner Schlamm, den die grossen Festlandströme unaufhörlich ins Meer hinaus spülen. Etwa vierhundert Millionen Tonnen werden vom Mississippi jährlich in den mexikanischen Meerbusen hinaus verfrachtet, wodurch, wie man geschätzt hat, sein Sammelgebiet in zehntausend Jahren um einen Meter, in sieben Millionen Jahren bis auf den Meeresspiegel erniedrigt würde. Langsam wachsen auf diese Weise durch die Abtragungsprodukte des Festlandes die Deltas hinaus ins Meer; allmählich füllen sich die Golfe, die Binnenmeere, und Festland tritt an die Stelle der Meereswogen. Das ist der Wechsel von Land und Meer im Laufe der Zeiten. Er vollzieht sich heute vor unseren Augen; er hat sich aber von jeher abgespielt, seit rinnendes Wasser unseren Planeten belebt.

So erfüllte noch in der Tertiärzeit, jener geologisch sehr nahen Vergangenheit, da in der Schweiz Palmen im tropischen Windhauch spielten und der vielstimmige Chor ungeschwänzter Affen jeden Morgen durch den Urwald tönte, ein Meeresarm das Gebiet zwischen Alpenfuss und Jurarand, umspülte ein Meeresarm den Aussenfuss der Karpathen. Die Kaspisee war noch doppelt so gross wie heute; die mesopotamische Tiefebene bildete einen Teil des persischen Meerbusens, wie das Tal des Irawadi einen Teil des Golfes von Pegu. Der Golf von Mexiko war etwa zweimal so gross wie heute und reichte nordwärts bis gegen St. Louis; der Golf von Kalifornien fand seine Fortsetzung im heutigen San Joaquin Tale. Gegenwärtig sind alle diese alten Meeresgebiete verlandet; wo einst der Ozean geflutet, entstanden später die Kulturen von Niniveh und Babylon und dehnt sich heute die fruchtbare schweizerische Hochebene.

Sedimentation und Verlandung, Ablagerung von Organismenresten und Festlandstrümmern sind in weiten Meeresteilen vor sich gehende Naturvorgänge von grösster Allgemeinheit und Stetigkeit. So ist es heute, so ist es früher gewesen. Darum ist Gehalt an organischer Substanz und darum die daraus hervorgegangene Erdölführung eine der allgemeinsten Eigenschaften der Sedimente. In der Tat sind Erdöllager über die ganze Erde verbreitet und haben sich zu allen Zeiten gebildet, seit organisches Leben auf unserem Planeten besteht. Es gibt keine Stufe der sedimentären Schichtreihe, die nicht irgendwo Kohlenwasserstoffe enthielte; es gibt keine Stufe zwischen Silur und Tertiär, die nicht irgendwo reiche, ausbeutbare Ölanhäufungen geliefert hätte.

Wenn demgegenüber immerhin Meeresablagerungen eines bestimmten Zeitalters bei weitem nicht überall Reste organischer Substanz und Kohlenwasserstoffe enthalten, so hängt dies zunächst damit zusammen, dass zu allen Zeiten nur ganz bestimmte Sedimente zur Einbettung und Erhaltung von Protoplasmaresten besonders geeignet waren.

So geht in der küstenfernen Tiefsee die Sedimentation nur mit äusserster Langsamkeit von staten; in Zusammenhang damit fallen die zu Boden gesunkenen Tierleichen räuberischen Bewohnern des Meergrundes oder verwesend dem stets von oben sich erneuernden Sauerstoff des Meerwassers zur Beute; die organische Substanz verschwindet; nur die Schalen oder Skeletteile bleiben. Tiefseesedimente sind daher wie die Oberfläche des Festlandes arm an Protoplasmaresten, selbst dann, wenn sie erfüllt sind von unzähligen Schalentümmern, oder sogar ausschliesslich aus solchen entstanden sind.

Anders ist es in der küstennahen Flachsee, in Golfen und Binnenmeeren, wo Ströme und Flüsse von allen Seiten unauhörlich Schlamm und Sand herbeiführen. Da wachsen die Ablagerungen am Meeresgrunde ungleich viel rascher als in der Tiefsee; da werden die zu Boden gesunkenen Organismenreste durch die niedersinkende feine Flusstrübe in kurzer Zeit eingehüllt und damit den Angriffen hungriger Fleischfresser, wie des Sauerstoffs des Meerwassers, gleich schnell entzogen. Und weiter häuft sich Schicht auf Schicht. Bald sind daher die tieferen Lagen gegen das offene Meer abgeschlossen durch eine mächtige Folge jüngerer Sedimente; sie bilden nunmehr einen abgedichteten, wohlverpackten, von organischer Substanz reichlich durchsetzten, von Salzwasser immer noch durchtränkten Schlamm mit sandigen oder auch kalkigen Einlagerungen. Das ist nichts anderes als der an allen Küsten, in allen Flachseegebieten, in allen Golfen und Binnenmeeren allverbreitete blaue Kontinentalschlamm. Mächtige Massen von blauem Kontinentalschlamm sind nach meiner Auffassung zu allen Zeiten der weitaus wichtigste Entstehungsort des Erdöles gewesen.

In Einklang damit liegen alle die grossen Ölfelder der Gegenwart in alten Flachseegebieten und gewöhnlich in Regionen alter, heute verlandeter Golfe oder Binnenmeere. So sind die galizischen und rumänischen Öllagerstätten zur Tertiärzeit im schwarzen Meere entstanden, das damals noch den Aussenfuss der Karpathen bespülte, so die Ölhorizonte von Apscheron und die übrigen kaspischen Lagerstätten zu gleicher Zeit im damals noch viel ausgedehnteren kaspischen Meere, so die Öllager von Mesopotamien im damals noch viel weiter nordwärts reichenden persischen Golf, wie diejenigen von Birma im einst grösseren Meerbusen von Pegu. Alle die Ölvorkommen, die den Meer-Busen von Mexiko umsäumen, sind in diesem selbst entstanden, als er noch etwa doppelt so gross war wie heute; die grossen Ölvorräte der Central Valley of California bildeten sich, als dort noch ein Meerbusen bestand, gleich dem heutigen Golf von Kalifornien. Selbst die grossen Ölregionen im Innern des nordamerikanischen Kontinentes liegen an Stelle uralter, an die Hudson Bay erinnernder, einstiger Binnenmeere.

In allen diesen alten Meeresteilen waren mächtige Massen von blauem Kontinentalschlamm das vorherrschende Sediment; in allen diesen Gebieten sind dementsprechend heute Thone und Mergel, Schieferthone und Thonschiefer das vorherrschende Gestein, dem Sande oder Kalke gewöhnlich nur als untergeordnete Bestandteile eingelagert sind.

Der öldurchtränkte Montereyschiefer Kaliforniens ist erfüllt von Milliarden und Abermilliarden von Diatomeenschälchen, der öldurchtränkte Tertiärmergel Ostjawas von Milliarden und Abermilliarden von Foraminiferenschälchen, der öldurchtränkte Ohioschiefer der östlichen Vereinigten Staaten in manchen Schichten von ebenso ungezählten Mengen einer winzigen Alge oder Hydromeduse; der öldurchtränkte liasische Posidonienschiefer Deutschlands ist berühmt geworden durch seinen erstaunlichen Reichtum an wundervoll erhaltenen Resten grosser Saurier und prächtiger Pontacrinuskronen und anderer Lebewesen. In solchen Fällen erscheint die Herkunft des Erdöles besonders deutlich; oft aber sind die ölführenden Schieferfolgen von geradezu auffallender Fossilarmut, weil spätere Vorgänge die Schalen und die Skelettreste zerstört haben.

Welche Vorgänge vollziehen sich im Innern grosser Massen blauen Kontinentalschlammes, während unter der wachsenden Last jüngerer Schichten die lockere Ablagerung zum festen Gestein sich wandelt?

### III. Gesteinsverfestigung. - Erdölentstehung.

Kohlenwasserstoffbildung. - Kompression. - Erste Ölwanderungen. --  
Öldurchtränkte Stufenfolge.

Es führt ein weiter Weg von der rezenten Muschelschale zur fossilen Versteinerung, vom breiigen Sand und Schlamm zum kompakten Sandstein und Schieferthon, von der lockeren, weichen Ablagerung am Meeresgrunde bis zum festen Gestein, das im Bergland uns vor die Augen tritt. Auch ist der Zeitraum, in dem sich diese Umwandlung vollzieht, ausserordentlich schwankend. Manche Gesteine, wie die Riffkalke, sind zur raschen Erhärtung geradezu vorbestimmt; andererseits sind die uralten, unterkambrischen blauen Thone der russischen Ostseeprovinzen heute noch so plastisch und weich wie vor Jahrmillionen, zur Zeit ihrer Ablagerung.

Die in mächtige Schlammmassen eingeschlossene organische Substanz kann nicht wie an der Erdoberfläche oder im offenen Meere unter Einwirkung ständig sich erneuernden Sauerstoffes verwesen und gänzlich oxydiert in Gasform unseren Blicken entschwenden. Wie die holzstoffreichen höheren Land- und Sumpfpflanzen bei Luftabschluss in Mooren oder in Mangrovesümpfen nicht verwesen, sondern verkohlen und Torf, Braunkohle, Steinkohle und Anthrazit bilden, so wandeln sich die fettreichen Reste von Tieren und niederen Pflanzen, besonders das unerschöpfliche Mikroplankton aller Meerestiefen, um in eine lange Reihe bituminöser Stoffe, deren Endprodukte bis jetzt chemisch am genauesten bekannt sind; das ist die grosse, vielverzweigte Familie der Kohlenwasserstoffe, deren einfachster Vertreter und gewissermassen Stammvater das Methan  $\text{CH}_4$  ist, aus dem durch blosse Änderung des Verhältnisses von Kohlenstoff und Wasserstoff alle die zahllosen übrigen Kohlenwasserstoffe sich ableiten lassen. Die natürlichen Vorkommnisse sind stark wechselnde Gemenge vieler verschiedener Kohlenwasserstoffe; sie lassen sich nach ihrem Aggregatzustande in vier grosse, durch alle Übergänge verbundene Gruppen scheiden, das Erdgas, das flüssige Erdöl, das feste Erdpech und Erdwachs (Asphalt und Paraffin oder Ozokerit). Meist kommen in der Natur diese vier Gruppen auch zusammen vor; namentlich enthält das Erdöl stets gasförmige wie feste Kohlenwasserstoffe gelöst; je nachdem unter letzteren Asphalt oder Paraffin überwiegt, unterscheidet man Asphaltöle und Paraffinöle, jene gewöhnlich schwarz und schwer, diese hell und leicht.

Wie in der Natur im Einzelnen und über welche Übergangsstufen die ganze Umwandlung von lebender Substanz zu Kohlenwasserstoffen vor sich geht, ist noch nicht erforscht. Dass aber die Umwandlung tatsächlich möglich ist, hat C. Engler experimentell bewiesen. Seit seinen bahnbrechenden Versuchen wissen wir, dass alle Fette, natürliche und künstliche, pflanzliche und tierische durch einfache Druckdestillation, durch Erhitzen auf  $365^\circ\text{--}420^\circ$  bei einem Druck von

20-25 Atmosphären in Erdöl umgewandelt werden können. Aus Fischthran, aus Muscheln, aus Leichen von Land- wie von Meerestieren lässt sich durch blosses Erhitzen im zugeschmolzenen Glasrohr Petroleum herstellen. Wahrscheinlich geht in der Natur der Vorgang unter der Einwirkung der allverbreiteten Fäulnisbakterien schon bei niedrigerer Temperatur als im Engler'schen Experimente vor sich; er spielt sich auch in ungleich viel längeren Zeiträumen ab, weshalb wir in den Gesteinen noch alle möglichen bituminösen Zwischenstufen zwischen dem Ausgangsprodukt, dem lebenden Protoplasma und dem Endprodukt, den Kohlenwasserstoffen, antreffen; das ist eben jene lange, im einzelnen noch wenig erforschte und auch schwer zu erforschende Reihe der Bitumina. So enthalten beispielsweise die altbekannten schottischen Ölschiefer kein fertiges Erdöl, keine einfachen Kohlenwasserstoffe, sondern eine bituminöse Vorstufe dazu, die erst bei der Destillation des Schiefers zu Erdöl sich umwandelt.

