

Badische Landesbibliothek Karlsruhe

Digitale Sammlung der Badischen Landesbibliothek Karlsruhe

Beiträge zur Kenntnis des Kaukasischen Petroleums

Levin, Ignatz

1886

I. Die Entstehung des Petroleums

[urn:nbn:de:bsz:31-273647](https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:bsz:31-273647)

Die Entstehung des Petroleums.

Die Frage, wie die Entstehung des Petroleums zu erklären ist, kann zur Zeit, obwohl schon viele Geologen und Chemiker sich an der Lösung dieser schwierigen Aufgabe versucht haben, doch noch nicht als endgiltig gelöst betrachtet werden. Allerdings muss zugegeben werden, dass besonders einige der in neuerer Zeit aufgestellten Theorien mit den an vielen Petroleumlagerstätten beobachteten Verhältnissen im Einklang stehen und in diesen Fällen die Bildungsweise dieses merkwürdigen Naturproductes genügend erklären, für andere Verhältnisse hingegen geben auch diese Hypothesen nur einen sehr ungenügenden Aufschluss. Es ist daher nicht unwahrscheinlich, dass das Petroleum und ähnliche Körper ihre Entstehung verschiedenen geognostischen Perioden verdanken.

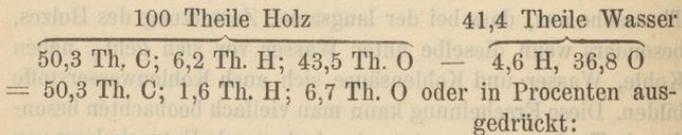
Im Nachfolgenden sollen die wichtigeren der bisher aufgestellten Theorien sowie die Thatsachen, welche sowohl für als auch gegen dieselben sprechen, näher erörtert werden. —

Bischoff¹⁾ als Vertreter der ältesten Theorie geht von der Thatsache aus, dass bei der langsamen Zersetzung des Holzes, besonders wenn dieselbe unter Wasser vor sich geht, neben Kohle, Wasser und Kohlensäure sich auch Kohlenwasserstoffe bilden. Diese Erscheinung kann man vielfach beobachten besonders in Torfmooren, wo stets eine bedeutende Entwicklung von Sumpfgas stattfindet. Auch in Stein- und Braunkohlenlagern, die ja erwiesenermassen pflanzlichen Ursprungs sind, tritt häufig eine Entwicklung von Kohlenwasserstoffen auf. [In

¹⁾ Lehrbuch der chem. und physik. Geologie, pag. 1755.

einigen Fällen hat man sogar ein Hervorsickern von Erdöl beobachtet, welches in einem Kohlenschacht in Schottland so bedeutend war, dass sich die Arbeiter durch Schutzbretter dagegen decken mussten.] Da nun das Petroleum der Hauptsache nach aus Kohlenwasserstoffen zusammengesetzt ist, so lag der Gedanke nicht fern, dasselbe könnte ein durch gewisse Umstände modificirtes Zersetzungsproduct des Holzes sein. — Gegen diese Theorie sprechen jedoch verschiedene Thatsachen. Zunächst besitzt das Holz und in grösserem oder geringerem Masse alle pflanzlichen Stoffe eine chemische Zusammensetzung, welche die Bildung von complicirter zusammengesetzten Kohlenwasserstoffen höchst unwahrscheinlich macht, wenigstens wenn man die Verhältnisse annimmt, unter welchen aus diesen Stoffen Braun- und Steinkohle entstanden sind. Es enthält das Holz nämlich ca. 50,3 % C 6,2 % H und 43,5 % O; die wasserstoffärmste natürlich vorkommende Kohle, der Antracit, enthält ca. 92 % C 3,6 % H und 3,9 % O.

