

Badische Landesbibliothek Karlsruhe

Digitale Sammlung der Badischen Landesbibliothek Karlsruhe

Badische Schulzeitung. 1860-1933 1928

7 (7.7.1928) Die Fortbildungsschule. Monatliche Beilage zur Badischen
Schulzeitung

Die Fortbildungsschule

Monatliche Beilage zur Badischen Schulzeitung.

Nummer 7 ★ Alle für die Beilage bestimmten Einblendungen an Fortbildungsschullehrer Karl Bedt, Karlsruhe, Wehlentstr. 40 ★

Juli 1928

Inhalt: Das Erdöl.

★

Das Erdöl.

J. Fischer, Pfohren.

Die brennbaren organischen Gesteine bilden, wie besonders Potonié in seiner „Klassifikation der Kautobiolithe“ ausführlich dargelegt hat, zwei große Reihen. Die eine Reihe umfaßt als wichtigste Glieder den Torf, die Braunkohle, die Steinkohle und den Anthrazit. Der organische Teil dieser Gesteine besteht, wie uns das Mikroskop zeigt, aus umgewandelten Pflanzenresten. Dieser Teil bildet dementsprechend in chemischer Hinsicht Verbindungen des Kohlenstoffs mit Wasserstoff oder mit Wasserstoff und Sauerstoff. Diese Verbindungen sind Übergangsstufen der aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff, d. h. aus Kohlehydraten bestehenden Pflanzensubstanz zu reinem Kohlenstoff oder Graphit. Die Reihe dieser brennbaren organischen Gesteine führt uns vom Torf über die Braunkohle zur Steinkohle. Wir können diese Reihe Kohlenreihe oder Humusreihe nennen.

Die zweite, nicht weniger wichtige Reihe umfaßt alle übrigen brennbaren Gesteine, die wir mit dem Ausdruck „bituminöse Gesteine“ bezeichnen. Unter Bitumen verstanden die Völker des Altertums Erdöl und Asphalt. Nach anderweitiger Deutung leitete sich der Begriff Bitumen von „pigtumens“ = aufwallendes Pech ab. Handelt es sich um Tiere und echte Wasserpflanzen, unter diesen z. B. ölführende Algen, die sich in chemischer Hinsicht wegen ihres starken Fett- und Proteingehaltes den Tieren nähern, so wird durch die Fäulnis nicht ein so ausgesprochener Inkohlungsvorgang eingeleitet wie das bei pflanzlichen Stoffen der Fall ist, es findet vielmehr eine Bitumierung statt. Es entstehen Produkte — die Bitumina — die wasserstoffreicher sind als die echten Kohlen. Die Materialien, die dem Bitumierungsprozeß unterliegen sind die, welche den Faulschlamm bilden. Unter dem Bitumengehalt eines brennbaren organischen Gesteins verstehen wir seinen Gehalt an destillierbaren Stoffen, deren Menge im Quantum von Teer und brennbarem Gas zum Ausdruck kommt. Wenn auch die Zerlegung da, wo Mangel an Sauerstoff herrscht, sehr weitgehend zurückgehalten wird, so hört doch eine weitere, freilich sehr langsam vor sich gehende Zerlegung selbst dann nicht auf, wenn ein Zugang von Sauerstoff gänzlich ausgeschlossen ist. Dann erfolgt vielmehr eine sehr langsame Selbstzerlegung, die sich der Hauptsache nach durch die Entwicklung von Kohlendioxid und von Methan (Sumpfgas) und durch die Bildung von Wasser zeigt. Diese Zerlegung ist bei der Bitumierung dadurch charakterisiert, daß der Sauerstoffgehalt eines brennbaren Gesteins mehr und mehr abnimmt, der Wasserstoffgehalt jedoch — und das ist die Hauptsache — ständig gleich bleibt. Dadurch entstehen wasserstoffreiche, feste Kohlenwasserstoffe, d. h. Gesteine, die wir als besonders bituminös zu bezeichnen pflegen. Die Inkohlung ist also dadurch von der Bitumierung sehr verschieden, daß bei ersterer nicht nur der Sauerstoffgehalt des Gesteins, sondern auch der Wasserstoffgehalt allmählich abnimmt. Die Reihe der brennbaren Gesteine, die aus der Bitumierung hervorging, nennen wir Kohlenwasserstoffreihe oder Bitumenreihe, der Bezeichnung Potoniés folgend, können wir sie auch die Reihe der Sapropepite — Faulschlamm-Bildung — nennen.

Von diesem chemischen Standpunkt aus kann kurz zusammengefaßt werden: wo Kohlenhydrate überwiegen, entsteht Humus, wo Stoffe, wie Proteine, Fette, Chitin usw. vorherrschen, entsteht Faulschlamm. Die beiden Gesteinsgruppen sind aber keineswegs scharf geschieden, sondern durch Übergänge miteinander verbunden. Die meisten Kohlensteine sind auch bituminös, und vereinzelte bituminöse Gesteine werden einer Kohle ähnlich. Die Endglieder der Bitumenreihe sind die mehr oder weniger reinen Kohlenwasserstoffgemische, die als flüssiges Erdöl oder Petroleum, als Erdgas, als festes schwarzes Erdpech oder Asphalt und als festes gelbes Erdwachs oder Ozokerit in der Erdrinde in großen An-

häufungen gefunden werden. Alle vier Körper sind veränderliche Mischungen zahlreicher verschiedener Kohlenwasserstoffe und enthalten außerdem als untergeordnete Verunreinigungen geringe Mengen von Schwefel, Stickstoff und Sauerstoff. In Bezug auf die Massenhaftigkeit des Vorkommens stehen Erdöl und Erdgas an erster Stelle, dann folgt der Asphalt. Eine verhältnismäßig nur sehr geringe Verbreitung besitzt das Erdwachs.

