

# **Badische Landesbibliothek Karlsruhe**

**Digitale Sammlung der Badischen Landesbibliothek Karlsruhe**

## **Badische Schulzeitung. 1860-1933 1928**

8 (4.8.1928) Die Fortbildungsschule. Monatliche Beilage zur Badischen Schulzeitung



# Die Fortbildungsschule

Monatliche Beilage zur Badischen Schulzeitung.

Nummer 8 ★ Alle für die Beilage bestimmten Einsendungen an Fortbildungsschullehrer Karl Beck, Karlsruhe, Wehlienstr. 40 ★ August 1928

Inhalt: Das Erdöl (Fortsetzung).

## Das Erdöl.

J. Fischer, Pfohren.

Die Ölsande sind vorwiegend weiche, kaum verkittete, bald tonfreie, bald etwas tonige Sande. In manchen Ölgebieten, so in Texas, Louisiana und bei Baku bilden sie nach dem Anbohren sogenannte Schwimmsande, die mit dem Öl zusammen gegen das Bohrloch strömen, so daß am Grunde der Bohrung ein Filtriertrichter angebracht werden muß, damit nicht zuviel Sand in das Bohrloch eindringt und es verstopft. Oft trifft man aber auch einigermaßen verkittete und dadurch feste Ölsandsteine an. Gut verkittete Sande sind schlechte Ölbehälter. Ölsandsteine können von feinkörniger, aber auch von sehr grobkörniger Beschaffenheit sein. Sehr feinkörnige tonige Sande und stark sandige Tone sind häufig die Behälter ungeheurer reicher Öllager. Namentlich ist eine Wechselagerung dünner Sand- und Tonsschichten ein ausgezeichnete Behälter für große Öl- und Gas mengen, so bei Baku und in Birma, wo jedes der dünnen Ton- und Sandsschichten kaum einen Millimeter Dicke aufweist.

Wie bei den Tonen, so sind auch bei den Ölsanden bloß bituminöse Gesteine von den eigentlichen Ölsanden, welche fertige Kohlenwasserstoffe enthalten, zu unterscheiden. Da die grobporigen Ölsande das Öl leicht wandern und ansammeln lassen, sind sie im Gegensatz zu den Tongesteinen, zur Bildung großer Ölanhäufungen, der eigentlichen Lagerstätten, in besonderer Weise geeignet. Während die Tongesteine ihr Öl erst beim Erhitzen abgeben, strömt das Öl aus Ölsanden frei heraus, sei es in Pumpbrunnen, in selbstfließenden Brunnen oder in gewaltigen Sprühern, die unter hohem Gasdruck stehen. Die Mehrzahl der reichen Öllager, die bis heute ausgebeutet wurden, sind daher an Ölsande gebunden. Grobporige und weiche, lockere Sande liefern einen besonders großen Ertrag und sind viel ergiebiger als harte und feste starkverkittete Sandsteine. Feinkörnige Sande lassen das Öl langsamer durchströmen und geben es daher langsamer ab. Ihre Erträge sind deshalb kleiner, aber von größerer Dauer. Oft liefern sehr feinkörnige Sande wenig Öl, aber viel Gas, das eben viel beweglicher ist. Weil die Ölsande das Öl leicht abgeben, haben sie sich meistens schon längst entleert, namentlich da, wo sie in breiter Front offen austreichen. Das gilt besonders für die leichten Paraffinöle. Wo Ölsandstellen aus Sandsteinen zu Tage treten, handelt es sich meistens um schweres Asphaltöl, das infolge seiner größeren Dichte und Zähflüssigkeit weniger wanderungsfähig ist.

Die Ölsande erreichen niemals die Mächtigkeit wie sie die Schiefer besitzen. Ihre Dicke bewegt sich zwischen 1–50 Metern. Hinsichtlich der Verbreitung gilt bei den Ölsanden dasselbe, was von den Schieferen gesagt wurde: je dicker ein Ölsand, desto größer seine Ausbreitung.

Undurchlässige oder doch wenigstens nur sehr schwer durchlässige Gesteine sind die Kalke. Eine Ausnahme hiervon bilden die Schreibkreide, grobzellige Muschel- und Riffkalke, verwitterte und dadurch löcherig gewordene Kalke und namentlich dolomitische Kalke, ja in vielen Fällen echte Dolomite. Streiche Kalke werden wir also besonders bei den dolomitierten Kalken und sogar oft bei den echten Dolomiten zu suchen haben. Der Porenraum hat sich durch die Dolomitierung beträchtlich vergrößert und das Gestein sich zu einem Ölbehälter ersten Ranges umgewandelt. Der Porenraum steigt beim Dolomit oft über 33 % und die Größe der Poren machen das Gestein sehr durchlässig, zu einem der besten Ölsammler. Ein mehr oder weniger dunkles Grau in den verschiedenen Abtönungen ist die hauptsächlichste Farbe der Ölsande.

Auch bei den bituminösen Kalken müssen wir, wie bei den Tonen und Sanden, Gesteine, die noch keine fertigen Kohlenwasserstoffe enthalten, von den eigentlichen Ölsanden unterscheiden. Die meisten Kalke aller geologischen Formationen, vom Paläozoikum bis ins Tertiär sind leicht bituminös. Kalke, deren Bitumengehalt sich bei frischem Bruch durch intensiven Geruch bemerkbar

macht, nennen wir „Stinkkalke“. Diese kommen im oberen Kambrium und im oberen Silur der Ostseeländer, in den oberen Schichten des deutschen Lias und in vielen Süßwasserkalken des Tertiärs vor. Die Ölsalke enthalten meist dunkle, schwere Asphaltöle mit hohem Schwefelgehalt, besonders in den Vereinigten Staaten, in Mexiko und Persien. Festen Asphalt finden wir dort, wo diese schweren Asphaltöle in solchen übergegangen sind. Neben den Ölsanden spielen daher die Asphaltkalke eine wichtige Rolle, da sie vielfach Gegenstand einer ergiebigen Ausbeutung sind, namentlich in den Kalkschichten des Juragebirges im Val de Travers im Kanton Neuenburg.