Wir sehen aus diesen Zahlen, dass das Holz soviel als möglich beim Uebergang in Kohle sich seines Sauerstoffs entledigt hat, und zwar tritt der O wie bei den meisten chemischen Zersetzungen als H_2O und erst in zweiter Linie als CO_2 aus. Für die Bildung von höheren Kohlenwasserstoffen ist zu wenig H resp. zu viel O vorhanden, besonders da in der natürlich vorkommenden Kohle stets noch ein beträchtlicher Theil des ursprünglichen H enthalten ist. — Man kann sich die Bildung des Antracits aus dem Holz unter Bildung von Wasser und Kohlensäure auf folgende Weise schematisch darstellen:



85,8 Th. C; 2,8 Th. H; 11,4 Th. O.

Zieht man hiervon noch 11 Theile Kohlensäure:
 = 3 Th. C + 8 Th. O ab, so erhält man als Endproduct:
 82,8 Th. C; 2,8 Th. H; 3,4 Th. O oder procentisch:

93,1 % C; 3,1 % H; 3,8 % O.

Vergleichen wir hiermit die Analysen verschiedener Antracite nach Regnault:

	C	H	O
Pennsylvanien	93,6 %	2,6 %	3,8 %
Wallis	92,7 „	3,4 „	3,9 „
Mayenne	91,6 „	4 „	4,4 „
Herzogenrath	92,3 „	4,3 „	3,4 „

Folglich im Durchschnitt: 92,5 % C, 3,6 % H, 3,9 % O

Hieraus darf geschlossen werden, dass im Grossen und Ganzen bei der Umwandlung von Holz in Kohle kein Kohlenwasserstoff gebildet wird, ja die angeführten Analysen zeigen, dass die Abgabe von O noch mehr auf Kosten des C erfolgt ist, als es obige Rechnung voraussetzt, da thatsächlich im Durchschnitt im Antracit noch mehr Wasserstoff vorhanden ist. Natürlicherweise darf man sich obige Reactionen nicht als nach einander verlaufend vorstellen, vielmehr gehen dieselben stets zu gleicher Zeit und unter Bildung von Zwischenproducten, Braunkohle etc. vor sich, das Endproduct ist jedoch das nämliche. Dass aus dem Holz oder dessen Umwandlungsproducten auch nicht etwa durch den Einfluss einer höheren Temperatur, durch eine Art von Destillation, Petroleum entstanden sein kann, werden wir weiter unten sehen. Das Vorkommen von Petroleum und Petrol ähnlichen Producten in Braun- und Steinkohlenlagern erklärt sich einfach aus dem Umstande, dass in Begleitung der Kohlenflötze häufig bitumenhaltige Schieferthone vorkommen, welche thierische Reste, namentlich solche von Fischen einschliessen.

Dass aus solchen thierischen Resten das Petroleum sich gebildet hat, dass also die Entstehung desselben auf Zersetzung animalischer Reste zurückzuführen ist, hat zuerst Wrigley¹⁾ ausgesprochen. Ihm liegen bei seinen Studien besonders die Verhältnisse in Amerika vor und er zeigt, dass sich in dem ganzen Gebiete der ölführenden Schichten Nordamerikas, dem Devon und Silur, keine Kohlenflötze finden, ja dass mit dem Auftreten von Kohle (Subcarbon und productiver Steinkohlen-

¹⁾ Special Report on the Petroleum of Pennsylvania by Henry E. Wrigley 1875.

formation) das Petroleum verschwindet und dass insbesondere die so bitumenreichen Brandschiefer (Posidonien E. Lias) überaus reich an Resten von Sauriern, Mollusken und Fischen aller Art sind, aus deren organischen Bestandtheilen das Bitumen und das Petroleum entstanden sein können. Andererseits zeigen Schieferthone in nächster Nähe von Kohlenflötzen, obgleich reich an Pflanzenabdrücken, oft kein Bitumen; sie erweisen sich aber stets als bituminös, sobald sie thierische Reste einschliessen.