Als Ole bezeichnet man organische, klebrigfettige Flüssigkeiten, die in Wasser unlöslich und gewöhnlich leichter als Wasser sind, dagegen sich in Alkohol, Äther und Benzin lösen lassen. Sie sind tierischer oder pflanzlicher Herkunft. Um so merkwürdiger mußte es erscheinen, daß man an gewissen Stellen eine klarflüssige Flüssigkeit seit Menschengedenken aus dem Innern der Erde treten sah, die man deshalb als Erdöl, Steinöl oder Petroleum bezeichnete.

Das Erdöl ist ein sehr stark schwankendes Gemenge verschiedener Kohlenwasserstoffe. Die meisten Erdöle enthalten außerdem in geringen Mengen Sauerstoffverbindungen — Erdölsäuren — Stickstoff, Schwefel, Wasser und anorganische Beimengungen. Entsprechend der schwankenden chemischen Zusammensetzung ist auch die physikalische Beschaffenheit der Erdöle sehr mannigfaltig. Das Erdöl ist bald dünnflüssig, bald dickflüssig bis zähflüssig. Die Farbe in durchfallendem Licht kann wasserhell oder gelb sein, ist aber gewöhnlich rotbraun, dunkelbraun bis schwarz. Das Öl ist um so durchsichtiger, je heller die Farbe ist. Der Geruch ist bezeichnend, stechend, aromatisch. Die Dichte schwankt von 0,7 bis 1, ja kann sogar die Dichte des Wassers bis auf 1,02 übersteigen. Bei den hellen durchsichtigen Erdölen ist die Dichte am geringsten und sinkt bei diesen bis auf 0,7. Sie ist am größten bei den teerartigen, schwarzen Ölen. Das Erdöl ist in der Regel leichter als Wasser und um so heller, je geringer seine Dichte. Die Dichte muß auch um so größer sein, je mehr im Öl der leichte Wasserstoff gegenüber dem schweren Kohlenstoff zurücktritt. An der Luft verflüchtigt sich das Erdöl teilweise, so daß es — eben durch Entweichen der wasserstoffreicheren, spezifisch leichteren Bestandteile — dichter, weniger flüssig, endlich zähflüssig und zuletzt fest wird. Viele Öle können auf diese Weise durch Verdunstung und chemische Veränderung in Asphalt übergehen. Die Siedetemperatur schwankt zwischen 74 und 170 Grad, wie Engler durch Proben an Ölen aus verschiedenen Gebieten feststellte. Die durchsichtigen Öle besitzen eine starke Lichtbrechung und fluoreszieren. Die hellen Öle erscheinen daher bei reflektiertem Lichte mit blauem, die dunkeln mit oft starkem, grünem Farbenshiller. Das Erdöl ist über die ganze Erde verbreitet.

Wenn wir die Erdöle nach ihrem spezifischen Gewicht einteilen, so erhalten wir folgende Gruppe:

Sehr leichte Öle	Dichte 0,7—0,8.
Leichte Öle	Dichte 0,8—0,9.
Schwere Öle	Dichte 0,9—1,0.

Untersucht man die Öle für technische Zwecke, so werden deren Bestandteile wieder auf physikalischem Wege, nämlich durch Destillation, in drei Gruppen geschieden, von denen die erste als die am leichtesten flüssige, dem Erdgas am nächsten steht, während die letzte sehr reich an Asphalt ist.

Benzin (Gasolin) verflüchtend von	0—150 Grad.
Kerosin (Leuchtöl) verflüchtend von	150—300 Grad.
Rückstand (Asphalt, Erdwachs) verflüchtend über	300 Grad.

Je nach dem Vorherrschenden der ersten oder dritten Gruppe unterscheidet man leichtflüssige und schwerflüssige Öle. Da der Siedepunkt der Kohlenwasserstoffe mit dem Kohlenstoffgehalt steigt, so ist das flüssige Benzin auch am kohlenstoffärmsten, am wasserstoffreichsten und darum am leichtesten. Der schwerflüssige Rückstand ist am kohlenstoffreichsten, am wasserstoffärmsten und daher spezifisch am schwersten. Die flüchtigen oder benzinreichen Öle sind

daher Leichtöle, die wenig flüchtigen oder rückstandreichen Ole Schweröle. Erstere sind eben reicher am leichten Wasserstoff, letztere reicher an schwerem Kohlenstoff. So wie das Erdgas größtenteils aus Methan (Sumpfgas) besteht, so ist das ihm am nächsten verwandte Benzin noch vorwiegend reich an Kohlenwasserstoffen der Methanreihe. Die benzintreichen Ole, die Leichtöle, sind daher der Mehrzahl nach sogenannte Paraffinöle. Im schwerflüssigen Rückstand treten die Kohlenwasserstoffe der Methanreihe meistens sehr zurück. Ihr Destillationsrückstand stimmt sehr häufig mit dem schon lange bekannten, in der Natur vorkommenden Asphalt überein. Schweröle sind also sogenannte Asphaltöle.

Im Hinblick vorstehender Tatsachen gelangen wir zu einer Einteilung aller Erdölarten in die zwei großen Gruppen: Paraffinöle und Asphaltöle. Die meisten Paraffinöle sind hell und leicht, ausgesprochene Asphaltöle hingegen schwarz und schwer, und falls sie in flüssigen Asphalt übergehen, schwerer als Wasser.

Fassen wir das Erdöl in physikalischer Hinsicht ins Auge, so müssen wir dasselbe als eine Lösung gasförmiger und fester Kohlenwasserstoffe in flüssigen Kohlenwasserstoffen betrachten. Die in der Natur selbständig auftretenden gasförmigen Kohlenwasserstoffe sind reines Erdgas. Die in asphaltreichen Erdölen gelösten, festen, für sich allein auftretenden Bestandteile ergeben den Asphalt, die paraffinreichen Erdöle das Erdwachs.