Hand in Hand mit der Umwandlung der organischen Substanz gehen im Gesteinsinnem viele andere Vorgänge. So wohl die ursprüngliche organische Substanz, wie die daraus hervorgehenden bituminösen Körper wirken durch ihren Wasserstoffgehalt reduzierend. In erster Linie werden dadurch die Sulfate des Salzwassers, dieses alten Meerwassers, betroffen; darum ist sulfatfreies Wasser, wie Höfer anhand zahlreicher Analysen gezeigt hat, für Ölregionen bezeichnend. An Stelle

der Sulfate sind Sulfide getreten, besonders FeS, Schwefeleisen, das in feiner Verteilung die blaue Farbe des Kontinentalschlammes erzeugt. Aus den Sulfiden bildet sich weiter leicht und häufig Schwefelwasserstoff, dieser ständige Begleiter aller Öllagerstätten. Folgende schematische Gleichungen mögen diese Vorgänge verdeutlichen:

$RSO_4 + CH_4 = RS + CO_2 + 2H_2O$  Sulfatreduktion, Sulfidbildung, Kohlensäurebildung

$RS + H_2O + CO_2 = RCO_3 + H_2S$  Schwefelwasserstoffbildung.

Die Kohlensäure, die als Nebenprodukt der Sulfatreduktion entsteht, wirkt oft kalkauflösend; in thonigen Gesteinen mit sonst geringem Kalkgehalt können auf diese Weise die Kalkschalen der Organismenreste angefressen oder gänzlich verzehrt werden; so erklärt sich die bereits erwähnte auffallende Fossilarmut mancher ölleicher Schiefermassen als sekundärer Fossilschwund.

Noch manche weitere chemische Veränderungen stehen mit den angeführten in Verbindung; der ganze Komplex dieser im sich verfestigenden Gestein abspielenden Ereignisse ist noch wenig bekannt. Ihre Ursache ist vielfach, direkt oder indirekt, die organische Welt.

Inzwischen werden unter der immer wachsenden Last jüngerer Sedimente die tieferen Schichten mehr und mehr zusammengedrückt. Dadurch wird ihr Porenraum vermindert und die Porengrösse kleiner. Während der Mississippischlamm der Gegenwart einen Porenraum bis zu 60 % haben kann, überschreitet dieser bei Thon- und Mergelgesteinen nicht 47 %; während frischer organischer Kalksand einen Porenraum von 35-40 % aufweisen kann, sinkt dieser bei festen, nicht kavernen Kalksteinen gelegentlich auf Bruchteile eines Prozentes.

Die feinen Schlammteilchen sind ursprünglich ein lockerer, dünnflüssiger Brei, in den die auf den Meeresgrund hinabgesenkte Lotröhre bis einen Meter tief einsinken kann. Die winzig kleinen, leichten Schlammteilchen schwimmen noch halb im Salzwasser, dem alten Meerwasser, das alles durchtränkt. Dagegen sind die grobkörnigeren Sande infolge der bedeutenderen Grösse und Schwere der Körner wahrscheinlich von Anfang an fester gepackt. Gerade weil die Schlammteilchen anfänglich am lockersten sind, werden sie aber später am meisten zusammensinken. Daher nimmt vermutlich während der Gesteinsverfestigung und Kompression der Porenraum in den Schlammteilen stärker ab als in den eingeschalteten, schon ursprünglich kompakteren Sanden oder gar in den durch Verkittung bereits erhärteten kavernen Kalken. Dadurch werden die in den Schlammteilen enthaltenen Flüssigkeitsteilchen wie aus einem zusammengedrückt Schwamm teilweise hin ausgequetscht; sie fliessen von den Stellen abnehmenden Porenraums nach den Stellen konstanteren Porenraums. So findet wahrscheinlich in diesem Stadium der Gesteinsverfestigung eine gewisse Wanderung von Flüssigkeiten und Gasen, von Salzwasser, Erdöl und Erdgas aus den Schlammteilen nach den darin enthaltenen Sand- oder Kalkeinlagerungen statt; in diesem Stadium erfolgt also wahrscheinlich eine gewisse beschränkte Anreicherung von Öl, Gas und Salzwasser in den porösen Sand- oder Kalkhorizonten, die einer mächtigen bituminösen Schiefermasse eingeschaltet sind. In diesem Zeitpunkt sind also bis zu einem bestimmten Grade vertikale Ölwanderungen von Gas, Öl und Salzwasser noch möglich. Dieser Zustand hält aber nicht lange an!

Denn allmählich werden durch die fortschreitende Kompression die Poren der zu Thongestein sich wandelnden Schlammteilen so klein, dass Adhäsion und innere Reibung Flüssigkeitswanderungen fast verunmöglichen. In den erhärteten Thonen und Mergeln werden daher Gase und Flüssigkeiten nunmehr zähe festgehalten, nur äusserst langsam und schwer abgegeben; sie erscheinen wie fest mit dem Gestein verknüpft. Thone und Mergel sind damit zu undurchlässigen Hüllen geworden für die eingeschalteten gröberporigen Bänke von Sanden und Kalken, in denen allein nun grössere Wanderungen von Flüssigkeiten und Gasen noch möglich sind. Diese Sand- und Kalkhorizonte allein sind noch leicht durchlässig, sei es für Wasser, sei es für Öl; nur sie können daher grössere Ölsammlungen und Ölanreicherungen bilden; nur sie lassen beim Anbohren grosse Ölmengen nach dem Bohrloch strömen; sie allein erscheinen daher als Träger ausbeutbarer Öllagerstätten, als Träger reicher Öllagerstätten, die zwischen undurchlässigen Thonen hermetisch eingeschlossen sind.

Dass verfestigte Thone und Mergel hermetischen Abschluss zu bieten vermögen, ist durch mancherlei Beobachtungen bestimmt erwiesen. - Nur einige Meter Schieferthon trennen die unter

dem Meere verlaufenden Stollen der Grube Botalack bei Lands End in Cornwall von der See, deren Rauschen und Stürmen im Bergwerk deutlich zu hören ist; trotzdem ist die Grube vollständig trocken. Die grossen Salzlager im Innern der Erdkruste, besonders die Vorkommen von Kalisalzen, die an der Luft rasch zerfliessen, sind durch Thone und Mergel so gut gegen das atmosphärische Wasser und die Luftfeuchtigkeit abgeschlossen, dass sie durch Jahrmillionen sich erhalten haben. Ölbohrungen werden häufig, wie schon die alten birmanischen Handschächte von Yenagyong, bis auf wenige Meter über den Ölhorizont niedergebracht; nur wenige Meter undurchlässigen Gesteins bedecken noch das Öllager; sie genügen, um jedes Entweichen von Öl oder Gas zu verhindern, bis auch diese letzte Deckschicht durchbrochen ist. Daher wird man auch gelegentlich in neuen Ölgebieten beim Bohren urplötzlich durch einen gewaltigen Öl- und Gasausbruch überrascht, ohne dass vorher die geringsten Anzeichen, weder Ölspuren noch Gasbläschen, noch Erhöhung des Druckes im Bohrloch auf das Vorhandensein eines hochgespannten Öl- und Gaslagers hindeuteten. Wie oft zeigen wenig weit übereinanderliegende Öl- und Gaslager verschiedenen Druck, was nicht möglich wäre, wenn sie miteinander in irgendwelchem Zusammenhang stünden.

Der Druck kann in diesen hermetisch eingeschlossenen Öl- und Gaslagern bis auf hundert Atmosphären steigen! Dadurch wird die Löslichkeit des Erdgases im Erdöl wie im Salzwasser gewaltig erhöht. Bei gasärmeren Lagerstätten ist daher oft alles Gas in Lösung gegangen; bei gas-reicheren Vorkommen ist neben dem gelösten Anteil ein ungelöster Überschuss geblieben.

So wird im Laufe langer Zeiträume durch Zersetzung der organischen Substanz und durch damit vielfach zusammenhängende chemische Umwandlungen, sowie durch langsame Kompression aus der ursprünglichen, mächtigen und einheitlichen, von Salzwasser durchtränkten, von organischer Substanz durchsetzten Masse blauen Kontinentalschlammes mit Einlagerungen von Sanden und Kalkschlammern eine mächtige und einheitliche, von Salzwasser, Erdöl und Erdgas durchtränkte, von Bitumen durchsetzte Thon- und Schiefermasse mit Einschaltungen poröser Sandstein- und Kalksteinbänke. Die Einheitlichkeit dieser ganzen Schichtfolge beruht auf der Allgemeinheit und Stetigkeit der Vorgänge, die sie erzeugt haben und die wir erkannten als die Sedimentation und das Leben und Sterben in weiten Meeresräumen. Wie die Durchsetzung mit organischer Substanz eine allgemeine Eigenschaft des blauen Kontinentalschlammes und seiner Einlagerungen ist, so ist die Ölführung, oder wenigstens der Bitumengehalt, eine ursprünglich allgemeine Eigenschaft jener mächtigen Schiefermassen, welche die weitestverbreiteten Sedimente darstellen und die ich zusammen mit ihren Einlagerungen als die bituminöse oder ölführende Stufenfolge bezeichne.

Bitumengehalt ist für die ölführende Stufenfolge als Ganzes charakteristisch; nur tritt er in ihren verschiedenen Gliedern verschieden in die Erscheinung, genau wie das Wasser in klüftigen Kalken oder lockeren Sanden mächtige Quellen bildet, in begleitenden Schieferthonen als diffus verteilte Bergfeuchtigkeit nur wenig Aufsehen erregt, aber hier wie dort vorhanden ist. Auf ausgedehnten und langjährigen Reisen in vier Erdteilen fand ich nirgends reiche Ölsande innerhalb bitumenfreier Schiefermassen; diese letzteren enthalten im Gegenteil in sehr vielen Fällen nicht bloss bituminöse Vorstufen, sondern auch fertiges Erdöl, das sich nicht bloss in der dunklen Färbung des Gesteins, in häufigem Ölgeruch, sondern auch in Öl- und Gasspuren verrät, die darin sowohl an der Erdoberfläche wie in den Bohrungen angetroffen werden. Mit diesem Schieferöl verhält es sich wie mit dem Golde des Meerwassers; es ist in gewaltigen Mengen vorhanden, aber es ist zu diffus verteilt; es ist nirgends angereichert. Und es ist gerade darum nirgends angereichert, weil es in den feinporigen Schiefem nicht mehr wandern, sich nicht sammeln, wie beim Anbohren nicht nach einer Bohrstelle abfliessen kann. Poröse Sande und Kalke werden dagegen umso leichter von Öl und Gas wie vom Wasser durchströmt, je grösser ihre Poren sind, sodass die Kohlenwasserstoffe sich darin zu grossartigen Lagerstätten anreichern konnten, wie wir im nächsten Abschnitte zeigen werden.

Die Mächtigkeit einer bituminösen oder ölführenden Stufenfolge beträgt gewöhnlich mehrere hundert Meter und kann selbst bis auf einige tausend Meter ansteigen, wie folgende kleine Übersicht zeigt:

Normalprofil der ölführenden Stufenfolge

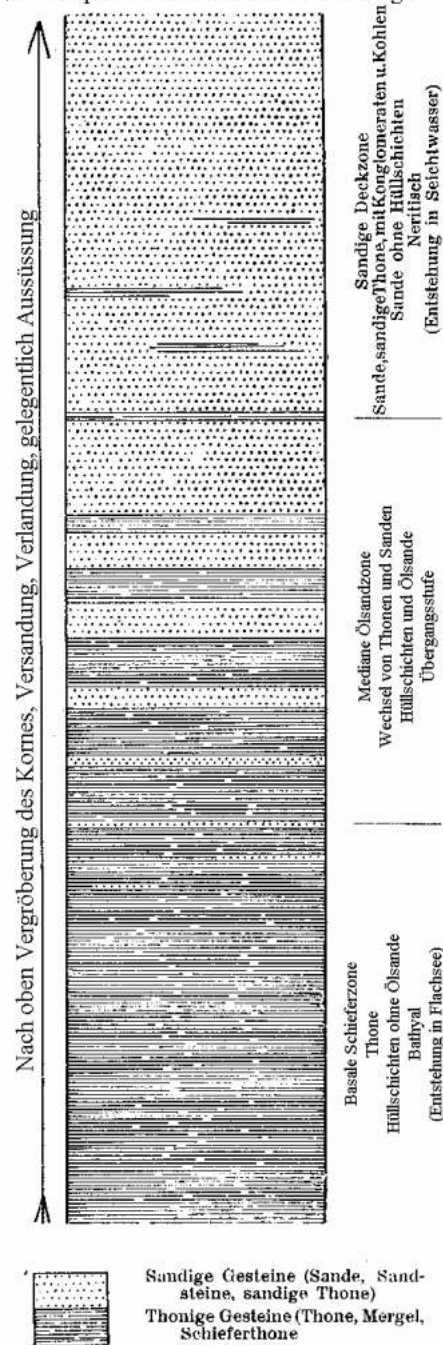


Fig. 1

so ist es in der appalachischen Ölregion, in Kansas-Oklahoma, im Caddo-Feld in Louisiana, in Wyoming, in Colorado, in Alaska.