Die Ausbreitung und die Mächtigkeit der Ölsalke sind oft ungeheuerlich. Sie erstrecken sich über Gebiete von Zehntausenden von Quadratkilometern. Bei den Ölsalcken handelt es sich fast ohne Ausnahme um marine Sedimente, kaum einmal um eine küstennahe Ablagerung. Der Trentonkalk, das wichtigste Ölgestein der Staaten Ohio und Indiana, eines der am weitesten verbreiteten Sedimente in der Masse des nordamerikanischen Festlandes, hat eine Mächtigkeit von über 200 m.

Höchst selten kommt es einmal vor, daß in einem Erdölgebiet ein Ölhorizont vereinzelt auftritt. Wenn ein solcher Fall überhaupt vorliegt, konnte er nur in den weitverbreiteten Kalkhorizonten zu finden sein. Ölsande liegen fast immer in großer Zahl übereinander, und ist einer erbohrt, so folgt die Entdeckung weiterer, tiefer gelegener bei der Fortsetzung des Bohrens. Wie bei den Kohlenflözen liegen in den Ölregionen der Erde nicht Einzelhorizonte, sondern ganze Serien von Öl- oder Gashorizonten übereinander. Noch nie wurde ein Ölsand entdeckt, der nicht an seiner Basis, wie an seiner Decke, von Tongesteinen abgegrenzt gewesen wäre. Mit Ölsandserien sind daher immer mehr oder weniger mächtige Schiefermassen verbunden. Sie fehlen niemals und bilden stets das Liegende und das Hangende aller bedeutenden Ölhorizonte. Wo die Ölsande fehlen, können sie durch Kalke, ja selbst durch Kohlenflöze ersetzt sein, in welchen es zur Bildung reicher Öllager gekommen ist. Die Schiefermassen sind weitaus der wesentlichste Bestandteil einer ölführenden Schichtenfolge. Ihre Mächtigkeit kann auf 1000 m anschwellen, während die Ölsande selbst eine ganz unbedeutende Einlagerung von einigen Metern Dicke darstellen. So sehen wir in allen Ölregionen eine größere oder kleinere Anzahl von Ölsanden, seltener von Ölsalcken, zwischen Tonsschiefermassen eingelagert, welche die ersteren in ihrer Mächtigkeit bei weitem übertreffen. Auch die Schiefer sind in der Regel bituminös, vielfach stark öldurchtränkt, geben beim Auflösen in Wasser Ölhäute und zeigen den bezeichneten Erdölgeruch. Das Öl läßt sich daraus durch geeignete Lösungsmittel ausziehen oder durch Destillation im großen gewinnen. Je nach dem unter den Einlagerungen der Schiefermasse Sande oder Kalke vorherrschen, je nachdem die produktiven Ölhorizonte ganz oder vorwiegend durch Ölsande oder durch Ölsalke vertreten sind, unterscheidet man eine tonig-sandige Ölserie. Dabei können auch in manchen Fällen einzelne reine Kalklager, wie der Trentonkalk, als außerordentliche weitausgedehnte Horizonte in Erscheinung treten. Sogar Kohlenflöze finden sich in manchen ölführenden Schichtenfolgen eingelagert. Es kann vorkommen, wenn auch sehr selten, daß Kohlenflöze zu reichen Ölbehältern werden, wozu sie sich ihrer hohen Porosität wegen gut eignen, was z. B. in Südumakta der Fall ist. Eine ölführende Stufenfolge kann eine sehr große Mächtigkeit erlangen, sie kann auf mehrere tausend Meter ansteigen, so in den Tertiärschichten von Apscheron, im Tertiär von Alaska und im Tertiär und in der Kreide der Küste des Golfs von Mexiko.

Vielfach entstammen die Sedimente ölführender Schichtenfolgen alten Meeresablagerungen; denn die organischen Reste, die sich in ihnen vorfinden, entstammen durchweg Tieren der Meeres-



fauna. Wenn wir die Schalen- und Skelettreste von Meerestieren oft in großen Mengen in ölführenden Gesteinsschichten angehäuft finden, so ist dies ein Beweis dafür, daß diese Schichten sich einst im Meere abgelagert und öldurchtränkte Stufenfolgen treten deshalb durchweg als marine Bildungen auf. Alle großen Öllager der Erde sind aus alten Meeresablagerungen hervorgegangen. In engster Verbindung mit dem Vorhandensein mariner Fossilien steht das beständige Auftreten von Salzwasser innerhalb ölbaltiger Schichtenfolgen, sowie das häufige Vorkommen von Steinsalz und anderen Meeressalzen. Erdöl und Steinsalz sind im Erdinnern unzertrennlich miteinander verbunden. Der Salzgehalt kann in ölführenden Gesteinen so bedeutend sein, daß es zur Ausscheidung von Steinsalz kommt. In manchen ölführenden Schichtenfolgen haben sich ausgedehnte Steinsalzlager und massige Salzstöcke gebildet.