An zahllosen Stellen entweichen der Erde Gase. Die Gasausströmungen der Erde werden nach zwei Hauptgruppen getrennt. Die erste dieser Gruppen sind jene, die mit vulkanischer Tätigkeit und höheren Gesteinstemperaturen in Verbindung stehen und aus beträchtlichen Tiefen des Erdinneren stammen. Die wichtigsten dieser vulkanischen Gas- und Dampfausströmungen sind Schwefelwasserstoff, Schwefeldioxyd, Wasser, Stickstoff und Kohlenäure. Die zweite Gruppe besteht in den natürlichen Gasquellen, die man in mächtigen Schichten von Sedimentgesteinen, weit entfernt von vulkanischem Boden, antrifft. Sie liefern der Hauptsache nach Schwefelwasserstoff, Kohlenäure und Kohlenwasserstoffe. Während die Kohlenwasserstoffe bei vulkanischen Ausströmungen vollkommen fehlen, spielen sie hier eine große Rolle. Bilden sie doch bisweilen die merkwürdigen „ewigen Feuer“ (Baku) und ziehen dadurch die Aufmerksamkeit des Menschen in hohem Maße auf sich. Diese dem Erdinneren entströmenden gasförmigen Kohlenwasserstoffe bezeichnen wir als Erdgase. Sie sind ein Zweig der großen Familie der natürlichen Kohlenwasserstoffe und stehen mit dem Erdöl hinsichtlich ihrer Zusammensetzung, ihres Vorkommens und ihrer Entstehung in engster Beziehung. Das Erdgas ist also ein Gemisch von verschiedenen gasförmigen Kohlenwasserstoffen. Es enthält aber im Gegensatz zum Erdöl nur eine sehr geringe Zahl von Bestandteilen. Fast immer herrscht das Methan vor und bildet 80, ja sogar 100 Prozent des ganzen Gemenges. Von anderen Gasen können Kohlenäure, Schwefelwasserstoff und geringe Spuren von Sauerstoff vorhanden sein. Das Erdgas ist wie das Erdöl auch über die ganze Erde verbreitet.

Wie das Erdgas mit dem Erdöl durch alle Übergänge verbunden ist, so auch der Asphalt; aber das Erdgas stellt den flüchtigen Teil der natürlichen Kohlenwasserstoffe dar, der Asphalt den festen Rückstand der schweren Asphaltöle. An der Luft geht das Erdöl nach und nach vom flüssigen in den festen Zustand über, es wird zum Erdpech. Auch die Beschaffenheit des Asphalts ist sehr verschieden; denn es handelt sich dabei wie beim Erdöl und beim Erdgas um ein sehr wandelbares mechanisches Gemenge, niemals um einen einheitlichen chemischen Körper. Bei gewöhnlicher Temperatur ist der Asphalt fest. Bei 70—110 Grad geht er in den weichen Zustand über, um dann zu schmelzen. Die Farbe ist braunschwarz bis schwarz. Der Glanz kann sich vom matten bis zum ausgesprochenen Fettglanz steigern. Der Bruch ist meist muschelig. Seine Dichte schwankt zwischen 1—1,2. Der Asphalt kann durch Schwefelkohlenstoff, Chloroform, Benzin und schwere Ole gelöst werden, nicht aber in Wasser, verdünnten Säuren usw. Auch der Asphalt findet sich in allen Erdteilen in reichem Maße vor.

Im selben Verhältnis zum Erdöl steht wie der Asphalt das Erdwachs. Das Erdwachs ist der feste Rückstand der Paraffinöle, so wie der Asphalt den festen Rückstand der Asphaltöle darstellt. Die Bezeichnung Erdwachs rührt daher, daß es sich um einen Körper handelt, der äußerlich dem Wachs ähnelt, der hinsichtlich seiner Zusammensetzung aber ein Gemisch formloser Paraffine darstellt. Das Erdwachs besteht der Hauptsache nach aus den festen Gliedern der Methanreihe und aus sehr geringen Mengen flüssiger und gasförmiger Bestandteile; außerdem wurden geringe Mengen ungesättigter und aromatischer Kohlenwasserstoffe nachgewiesen, sowie harzreiche, sauerstoffhaltige Körper.

Hinsichtlich seiner physikalischen Beschaffenheit ist das Erdwachs salbenartig bis hart und spröde. Die weichen Arten brechen muschelig, die harten körnig. Die Farbe wechselt, ist braun,

hellgelb, grau bis schwarz. Die Dichte schwankt zwischen 0,84 und 0,97. Der Schmelzpunkt zwischen 50—100 Grad. Das Erdwachs ist also stets leichter als das Wasser, im Gegensatz zu den Asphaltölen. Das Erdwachs ist in Erdöl, Benzin, Benzol und Terpentinöl leicht löslich, schwerer jedoch in Äther. Mit dem Gehalt an festen Paraffinen steigt sein Geldwert. Das Erdwachs ist ein seltenes Mineral, im Gegensatz zu der ungeheuren Verbreitung von Erdöl, Erdgas und Asphalt. Das bedeutendste Vorkommen ist das von Borslaw in Galizien; auch in Rumänien, auf der Insel Tschelaken im Kaspischen Meere und im nordamerikanischen Staate Utah kommen bedeutende Mengen dieses Minerals vor. Alle diese Lagerstätten stehen mit sehr paraffinreichen Olen in Verbindung.