Gegen diese Theorie von Wrigley kann eigentlich nur der Einwand gemacht werden, dass in den meisten Petroleumsorten Stickstoff nicht oder doch nur in sehr geringen Mengen vorhanden ist. Diese Thatsache erklärt man sich durch die leichte Zersetzlichkeit, Flüchtigkeit und Wasserlöslichkeit der Stickstoffverbindungen, welche sich bei Zersetzung animalischer Stoffe bilden. Man bedenke nur, wie rasch, trotz mancherlei Vorsichtsmassregeln, der Stickstoff aus Fäcalstoffen in Form flüchtiger Verbindungen entweicht, und man wird es nicht wunderbar finden, dass aus animalischen Verwesungsproducten, die nicht allein Gase haben abgeben können, sondern auch der Auswaschung und vielleicht auch chemischen Einwirkung des Meerwassers unterworfen waren, der Stickstoff fast vollständig verschwunden ist.

Die Theorie von Wrigley, dass das Petroleum ein Zersetzungsproduct thierischer Reste ist, wird heutzutage von den meisten Geologen und Chemikern anerkannt. Allerdings hat auch die neue Ansicht Mendelejeffs¹⁾ viele Anhänger gefunden. Mendelejeff nimmt wie auch viele andere Forscher an, dass sich das Petroleum nicht an seiner ursprünglichen Entstehungsstelle vorfindet, dass es vielmehr durch das specifisch schwerere Wasser verdrängt und in den Spalten der Erdrinde in die Höhe gehoben ist. Hierfür spricht die Thatsache, dass da, wo sich das Erdöl in grossen Massen vorfindet, für gewöhnlich Organismenreste (thierische oder pflanzliche) nicht vorgefunden werden; die eigentlichen Entstehungsstellen sind nach Mendelejeffs Ansicht unter den Orten zu suchen, wo das Oel

¹⁾ Ber. d. Dt. ch. Ges. 1877, pag. 229.

jetzt vorkommt. Im Kaukasus kommt es in dem mittleren Tertiär (Miocän), in Pennsylvanien in devonischen und silurischen Schichten vor, die darunter liegenden Schichten können unmöglich so viele thierische oder pflanzliche Reste enthalten, dass daraus die Entstehung einer so grossen Menge Petroleums genügend erklärt wäre. Mendelejeff erklärte deshalb die Entstehung des Petroleums auf eine andere Weise. Er knüpft hierbei an die Laplace'sche Hypothese der Entstehung der Erde an, indem er annimmt, dass der flüssige vorwiegend metallische Kern im Innern der Erde vorzugsweise aus Kohlenstoffeisen bestehe. Dringt nun Wasser von der Erdoberfläche durch Risse auf diese Kohlenstoffmetalle ein, so entstehen bei hohem Druck und hoher Temperatur Metalloxyde und Kohlenwasserstoffe. Die letzteren steigen in Dampfform bis in die kälteren Erdschichten empor, wo sie sich verdichten, indem sie Klüfte und loses Gestein anfüllen. — Man muss zugestehen, dass diese Ansicht das Vorkommen des Petroleums erklärt, jedoch ist dieselbe noch sehr hypothetisch und gründet sich auf wenig positive Thatsachen. — Was den Punkt der Mendelejeff'schen Beweisführung anlangt, dass die Entstehungsstellen des Petroleums unter seinen jetzigen Fundörtern zu suchen seien, so muss man bedenken, dass überall, wo Petroleum vorkommt, stets bedeutende Hebungen und Senkungen der Schichten, ja sogar oft bedeutende Verwerfungen derselben stattgefunden haben, dass vielfach ein Heruntersickern des Petroleums an Gebirgswänden, die z. B. aus Muschelkalk bestehen und ein Hervorquellen an tiefer gelegenen Orten nach Art der artesischen Brunnen beobachtet worden ist, ja selbst an Fundorten, wo an hydrostatische Kräfte nicht zu denken ist, wird das Erdöl oftmals durch den Druck der in ihm vorhandenen Gase nach unten getrieben. Man darf es also keineswegs als erwiesen betrachten, dass das Petroleum seinen Weg in der Erdrinde stets von unten nach oben genommen habe. Vor allem aber müssten sich in den Auswürfen der Vulkane petrolartige Producte vorfinden, da ja hier der von Mendelejeff angenommene Vorgang vor sich geht. Es zeigt sich jedoch gerade hierbei, dass das Wasser gar nicht bis zu der feuerflüssigen Masse gelangen kann, sondern schon vorher in dampfförmigem