In allen diesen Erscheinungen spiegelt sich die allmähliche Aussüssung und Verlandung des alten Meeresbeckens; die Küsten rückten immer näher, die Sedimente wurden daher immer gröber, schliesslich traten Mangrovesümpfe an Stelle der Flachsee und hinterliessen die heutigen Kohlenflöze.

So ist die ölführende Stufenfolge das „versteinerte Bild“ des langsamen Wandels der Flachsee zum Festlande. Welches sind ihre weiteren Schicksale, nachdem an die Stätte des Meeres das Festland getreten?

|  |                       |
|--|-----------------------|
| Karbon und Devon der appalachischen Ölregion ..... | 600-700 m             |
| Miocän von Birma .....                             | 700 "                 |
| Ober-Karbon von Kansas-Oklahoma .....              | + - 1000 "            |
| Kreide von Louisiana (Caddo) .....                 | 1200 "                |
| Kreide von Colorado .....                          | 1800 "                |
| Tertiär von Apscheron .....                        | 2000 "                |
| Tertiär von Alaska .....                           | mehrere tausend Meter |
| Tertiär und Kreide der Golfküste .....             | mehrere tausend Meter |

Die Mächtigkeit der in diese ölführenden Stufenfolgen eingeschalteten ausbeutbaren Öllager schwankt von Bruchteilen eines Meters bis zu 50 Metern und kann in seltenen Fällen noch etwas grösser werden. Indessen ist ein zehn Meter starker Ölsand schon ein mächtiger Ölsand.

- Nur in seltenen Fällen wird in einer Gegend ein einziger Ölsand angetroffen; vielmehr ist die Scharung der Ölhorizonte das gewöhnliche, und wo einmal ein Öllager erbohrt ist, werden in der Regel später noch weitere in grösserer Tiefe gefunden. Auch diese Tatsache ist nur eine Folge der stets bedeutenden Mächtigkeit der ölführenden Schichtreihe.

Diese reicht ja häufig durch mehrere geologische Stufen hindurch; die Bedingungen zur Ölbildung waren eben in vielen Regionen durch mehrere geologische Zeitalter hindurch gegeben; mehrere Zeitalter hindurch dauerte die Ausfüllung eines alten Meeresbeckens. Datum findet sich in Galizien Erdöl in fast allen Formationen, von der Kreide bis ins jüngste Tertiär; in Boryslaw sind fast alle Sandschichten einer gewissen Mächtigkeit von der Oberkreide durch das Eocän, Oligocän und salzführende Miocän bis ins jüngste Neogen Öllager. Im Kaukasus reicht die Ölführung vom Eocän bis ins Pliocän. Die ölführende Gesteinsfolge Ohios- und der appalachischen Region geht vom Untersilur bis ins Karbon, in den Appalachen vollständig zusammenhängend vom Unterdevon bis ins Oberkarbon. Die ölführenden Schichtkomplexe von Wyoming umfassen Kreide und Tertiär. In Kalifornien beginnen Ölvorkommen in der Kreide und reichen durch das ganze mächtige Tertiär.

In schönstem Einklang mit der Auffassung, nach der die ölführende Stufenfolge als Ergebnis der langsamen Ausfüllung eines alten Meeresbeckens erscheint, steht die Tatsache, dass, sich innerhalb derselben gewöhnlich das Korn nach oben vergrößert. Die Sande und Konglomerate nehmen nach oben zu, die Schiefer nehmen ab. Ferner stellen sich nach oben Kohlenflöze ein, Kohlenflöze treten schliesslich an die Stelle der Öllager. Die „Ölserie“ wird überlagert von einer „Kohlenserie“;

## IV. Faltung. - Erdölwanderungen.

Tafelland und Faltenland. - Kuppellager. - Scheitellager im Gewölbeabfall. - Schenkellager.

Wenn in den feinporigen Schiefermassen, die aus dem blauen Kontinentschlamm entstanden sind, grössere Ölwanderungen nicht mehr möglich sind, so finden dagegen in den eingelagerten gröberporigen Sanden oder Kalken geradezu grossartige Wanderungen statt. Die daraus sich ergebende eigentümliche Verteilung der unterirdischen Ölvorräte tritt da besonders deutlich und klar vor unsere Augen, wo ein weiterer Naturvorgang die alten Meeresablagerungen ergriffen hat, der, was einst sich absetzte in der Tiefe der See, aufstaut zum hohen Berglande.

Ursprünglich werden ja die Sedimente am Meeresgrunde, von unwichtigen und eng begrenzten Ausnahmen abgesehen, in mehr oder weniger flacher Lagerung, mit Schichtneigungen, die nur nach Bruchteilen eines Grades zählen und von Auge sich kaum wahrnehmen lassen, abgesetzt. Wurde auf diese Weise schliesslich ein ganzer Meeresteil ausgefüllt, so ist damit an Stelle des früheren Meeresbeckens ein flaches Tafelland getreten. Grosse Teile der sedimentären Oberfläche unseres Planeten liegen in der Tat noch annähernd so ungestört, wie sie einst im Meere sich gebildet haben. Das sind die weiten Tafelländer, die unabsehbaren Ebenen, wo die Einförmigkeit der Landschaft die Eintönigkeit und Stetigkeit im Aufbau des Felsgerüsts spiegelt. Durch viele Tagereisen bleibt oft der geologische Wanderer in stets demselben Gestein, wobei, so weit das Auge reicht, flache Felsbänke nach allen Himmelsrichtungen in schwindender Ferne den Horizont begrenzen.

- Wir erinnern hier nur an die gewaltigen Flächen Russlands, an die endlosen Ebenen, die im Südwesten der Grossen Seen, zwischen Alleghanies und Rocky Mountains durch das vielverzweigte Stromnetz des Mississippi zum mexikanischen Meerbusen entwässert werden, an die Llanos des Orinoco, die Selvas des Amazonasstroms, die Pampas des Rio de la Plata.

Ebenso oft liegen aber die Meeresablagerungen der Vorzeit heute nicht mehr so ruhig, flach und ungestört, wie sie einst langsam Schicht auf Schicht sich abgesetzt haben; denn in vielen Regionen sind sie später, im Laufe von Jahrmillionen allmählich und stetig in Falten geworfen und übereinander geschoben worden. Die Kruste der alternden Erde hat sich gerunzelt wie die Rinde eines austrocknenden, schwindenden Apfels. Die sich faltenden Teile erhoben sich durch diesen Vorgang über ihre ruhig bleibende Umgebung; so erstanden alle die Kettengebirge unseres Planeten. Im landschaftlichen Gegensatz zwischen der eintönigen, langweiligen Ebene und der abwechslungsreichen, grossartigen, an immer neuen Reizen unerschöpflichen Gebirgsgegend spiegelt sich der tiefere geologische Kontrast zwischen der erstaunlichen Ruhe und Stetigkeit des Felsgerüsts im Tafelland und der bunten Mannigfaltigkeit und dem fortwährenden Wechsel im Faltengebirge. Wie hier die rasch ändernden Landschaftsbilder das Auge des Malers und des Naturfreundes entzücken, so fesseln den Sinn des Geologen die unzähligen und mannigfachen Störungen, Biegungen und Krümmungen der Schichten, die Faltenbögen, die Gewölbe, die Mulden, die Antiklinalen, die Synklinalen, die Überschiebungen, die Verquetschungen, die Brüche. Überall herrscht rascher Wechsel im Gestein wie in der Schichtstellung; es ist als wäre Bewegung und Leben in den Erdlagen. Das beobachten wir in gleich schöner Weise in unsern Alpen wie im Jura, im Appenin, in den Pyrenäen, im Atlas, in den Karpathen, im Kaukasus, im Himalaja, in den Alleghanies, den Anden, usf.

Die Faltung hat dabei alte Tiefseegebiete, wie alte Flachseegebiete oder Golfe oder Binnenmeere in gleicher Weise ergriffen. Und so liegen auch die meisten Ölregionen in gefalteten Zonen der Erdkruste. Zwar gehören die reichen und ausgedehnten Ölgebiete im Innem des nordamerikanischen Kontinentes grösstenteils dem Tafellande an. Aber die alten Golf- und Binnenmeerabsätze der Ölregionen von Galizien, von Rumänien, von Apscheron, von Mesopotamien, von Birma, von Kalifornien und viele andere sind seit ihrer Entstehung gefaltet worden.

Wo Ölhorizonte gefaltet wurden, hat sich in ihrem Innern stets ein eigentümlicher Vorgang vollzogen. Erdöl, Erdgas und Salzwasser bilden ja im Erdinnern nicht stabile, sondern mobile Lagerstätten, die Lage und Gestalt infolge der Beweglichkeit und Verschiebbarkeit ihrer Teilchen leicht ändern können. Ausserdem verhalten sich Erdöl und Salzwasser zueinander als unmischbare Flüssigkeiten von verschiedener Dichte, die, wo sie miteinander in Kontakt stehen, nicht diffundieren und ein einheitliches, gleichmässiges Gemenge bilden, sondern im Gegenteil sich sorgfältig nach ihrem spezifischen Gewichte scheiden. Wie Öl und Wasser, in einem einfachen Reagenzglas durcheinander geschüttelt, sich rasch wieder trennen, indem das leichtere Öl nach oben steigt, das schwerere Wasser nach unten sinkt, so hat der gleiche Vorgang sich in der Natur im grossen vollzogen. Erdöl und Salzwasser waren im Sediment ursprünglich diffus gemischt; denn das Erdöl ist ja aus organischer Substanz inmitten des Salzwassers langsam entstanden; bei jedem Öltröpfchen machte sich aber gleich mit seiner Entstehung der aufsteigende Wandertrieb bemerkbar.

Bei genau horizontaler Lagerung eines Ölhorizontes wird also erst dann ein Gleichgewichtszustand sich einstellen, wenn das Erdöl als horizontale Schicht über dem Salzwasser lagert. Da aber auch im Tafellande die Bänke nicht mathematisch horizontal liegen, sondern sanfte, wenn auch nur nach Bruchteilen eines Grades zählende ursprüngliche Schichtneigungen aufweisen, so ist dann jeweils das Salzwasser innerhalb des Ölhorizontes in der Richtung des Schichtenfallens gesunken,

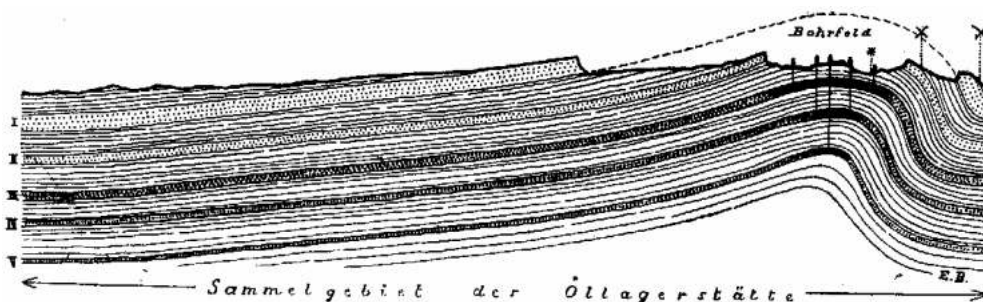


Fig. 2. Querprofil einer schön gewölbten Öl-Kuppel

|   |  |
|---|--|
|   | Sandstein mit Erdöl gefüllt, geschlossen (III-V)             |
|   | Sandstein mit Salzwasser gefüllt, geschlossen (III-V)        |
|   | Sandstein mit Süßwasser gefüllt, ausstreichend, offen (I-II) |
|   | Hüllschichten der Ölhorizonte (Thone, Mergel, Schieferthone) |
| * | Ölfundstelle   |
| x | Schwefelquellen  |

das Erdöl in der Richtung des Schichtensteigens gestiegen, bis seiner Aufwärtswanderung durch Auskeilen des porösen Horizontes oder durch einen Bruch oder gar schwaches Gegenfallen ein Ende bereitet wurde. Solche Verhältnisse treffen wir in den Tafelländern, den Tafellagem. Wo man in Tafellagem mit den Bohrungen in der Richtung des schwachen Schichtenfallens vorwärtsschreitet, gerät man schliesslich aus dem Öl

in Salzwasser.