Die äußeren Anzeichen der großen unterirdischen Ansammlungen von Erdöl und Erdgas sind in Form von Ölquellen, Asphaltfundstätten, Gasbrunnen, Schlammbrunnen, Salzwasserquellen und Schwefelthermen über die ganze Erdoberfläche verbreitet und weisen überall dasselbe Bild auf, in der gemäßigten Zone wie am Äquator oder in der kalten Zone, im Innern der Festlandsmassen wie an flachen Meeresküsten. Sie bevorzugen in der Regel die Niederungen, sind aber keineswegs darauf beschränkt. In den nordamerikanischen Staaten Utah und Wyoming finden wir sie in 1500—1600 m Höhe. Ausflüsse von Erdöl bezeichnen wir als Ölfontänen, Ölbrunnen, Ölspuren und Ölbrunnen. Nach der Einteilung der Ole in Paraffin- oder Leichtöle und in Asphalt- oder Schweröle können wir die Fundstellen entsprechend in Paraffinölfundstellen einteilen. Obwohl in gewissen Regionen die Paraffinölfundstellen vorherrschen, sind in manchen Ländern beide Arten vorhanden, so in Rumänien, in Britisch-Hindien, im Staate Wyoming usw.

Die Ölfontänen sind klein und unscheinbar. Becken, von 1 m Durchmesser und einem halben Meter Tiefe bildend, findet man sie zuweilen auf Heide- und Steppenboden oder im Dämmerlicht des tropischen Urwaldes. Teils verdunstet ihr Öl, teils durchdringt und bräunt es den Boden ihrer nächsten Umgebung, in gleichem Maße wie es abnimmt, aus der Tiefe nachsickernd. Durch das Nachgraben wird wie bei einer Wasserquelle der Zutritt verstärkt. Schon seit uralten Zeiten sind solche Ölflüsse in Mesopotamien, Hindien, Galizien, Rumänien, im Kaukasus und auf der Halbinsel Apsheron angelegt worden, wo sie sich teilweise bis heute erhalten haben. Liegt der Ausfluß in der Nähe eines Baches oder Flusses, so kann man das Erdöl oft als leichtbewegliches, buntschillerndes Häutchen auf dem Wasser sehen.

Die Ölfontänen sind kaum reine Ölquellen, meist wird das Erdöl von Erdgas begleitet. Letzteres erkennt man dann an den Gasbläschen, die dem angeammelten Öl entweichen. Sehr häufig tritt das Erdöl von Ölfontänen in Verbindung mit Salzwasser auf. Das Öl schwimmt dabei auf dem Salzwasser. Ferner ist Schwefelwasserstoff ein häufiger Begleiter des Erdöls, der sich durch seinen bekannten Geruch nach faulen Eiern bemerkbar macht. Ölfontänen sind an Tone, Mergel, Schieferstone, Tonstiefer und sandige Schieferstone gebunden. Das Öl tritt dabei aus den Absonderungsklüften der Tongesteine oder aus den Poren der Sande. In den Gesteinsschichten aller geologischen Formationen, vom Silur bis in die Gegenwart, finden sich Ölfontänen. Sie sind in manchen Gegenden außerordentlich häufig. In Galizien sind vom Dunajac bis zur bukowinischen Grenze etwa 200, in Rumänien 100 Ölfontänen bekannt. Der Ertrag der Ölfontänen schwankt zwischen einigen Dezilitern bis zu mehreren hundert Litern täglich. Trotz ihrer Kleinheit haben einzelne Ölfontänen als rätselhafte Naturerscheinungen schon sehr frühe eine gewisse Berühmtheit erlangt und ihr Öl wurde gerne zu Heilzwecken verwendet. So z. B. wurde das Öl auf dem Wasser am Ostufer des Tegernsees bei der St. Quirinuskapelle schon im 15. Jahrhundert von den Mönchen des Klosters Tegernsee als Heilmittel gesammelt.

Ein ganz anderes Bild als eine Quelle leichten Paraffinöls bietet uns eine Asphaltquelle. Asphaltöle sind schwerflüssig. Der teerartige, schwarze Rückstand bleibt nahe der Austrittsstelle liegen und erhärtet dort nach und nach unter Entweichung der flüssigen Bestandteile zu festem Asphalt. Der Ausfluß liegt meistens im Mittelpunkte der Ablagerung. Ist die Fundstätte noch tätig, so findet sich daselbst schwerflüssiges, schwarzes Öl, das von einem kegelförmigen erhöhten Zentrum (Miniaturland eines Vulkans) nach allen Seiten abwärts fließt und dabei erhärtet. Der Durchmesser eines solchen Asphaltkegels kann von einigen Dezimetern bis zu mehreren Hunderten von Metern anwachsen und dessen Höhe kann auf 10—30 m steigen. Von manchen Asphaltquellen breiten sich ganze Ströme aus, die über 100 m Länge und 3 m Tiefe erreichen. Sehr oft bilden solche Quellen ganze Gruppen oder Reihen. Sich nebeneinander liegende Asphaltquellen verschmelzen gewöhnlich miteinander, so daß endlich Flächen von gewaltigen Dimensionen vollständig mit Asphalt bedeckt sind, so im Südwesten der Insel Trinidad, bei Bermudez in Venezuela, wo sich mit

„Erdpech“ gefüllte Seen befinden. Wo Quellen unter dem Wasserspiegel von Binnenseen oder im Meere austreten, steigt der Asphalt an die Oberfläche des Wassers. Der seit biblischen Zeiten bekannte Asphalt des Toten Meeres verdankt solchen unterirdischen Quellen seinen Ursprung.