Trotz den äußeren Anzeichen von Erdöl, die wir in den Quellen, Gasprudeln, Schlammkegeln und ewigen Feuern kennen gelernt haben, blieb es der Menschheit bis in die Mitte des 19. Jahrhunderts völlig unbekannt, welche unermesslichen Kraftquellen in den Kohlenwasserstoffansammlungen im Innern der Erde verborgen liegen. In den Vereinigten Staaten von Nordamerika erfolgte 1859 jene Entdeckung, die der Menschheit zu den festen Brennstoffen des Erdinnern, der Kohle, die flüssigen und gasförmigen Brennstoffe, das Erdöl und das Erdgas gab und damit einer neuen Industrie von allergrößter Bedeutung, der Petroleumindustrie, die Tore öffnete. Alle die großartigen Erfindungen der Neuzeit bis zum Dieselmotor und Auto, bis zum modernen Flugzeug und Luftschiff, wie wären sie möglich geworden ohne die brennbaren gasförmigen und flüssigen Brennstoffe aus dem Schoße der Erde? Der amerikanische Oberst E. L. Drake erbohrte im Auftrage des unternehmenden und weltblickenden Bissel bei Titusville im Staate Pennsylvania in 10 m Tiefe ein Erdöllager, das täglich 1500 Liter Öl lieferte, was die ganze Welt damals in Staunen setzte. Weitere Bohrungen folgten und führten zu weiteren Entdeckungen. 1860 flossen in den Vereinigten Staaten 55 Ölbrunnen mit einem Gesamtertrage von 1000 t täglich. 1870 lieferte die Union schon 6 Millionen Liter im Tage. Seither breitete sich die Erdölgewinnung über die ganze Erde aus.

Die meisten Öl- und Gaslager liegen weniger als 1000 m unter der Erdoberfläche. Doch dringt die moderne Technik nach immer größeren Tiefen vor. Zwar bestehen noch wenige Bohrungen, die Tiefen von 1500—2000 m und noch mehr überschritten. Der Durchmesser einer solchen Bohrung beträgt gewöhnlich nur wenige Dezimeter. Tiefbohrungen erfordern Monate, ja sogar Jahre dauernder Arbeit und verschlingen ungeheure Summen Geldes.

An der Erdoberfläche steht das meist hölzerne Gerüst aufgebaut, das wir als Bohrturm bezeichnen, und das erst ermöglicht, Bohrgeräte, Verrohrung und das lange Bohrseil oder die Bohrstange mit dem Bohrer je nach Bedarf in das Bohrloch einzulassen oder aus diesem herauszuziehen. Diese Bohrtürme verleihen der Landschaft eines Ölgebietes ihr bezeichnendes Gepräge. Durch das mit dem Bohrlöffel heraufgebrachte Material erhält man wichtige Aufschlüsse über die stratigraphische und tektonische Beschaffenheit des Erdinnern. Namentlich aber geben die Bohrungen Aufschluß über den Inhalt der Öllagerstätten. Aus den Bohrergebnissen schöpfen wir unsere Kenntnisse über Druck und Temperatur, kurz über sämtliche in der Tiefe des Erdinnern herrschenden physikalischen Verhältnisse.

Die Tageserträge: = 24 Stunden, die eine natürliche Ölquelle liefert, sind meistens recht unbedeutend. Auch die Erträge, die früher in wenig tiefen Schächten erzielt wurden, sind verschwindend klein gegenüber denjenigen reicher Bohrungen. Die Tagesmengen von Bohrungen schwanken innerhalb weiter Grenzen, sind schon bei verschiedenen Bohrungen eines und desselben Ölfeldes ungleich verschieden. Benachbarte Bohrungen können ganz voneinander abweichende Mengen liefern; ja selbst bei einer und derselben Bohrung schwanken die Erträge mit der Zeit stark. Eine Bohrung, die täglich 100 Tonnen Öl liefert, muß als guter Brunnen bezeichnet werden. Es werden jedoch Tausende von Bohrungen ausgebeutet, die nur einen Hektoliter oder noch weniger in 24 Stunden liefern. Andererseits wieder erreichen die Tageserträge mancher Ölbohrungen ungeheurer hohe Zahlen. Den größten Tagesertrag gab 1916 eine Ölbohrung in Mexiko, nämlich 40 000 Tonnen. Zum Transport dieser Ölmenge würde man etwa 160 Eisenbahnzüge zu je 25 Wagen benötigen. Es sind etwa 25 Bohrungen bekannt deren Tagesmenge zeitweise 10 000 Tonnen überstieg. Auf Apsheron im Kaukasus, in Mexiko, in Texas bestehen Brunnen, die Tageserträge von 10 000—25 000 Tonnen liefern. Diesen Höchstleistungen von Ölbrunnen in den genannten Gebieten steht in Rumänien, Galizien, Pennsylvania, Kalifornien, Borneo und Sumatra eine noch größere Anzahl solcher Brunnen gegenüber, die Tagesmengen von 1000—10 000 Tonnen ergeben. Diese ungeheuren Produktionen einzelner Ölbrunnen sind natürlich Ausnahmefälle.

Die Durchschnittserträge sind bedeutend kleiner und schwanken zwischen einer Tonne und weniger bis zu mehreren Tonnen.

Nicht weniger staunenswert als die höchsten Tageserträge von Erdöl sind solche von Erdgas. Gasbrunnen, die täglich 100 000 cbm liefern, sind keine Seltenheit. Die höchsten Tagesmengen einzelner Gasbrunnen erreichen eine Million, ja sogar mehrere Millionen Kubikmeter. In den Staaten Oklahoma, Texas, Wyoming, Louisiana und Pennsylvania liefern einzelne Gasbohrungen 2—3,5 Millionen cbm Tageserträge.

Solche ungeheuren Tagesproduktionen von Öl oder Gas dauern stets nur kürzere Zeit, ja oft nur wenige Tage an.