Zustande wieder nach der Oberfläche der Erde getrieben wird. Dass man, wie das Mendelejeff annimmt, überhaupt einen dampfförmigen Zustand des Petrols, bevor es sich flüssig in der Erdrinde absetzte, als unwahrscheinlich ansehen muss, werden wir in Nachfolgendem sehen.

— Die bei weitem schwierigere Frage, welche zur Zeit auch noch in ziemliches Dunkel gehüllt ist, ist die, auf welche Weise das Petroleum aus seinen Grundstoffen entstanden ist. —

Bekanntlich gewinnt man aus Braunkohlen, bituminösen Schiefeln und ähnlichen Stoffen durch trockene Destillation ein Mineralöl, welches dem Petroleum ähnlich ist und aus welchem auch Brennöl dargestellt werden. Man glaubte nun lange Zeit, das Petroleum sei nichts anderes als ein auf analoge Weise durch die Hitze des Erdinneren aus organischen Stoffen entstandenes Destillationsproduct, welches tief im Erdinneren erzeugt, in Dampfform in Klüften und Spalten aufgestiegen sei und sich in höheren Schichten condensirt habe. Jedoch erwies sich diese Hypothese als unhaltbar. Denn erstens ist die chemische Zusammensetzung aller auf diese Weise erhaltenen Producte wesentlich verschieden von der Zusammensetzung der bisher entdeckten Petroleumarten, dieselben zeichnen sich namentlich durch einen hohen Gehalt an Paraffin und Sauerstoffverbindungen aus. Zweitens ist aber die Hitze, die zur Erzeugung von Oel aus Braunkohlen und ähnlichen Stoffen nöthig ist, so gross (800° und darüber), dass man die Bildung des Petroleums in einer Tiefe der Erdrinde annehmen müsste, welche überhaupt keine organischen Stoffe noch viel weniger irgend welche Kohlenlager enthalten kann. Endlich müsste bei einer solchen Bildungsweise ebenso wie bei der nach Mendelejeff das in Dampfform aufsteigende Petroleum entsprechend dem verschiedenen Siedepunkte seiner einzelnen Theile sich nach und nach in der Erdrinde in dem Masse als dieselbe nach ihrer Oberfläche immer kälter und kälter wird, condensirt haben, so dass z. B. in einer Tiefe, wo die Erdtemperatur 200° beträgt, nur solche Petroleumproducte zu finden wären, welche ungefähr bei 200° sieden, und dass schliesslich in der Nähe der Erdoberfläche die am leichtesten siedenden Theile sich condensirt hätten. Dem ist jedoch nicht

so. Man kann im Gegentheil constatiren, dass im Allgemeinen die aus grösserer Tiefe gewonnenen Producte ein kleineres specifisches Gewicht und einen niedrigeren Siedepunkt besitzen als die an der Oberfläche der Erde oder in geringerer Tiefe gewonnenen Oele, und dass das auf einem beliebigen Niveau gewonnene Oel aus bei den verschiedensten Temperaturen destillirenden Theilen zusammengesetzt ist.