Auch bei den Asphaltölsquellen sind Erdgas, Salzwasser und Schwefelwasserstoff sehr häufig vertreten. Das zähflüssige Asphaltöl läßt die eingeschlossene Gase nur sehr langsam entweichen. Während die Paraffinölsquellen hauptsächlich in Tongesteinen ihren Ursprung haben, sind diejenigen asphaltischer Öle an Sande, Sandsteine und poröse Kalksteine gebunden. Die Ertragnisse der Asphaltölsquellen können ebenfalls von den geringsten Mengen zu mehreren hundert Litern im Tage ansteigen. In Kalifornien finden sich Asphaltölsquellen, deren Tageserträge 2–4 l, aber auch solche von 150 l asphaltischen Öles ergeben. Da die ausgeflossenen Asphaltöle sich nicht verflüchtigen, sondern größtenteils als festes Erdpech rings um die Austrittsstelle liegen bleiben, so sind die Asphaltfundstellen bedeutend ansehnlicher als die Quellen leichter Paraffinöle. Seit den Tagen von Babylon und Ninive haben die Asphaltfundstellen die Aufmerksamkeit der Menschen in hohem Maße auf sich gezogen, und die Benutzung des Asphaltes als Dichtungs- und Einbalsamierungsmittel ist seit der frühesten geschichtlichen Zeit bekannt. Nach den Erzählungen der Bibel hat Noah schon seine Arche gegen die Sintflut mit „Pech“-Asphalt abgedichtet, hat die Mutter des Moses diesen in einen mit Asphalt ausgestrichenen Korbchen dem Nil anvertraut. Die Babylonier benutzten den Asphalt zu ihren Bauten als Mörtel und die Ägypter zum Einbalsamieren der Leichen.

Aus den Asphaltölsquellen bilden sich die ausbeutbaren Asphaltansammlungen, aus ihnen sind auch die merkwürdigen Asphaltseen entstanden. Die bedeutendsten Asphaltfundstätten der Alten Welt liegen in der mesopotamisch-syrisch-kaspischen Region. Ein sehr bedeutendes Asphaltgebiet Asiens ist die Insel Sachalin. Auf der amerikanischen Festlandsmasse folgen die Asphaltfunde der ganzen langen Kette der Cordillieren und Anden von den Aleuten bis Feuerland. Auch die größten Vorkommen der Erde, die Pechseen von Trinidad und Bermudez zu beiden Seiten des Golfes von Paria, im Norden des Orinocodeltas sind dieser Gegend zuzurechnen.

Den meisten Quellen entströmt Erdgas. Der Gasprudel kann sogar stärker werden als die langsam ausfließenden Öltröpfchen. Hört das Erdöl endlich auf zu fließen, so haben wir eine reine Erdgasquelle vor uns. Neben dem Erdgas kommen auch andere Gase vor, besonders Schwefelwasserstoff und Kohlensäure. Die Größe der Erdgasquellen ist sehr großen Schwankungen unterworfen. Von den kleinsten, kaum sichtbar aufsteigenden Bläschen, wie wir sie auch zeitweise als Sumpfgas in den Mooren und Sümpfen aufsteigen sehen, können sie zu den gewaltigsten Sprudeln anwachsen. Unterirdische Gasquellen an der Küste von Baku strömen mit solcher Heftigkeit aus, daß sie selbst Boote zum Kentern bringen. Gasquellen entzünden sich sehr leicht. Ihre leichte Entzündbarkeit hängt eben mit der Kohlenwasserstoffnatur des Erdgases zusammen. In der Bucht von Baku genügte in früherer Zeit ein Kerzenlicht, um an windstillen Tagen Tausende von Quadratmetern in Flammen zu setzen. Es war das aus dem Meeresgrund aufgestiegene Gas, das bei der Entzündung aufflammte und bei Windstille oft tagelang brannte. In manchen Gegenden des Kaukasus benutzten früher die Landbewohner das aus den Erdspalten entweichende Erdgas zum Kochen und zur Beleuchtung. Große Erdgasquellen, die sich im Laufe der Zeiten einmal zufällig entzündeten, sind lange Zeiträume, oft viele Menschenalter hindurch in Brand geblieben. Solche Quellen erschienen der Menschheit als „Feuer, die ewig brennen“, und haben seit den ältesten Zeiten Staunen und Bewunderung erregt. Schon im Altertum waren im südöstlichen Teile Europas, sowie in den vorderasiatischen Ländern solche „ewigen Feuer“ allbekannt und wurden vielfach heilig gehalten. Eine der berühmtesten und längstbekanntesten der brennenden Gasquellen, von denen die älteste Geschichtsschreibung berichtet, ist die der Chimäre in Lykien, die schon Herodot 500 Jahre v. Chr. erwähnt. Diese „ewigen Feuer“, die heute erloschen sind, lagen auf einem 300 m hohen Berge, der heute noch den Namen „Yarnatajch“ d. h. „brennender Felsen“ führt. Die Flammen der Chimäre haben, alten Überlieferungen zufolge, 2–3 Jahrtausende gebrannt. Zahlreiche starke und vielfach brennende Erdgasquellen waren im Altertum im damaligen Achämenidenreich, im heutigen Persien, Mesopotamien und in der Umgebung des Kaspischen Meeres bekannt. Plutarch hat uns Berichte von einer Quelle dauernd brennenden Feuers und einem Pechsee zwischen Ninive und Babylon hinterlassen, welche Ortlichkeit von Alexander dem Großen besucht wurde. Am weißen Turm zu Susa brannte aus 15 Schloten Erdgas. Auch den Griechen und Römern waren in Oberitalien und Albanien ewige Feuer bekannt, die heute nicht

mehr bestehen. Der Reichtum der brennenden Gasquellen hat zum Feuerkultus der Perser geführt. Die Verehrung des Feuers erlangte bei den Bewohnern des Hochlandes von Iran eine ganz besondere Bedeutung. In den Erzählungen der alten Griechen gilt das Feuer bei den Persern als Gott. Der Feuertempel war der Hauptbestandteil der Glaubenslehre des Zarathustra, welche durch ein Jahrtausend hindurch die Staatsreligion der Iranier blieb.