Wenn nun aber die Schichten und damit auch die eingeschalteten Ölhorizonte gefaltet wurden, da wanderte das Öl erst recht innerhalb der porösen Horizonte nach oben, das Salzwasser nach unten; im Einklang damit treffen wir in einem gefalteten Ölhorizont Erdöl oben in den Faltenscheiteln, Salzwasser unten in den Schenkeln und Mulden. Wer auf der Antiklinale bohrt, erhält Öl, wer in der Synklinale bohrt, erhält Salzwasser! Das ist das merkwürdige antiklinale Vorkommen der Erdöllagerstätten, das in den verschiedensten Ländern und Erdteilen mit wunderbarer Gesetzmässigkeit immer wieder angetroffen worden ist (Fig. 2).

Das Erdöl hat sich dabei aus dem ganzen weiten Bereich einer Falte der Erdrinde auf dem Gewölbescheitel und namentlich auf dessen höchster Kulmination, der Kuppel, angereichert. Es ist innerhalb des Ölhorizontes aus einem grossen Umkreis an die allerhöchste ihm überhaupt zugängliche Stelle gewandert.

Die meisten grossen und reichen Öllagerstätten der Erde sind solche Kuppellager, die unter sonst gleichen Bedingungen um so bedeutender sind, je grösser die Antiklinale, je grösser also das ursprüngliche Sammelgebiet oder Nährgebiet des Öllagers ist.

Als besonders bedeutende Beispiele von Kuppellagern seien erwähnt manche Ölfelder von Baku, ferner Grozny am Nordfuss des Kaukasus, Boryslaw-Tustanowice in Galizien, viele Ölfelder der appalachischen Ölregion in Pennsylvania, Westvirginien und Kentucky, das grosse Saltcreekfeld

in Wyoming, das berühmte Spindletopfeld in Texas, wie auch die meisten hinterindischen Ölfelder.

Die Breite der produktiven Kuppelfläche schwankt um einen Kilometer; die Länge kann einen bis zehn Kilometer und mehr betragen; die Flächenausdehnung kann von Bruchteilen eines Quadratkilometers bis auf zehn und zwanzig Quadratkilometer ansteigen.

Das Mass der Anreicherung sei an einem Beispiel veranschaulicht. - Die kuppelförmige, ölrreiche Saltcreek-Antiklinale in Wyoming ist etwa 16 km lang und an der breitesten Stelle 15 km breit; die produktive Kuppelfläche ist 5 km lang und bis 2-3 km breit. Der Flächeninhalt der produktiven Kuppelfläche ist etwa 10 km<sup>2</sup>; die Fläche der ganzen Antiklinale, die als Nährgebiet des Ölfeldes gedient hat, schätze ich auf über 300 km<sup>2</sup>. Die Anreicherung ist also eine mehr als dreissigfache gewesen! (Fig. 3).

Aber nicht immer konnte das Erdöl bis nach der höchsten Kulmination des Falten Scheitels wandern.

Zunächst kann der Gasreichtum so gross sein, dass trotz dem hohen Druck der Tiefe bei weitem nicht alles Gas in Lösung gegangen ist; dann spielt sich zwischen Gas und Öl eine ähnliche Scheidung ab wie zwischen Öl und Wasser, und die allerhöchste Kulmination wird in solchen Fällen gelegentlich durch freies Gas eingenommen; auch sonst werden etwa in unregelmässigen, nach oben gerichteten Ausbuchtungen des Öl-horizontes reine Gastaschen angebohrt.

Viel wichtiger ist, dass häufig dem Erdöl der Weg nach der höchsten Kulmination dadurch versperrt ist, dass das poröse Sand- oder Kalklager gar nicht bis dorthin reicht, sondern vorher auskeilt oder auf seinem Wege dahin durch einen Bruch zerschnitten wird. In beiden Fällen ist die Wanderung des Erdöles nach dem Kuppelhöchsten unterbrochen worden; das Öl hat sich dann längs der Auskeilungslinie oder längs der Bruchfläche gestaut und angereichert. Wo es dabei wenigstens bis auf den Gewölbescheitel gelangte, nur nicht auf dessen höchste Erhebung, entstanden Scheitellager im Gewölbeabfall. Blieb es aber gar schon im Schenkel stecken, so entstanden Schenkellager. Ich unterscheide demnach auskeilende und abgeschnittene Scheitellager im Gewölbeabfall, so wie auskeilende und abgeschnittene Schenkellager (Fig. 4 und 5).

Gelegentlich können sowohl Scheitellager im Gewölbeabfall wie Schenkellager sehr reich sein. Ein besonders bedeutendes Beispiel eines reichen Scheitellagers im Gewölbeabfall liefert der südliche Abfall der Coalinga-Antiklinale in Kalifornien; ein weiteres kleineres, aber sehr schönes Beispiel bietet das Shannon-Feld im nördlichen Abfall der Saltcreek-Kuppel in Wyoming, ebenso Arbanasi im nördlichen Abfall der Berca-Beciu-Antiklinale in Rumänien. - Ein ausnahmsweise reiches Schenkellager ist das Westside-Feld im Coalingadistrikt, im Ostabfall der Coast Range zur Central Valley of California. Ebenso enthält die Region der Puente Hills südöstlich Los Angeles reiche steile Schenkellager. Zahlreiche, weniger bedeutende produktive Schenkellager finden sich zu beiden Seiten des Tales von Santa Clara nordwestlich Los Angeles. Überhaupt ist Kalifornien reich an kleinen Schenkellagern, wie auch Rumänien, Galizien, die amerikanische Golfküste, allgemein stark und unregelmässig gefaltete Gebiete, weil in solchen besonders häufig durch Störungen und Unregelmässigkeiten und Ausquetschungen der Schenkel und der darin enthaltenen Ölhorizonte eine Wanderung bis zur Kulmination vorzeitig unterbrochen wurde (Fig. 6). - Eine weitere Ursache des Vorkommens von Schenkellagern ist folgende:

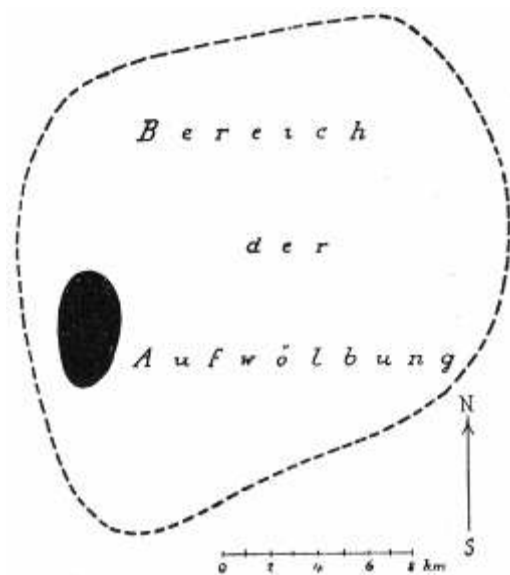


Fig. 3. Saltcreek-Kuppel, Wyoming  
Schwarz = Produktive Kuppelfläche  
Gestrichelt = Umgrenzung des Faltenbereichs, des ursprünglichen Sammelgebietes des Öllagers

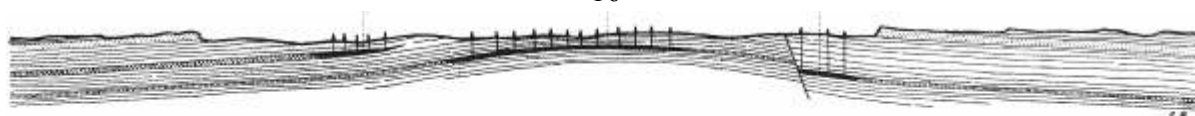







Fig. 4. Längsprofil einer Öl-Antiklinale

-  Sandstein mit Erdöl gefüllt, geschlossen
  -  Sandstein mit Salzwasser gefüllt, geschlossen
  -  Sandstein mit Süsswasser gefüllt, austreichend, offen
  -  Hüllschichten (Thone, Mergel, Schieferthone)
  -  Bohrturm
- A Kuppellager  
 B Auskeilendes Scheitellager im Gewölbeabfall  
 C Abgeschnittenes Scheitellager im Gewölbeabfall

(Über Klassifikation der Öllagerstätten vergl. auch meine Übersicht in der Vierteljahrsschrift der Naturf. Ges. Zürich, 64, 1919, S. 141-158)

Die Gesetzmässigkeiten der Ölverteilung im Erdinnern beruhen, wie dargelegt, auf dem merkwürdigen aufsteigenden Wandertrieb des Erdöls, der, scheinbar in Widerspruch mit den Gesetzen der Schwere, sich gründet auf das stete Zusammensein von Erdöl und Wasser und zwei Eigenschaften dieser beiden Flüssigkeiten, nämlich ihre Unmischbarkeit und ihre verschiedene Dichte. Wo eine dieser beiden Eigenschaften schwindet, da fallen auch deren Folgen.

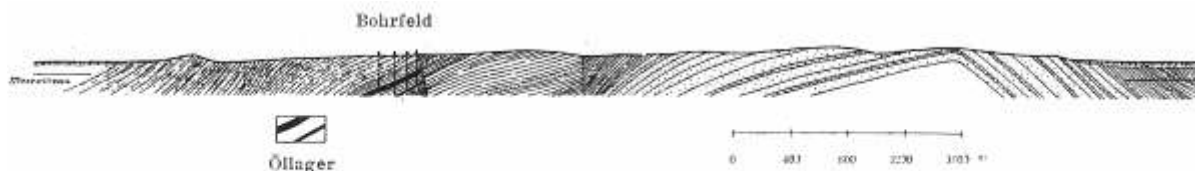


Fig. 5. Abgeschnittene Schenkellager. Los Angeles, Kalifornien  
 Nach Ralph Arnold.

Wo wegen starker Durchgasung die verschiedene Oberflächenspannung und damit die Unmischbarkeit von Öl und Wasser ein Ende hat, da beobachten wir die eigenartige Erscheinung der sog. Emulsion, jenes innigen Gemenges von Erdöl und Salzwasser, das schon in manchen Ölfeldern einer Reindarstellung des Öles grosse Schwierigkeiten bereitet hat.