Man verliess demgemäss diese Hypothese, und indem man sich mehr und mehr der Theorie von Wrigley zuwandte, nahm man an, das Petroleum sei durch Zersetzung aus rein thierischen Stoffen oder doch aus einer Mischung thierischer Reste mit pflanzlichen (Tangen etc.) auf dem Grunde früherer Salzseen entstanden. Jedoch war man sich über die Einzelheiten dieser Vorgänge noch nicht klar und konnte sich namentlich auch die vielen merkwürdigen Erscheinungen, die das Auftreten von Petroleum begleiten: das Vorkommen desselben in einzelnen Schichten, das Fehlen von Petrefacten in denselben, den starken Gasdruck, der in den meisten Petroleumlagern zu bemerken ist etc., noch nicht erklären. Es war bisher auch noch keine Vermuthung geäussert worden, aus was für Thier- oder Pflanzenkörpern das Petroleum entstanden sein könnte. — Erst in neuerer Zeit sprachen sich mehrere Gelehrte und Fachmänner über diese interessanten Punkte eingehender aus. —

In einem in der Versammlung deutscher Geologen in Saarbrücken im Jahre 1881 gehaltenen Vortrage erläuterte Dr. C. Ochsenius die Bedeutung der Mutterlaugensalze als wichtiges Agens in der Natur, welche insbesondere auch bei der Bildung des Petroleums thätig gewesen seien. Auf die hauptsächlichsten Momente dieser Theorie, wie sie auch im Jahre 1882 in der Zeitschrift „Natur“ N. 29 dem allgemeinen Leserkreis zugänglich gemacht wurde, werde ich weiter unten zurückkommen.

Im Jahre 1883 erschien eine besonders in Bezug auf die geologischen und paläontologischen Verhältnisse der Oelfundorte in Deutschland und Galizien interessante Broschüre „Petroleum Central Europa's“ von J. L. Piedboeuf (Berg- und Hütten-Ingenieur Düsseldorf), in welcher auch eine ge-

rade sich an diese geognostischen Verhältnisse anschliessende Erklärung der Bildung des Petroleums gegeben wird. Der Verfasser beweist zunächst, dass das Petroleum in den central-europäischen Fundstellen sich im Trias vorzüglich im Muschelkalk in Amerika in der unteren Kohlenformation, dem Devon und auch noch in dem oberen Silur vorfindet. Alle diese Formationen sind aber charakterisirt durch gewaltige Kalkablagerungen, die bisweilen in einer Mächtigkeit von mehreren hundert Meter entwickelt sind. Die älteren Formationen enthalten die meisten der im Handel vorkommenden Marmorarten, welche unter der Lupe betrachtet krystallinische Partien zeigen, die vielfach durch ihre Structur als aus thierischen Ueberresten hervorgegangen sich kennzeichnen. Diese krystallinischen Theile sind durch ein kalkhaltiges, verschieden gefärbtes Bindemittel verbunden. Der Muschelkalk der Trias zeigt analoge Beschaffenheit, nur sind die organischen Ueberreste, mit denen er angefüllt ist, noch viel auffallender, so dass er ja diesen seinen Namen verdankt. Die Entstehungsweise dieser Kalkschichten sowie der dieselben in beiden Formationen (Kohlen- und Tertiär-Formationen) überlagernden Dolomitbänke bringt Piedboeuf in innigen Zusammenhang mit der Bildung des Petroleums, indem nach seiner Theorie dieses mit jenen völlig gleichzeitig entstanden ist.

Nach der Bildung des Perms und der unteren Trias, also in einer Periode, welche mit der Uebergangszeit zwischen der Bildung des oberen Buntsandstein und des Muschelkalks beginnt, war der Continent wahrscheinlich von salzigen Seen überdeckt, deren Niveau höher lag als das unserer heutigen Meere und deren Ufer vom oberen Buntsandstein gebildet wurden. Dieser enthält bedeutende Mengen von Thonen, welche Gyps und Steinsalzlager einschliessen. Anfangs war die Zusammensetzung des Wassers in diesen Seen wohl eine ähnliche wie die unseres jetzigen Meerwassers; dasselbe enthielt also ausser Chloralkalien noch ziemliche Mengen von Magnesiumchlorid, ferner Calcium und Magnesiumsulfat. Auch das animalische Leben in diesen Seen mag ein ähnliches gewesen sein wie das der heutigen Meere. In den Tiefen hatten sich eigentliche Meeresthiere entwickelt, an den Küsten aber