Am meisten haben die ewigen Feuer von Baku die Aufmerksamkeit der Menschen erregt. Bis in unsere Zeit hinein sind die „heiligen Feuer von Baku“ auf der Halbinsel Apsheron am Kaspischen Meere für die in alle Welt zerstreuten Perser ein Wallfahrtsziel geblieben. Die brennenden Quellen stellten den letzten Grundpfeiler des alten persischen Feuerkultus dar.

Die Bohrungen bei Baku, die seit dem Jahre 1903 mit allen neuzeitlichen technischen Hilfsmitteln Gas ausbeuten, trafen unterhalb 100 m Tiefe ungeheuer reiche Gaslager mit Tageserträgen von 50 000–100 000 cbm. Mit der künstlichen Abzapsung der unterirdischen Kohlenwasserstofflager erlöschen natürlich die Feuer an der Erdoberfläche, nachdem sie vielleicht Jahrtausende gebrannt.

Wo Gase bei ihrem Auftrieb nach oben weiche tonige und tonig-sandige Gesteine durchdringen, da weichen die Gase in Vereinigung mit dem sie stets begleitenden Salzwasser oder dem eingedrungene Regenwasser das an und für sich schon weiche Gestein immer mehr auf. Sie verwandeln es in einen weichen Schlamm, der durch ihren Druck nach oben gerissen wird. Schlamm tritt also zusammen mit Gas und Wasser an die Oberfläche und die Austrittsstellen bilden jene schmutziggrauen Schlammgesprudel, Schlammbecken oder Schlammkegel, die an jenen Stellen der Erde zu finden sind, wo Gasquellen ihren Ursprung haben. Schlammgesprudel sind nichts anderes als Gasquellen, bei welchen das Gas von wasserdrückendem Schlamm begleitet ist. Die Mehrzahl der Schlammgesprudel verdanken ihr Entstehen Kohlenwasserstoffgasen. Sie stehen stets mit unterirdischen Erdöl- oder Erdgaslagern in Verbindung und kommen daher als die wichtigsten Anzeichen des Erdöls in Betracht.

Das in einem Schlammkegel auftretende Wasser ist meistens Salzwasser und stammt mit den Gasen aus der Tiefe. Infolge dieser Durchtränkung mit Salzwasser ist der Schlamm besonders in regenarmen Gebieten reich an Salzausblühungen und wird dann selbst schneeweiß durch die Salzkruste.

Alle bis jetzt angeführten Erscheinungen, Quellen, Asphaltseen, Gasprudel, ewige Feuer und Schlammkegel weisen auf das Vorhandensein von Kohlenwasserstoffen im Erdinnern hin. Diese als „Blanzeichen“ geschilderten Erscheinungen sind es auch, die überall zur ersten Entdeckung von unterirdischen Öllagerstätten geführt haben, wie sie seit 70 Jahren in Tiefen von 50 bis 2000 Metern und mehr durch Hunderttausende von Bohrungen in den verschiedensten Ländern und Erdteilen ausgebeutet werden.

Früher glaubte man, daß das Erdöl innerhalb der Erdkruste weite Hohlräume, große unterirdische Höhlen oder Systeme großer Spalten ausfülle. Gewiß kann es einmal vorkommen, daß das Erdöl und seine Verwandten ein System größerer Spalten und Klüfte im Innern der Erde ausfüllen z. B. bei einzelnen östlichen amerikanischen Brunnen, was aber immerhin eine Seltenheit darstellt. Bei den unzähligen Öl- und Gasbohrungen, die bis heute ausgeführt worden sind, kam es äußerst selten vor, daß man das Eindringen des Bohrmeißels in einen größeren Hohlraum beobachtete. Große leere Hohlräume fehlen dem Erdinnern fast vollständig.

Erdöl und Erdgas erfüllen wie das Wasser die winzigen, feinen Poren der Gesteine, deren Gesamtraum ist ungeheuer. „Erdhöhlen“ sind gegenüber den ungeheuren Erdölmengen, die in den feinen Gesteinsporen enthalten sind, von sehr geringer Bedeutung, was auch für das Erdgas gilt. Die Öl- und Gasführung einzelner Gesteinschichten hängt vor allem mit einer wichtigen physikalischen Eigenschaft der Gesteine, mit ihrer Porosität, zusammen.

Die Porosität der Gesteine gibt uns Aufschluß über deren Fassungsvermögen für Öl und Gas.

Aber weite Gebiete unserer Erde sind Sande, Schiefer und Kalke von Bitumen durchtränkt, wobei es sich in der großen Gesamtheit um riesenhafte Mengen handelt. So gewaltig diese Ölschätze auch sein mögen, so sind sie der Ausbeutung in vielen Fällen nicht zugänglich. Am durch Anbohren gewonnen werden zu können, muß das Gestein sie leicht abgeben, auch müssen sie sich in genügender Menge angereichert haben. Dantreichung und Leichtigkeit der Abgabe finden wir bei denjenigen Gesteinen, die das Öl leicht wandern und eben deshalb leicht sich ansammeln, wie abfließen lassen. Diese Gesteine bezeichnen wir als durchlässig. Die Durchlässigkeit ist eine nicht weniger wichtige Eigenschaft der Gesteine als die Porosität.