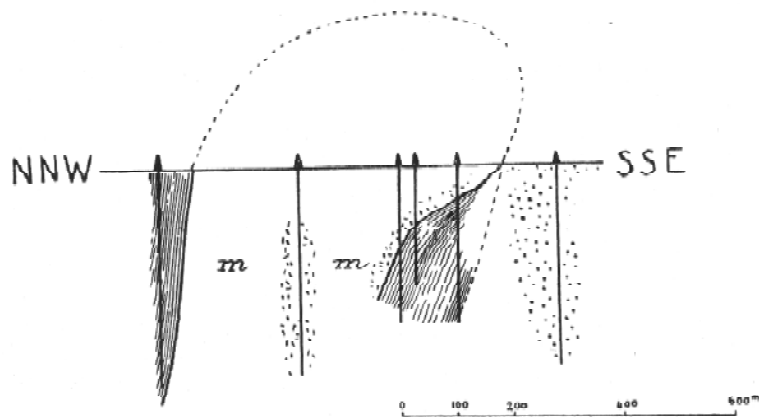


Fig. 6. Produktive Öllager in steilen verquetschten Schenkelschichten  
 Baicoi, Rumänien

Nach Mrazec und Teisseyre

m = Mioäne Salzformation

Wo anderseits der Dichteunterschied von Öl und Wasser nur gering ist, was bei den schweren Ölen, den Asphaltölen zutrifft, da ist ebenfalls die natürliche Trennung von Öl und Wasser weniger scharf, da sind daher die geschilderten Gesetzmässigkeiten in der unterirdischen Ölverteilung viel weniger streng ausgesprochen. Darum sind es die Regionen der Leichtöle, der Paraffinöle, die ganz besonders alle die herrlichen Musterbeispiele für das antikinale Erdölvorkommen liefern, während in den Gegenden schwerer

Asphaltöle arme Schenkellager nicht nur aus den eben angeführten tektonischen Gründen, sondern auch darum ziemlich häufig sind, weil der aufsteigende Wandertrieb des Öles schwächer ausgesprochen ist. Dort sind selbst vereinzelt Muldenlager aufgefunden worden; dort können offen austreichende Schenkellager schwach ölhaltig sein.

Reiche Öllagerstätten sind dagegen stets geschlossene, hermetisch versiegelte Lagerstätten. Was aus diesen geschlossenen Öllagern wird, wenn sie angeschnitten werden, wenn sie in offene sich umwandeln, sei im folgenden Abschnitt dargestellt.

## V. Abtragung des Festlandes. - Entleerung der Öllager.

Erosion. Ölanzeichen. -- Offene Öllager; Ausbeute des Menschen. – Profunde und vadose Sphäre.

Wo Meer zum Festland geworden, wo dieses durch Faltung zur Hügelgend, zum Gebirge sich auftürmt, da beginnt die nimmerrastende Tätigkeit des fliessenden Wassers. Verwitterung und Regen, Bäche und Flüsse arbeiten nunmehr unermüdlich an der langsamen, aber stetigen Wiedererniedrigung des emporgestiegenen Landes und tragen die hohen Berge allmählich als Schlamm und Sand wieder hinaus ins tiefe Meer, wo der ganze Kreislauf der Ablagerung, Verfestigung und Auffaltung von neuem anhebt.

So nagt die Erosion schon an jeder auch noch so kleinen Ölantiklinale, die durch die Faltung langsam aus dem umgebenden Muldengebiete emporsteigt. Die Faltenkulmination, die ihre Nase zuerst emporstreckt, wird auch zuerst und darum am meisten abgetragen. Sind darin Öllager vorhanden, so rückt ihnen auf diese Weise die Oberfläche immer näher, bis die deckende Hüllschicht schliesslich so dünn geworden ist, dass Erdöl und Erdgas unter dem Einfluss des in der Lagerstätte herrschenden Druckes durch Spalten und Risse einen mühsamen Ausweg an die Erdoberfläche finden. So entstehen auf der Kulmination der Antiklinale Ölquellen, Gasbrunnen, manchmal auch Schlammgesprudel; diese Ölanzeichen finden sich ausnahmslos auf allen jenen Falten, bei denen Öllagerstätten in geringer Tiefe liegen; sie sind die Oberflächen-Anzeichen des in der Tiefe verborgenen Öltreichtums. Im Laufe sehr langer Zeiträume müsste sich dadurch der Ölvorrat des Erdinnern entleeren; doch ist bei Kuppellagern gewöhnlich der vom Öl oder Gas gefundene Ausweg so mühsam und klein, dass diese Entleerung auf natürlichem Wege sehr lange Zeit in Anspruch nimmt und darum vielfach heute noch lange nicht vollendet ist. Immerhin ist häufig auf diese Weise das untiefe oberste Kuppellager einer Ölantiklinale veramt und verwässert.

In vielen Fällen stammt aber das Öl der Scheitelfundstellen gar nicht aus einem eigentlichen Öllager, sondern aus den an der Oberfläche anstehenden Hüllschichten selbst, in denen eben doch auch eine gewisse Anreicherung ihres diffus verteilten Ölgehaltes nach dem Gewölbescheitel und nach dem Kuppelhöchsten stattgefunden hat, eine Anreicherung, die zwar sehr beschränkt, aber doch genügend ist, um die kleinen Erträge blosser Fundstellen zu speisen. Auch aus diesem Grunde sind Scheitel- und Kuppelfundstellen besonders häufig.

Dagegen sind Ölanzeichen durchaus nicht etwa auf Faltenscheitel oder gar Kulminationen ausschliesslich beschränkt. Sie finden sich auch in Schenkeln, ja selbst in Mulden; denn zur Bildung einer kleinen Fundstelle genügen, wie wir von neuem sehen, schon geringe Öl- und Gas-mengen und braucht es nicht immer eine durch Anreicherung entstandene Lagerstätte.

Ölanzeichen fehlen keiner reichen Öregion ganz und sind namentlich für alle gefalteten Ölgebiete besonders bezeichnend. Und wie im Erdinnern die gasförmigen, flüssigen und festen Glieder der Kohlenwasserstoff-Familie innig miteinander, sowie mit Salzwasser und Schwefel-Wasserstoff verknüpft sind, so finden wir denselben Kreis von Erscheinungen an der Erdoberfläche in den verschiedenen Ölanzeichen, den Ölquellen, Gasbrunnen, Schlammgesprudeln, Salzwasserfundstellen und Schwefelthermen.

Schon die Ölquellen enthalten meist auch etwas Erdgas. Wo dieses überwiegt oder schliesslich allein vorkommt, entstehen Gasbrunnen. Ebenso kommt in den Ölquellen häufig auch etwas Salzwasser zutage; wo dieses zum vorherrschenden Elemente wird oder schliesslich für sich allein auftritt, haben wir die Salzwasserfundstellen. Schwefelwasserstoff, der ebenfalls die Ölquellen begleiten kann, findet sich ausserdem in allen Ölregionen selbständig in Form der Schwefelquellen und Schwefelthermen.

Viele dieser Ölanzeichen sind klein, unscheinbar, oft schwer aufzufinden; andere sind dem Menschengeschlechte schon in grauer Vorzeit aufgefallen. In den alten Kulturländern der meso-

potamischen Tiefebene wie am Toten Meere waren Ölquellen und Asphaltfundstellen Jahrtausende vor unserer Zeitrechnung bekannt, was sich widerspiegelt in den uralten Sagen vom biblischen Noah wie vom babylonischen Havis Adra, die beide ihre Arche mit Asphalt dichteten, ebenso wie in den Erzählungen vom Moseskinde, das von seiner Mutter in einem mit Asphalt ausgedichteten Korbe dem Nile anvertraut wurde. Die alten Ägypter benutzten Asphalt vom Toten Meere zum Einbalsamieren ihrer Leichen. Für die grossen Bauten Babylons diente Asphalt als Mörtel. Bei den Chaldäern wie bei den Ägyptern wurde Asphalt als Brennstoff anstatt Pflanzenöles in Lampen gebrannt. Schon Herodot, der „Vater der Geschichte“, berichtet ein halbes Jahrtausend vor unserer Zeitrechnung von den asphaltischen Ölquellen nördlich Babylon und schildert ihre Ausbeutung in Mesopotamien wie in Persien. Auch die Pfahlbauer am Neuenburgersee kannten die Asphaltausbisse des schweizerischen Jura und kitteten mit Asphalt ihre Steinbeile in die Holz- oder Hornfassung. Und so sammelten seit

langem die Wilden in den Urwäldern des indischen Archipels das mühsam hervorsickernde Öl natürlicher Quellen, die sie ahnungsvoll Mata Minjak, wie die Mexikaner Ojos de Chapopote, das heisst Ölaugen, Ölspiegel nannten, als ob ihnen schon die Erkenntnis aufdämmerte, dass diese kleinen, unscheinbaren, vielfach unbeachteten Ölspuren der Erdoberfläche nur der Spiegel, das Anzeichen oft unerhörten Ölreichtums des Erdinnern seien. Namentlich die Fundstellen leichter Paraffinöle sind flüchtige, wenig auffallende Naturerscheinungen. Das langsam aus dem Boden sickernde Öl verdunstet oder wird durch den Regen weggeschwaschen oder fliesst als bewegliches, buntschillerndes, irisierendes Häutchen flussabwärts, um sich zuletzt ganz zu verlieren. Dagegen hinterlassen die auffallenderen, zähflüssigen, schwarzen, teerähnlichen, schweren Asphaltöle bei der Verdunstung als festen Rückstand Asphalt; sie bilden daher Asphaltkegel, von einigen Metern bis zu einigen hundert Metern Durchmesser und von Bruchteilen eines Meters bis zu dreissig Metern Höhe; ja es kommt dabei zur Bildung von ganzen Asphaltdecken, Asphaltströmen und selbst Asphaltseen. Diese Asphaltvorkommen sind es namentlich, die unter allen Ölanzeigen seit den Tagen von Babylon und Niniveh am meisten die Aufmerksamkeit des Menschen erregt haben.

Das grösste dieser Asphaltvorkommen und damit' die grösste Ölfundstelle auf Erden ist der berühmte Asphaltsee von Trinidad, der 1595 von Sir Walter Raleigh auf seiner Fahrt nach dem Orinoco entdeckt wurde. Er liegt nach den Beobachtungen von mir selbst wie von anderen in den ölreichen, flachwelligen Tertiärschichten im Südwesten der tropischen Insel und misst etwa einen

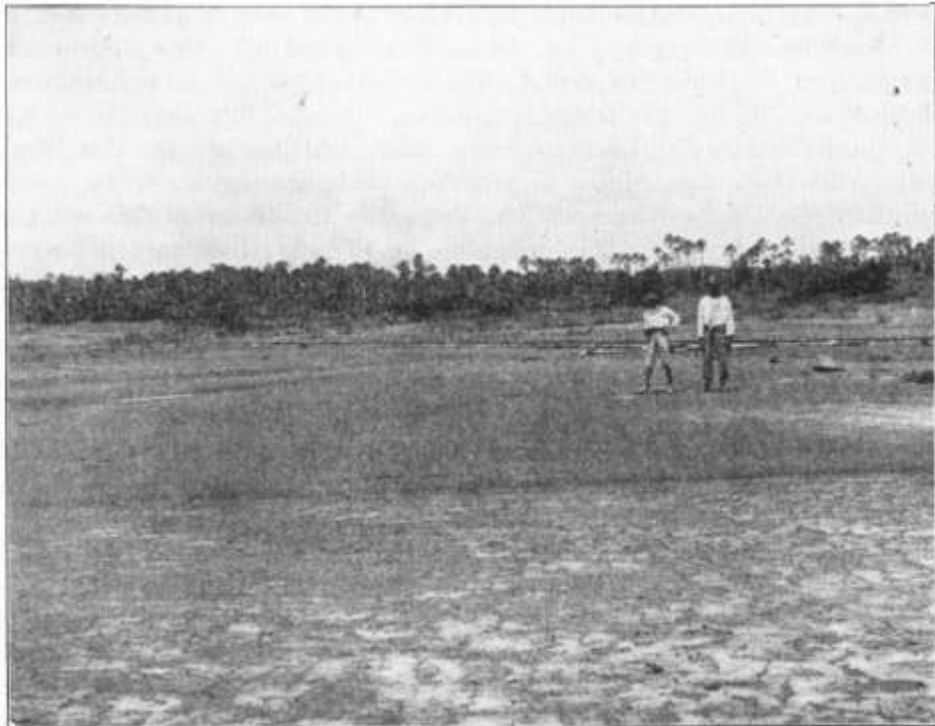


Fig. 7. Der Asphaltsee von Trinidad

Im Vordergrund die kahle, schwarze Asphaltfläche, im Hintergrund das waldige „Seeufer“

halben Quadratkilometer, das heisst zwei Drittel der Fläche des St. Moritzer Sees im Engadin. Seine grösste Tiefe ist noch nicht bestimmt, aber wahrscheinlich über fünfzig Meter. Der Asphalt ist im obersten halben Meter so fest, dass er in Blöcken ausgehauen werden kann, und dass es möglich ist, darauf zu gehen; nach der Tiefe zu wird das Pech weicher. Die beim Aushauen der Asphaltblöcke in der Seeoberfläche entstandenen Vertiefungen schliessen sich infolge der Plastizität des Asphaltes in kurzem wieder; dafür sinkt dann der Seespiegel als Ganzes durch die Ausbeute langsam im Laufe der Jahre. An einigen Stellen der Asphaltfläche tritt immer noch etwas neues Erdpech aus der Tiefe, begleitet von Gasen, besonders von Schwefelwasserstoff (Fig. 7).