Jede Öl- und Gasbohrung hat ihre bestimmte Lebensdauer. Außer der natürlichen Erschöpfung können Wassereinträge, Verwässerung des Ölhorizontes, Zusammensturz der Verrohrung und Rutschungen und Gesteinsbewegungen im Gebirge das Lebensende eines Brunnens herbeiführen. Meistens ist die schließliche Erschöpfung einer Bohrung auf die Erschöpfung der austreibenden Kraft des Gasdruckes zurückzuführen. Wenn auch ein Brunnen die Tätigkeit des Spritzens eingestellt hat, kann er oft noch Jahrzehnte lang gepumpt werden mit Tageserträgen von 10—50 Liter. In der alten Ölregion Pennsylvania ist heute noch kein Öl-distrikt gänzlich verlassen und gegenwärtig werden noch Brunnen in nächster Nähe der ersten Ölbohrung des Jahres 1859 gepumpt. Besonders langlebige Brunnen hat Pennsylvania aufzuweisen, 20—30, ja bis zu 50 Jahren Lebensdauer sind bei pennsylvanischen Brunnen keine Seltenheit. Auch aus Galizien sind Bohrungen bekannt von 18—20 jähriger Dauer. Immerhin sind Brunnen mit einer dreißigjährigen Produktionstätigkeit selten und schon einen Brunnen mit zehnjähriger Lebensdauer muß als sehr guter Brunnen bezeichnet werden.

Die Lebensdauer der Gasbrunnen ist entsprechend der größeren Beweglichkeit des Gases eine kürzere. Doch produzieren die namhaftesten Gasbrunnen in den Staaten Ohio-Indiana 2—3 Jahre ohne merkliche Abnahme. Ungewöhnlich langlebige Gasbrunnen am Erie-See im Staate New-York liefern teilweise noch Gas nach 25—30 Jahren.

Der ungeheure Reichtum mancher Öllagerstätten wird aus den Gesamterträgen einzelner besonders reicher Brunnen erst recht ersichtlich. In den verschiedensten Ölgebieten der Erde hat schon oft der Ertrag einer einzigen Bohrung 100 000 Tonnen überschritten. Am Anfang unseres Jahrhunderts gab es allein auf der Halbinsel Apsheron 13 solcher Bohrungen.

Die Gesamterträge zweier mexikanischer Spritzer, von denen jeder in einem Zeitraum von 8 Jahren 15 Millionen Tonnen lieferte, übertreffen selbst die größte je erreichte Jahresproduktion von Rußland beträchtlich. Ungeheurer reiche Brunnen, die im ganzen mehrere hunderttausend bis über eine Million Tonnen Erdöl gespendet haben, sind in den verschiedensten Ölgebieten schon erbohrt worden. Doch sind die gewaltigsten Spritzer bisher auf der Halbinsel Apsheron und in Mexiko am häufigsten gewesen.

Aber die größten Gesamterträge einzelner Gasbrunnen ist man weniger genau informiert, da gerade bei jenen Gasbläsern, die durch ihren Reichtum besonders hervorrangen, der Hauptteil des Gases in die Luft verloren ging. Die reichsten bis jetzt bekannt gewordenen Gasbrunnen liegen im Staate Louisiana. Ihre Erträge werden auf mehrere hundert, ja über 1000 Millionen cbm Gas geschätzt.

An der Spitze der Gesamtölproduktion der Erde steht seit langem die Union. Rußland, das als Ölland einige Zeit an erster Stelle stand, ist weit zurückgeblieben und wurde seit dem Weltkrieg von Mexiko überflügelt. Im Jahre 1920 lieferten die Vereinigten Staaten 65 %, Mexiko 23 %, beide Länder zusammen also fast neun Zehntel der Gesamtausbeute. Alle übrigen Länder beteiligten sich neben diesen genannten Erdölzentren nur mit ganz wenigen Prozentsen an der Weltproduktion, in erster Linie Niederländisch-Indien, Rumänien, Galizien, Hinterindien, in zweiter Linie Japan, Peru, Kanada, Persien, Deutschland, Trinidad, Ägypten, Argentinien, Venezuela, Italien und Kuba. Die Union und Rußland lieferten bis 1918 86 % der Weltausbeute. Von Beginn der Ölindustrie bis zur Gegenwart haben die Vereinigten Staaten zwei Drittel, Rußland etwa ein Viertel der Weltproduktion gedeckt. Dabei muß aber in Betracht gezogen werden, daß das amerikanische Öl aus sehr zahlreichen Feldern stammt, die über ungeheure Gebietsflächen verteilt sind, während der russische Ertrag größtenteils von dem kleinen Fleck Erde auf der Halbinsel Apsheron herrührt. Ein Viertel der bisherigen Weltausbeute stammt von einer Fläche von 25 qkm in der Umgebung von Baku. Ein so kleines Gebiet war die Quelle von solchen ungeheuren Reichtümern!

Die jährliche Gasausbeute der ganzen Erde betrug im Jahre 1920 rund 100 Millionen Tonnen im Werte von etwa 8,5 Milliarden Mark. Und doch erscheint sie bescheiden im Vergleich mit der Kohlenproduktion, die beinahe 1500 Millionen Tonnen jährlich liefert, also etwa 15 mal größer ist. In einem Zeitraum von 60



Jahren sind rund 70 000 Millionen Faß = über eine Billion Liter oder 1000 Millionen Tonnen Erdöl gewonnen worden. Die nordamerikanische geologische Landesanstalt gibt über die Gesamterdölausbeute in Faß zu 159 Litern, auf die einzelnen ölproduzierenden Länder verteilt für das Jahr 1920 folgende Zahlen an.