Die Durchlässigkeit hängt in erster Linie von der Porosität ab; sie steigt und fällt mit dem Porenraum. Je feiner die Poren,

um so mehr nimmt die Durchlässigkeit ab. Grobporige Gesteine sind durchlässig, feinporige dagegen schwer- oder gar undurchlässig. Die Porengröße übt auf die Geschwindigkeit der Strömung einer Flüssigkeit einen sehr starken Einfluß aus. Bei undurchlässigen Gesteinen, z. B. bei Tonen, sind die Poren so winzig klein geworden, daß die Strömungsgeschwindigkeit nahezu oder vollständig sich eingestellt hat. Die Ursache dieser Erscheinung liegt darin, daß infolge der Kleinheit der Poren und Kapillaren die Adhäsion und die innere Reibung derart zunehmen und auf Wanderungen der darin enthaltenen Flüssigkeiten so stark hemmend einwirken, daß dieselben schließlich vollkommen gestaut werden. So wird mit der Verkleinerung der Gesteinsporen der Kreislauf von Flüssigkeiten und Gasen in einem Gestein durch Zunehmen der Adhäsion und inneren Reibung immer schwächer und schwächer und hört endlich ganz auf. Das ist dann die Undurchlässigkeit des Gesteins. Die Grenze zwischen durchlässigen und undurchlässigen Gesteinen ist keine scharfe. Es sind in absolutem Sinne gar keine Gesteine vollkommen undurchlässig, wie es keine Gesteine gibt, die vollkommen durchlässig sind, so daß man also bloß von schwer- und leichtdurchlässigen Gesteinen reden kann. Auch die schwerdurchlässigen Gesteine enthalten in ihren kleinsten, aber dafür um so zahlreicheren Poren Flüssigkeitsmengen eingeschlossen, nur werden diese Flüssigkeiten äußerst schwer abgegeben und ebenso langsam aufgenommen. Als durchlässige Gesteine sind Sande, Sandstein, Konglomerate, Schotter, die meisten Kalke und Dolomite, sowie Kohlen und Torf zu betrachten. Undurchlässige oder schwerdurchlässige Gesteinsmassen treten uns in Tonen, Schiefertönen, Tonstiefeln, Mergeln, Mergelschiefeln, festen porösen, tonigen Kalksteinen, Sandsteinen und Konglomeraten mit reichlichem tonigen Bindemittel entgegen.

Die gewaltige Menge von Ölquellen, Gasbrunnen und anderen Blanzellen sind auf die Regionen sedimentärer Gesteinschichten beschränkt. Den kristallinen Gesteinen fehlen alle Blanzellen, selbst die geringsten, und alle Eruptivgesteine sind völlig ölleer. Wenn die mexikanischen Öllager oft den Massen vulkanischer Gesteine sehr nahe liegen, wenn in Kalifornien Basalte und Grünstein mit ölführenden tertiären Schichten in Verbindung stehen, wenn auf Java und Sumatra, wie in Japan reiche Ölfelder wie gewaltige Vulkane sich finden, so liegen alle diese Vorkommen selbst in sedimentären Gesteinen. Die meisten Öregionen stehen die Vulkanreihe. Die ausgedehnten Ölfelder in der Mitte und im Süden der Vereinigten Staaten von Nordamerika liegen weit entfernt von allen Eruptivgesteinen. Die Ölgebiete von Wyoming, Birma, Baku sind ohne jede Verbindung mit Vulkanherden. Die galzischen und rumänischen Ölfelder liegen alle an der Außenkette der Karpaten, während die russischen Erzfunde gerade auf der Innenseite dieses Kettengebirges beschränkt sind. Auch die Ölgebiete Sumatras und Javas liegen in den nicht vulkanischen Teilen dieser Inseln. Umgekehrt fehlen den ungeheuren Granitmassen von Kanada, Skandinavien und Finnland alle Ölorkommen aber auch vollständig. Der Gehalt an Kohlenwasserstoffen ist für die Schichtgesteine eine hervorragende Eigenschaft. Es gibt kaum auf der Erde eine geologische Formation sedimentärer Gesteinschichten, die nicht irgendwo Erdöl oder Erdgas enthielte. Sedimente jeden geologischen Alters können Kohlenwasserstoffe führen. Das Tertiäre liefert mehr Öl als alle andern geologischen Formationen zusammen. In den letzten Jahrzehnten haben Tertiärschichten über die Hälfte, paläozoische, ramentlich karbonische Schichten etwa ein Drittel der Weltproduktion an Erdöl geliefert, alle andern Formationen treten dagegen sehr zurück. Ölführende Tertiärschichten sind über die ganze Erde verbreitet; die bisher ausgebeuteten paläozoischen Öllager sind dagegen fast ausschließlich auf Amerika beschränkt. Öllagerstätten der Kreideformation sind in den letzten Jahren in Mexiko von großer Wichtigkeit geworden.

Die eigentlichen Ölspeicher, zugleich die Ösammler und Wanderstätten, ausgedehnte, durch Bohrungen ausbeutbare Ölansammlungen sind ausnahmslos grobporige, gutdurchlässige Schichtgesteine, poröse Sande und kavernöse Kalke und Dolomite. Ölansammlungen liefern Petroleum in den nordamerikanischen Staaten Pennsylvania, Illinois, Oklahoma, Kansas und Kalifornien, in Birma, im Kaukasus, in Rumänien und in Galizien. Ölkalke liefern das meiste Petroleum in der Lima-Indiana-Öregion der Staaten Ohio und Indiana, in Louisiana und Texas am Golf von Mexiko, in Mexiko, in Kanada, in Persien und teilweise in Ägypten. Die Menge der aus den Kalken gewonnenen Öls ist aber bedeutend geringer als die aus Sanden stammende. Neun Zehntel des auf der Erde erbohrten Öls entstammen den Sanden.

Sandige Tone und Schiefertone spielen in den Öregionen

ebenfalls eine hervorragende Rolle. Selbst Kieselstiefeln können eine große Verbreitung erlangen in manchen Ölgebieten.