Auf der anderen Seite des Golfes von Paria, auf dem Festlande von Venezuela, liegt die zweitgrösste Ölfundstelle der Erde, der Pechsee von Bermudez. Seine Oberfläche ist sogar noch bedeutend grösser als die des Trinidadsees; aber seine Tiefe ist viel geringer. Während der Trinidadsee Beckenform aufweist, hat der Bermudezsee Deckenform; das aus dem Erdinnern emporsickende Asphaltöl hat sich hier im Laufe langer Zeiträume über eine weite Alluvialebene ergossen.

Auch manche Erdgasquellen, die stets zum grössten Teil aus Methan bestehen, haben schon früh das Staunen des Menschen erregt. Ihr auffallendstes und bezeichnendstes Merkmal ist ihre Entzündbarkeit. So genügte früher in gewissen Teilen der Bay von Baku ein Kerzenlicht, um Tausende von Quadratmetern in Feuer zu setzen; hoch schlugen die auf den Wogen tanzenden Flammen empor; die Boote durchfuhren in Wahrheit ein brennend es Meer. In manchen Teilen des Kaukasus benutzten die Landbewohner das aus Erdspalten ausströmende Gas seit langen Zeiten zum Kochen wie zur Beleuchtung. Bei den grössten aller Erdgasquellen war die Gasausströmung so bedeutend und anhaltend, dass sie, einmal durch Zufall entzündet, während langer, ein Menschenalter weit übersteigender Zeiträume in Brand geblieben sind. Solche Erdgasquellen erschienen daher dem Menschen als „ewige Feuer“ und wurden vielfach als heilig und göttlich verehrt. Die kleinasiatische Gasquelle der Chimära in Lykien, von der schon Herodot berichtet, muss zwei bis drei Jahrtausende gebrannt haben! Der Reichtum an brennenden Gasquellen im alten Persien und Mesopotamien gab wahrscheinlich den Anstoss zum Feuerkultus der Perser; die Feueraltäre und Feuertempel der Magier nahmen ihren Ursprung von den geheimnisvollen natürlichen Feuern der wilden und grossartigen Landschaft Irans. Vom Dufte der Urzeit umflossen, spiegelt sich in dieser Verehrung der aus dem Erdinnern hervorbrechenden Flammen das dumpfe Ahnen einfacher Naturvölker, dass diese „ewigen Feuer“ wie alles Leben auf Erden ihr Dasein der gewaltigen Sonne verdanken, ohne die Pflanze und Tier und jede Blüte des Geistes welkte. Am längsten hat sich der Feuerdienst bei Baku, auf der durch ungewöhnlichen Öl- und Gasreichtum ausgezeichneten Halbinsel Apscheron erhalten, bis im Laufe der letzten Jahre die unterirdischen Gasvorräte durch künstliche Ausbeute rasch entleert wurden. So sind nun durch den frevelnden Eingriff des Menschen auch die uralten Gasquellen an den Gestaden des Kaspischen Meeres erloschen, die als Äusserungen geheimnisvoll und rätselhaft erscheinender Naturkräfte inmitten der kahlen, schaurigen Wüste durch lange Zeiten ein Gegenstand der Verehrung und ein Ziel der Sehnsucht frommer Pilgerscharen gewesen sind.

Wo das aus dem Erdinnern aufsteigende Gas im Verein mit Wasser die durchquerten Erdschichten aufweicht und mitreisst, entstehen anstatt der reinen Gasquellen graue Schlamm-sprudel, Schlammbecken oder Schlammkegel, die zwar durch alle möglichen Gase erzeugt werden können, aber doch meistens ihre Entstehung den Kohlenwasserstoffgasen verdanken. Die Ausbrüche solcher Schlamm-sprudel nehmen in manchen Fällen grosse Heftigkeit an. Auf Trinidad sind dadurch schon Tausende von Quadratmetern fruchtbaren Landes verwüstet, in einer Stunde Schlamm-massen von fünfundzwanzigtausend Kubikmetern mit grossen Blöcken ausgeworfen, Bäume geknickt und ihre Kronen weggeschleudert, ja in der nächsten Umgebung alle Spuren von Vegetation begraben oder weggeblasen worden. Die Ausdehnung der Schlammkegel kann von Bruchteilen eines Meters bis zu mehreren Metern Höhe und Breite schwanken, ja in einzelnen Fällen wie auf Apscheron können sie zu mehreren hundert Metern Höhe anwachsen; indessen sind selbst diese Riesen unter den Schlammkegeln noch klein und niedrig im Vergleich zu den hohen Vulkanbergen (Fig. 8 u. Tafel). Wo Schlammkegel unter dem Meeresspiegel hervorbrechen, entsteht manchmal das merkwürdige Phänomen der

„Neuen Inseln“, kleiner Eilande von ephemerem Dasein, die nichts anderes sind als die über den Meeresspiegel emportauchenden Spitzen neu ausgebrochener Schlammkegel. Ihr Entstehen und Vergehen ist in verschiedenen Küstengebieten, so im Kaspischen Meere, an der Westküste von Birma, an der Nordküste von Borneo, im Süden von Trinidad, im Golf von Mexiko beobachtet worden.

Wie Öl und Gas, so sickert auch das in ölführenden Schichtfolgen allgegenwärtige Salzwasser da und dort hinauf an die Erdoberfläche; darum fehlen Salzwasserfundstellen keiner Ölregion. An ihre Stelle treten auch Salzseen, Salzsümpfe, in regenarmen Gebieten glitzernde Salzflächen, Salzsteppen, ja selbst ganze Salzberge. Wo in diesen Salzquellen an Stelle des Chlornatriums Bromide und Jodide grössere Bedeutung erlangen, entstehen Brom- und Jodquellen, die da und dort schon auf Jod ausgebeutet worden sind.

Schliesslich ist keine Ölregion frei von Schwefelquellen, in denen Schwefelwasserstoff sich schon durch seinen Geruch nach faulen Eiern leicht bemerkbar macht. Vielfach ist der Grund solcher Schwefelquellen von schwarzem Schwefeleisenschlamm erfüllt, von dem sich die zierlichen, leuchtend weissen Netze oder Rasen üppig gedeihender Schwefelbakterien auffallend abheben.

Alle diese Ölanzeichen, Gasbrunnen, Ölquellen, Schlammgesprudel, Salzwasserfundstellen, Schwefelthermen sind die Äusserungen der stetig vor sich gehenden, langsamen natürlichen Entleerung der oberflächennahen Öl- und Gaslager. Sie bezeichnen gewissermassen die aufeinanderfolgenden Stadien dieser Entleerung, die Entgasung, Entölung, Entsalzung und Aussüssung des Erdinnern.

Inzwischen geht in jeder Ölregion die Abtragung immer weiter; ein Scheitellager oder Kuppellager wird dadurch im Laufe der Zeit oft gänzlich verschwinden; der Ölhorizont bildet nun einen Luftsattel. War die Ölanreicherung auf dem Scheitel noch nicht vollendet, bevor das Scheitellager verschwand, so ist in den nunmehr offen ausstreichenden Schenkelschichten immer noch Erdöl



vorhanden. Die Wanderung gegen den Scheitel geht daher weiter; aber dabei tritt das Erdöl der offenen Schenkelschichten, anstatt wie früher sich im Gewölbescheitel oder in der Kulmination zu fangen und anzureichern, auf dem Wege nach dem nun entstandenen Luftsattel an die Erdoberfläche und verliert sich dort in Fundstellen. So erklären sich die vielen Fundstellen, die für Schenkelgebiete bezeichnend sind und die häufig zu grossen, aber gewöhnlich trügerischen Hoffnungen auf unterirdische Ölreichtümer Anlass gegeben haben. Denn diese Fundstellen sind ja gerade eine Folge der vor sich gehenden Entleerung des Ölhorizontes; während bei Scheitelfundstellen diese Entleerung vielfach noch nicht weit gediehen ist, oder man meistens unter dem obersten schon verarmten Öllager noch gänzlich geschlossene und unberührte tiefere findet, sind die Schenkellager, wo sie in grossen Ausbissen und also seit langem weit offen stehen, in der Regel bereits weitgehend entleert. Zudem hat ja in denselben eine Anreicherung wie in den Scheitellagern nie stattgefunden, da mit der Zuwanderung aus der Mulde eine Abwanderung nach dem Scheitel von jeher verknüpft war. Reiche offene Schenkellager wie überhaupt reiche offene Öllagerstätten sind daher, wie schon erwähnt, unbekannt. Kleine unbedeutende Erträge sind bisweilen bei Asphaltölen erhalten worden, bei denen infolge ihrer grösseren Schwere der aufsteigende Wandertrieb weniger ausgeprägt, die Entleerung daher weniger gründlich war und wo zudem eine Verkitung des Ausbisses durch den festen Asphaltückstand gewissermassen einen sekundären Wiederabschluss der offenen Lagerstätte im Gefolge haben konnte (Fig. 9 und 10). Im Einklang damit werden Ölfundstellen in austreichenden Sandsteinbänken namentlich bei schweren Asphaltölen gefunden; die leichten Paraffinöle sind dagegen in der Regel längst verschwunden, wo einmal Ölsandsteine weit entblösst sind. Gelegentliche Schenkelfundstellen in Leichtölregionen liegen gewöhnlich in Thon-

Fig. 9. Ausstreichende und auskeilende Schenkellager. Los Angeles, Kalifornien  
Nach Ralph Arnold

(Auch vergl. Ernst Blumer, Vierteljahrsschrift Naturf. Ges. Zürich, 64, 1919, 5. 141-155)

oder Mergelschichten, in denen die Möglichkeit zu Ölwanderungen gerade so weit ging, um kleine Ölfundstellen lange Zeiträume hindurch speisen zu können.

Nachdem ein offenes Öl- und Gaslager sein Öl und Gas gänzlich verloren hat, erinnern häufig noch Salzwasser- und Schwefelquellen an den ursprünglichen Gehalt; beide sind daher für Schenkelgebiete von Ölantiklinalen bezeichnend. Schliesslich fallen auch sie der gänzlichen Aussüssung durch das

atmosphärische Wasser zum Opfer, das nimmermüde die offenen Ölhorizonte aufs gründlichste durchspült. Wenn auf diese Weise die natürliche Abtragung des Festlandes und die Arbeit des atmosphärischen Wassers im Laufe der Zeiten die Ölvorräte des Erdinnern vernichten, so

beteiligt sich seit einem halben Jahrhundert auch das Menschengeschlecht an diesem Zerstörungswerke der Natur. Denn es hat seit dem Jahre 1857 gelehrt, mit künstlichen Bohrlöchern von Bruchteilen eines Meters Durchmesser und von bis über fünfzehnhundert Metern Tiefe die undurchlässigen Hüllschichten zu durchstechen, die die Öllager des Erdinnern bedecken und beschützen, und auf diese Art früher ungeahnte Schätze mit spielender Leichtigkeit zu heben. Seither sind in den verschiedensten Ländern und Erdteilen Hunderte und Hunderte von Ölfeldern, Hunderttausende von Ölbohrungen entstanden.

Wenn ein unterirdisches Öllager, in dem Öl und Gas unter einem bis zu hundert Atmosphären steigenden Drucke hermetisch eingeschlossen sind, angebohrt wird und damit Öl und Gas urplötzlich von dem schweren auf ihnen lastenden Drucke befreit werden, so geschieht im grossen, was bei einem

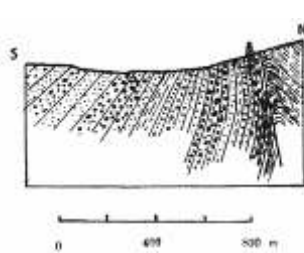


Fig. 10.