	Faß	hl
Union	443 402 000	= 705 009 180,00
Mexiko	159 760 000	= 254 018 400,00
Rußland	24 382 000	= 38 767 380,00
Niederländisch-Indien	16 400 000	= 26 076 000,00
Britisch Hindustan	8 450 000	= 13 435 500,00
Rumänien	7 238 860	= 11 509 787,40
Persien	6 750 000	= 10 732 500,00
Polen-Galizien	6 150 000	= 9 778 500,00
Peru	2 750 000	= 4 372 500,00
Japan	2 030 000	= 3 227 700,00
Trinidad	2 083 115	= 3 312 152,85
Argentinien	1 240 000	= 1 971 600,00
Ägypten	1 080 430	= 1 717 883,70
Venezuela	472 000	= 750 480,00
Elfaß	384 370	= 611 148,00
Kanada	198 430	= 315 503,70
Deutschland	278 000	= 442 020,00
Italien	32 500	= 51 675,00
Anderer Länder	920 000	= 1 462 800,00
	684 001 705	= 1 087 562 710,95

Diese Menge würde einen Würfel von 10 km Kantenlänge füllen. Gleichmäßig über die ganze Oberfläche des Erdballs verteilt, würde sie eine Haut von 0,002 Millimeter Dicke bilden. So ungeheuer uns diese Ölmenge auch erscheinen mag, mit dem Erdball hält sie bezüglich ihrer Größe keinen Vergleich aus.

Die Ausbeute von Erdgas war bis jetzt in der Union namentlich in Westsibirien, Pennsylvanien und Oklahoma am bedeutendsten. Sie betrug im Jahre 1917 23 000 Millionen cbm im Werte von 603,5 Millionen Mark.

Hohe Erträge sind stets mit Gasreichtum und hohem Druck eng verknüpft; kleine Ölagerstätten dagegen sind gasarm und druckschwach. Sehr hohe Drücke kommen bei großen Gasbrunnen vor. Die in Öl- und Gaslagern herrschenden Drücke lassen sich an der äußeren Mündung des Bohrlochs messen. Man gibt den Druck in Atmosphären an. (1 Atmosphäre = die Kraft, die mit 1,033 kg Gewicht auf 1 Quadratcentimeter drückt). Die Drücke in Öl- und Gaslagern schwanken von einer bis zu über 100 Atmosphären. Die stärkeren Gasbrunnen zeigen kaum einen Druck von weniger als 20 Atmosphären.

Bei den großen Sprühern steigt die Ölsäule durch den gewaltigen Druck 30–50, ja über 100 m in die Luft empor. Mit unvorstellbarer Gewalt wird das Öl durch die Kraft des in der Tiefe stark eingepreßten Gases emporgeschleudert und in der Luft zu einem feinen Sprühregen verteilt. Die Gewalt des ausströmenden Gases reißt Sand und Gesteinsstücke mit. Viele großer Brunnen beginnen meistens nur als „Stäuber“ und werfen oft längere Zeit nur Sand und Steine aus, bevor Öl in großen Mengen erscheint. Die ausgeworfenen Sandmassen können bei manchen Bohrungen die Ölmenge übertreffen. Das Getöse, das durch die ausgeschleuderten Sand- und Steinmassen erzeugt wird, kann meilenweit im Umkreis vernommen werden. Die gewaltigen Sprüher auf der Halbinsel Apsheron brachten in ihrer nächsten Umgebung den Erdboden zum Erzittern.

Die Gesteinsschichten der Erdkruste, die der Hauptsache nach aus alten Meeresablagerungen hervorgingen, müssen wir, im wahrsten Sinn des Wortes, als Massengräber bezeichnen. In allen Breiten und auf allen Höhen findet man in die Erdrinde Schalen und Skelette einstiger Lebewesen in ungeheuren Massen eingebettet, von den niedersten und einfachsten Pflanzen und Tieren zu Korallen und Schwämmen, zu Muscheln und Schnecken bis zu den Fischen und höheren Wirbeltieren. Es sind die stummen Zeugen ungezählter Jahrmillionen. Sie bevölkern den ganzen sedimentären Schichtenkomplex der Erdkruste. Wo ist wohl die lebende Substanz, das Protozoasma, das einst die Schalen erfüllte, die Skelette umhüllte, hingekommen? Große Mengen organischer Substanz, die in urdenklichen Zeiten unsern Erdball belebt, sind heute tatsächlich in seinem Innern noch aufgespeichert als Kohle und als Erdöl.

In den Küstenregionen, Meerbusen und Binnenseen mischen sich, durch die Flüsse herbeitransportiert, große Masse Festlandschlammes mit den Resten der Organismen. Das Plankton\*) spielt dann als Beimischung in diesen Sedimenten kontinentaler Herkunft eine unbedeutendere Rolle. Das ist der blaue Festlandschlamm, der manche Golfe und Binnenseen mit der Zeit vollständig ausfüllt. Die großen Ströme transportieren aus den Kon-

tinentalen unaufhörlich gewaltige Massen feinen Schlammes dem Meere zu. Auf diese Weise füllen sich Meeresbusen und Binnenmeere, und Festland tritt an die Stelle, wo früher Meereswogen rauschten.