Die eigentlichen Ölschiefer, d. h. diejenigen Tongesteine der Öregion, deren Bitumengehalt so groß ist, daß daraus Petroleum durch Destillation gewonnen werden kann, sind in der Regel sehr feinkörnig, kompakt, zäh und daher schwer zu brechen. Die Farbe der Tongesteine ist in Öregionen infolge des Gehalts anorganischer Substanz meist dunkel, blaugrau, schwarz. Je größer der Gehalt an Bitumen, desto dunkler ist die Farbe.

Leicht bituminöse Gesteine haben in den Sedimenten aller Formationen eine sehr ausgedehnte Verbreitung, besonders in der Form dunkler bis schwarzer Schiefer, die bei starkem Bitumengehalt als sogenannte „Stinkstiefeln“ auffallen. Häufig stehen mit den Stinkstiefeln Ölansammlungen, wie auch bituminöse Kalke, die „Stinkkalke“ in Verbindung. Da sowohl Stinkstiefeln als auch Stinkkalke kein fertiges Öl enthalten, fühlen sie sich nicht fettig an. Ferner läßt sich das Bitumen dieser Gesteine nicht wie das Öl der Ölansammlungen durch ein Lösungsmittel für Kohlenwasserstoffe, wie Äther, Chloroform usw. ausziehen oder gar durch bloßes Auspressen gewinnen. Die organische Substanz der Stinkstiefeln und Stinkkalke läßt sich jedoch durch Zersetzung mittels Erhitzen bei Temperaturen von 200 bis 700 Grad in Kohlenwasserstoffe umwandeln. Diesen Prozeß bezeichnet man als das „Schwelen“. Durch das Schwelen wird der Umwandlungsprozeß zu Ende geführt, den die Natur noch nicht vollendet hat. Auf diese Weise gewinnt man seit langem das Öl aus den weltbekanntesten schottischen Ölschiefern. Ölschiefer, die fertige Kohlenwasserstoffe enthalten, sind von Erdöl und Erdgas meistens vollkommen durchtränkt.

Die Mehrzahl der Fundstellen leichter Paraffinöle sind an Ölschiefer gebunden; aber auch asphaltische Schwerölsandstellen sind sehr zahlreich in Schieferregionen vorhanden. Der pennsylvanische Ohioölschiefer, der kalifornische Montereyölschiefer sowie rumänische Tertiärschiefer sind reich an Ölansammlungen, und immer wieder haben solche Ölansammlungen in Schieferregionen zu Bohrungen Veranlassung gegeben, ohne daß hierbei jedoch die geringsten Resultate erzielt worden wären. Wohl sind die Ölschiefer in Sande, kleinere Ölquellen zu speisen, niemals aber wird es bei ihnen zur Bildung großer Ölansammlungen oder gar zu reichen, spritzenden Brunnen kommen, das ist bei den Ölschiefern infolge ihrer Porenfreiheit ausgeschlossen. Gerade deshalb sind sie dafür reich an kleinen natürlichen Ölquellen; denn diese unbedeutenden, langsamen und stetigen, immer wieder sich erneuernden Ausflüsse werden ja gerade dadurch zur Möglichkeit, daß die Schiefergesteine ihr Öl nur sehr langsam abgeben, darum bleiben sie auch lange Zeiträume hindurch ölführend. Das Öl der Schiefer kann also durch Bohrungen niemals zum raschen Ausfluß gebracht werden, sondern wird durch Destillation in größerem Maße gewonnen. Die Gewinnung des Öls durch trockene Destillation, d. h. durch „Schwelen“ von Ölschiefern wie auch von bitumenreichen Kohlen ist in Europa wie in Amerika, viel älter als die durch Bohrung in den Ölansammlungen oder Ölkalken. Bevor man entdeckt hatte, daß durch einfaches Anbohren reicher Ölansammlungen aus Ölansammlungen und Ölkalken spielend leicht Erdöl gewonnen werden kann, hat man solches aus bituminösen Schiefeln und Kalken durch Erhitzen des Gesteins und nachheriger Kondensation der Destillationsprodukte gewonnen.

Hinsichtlich des Bitumengehaltes kann gesagt werden, daß ein ausbeutungswürdiger Ölschiefer pro Tonne 1 hl Öl liefern soll. Das Schieferöl kann sowohl leichtes Paraffinöl wie schweres Asphaltöl sein. In technischer Hinsicht ist auch der Stickstoffgehalt der Ölschiefer von ganz hervorragender Bedeutung, weil daraus das Ammoniumsulfat, ein ausgezeichnetes Düngesalz, hervorgeht. Dieses Nebenprodukt, das übrigens auch bei der Leuchtgasfabrikation und in den Kokereien gewonnen wird, macht die Ausbeute eines Ölschiefers erst lohnend. So gewinnt man — um einige Beispiele anzuführen — jeweils pro Tonne des schottischen Ölschiefers 1 hl destillierbares Öl und 30—35 kg Ammoniumsulfat, des Albertaölschiefers (Kanada) 1—2 hl destillierbares Öl und 20—30 kg Ammoniumsulfat, des Staunfölschiefers (England) 2—3 hl destillierbares Öl und 30—40 kg Ammoniumsulfat.

Die Mächtigkeit bituminöser Schiefermassen kann von wenigen bis zu über 1000 Meter ansteigen.

Sandsteine und Sande haben in den sedimentären Schichten niemals eine weite Verbreitung und erreichen auch die große Mächtigkeit nicht wie die Tongesteine. Sie treten meistens innerhalb von tonigen Schichtenfolgen auf als untergeordnete Einlagerungen. Fortsetzung folgt!