Produktive steile Schenkellager  
z. T. ausstreichend  
Puente Hills, Kalifornien  
Nach Eldridge und Arnold

Heronsball im kleinen. Öl und Gas drängen durch die geschaffene Öffnung ungestüm an die Erdoberfläche, und da gleichzeitig unter dem verminderten Drucke die Löslichkeit des Erdgases im Erdöl sich gewaltig vermindert, entweicht der grösste Teil des bisher im Erdöl gelösten Gases schäumend und spritzend. Eine gewaltige Säule von Öl, Gas und mitgerissenem Sand steigt unter betäubendem Getöse, gelegentlich bis über hundert Meter, in die Luft empor, wobei die Öl- und Sandteilchen durch das Gas zerstäubt und über die ganze Umgebung ausgestreut werden.

Das ist das glänzende Schauspiel der Ölspritzer, das namentlich für die Anfangsperiode aller grossen Ölfelder bezeichnend ist. Diese Spritzer entwickeln beim Anbohren oft explosive Heftigkeit; Bohrröhren werden ausgeblasen, schwere gusseiserne Klappen im Bohrloch zertrümmert; neben Öl und Sand werden selbst grössere Steine aus dem Öllager mitgerissen und in die Luft geschleudert. In manchen Gebieten, so auf Apscheron, kann die ausgeworfene Sandmasse der Ölmenge gleichkommen. Alle paar Minuten wird dann das Bohrloch durch Sand verstopft, wodurch eine kurze Pause entsteht, auf die nach Beseitigung des Widerstandes ein um so heftigerer Ausbruch folgt! Ja, bei sehr sandreichen Brunnen wird oft die Bohrmaschine begraben unter dem ausgeworfenen Sande; das Dach des Bohrturmes stürzt unter der Sandlast zusammen, und um die Austrittsöffnung häuft sich ein Kegel von weichem, fliessendem, öligem Schlamm, in dem alles verschwindet. Das durch solche Ausbrüche erzeugte Getöse kann meilenweit vernommen werden und der Untergrund im Umkreis von einem halben bis einem ganzen Kilometer erzittern.

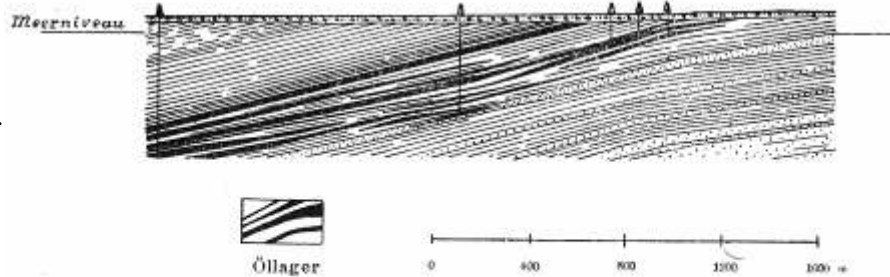


Fig. 9. Ausstreichende und auskeilende Schenkellager. Los Angeles, Kalifornien  
Nach Ralph Arnold

(Auch vergl. Ernst Blumer, Vierteljahrsschrift Naturf. Ges. Zürich, 64, 1919, S. 141-158)

Wenn aber in der Folge immer neue Bohrungen auf dasselbe Öllager niedergebracht werden und so schliesslich die bedeckende Hüllschicht wie ein Sieb durchlöchert ist und durch alle diese Öffnungen fortwährend Gas und Öl entweichen, so nimmt selbstverständlich der in der Lagerstätte herrschende Druck immer mehr ab und wird der Öl- und Gasvorrat immer kleiner. Darum sind die ersten Brunnen eines Feldes gewöhnlich die grössten Spritzer; später werden die Brunnen schwächer und schwächer; schliesslich hört im Felde das Spritzen, ja selbst das selbsttätige ruhige Ausfliessen auf; nun müssen die Bohrungen gepumpt werden. Aber auch das hat einmal ein Ende; es kommt die Zeit, wo man selbst durch Pumpen keinen befriedigenden Ertrag mehr erzielt. Nunmehr ist das Öllager erschöpft; dieser Moment erscheint einmal, früher oder später, unausbleiblich bei jedem einzelnen Brunnen wie bei jedem ganzen Ölfelde.

Jeder Brunnen wie jedes Ölfeld hat also eine bestimmte Lebensdauer, die vom Reichtum, der Konzentration und dem Drucke der Lagerstätte, sowie von der Intensität der Ausbeute abhängt. Die längste mir bekannte Lebensdauer einer Ölbohrung ist drei bis vier Jahrzehnte. Alle Brunnen, die über ein Jahrzehnt gut produziert haben, sind sehr langlebige Brunnen. Unzählige haben nur einige Monate, einige Wochen, ja selbst nur einige Tage Öl geliefert. Die durchschnittliche Lebensdauer der Ölbrunnen dürfte auf Bruchteile eines Jahres bis mehrere Jahre angegeben werden. Die Lebensdauer ganzer Felder ist natürlich grösser, oft eine Anzahl Jahrzehnte.

Während der Ertrag einer natürlichen Ölquelle von Bruchteilen eines Liters bis auf höchstens mehrere hundert Liter im Tage steigen kann und gewöhnlich nur einige Liter beträgt, ist die grösste Produktion in vierundzwanzig Stunden, die je durch eine Bohrung erzielt worden ist, fünfundzwanzig-tausend Tonnen, das heisst fünfundzwanzig Millionen Kilogramm oder etwa achtundzwanzig Millionen Liter. Das ist eine Ölmenge, die zu ihrem Transporte hundert Eisenbahnzüge von je fünfundzwanzig Wagen benötigen würde, die bei einer Mächtigkeit des Ölsandes von zehn Metern und einem Porenraum von dreissig Prozent ein Quadrat von hundert Metern Kantenlänge oder einen Kreis von sechzig Metern Radius bedecken würde. Es ist nicht verwunderlich, dass solche Erträge höchstens einige Tage anzuhalten pflegen.

Alle Brunnen, die einmal über tausend Tonnen in vierundzwanzig Stunden gegeben, können als sehr reiche, alle, die hundert Tonnen gegeben, als gute Brunnen bezeichnet werden. Man beutet aber gelegentlich noch Bohrungen aus, die nur ein Fass, das heisst hundert bis zweihundert Liter im Tage liefern. Als Durchschnittsertrag der Ölbohrungen könnte man vielleicht einen Bruchteil einer Tonne bis mehrere Tonnen angeben.

Die Gesamterträge einzelner Brunnen können bis auf mehrere Millionen Tonnen steigen; das sind dann allerdings ungeheure Produktionen, die der gesamten Jahresproduktion von Galizien oder Hinterindien gleichkommen.

Die totale Jahresproduktion an Erdöl erreichte vor dem Weltkrieg fünfzig Millionen Tonnen und wird damit an Wert nur noch von Kohle und Eisen übertroffen. So gross diese Zahl anmutet, so steht sie doch mit unserer ganzen bisherigen Darstellung in Einklang. Denn da allein der jährliche Ertrag der Seefischerei schon viele Millionen Tonnen beträgt, so muss die Gesamtmasse der jährlich absterbenden Fische noch viel grösser sein, steht also mit der jährlichen Ölproduktion in derselben Grössenordnung. Wie viel mehr muss die demgegenüber noch weit bedeutendere, ja unerschöpfliche Mikrofauna der Meere genügen, um die Erdölmengen des Erdinnern zu erklären.

Die gesamte bisher, das heisst in den vergangenen sechs Jahrzehnten gewonnene Ölmenge beträgt rund siebentausend Millionen Fass oder über eine Billion Liter oder über tausend Kubikmeter. Diese Menge würde also einen Würfel von zehn Kilometern Kantenlänge ausfüllen. Und doch scheint selbst eine solche Masse klein, sobald wir sie mit dem ganzen Planeten ins Verhältnis setzen; denn auf die Erdoberfläche verteilt, würde sie um den Erdball nur eine dünne Haut von zwei Millimetern Dicke bilden.

Von dieser Menge sind gegen zwei Drittel durch Nordamerika, beinahe ein Drittel durch Russland geliefert worden. Alle übrigen Länder beteiligten sich bisher nur mit einigen Prozenten oder gar nur mit Bruchteilen eines Prozentes an der Weltproduktion. Während aber die amerikanische

Produktion auf weite Gebiete verteilt ist, stammt der russische Ertrag fast ausschliesslich von einem kleinen Fleck Erde auf der Halbinsel Apscheron. Von dort, von einer Fläche von fünfundzwanzig Quadratkilometern in der Umgebung von Baku, stammt nahezu ein Drittel der bisherigen Weltausbeute. Das ist der grösste Bodenschatz, der je von Menschen gehoben, die grösste Energiekonzentration, die menschlicher Ausbeute zugänglich geworden. Nicht Gold und nicht Diamanten können mit solchem Reichtum wetteifern!

Man hat zur Erklärung derartigen Ölreichtums immer wieder und noch bis in die neueste Zeit zur Annahme rätselhafter Massenmorde in den Meeren der Vorzeit gegriffen; doch wäre das nur ein neu auftauchender Sonderfall der alten, abgetanen Katastrophentheorie. Wir haben demgegenüber auf den vorangegangenen Blättern zu zeigen versucht, dass die Erdölbildung einen über grosse Flächen und lange Zeiträume ausgedehnten, allgemeinen, anhaltenden und stetigen Naturvorgang darstellt. Die ungeheuren Anhäufungen mancher Öl- und Gaslagerstätten, die vor allem den Menschen in Erstaunen versetzen, haben wir dann weiter geschildert als entstanden durch zweimalige Anreicherung, erstens durch eine vermutete beschränkte Anreicherung gegen die Ölhorizonte hinaus den darüber und darunter liegenden Hüllschichten zur Zeit der Gesteinsverfestigung, zweitens durch sicher nachgewiesene weite Wanderungen und bedeutende Anreicherungen innerhalb der Ölhorizonte nach der Gesteinsverfestigung und besonders während der Gebirgsfaltung, wodurch, was einst ausgebreitet lag über Hunderte von Quadratkilometern, nunmehr aufgespeichert ist innerhalb einer Fläche von einigen wenigen Quadratkilometern!

Allverbreitet wie Leben und Sterben auf Erden ist das Erdöl innerhalb der grossen Grabstätte unseres Planeten, der sedimentären Erdkruste. Das heutige Vorhandensein wäre ein noch unvergleichlich viel allgemeineres, wenn nicht die oberflächennahen Gesteinsschichten durch den Kreislauf des Wassers grossenteils entleert wären, so dass die gegenwärtigen Vorkommen nur äusserst lückenhaft und fragmentarisch sind, verglichen mit dem ursprünglichen Verbreitungsgebiet. Denn das atmosphärische Wasser ist der Todfeind aller Öllagerstätten. Wie es alle Kalilager und alle Kochsalzvorkommen vernichtet, die es einmal erreicht hat, so gibt es, wo es einmal in eine Öllagerstätte eingedrungen ist, keine Rast und Ruhe, bis Gas und Öl gänzlich ausgetrieben, das Salzwasser gänzlich ausgesüsst ist; dann erst tritt wieder Gleichgewicht ein. Eine offene Lagerstätte ist daher eine Lagerstätte ohne Gleichgewicht; sie ist in beständiger Zerstörung begriffen. Allein in einem geschlossenen Öllager herrscht Gleichgewicht und Ruhe.

Die sedimentäre Erdkruste zerfällt nach diesen Gesichtspunkten in zwei grosse Sphären, die ich in neuer Verwendung älterer Namen als die vadose und die profunde Sphäre bezeichne.

Die vadose Sphäre ist vom atmosphärischen Wasser durchtränkt und durchflossen. Ihre obere Grenze ist die Erdoberfläche; ihre untere Grenze bilden undurchlässige Schichten. Ihre geothermische Tiefenstufe ist normal. Das Grundwasser kommuniziert mit der Erdoberfläche und steht unter deren hydrostatischem Drucke. Ihre Gesteine sind entsalzt; ihre Öl- und Gaslager sind verarmt, verwässert oder gänzlich entleert und verschwunden. Sie ist das Gebiet der offenen Öl- und Gaslagerstätten, die reich an Ölfundstellen, aber ohne bedeutenden Gehalt und ohne Gasdruck sind. Am besten haben sich hier noch die Asphaltkalke und Asphalt sands erhalten, sowie die ölhaltigen Thon- und Mergelmassen, die gerade wegen ihrer Schwerdurchlässigkeit ihre Ölführung bewahrt haben und darum auch noch häufig Ölfundstellen liefern.