Sedimentation, Verlandung, Ablagerung von Plankton und Kontinentalschlamm sind über weite Meeresflächen ausgedehnte, allgemeine und dauernde Naturvorgänge. So war es zu allen Zeiten, solange organisches Leben den Erdkreis beherrscht. Den Gehalt an organischer Substanz und die daraus hervorgegangene Erdölführung muß man deshalb heute als eine der allgemeinsten und bedeutendsten Eigenschaften der Sedimentbildung betrachten. Erdöllager sind über die ganze Erde verbreitet und haben sich zu allen Zeiten und in allen Formationen der Erde gebildet. Es findet sich kein Horizont in sedimentären Gesteinsschichten, der nicht an irgend einer Stelle Kohlenwasserstoff enthielte; es findet sich zwischen dem Silur und dem Tertiär auch keine Formation, in der nicht irgendwo eine reiche, ausbeutbare Ölanhäufung sich gebildet hätte. Die großen Ölfelder sind in den Regionen alter Flachseen, heute verlandeter Meerbusen und Binnenmeeren zu suchen. So sind die galizischen und rumänischen Öllagerstätten in der Tertiärzeit im Schwarzen Meere entstanden, das damals den Außenrand der Karpathen umspülte, so die Ölregion von Apsheron und die übrigen Lagerstätten des Kaspischen Meeres. Ferner bildeten sich in Tertiär die Öllager des methopotamischen Tieflandes, das damals noch vom Indischen Ozean bedeckt war, wie diejenigen von Birma im einst viel größeren Meerbusen von Mexiko umsäumen, sind in diesem selbst entstanden als er noch doppelt so groß war wie gegenwärtig die reichen Ölager des Großen Tales in Kalifornien entstanden in einem Meerbusen, der den heutigen Golf von Kalifornien an Breite bei weitem übertraf. Selbst die weiten Ölregionen im Innern des nordamerikanischen Festlandes liegen anstelle uralter Binnenmeere, die während der devonischen und karbonischen Formation bestanden, und die der heutigen Hudson-Bay an Größe nicht nachstanden.

Mächtige Massen des blauen Festlandschlammes bildeten in diesen einstigen Meeresgebieten das vorherrschende Sediment. In ihnen sind dementsprechend heute Tone, Mergel, Schiefertone und Tonstieferne die hauptsächlichsten Gesteine, denen Sande und Kalke gewöhnlich nur als untergeordnete Elemente eingelagert sind.

Wie die höheren Land- und Sumpfpflanzen bei Wasserbedeckung und ungenügendem Luftzutritt in Mooren nicht verwesen, sondern verkohlen und Torf, Braunkohle, Steinkohle und Anthrazit bilden, so wandeln sich die fettreichen Reste von Tieren und niederen Pflanzen, besonders das unererschöpfliche Mikropflankton aller Meeresstiefen, in eine lange Reihe bituminöser Stoffe um, deren Endprodukte bis jetzt chemisch aufs genaueste bekannt sind. Das ist die große vielverzweigte Familie der Kohlenwasserstoffe, deren einfachster Vertreter das Methan oder Sumpfgas 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 einer ganzen Anzahl verschiedener Kohlenwasserstoffe, die sich in vier großen, durch alle Übergänge verbundenen Gruppen scheiden und die wir bereits als Erdgas, Erdöl, Erdwachs oder Paraffin und Erdpech, Asphalt oder Ozokerit kennen gelernt haben. Vielfach kommen in der Natur die vier Gruppen auch vereinigt vor, namentlich enthält das Erdöl stets gasförmige wie feste Kohlenwasserstoffe gelöst. Je nachdem im Erdöl Asphalt oder Paraffin überwiegt, unterscheidet man, wie schon erwähnt, braune bis schwarze schwere Asphaltöle und helle leichte Paraffinöle.

Auf welche Weise in der Natur die ganze Umwandlung von der lebenden Substanz bis zu den fertigen Kohlenwasserstoffen vor sich geht, ist noch nicht erforscht. Daß aber die Umwandlung tatsächlich vor sich geht, hat C. Engler\* experimentell bewiesen. Ihm ist es 1890 gelungen, Erdöl durch Destillation größerer Mengen von Seetiertran bei einem Druck von 20 bis 25 Atmosphäre und Temperaturen von 360 bis 420 Grad darzustellen. Das Petroleum ist also ganz überwiegend aus den Fettbestandteilen von Tieren hervorgegangen und zwar durch natürliche Destillation, die durch die innere Erdwärme vermittelt und durch den in der Tiefe herrschende Druck unterstützt wurde. Nachdem aber auch Engler im Jahre 1905 aus pflanzlichen Stoffen, und zwar aus Algenwasserbläse auf Potoniés Veranlassung Petrolöle destilliert hat, ist bewiesen, daß das Erdöl sowohl aus den Fettresten von Tieren, als auch aus solchen von Pflanzen entstehen kann. Unter letzteren liefern nach Potoniés besonders die echten Wasserpflanzen wegen ihres oft reichlichen Gehalts an fettem Öl ein für die Petrolbildung sehr geeignetes Material. Einige Forscher schreiben den im Süßwasser, besonders in Mooren, wie im Salzwasser ungemein verbreiteten Diatomeen eine Hauptrolle für die Petrolbildung zu. Sie enthalten in Zellhöhlräumen Öltröpfchen, die sich leicht in

\*) Wasserorganismen — Schwebeorganismen — die reinen organischen Schlamm erzeugen.

\* Professor der Techn. Hochschule Karlsruhe.



Paraffin umbilden, das seinerseits durch Druckdestillation unter Abspaltung von Gasen (namentlich Methangas) in Erdöl übergeht. Wo Druck und Erdwärme zu dieser Umwandlung nicht ausreichen, bleibt das Erdwachs, wie z. B. in Galizien, zu Klumpen vereinigt, als solches bestehen. Da die Erfahrung gezeigt hat, daß fast alle in Begleitung des Erdöls vorkommenden Wässer salzhaltig sind, haben einige Forscher angenommen, daß dem Salz eine wesentliche Rolle für die Erdölbildung zufalle. Engler hat indes bewiesen, daß sich auch aus Süßwasserablagerungen und zwar aus Faulschlamm durch Druckdestillation petrolartige Öle und Paraffine darstellen lassen, und in der Tat gibt es in Ohio und auch anderwärts Erdöl und Erdgasvorkommen, die vollständig salzfrei sind.

Potonie erblickt in den Faulschlamm eine Hauptquelle für die Entstehung des Petroleum. Es sind das mehr oder weniger bitumenreiche Ablagerungen, wie sie sich an vielen Orten am Grunde stehender Gewässer, in Wassertümpeln, Teichen, Seen und Altwässern großer Flüsse aus tierischen wie aus Resten echter Wasserpflanzen bilden und sich in gleicher Weise auch in allen geologischen Formationen gebildet haben. Daß die fossilen Faulschlammgesteine Petroleum liefern, ist eine längst bekannte Tatsache; neuerdings ist es Engler aber auch gelungen, solches aus rezentem Faulschlamm darzustellen. Potonie bezeichnet deshalb die Faulschlammgesteine als die „Muttergesteine“ des Petroleum.

Wie auch in jedem einzelnen Falle die Bildung der Erdöle vor sich gegangen sein mag, so viel steht heute fest, daß sie organischen Ursprungs sind.

In der Natur nun geht der Vorgang unter der Einwirkung der überall verbreiteten Fäulnisbakterien schon bei einer viel niedrigeren Temperatur als bei den Versuchen Englers vor sich. Dieser Vorgang spielt sich in der Natur auch in ungleich längeren Zeiträumen ab, weshalb in den Gesteinen alle denkbaren bituminösen Zwischenstufen vom lebenden Organismus bis zu den fertigen Kohlenwasserstoffen vorhanden sind. Das ist eben jene lange, im einzelnen noch wenig erforschte und auch schwer zu erforschende Reihe der Vitumina. So enthalten die altbekannten schottischen Schiefer kein fertiges Erdöl, keinen einfachen Kohlenwasserstoff, sondern nur eine bituminöse Vorstufe dazu, die erst bei der Destillation des Schiefers in Erdöl sich umwandelt. Mit der Umwandlung der organischen Substanz stehen im Innern der einzelnen Gesteinschichten zahlreiche andere chemische Vorgänge und Veränderungen in Verbindung, die teilweise noch wenig erforscht sind.

Vorstehende Ausführungen zeigen uns deutlich den Werdegang einer mächtigen und einheitlichen, von Salzwasser, Erdöl und Erdgas durchtränkten, von Bitumen durchsetzten Schiefermasse mit Einschaltungen Sandstein- und Kalksteinbänke im Laufe langer Zeiträume durch Zersetzung der organischen Substanz und durch damit vielfach zusammenhängende Umwandlungen, sowie durch langsame Verdichtung aus der ursprünglichen, mächtigen und einheitlichen, von Salzwasser durchtränkten, von organischer Substanz durchsetzten Masse blauen Kontinentalschlammes mit Einlagerungen von Sanden und Kalkschlamm hervorgegangen. Die Einheitlichkeit dieser ganzen Schichtenfolge beruht auf der Allgemeinheit und Stetigkeit der Vorgänge, die sie erzeugt haben und die wir als Leben und Absterben zahlloser Organismen und als Sedimentation in weiten Ozeanräumen kennen lernten. Wie die Durchsetzung mit organischer Substanz eine allgemeine Eigenschaft des blauen Kontinentalschlammes und seiner Einlagerungen ist, so ist die Ölführung oder der Bitumengehalt eine ursprüngliche allgemeine Eigenschaft jener mächtigen Schichtenmassen, welche die weitest verbreiteten Sedimente darstellen und die zusammen mit ihren Einlagerungen als die bituminöse oder ölführende Stufenfolge bezeichnet werden.

In vollster Übereinstimmung mit der Auffassung, nach der die ölführende Stufenfolge das Ergebnis einer langsamen Ausfüllung eines alten Meeresbeckens darstellt; steht die Tatsache, daß sich innerhalb derselben das Korn nach oben vergrößert. Sande und Konglomerate nehmen nach oben zu, die Schiefer nehmen ab. Ferner stellen sich nach oben Kohlenflöze ein. Die Ölschichten werden überlagert von Kohlen-schichten: (Kantes-Oklahoma, Chaddo-Feld in Louisiana, Wyoming, Colorado und Alaska). In allen diesen Erscheinungen erblicken wir deutlich die allmähliche Verlandung alter Meeresbecken. Die Küsten rücken immer näher. Die Sedimente wurden daher immer gröber, und endlich traten Sumpfmoores an die Stelle der Flachsee und hinterließen die heutigen Kohlenflöze. Die ölführende Stufenfolge erscheint sozusagen als versteinertes Bild des langsamen Wandels der Flachsee zum Festlande.

Die großen Erdölanhäufungen treten der Hauptsache nach in Form von Lagern, Flözen und Einsen auf. Sie erscheinen stets, wie große unterirdische Wasseransammlungen, als Ausfüllung der unzähligen kleinen Porenräume von Sandstein- und Kalkstein-

bänken die zwischen den undurchlässigen, Schiefermassen eingeschlossen und gleich einen riesigen Schwamm von Gas durchtränkt sind.