Die profunde Sphäre ist vom atmosphärischen Wasser gänzlich abgeschlossen; denn ihre obere Grenze wird von undurchlässigen Schichtmassen gebildet; ihre untere Grenze fällt zusammen mit dem Eintritt in die porenlose latentplastische Zone in einer Tiefe, die schon auf zwanzig bis dreissig Kilometer geschätzt worden ist. Ihre geothermische Tiefenstufe ist abnorm klein, da infolge des Abschlusses nach oben und infolge des Fehlens abkühlender durchspülender Wassermassen von oben die Temperatur rascher steigt als in der vadosen Sphäre. Ihr Wasser steht nicht unter hydrostatischem Druck in Zusammenhang mit der Erdoberfläche. Sie ist die Region der geschlossenen Öl- und Gaslager. Hier haben die Gesteine noch ihren ursprünglichen Inhalt; hier führen

sie noch das alte Meerwasser, in dem sie entstanden sind; hier enthalten sie noch die organische Substanz, die einst in ihnen begraben wurde. Sie sind daher Salzwasserdurchtränkt, bitumendurchsetzt, öl- und gashaltig. Durch weite und eigentümliche unterirdische Wanderungen haben sich dann Öl und Gas an einzelnen Punkten angereichert zu Lagerstätten von unerhörtem Reichtum.

Es ist kein Zufall, dass mehr als die Hälfte der bekannten Öllagerstätten aus der Tertiärzeit stammen, also geologisch sehr jung sind. Wohl ist Erdöl entstanden, seit organisches Leben unseren Planeten belebt. Aber je weiter die Entstehung der Ölvorräte zurückliegt, um so grösser war auch die Gelegenheit zu ihrer Zerstörung. In harmonischem Einklang damit liegen die uralten und reichen paläozoischen Lagerstätten im Innern des nordamerikanischen Kontinentes in weitem Tafellande, dessen Mangel an Störungen die erhabene tektonische Ruhe spiegelt, die dieser Teil der Erdrinde durch alle Zeitalter hindurch bewahrt hat. Bei solcher Ruhe konnten sich auch Erdöllager durch ungezählte Jahrtausende erhalten. Dagegen gehören fast alle die gefalteten Ölregionen jungen und namentlich tertiären Gesteinsschichten an. Und dabei sind es immer die einfacher gefalteten Teile, die Vorländer der Gebirge, die ölreich sind. Im hohen Gebirgsinnern sind Störungen wie Abtragungen zu bedeutend gewesen, um viel an Ölvorräten übrig zu lassen; die Hochgebirge gehören daher in der Regel zur vadosen Sphäre.

## Vergänglichkeit.

In der Geschichte des Erdöls spiegelt sich die Geschichte der Erde und ihrer Bewohner, das Wechselspiel zwischen organischer und unorganischer Natur, zwischen Lebewelt und Erde und Sonne.

Seit undenklichen Zeiten sendet die Sonne ihre leuchtenden, erwärmenden Strahlen ins unendliche Weltall. Nur ein winziger Teil dieses radial nach allen Seiten ausgesandten Energiestromes trifft unsern kleinen Planeten und treibt hier Wind und Welle, Wolken und Regen, Flüsse und Gletscher, und nur ein Teil dieses Teils unterhält schliesslich das Leben der Pflanzen und damit auch der ganzen bunten, vielgestaltigen Tierwelt.

Denn in der Werkstatt der Pflanzen wird die strahlende Sonnenenergie bei dem Vorgange der Assimilation mit Hilfe des Blattgrüns in eine dauerhaftere Energieform, in chemische Energie, umgewandelt. Es wird dabei der Kohlenstoff durch die lebendige Kraft der Sonnenstrahlung aus seiner Verbindung mit Sauerstoff gelöst und zum Aufbau des Pflanzenkörpers verwendet. Der Kohlenstoff wird damit zum Träger der chemischen Energie des Pflanzenkörpers; denn wo Kohlenstoff und Sauerstoff sich wieder verbinden, wird die zu ihrer Trennung einst verwandte lebendige Kraft wieder frei.

Das geschieht einmal in den mannigfaltigen Lebensäusserungen der Tiere, die ja im Grunde alle von Pflanzennahrung leben. Auf unzähligen Pfaden fliesst die von den Pflanzen aufgespeicherte Sonnenenergie tierischen Lebewesen zu, und selbst Organismen, die in Tausenden von Metern Tiefe am Grunde des Weltmeeres in beständiger Finsternis leben, beziehen ihre Nahrung direkt oder indirekt aus den durchsonnten Oberflächenschichten des Ozeans, wo die pelagische Mikroflora mit Hilfe des Sonnenlichts aus leblosen Stoffen lebendige Wesen schafft. Die ganze organisierte Natur schöpft so von dem regelmässigen Zufluss freier Sonnenenergie. Alles Leben auf Erden fliesst aus der Sonne.

Das geschieht ferner, wo in abgestorbenen Organismen der Kohlenstoff verbrennt, sich mit Sauerstoff verbindet. Da wird, gleichsam als Wiedergeburt der alten Sonnenstrahlung, Wärme frei. Wo aber Luftabschluss, also Sauerstoffmangel, diesen Vorgang, sei es der raschen Verbrennung oder der langsamen Verwesung, unmöglich macht, bleiben Kohlenstoff wie Kohlenwasserstoffe unoxydiert bestehen; damit bleibt auch ihre chemische Energie, diese Dauerform unter allen Energiearten, die die Fähigkeit langer Aufbewahrung mit der hohen Konzentration verbindet, erhalten. Das ist durch Äonen geschehen in der Kohle, im Erdöl, diesen beiden wichtigsten Reststoffen organischen Lebens auf Erden, diesen beiden Trägern gewaltiger Mengen aufgespeicherter Sonnenenergie.

Seit ihren Anfängen hat so die stille Tätigkeit grünender Pflanzen Sonnenstrahlung aufgespeichert, die nun zu einem namhaften Teile, dem Kreislauf der Stoffe entzogen, gleichsam versteinert, in Form von Kohlen und Kohlenwasserstoffen, im Innern der Erde ruht. Jahrmillionen rauschten inzwischen an unserm Planeten vorüber. Geschlechter der Pflanzen und Tiere kamen und gingen. Ihre Gestalten wurden im Laufe der Zeiten immer zahlreicher, immer mannigfaltiger, immer verwickelter. Zuletzt tritt der Mensch auf den Plan. Er erhebt sich über die andern Lebewesen; er unterjocht sich die gesamte zeugende, schaffende Natur. Er zehrt selbst von den Schätzen vergangener Zeiten und, geologisch gemessen, in einem kurzen Augenblick verbraucht, verpufft, verschwendet er nun, was allmählich angehäuft wurde durch lange Arbeit unzähliger dahingeschwundener Pflanzengeschlechter. Nicht bloss die Sonne von heute gibt ihm Licht und Wärme und Leben. Er hat gelemt, selbst die „versteinerte Sonnenstrahlung“ einer fernen Vorzeit von neuem zu entzünden und erhellt damit seine Hütte, treibt seinen Wagen, seine Schiffe, durchheilt damit die Länder, die Meere, die Lüfte! Fürwahr, die Grenzen des ihm Erreichbaren scheinen in immer weitere Ferne zu entschwinden!

Und doch wird einmal auch diese Herrlichkeit ein Ende nehmen. Im Laufe einiger Jahrhunderte schon werden Kohle und Erdöl, dieses Vermächtnis vergangener Tage, verzehrt sein. Und wie in

früheren Zeitaltern, lange lange vor unserm Geschlechte, Trilobiten oder Ammoniten oder grosse Saurier oder Nummuliten in unerschöpflicher Reichhaltigkeit alle Meere bevölkerten, um nach solcher Blüte rasch im Orkus zu verschwinden, wie schon unzählige Geschlechter von Pflanzen und Tieren ausgestorben, wie so unendlich viel blühendes Leben verhalte, so wird auch die Menschheit dem Lose alles Sterblichen nicht entrinne. Auch unser Geschlecht muss einst, früher oder später, der unabsehbaren Reihe toter Ahnen sich anschliessen, deren Reste es jetzt noch verbrennt.

Wird nicht in heutiger Zeit schon trotz aller vielgepriesenen Fortschritte die Not immer grösser, der Kampf ums Dasein immer schwieriger und immer erbitterter. Ist im Grunde der einfache Wilde in den Urwäldern des indischen Archipels nicht beneidenswert, verglichen mit dem „hochstehenden“, in seinen Bedürfnissen unersättlichen, in seinen Leiden unergründlichen Kulturmenschen. Jenem Wilden ist das Leben noch leicht, ist der Tag noch lang; er weiss noch nichts von der Hast und Hetze, der Rastlosigkeit und Unzufriedenheit unserer Großstädte. Und waren die Kriege der alten Griechen nicht leichte, fröhliche Kämpfe, verglichen mit den kalt berechneten, finsternen, allen bessern menschlichen Gefühlen hohnsprechenden Massenschlächtereien von heute! Und war die Sklaverei im einstigen Hellas und Rom vielleicht schlimmer als die allgemeine Militärsklaverei der Gegenwart, jenes Zwang zur Arbeit, dieses Zwang zum Morde!

Es ist Gewohnheit geworden, die historische Vergangenheit in Altertum, Mittelalter und Neuzeit zu gliedern. In Wahrheit ist aber gerade das Altertum die glückliche Kindheit des Menschenstammes, auf die ein blühendes Mannesalter und schliesslich ein schwaches Greisenalter ebenso sicher folgt bei unserm ganzen Geschlechte wie bei seinen einzelnen Völkern und bei jedem einzelnen Menschen, wie bei jedem Tierstamm und jeder Pflanzenart, jedem einzelnen Tier und jeder Pflanze, wie bei jedem Gegenstande der organischen Natur, ja der Natur überhaupt, dieser Natur, die unaufhörlich hervorbringt, um unaufhörlich zu zerstören.

Einmal muss ein Jedes ein Ende nehmen! Nichts ist beständig als der Wechsel! Das ist das alte Lied von der Flucht der Erscheinungen, von der Vergänglichkeit alles Irdischen, vom Wechsel der Zeiten, vom Gedränge der Begebenheiten. Es ist „der ewige Fluss der Dinge“ des Heraklit, „das Immerdar Werdende, aber Nie Seiende“ des Plato.

Dem steht als einzige Einschränkung gegenüber, mag man es Ahnung, mag man's Gewissheit nennen, dass das, was nie begonnen, nie enden wird. Nur was immer gewesen, wird immer sein, ist unendlich, unvergänglich, zeitlos, ewig. Das Nie Entstandene ist das Einzig Bleibende.

Ausnahmslos aber ist bei allen Erscheinungen, die unser Bewusstsein, das erkennende und nie erkannte, wahrnimmt, das Ende der Zwillingsbrüder des Anfangs, das Ende mit dem Anfang unzertrennlich verknüpft, als mit dem Tag die Nacht, als mit dem Licht der Schatten, was, wenn wir nicht aus unserm eigenen Innern vom übermächtigen Drang zum Leben wüssten, der alle beseelten Wesen gleichwie des Menschen Brust durchglüht, unser Ohr manchmal geneigt machen könnte der mephistophelischen Einflüsterung:

„Und das mit Recht; denn alles, was entsteht,  
Ist wert, dass es zugrunde geht;  
Drum besser wär's, dass nichts entstünde.“

## Inhalt

|  |    |
|--|----|
| Einleitung.....  | 3  |
| I. Das Meeresleben. - Ursprung des Erdöls.....             | 5  |
| II. Meeresablagerung. - Festlandsbildung.....              | 7  |
| III. Gesteinsverfestigung. - Erdölentstehung.....          | 9  |
| IV. Faltung. - Erdölwanderungen ,.....                     | 13 |
| V. Abtragung des Festlandes. - Entleerung der Öllager..... | 18 |
| Schlusswort. - Vergänglichkeit .....                       | 26 |