Seid unendlichen Zeitläufen sendet die Sonne ihr Licht und ihre Wärme hinaus ins grenzenlose Weltall. Ein verschwindend kleiner Teil ihrer Strahlen trifft unsern Erdball und treibt beständig die ungeheure Maschine unserer Atmosphäre, die das Wasser im ewigen Kreislauf durch die Adern der lebendigen Erde strömen läßt. Die Sommerwärme lockt den zarten Keim aus der feuchten Erde und entfaltet seine grünenden Blätter. Und dann beginnt das Sonnenlicht die noch gänzlich geheimnisvolle Arbeit, mit der das Blattgrün unter seinem Einflusse die eingeatmete Kohlen-säure wieder in Kohle und Sauerstoff zerlegt. Es wird also der Kohlenstoff durch die Energie der Sonnenstrahlung aus seiner Verbindung mit Sauerstoff gelöst und zum Aufbau des Pflanzenkörpers verwendet. So wird der Kohlenstoff zum Träger der chemischen Energie des Pflanzenkörpers; denn wo Kohlenstoff und Sauerstoff sich verbinden, da wird die zu ihrer Trennung aufgewandte Energie wieder frei. Das geschieht in den Lebensäußerungen der Tiere, die von Pflanzennahrung leben. Die in den Pflanzen aufgespeicherte Sonnenenergie wandert in den Tierorganismus. Die ganze Natur zehrt so von dem stetigen Zuflusse freier Sonnenenergie. Energie wird ferner dort frei, wo in abgestorbenen Organismen der Kohlenstoff verbrennt, sich wieder mit dem Sauerstoff verbindet. Wo nun Luftabschluß, also Sauerstoffmangel diesen Vorgang unmöglich macht, bei der raschen Verbrennung oder bei der langsamen Verwesung, bleiben Kohlenstoff und Kohlenwasserstoffe unangegriffen bestehen und damit auch ihre chemische Energie. Das ist geschehen seit ungezählten Millionen von Jahren in der Kohle und im Erdöl, diesen beiden wichtigsten Restmaterialien organischen Lebens auf Erden, diesen Trägern ungeheurer Mengen aufgespeicherter Sonnenenergie.

Seit ihrem Bestehen hat so die Tätigkeit grünender Pflanzen Sonnenstrahlung aufgespeichert, die sozusagen zu Stein geworden, in Form von Kohlen und Kohlenwasserstoffen im Schoße der Erde ruht. Der Mensch zehrt von den Schätzen längst verschwundener Erdperioden, und in einem kurzen Augenblick verbraucht er nun, was seit unendlichen Zeiträumen allmählich angehäuft wurde durch lange Arbeit zahlloser Pflanzengeschlechter. Er benützt die verfeinerte Sonnenenergie zur Beleuchtung seiner Wohnräume, zum Antrieb seiner Maschinen, Wagen, Schiffe und Flugzeuge. Jedes Stückchen Kohle, jeden Tropfen Öl, den die Technik verwendet, bedeutet ein Zehren an einer aufgespeicherten Kraft. Ein Lebewesen zehrt von der in ihm aufgespeicherten Kraft, allein es ersetzt dieselbe auch wieder durch Nahrungsaufnahme. Die Technik aber verbraucht nur die vorhandenen Vorräte und kümmert sich ein wenig um die einmal notwendig werdenden Ersatz. Bei dem gewaltigen und noch ständig steigenden Verbrauch an Erdöl ist jedoch für einzelne Gebiete die Frage der Erschöpfung der Erdölschätze bereits in fühlbarer Nähe gerückt, und bei der Wichtigkeit des Erdöls hat man sich auch in den noch mit reichen Erdölschätzen versehenen Regionen mit der Frage beschäftigt, wie lange man unter Annahme einer verhältnismäßigen Steigerung des Bedarfs, wie sie ständig stattfindet, in den einzelnen Erdölgebieten noch auf die Öl-gewinnung rechnen kann. Die Erschöpfung der Öllager mit der der Erschöpfung der Steinkohlenlager gemessen, wird wahrscheinlich eine ungleich raschere sein. So schätzt G. D. Smith, der Direktor der U. S. Geol. Survey, daß in der Union in den letzten 100 Jahren bloß 1 Prozent der Kohlen-vorräte verbraucht worden sei; in 60 Jahren seit 1859 aber etwa 40 Prozent der Ölvorräte ausgebeutet wurden („Petroleum Times“ von 21. Februar 1920). Schon wiederholt ist die Lebensdauer der Ölfelder der Vereinigten Staaten auf etwa ein Jahrhundert geschätzt worden. Wenn auch diese Schätzung wohl zu niedrig ist, so zählt eben doch die Lebensdauer der nordamerikanischen Ölfelder — der größten und wichtigsten Ölfelder der Erde — nicht nach Jahrtausenden, sondern bloß nach Jahrhunderten.

Literatur:

E. Engler — H. Höfer, Handbuch des Erdöls, Verlag Hirzel, Leipzig, 6. Band Nachtrag: Erdölwirtschaft 1919—1925. Ernst Blumer, Die Erdöllagerstätten, Verlag Enke, Stuttgart. S. Potonie, Klassifikation der Kaustobiolithe. (Sitzungsbericht der Preuß. Akad. der Wissenschaften 1908) Berlin. S. Potonie, Zur Frage nach den Urmaterialien der Petroleä. (Jahrbuch der geol. Landesanstalt für 1904) Berlin. S. Potonie — W. Gothan, Die Entstehung der Steinkohle und der Kaustobiolithe überhaupt. 6. Auflage. Gebr. Borntraeger, Berlin. Handwörterbuch der Naturwissenschaften, Verlag Fischer, Jena: 1. Band. Aufsatz: F. Holde, Vitumina. 1. Band. Aufsatz: J. Hoppe, Aliphatische Kohlenwasserstoffe. 1. Band. Aufsatz: J. Hoppe, Kohlenwasserstoffe. Julius Schmidt, Kurzes Lehrbuch der organischen Chemie. 2. Auflage, Verlag Enke, Stuttgart. Em. Kayser, Lehrbuch der allgemeinen Geologie, 1. Band, 6. Auflage, Verlag Enke, Stuttgart.