eine Fauna, wie sie einer geringeren Wassertiefe entspricht, namentlich eine grosse Menge Amphibien oder Saurier. Aus den Excrementen und Cadavern dieser Thierwelt, welche mit thonigem Schlamm vermengt von Flüssen und Bächen nach der Mitte des Sees geführt wurden, häufte sich nach und nach in der Tiefe ein ungeheurer Herd animalischer Stoffe an, welche nur sehr langsam der Zersetzung unterlagen, da bekanntlich Salzlösungen, namentlich Magnesiumlaugen, die Fäulniss ungemein hemmen. Durch Flüsse und Bäche wurden ferner dem See auch noch viele Salze, vorzüglich Gyps, zugeführt, so dass derselbe nach und nach einen ähnlichen Charakter wie das heutige Todte Meer angenommen haben mag, d. h. das Thierleben in der Tiefe erstarb und nur in den weniger salzigen Regionen der Küste konnte sich dasselbe noch längere Zeit erhalten und dem See immer neue Mengen organischer Körper zuführen. Auf dem Grunde des Sees hatte nun schon eine allmähliche Zersetzung begonnen, es hatten sich Ammoniumcarbonat, Kohlensäure und Kohlenwasserstoffe gebildet. Die Kohlensäure konnte zum grössten Theile entweichen. Zum kleineren Theile bildete sie in Verbindung mit dem Ammoniumcarbonat durch Einwirkung auf das Calciumsulfat des nun stark kalkhaltigen Wassers kohlensauren Kalk, welcher sich auf und zwischen den organischen Massen niederschlug. Zu gleicher Zeit bildete sich durch die reducirende Wirkung der faulenden organischen Substanzen aus dem schwefelsauren Kalk Schwefelcalcium, welches sich noch heute vielfach in Petroleumlagern vorfindet. (Ob das Vorkommen von Schwefel in der Nähe von Petroleumlagern auf noch weitere Umsetzungen des Schwefelcalciums zurückzuführen ist, wollen wir dahingestellt sein lassen.) Nachdem auf diese Weise nach und nach der bei weitem grösste Theil des in dem Wasser enthaltenen Kalkes als kohlensaurer Kalk niedergeschlagen war, begann sich auch durch Einwirkung von Ammoniumcarbonat auf die Magnesiumsalze Magnesiumcarbonat auszuschcheiden. Da das Magnesiumcarbonat sich nicht gleich als krystallinischer Niederschlag absetzt, sondern zunächst eine flockige Abscheidung bildet, so hielt diese, verbunden mit dem von oben immer wieder auffallenden Schlamm, viele gasige

Kohlenwasserstoffe zurück, während die Kohlensäure sich stets mit Ammoniak und den Kalksalzen umsetzen konnte. So wurden nach und nach ganze Schichten von kalkigem porösem Gestein gebildet, welche Kohlenwasserstoffe und thonige Massen einschlossen. Als Schlussproduct lagerten sich Dolomite und dolomitische Kalke auf, welche heutzutage den Uebergang zwischen den Bänken des Muschelkalks und denen des Keupers bilden. In dem See war nun auch schon alles animalische Leben erloschen und er setzte bald auf seinem Grunde eine Schicht Steinsalz ab, welche durch ihre Festigkeit jedes weitere Entweichen von Kohlenwasserstoffen verhinderte. Die aus der Zersetzung der thierischen Stoffe resultirenden sehr leicht löslichen Ammoniums Salze sowie die Mutterlaugensalze, welche sich ja auch in Steinsalzlagerstätten nur in vereinzelt Fällen vorfinden, wurden schliesslich fortgespült, erstere mögen sich auch unter Zersetzung in die Luft verflüchtigt haben. Durch diese Entstehungsart des Petroleums erklärt sich nicht allein die Erscheinung, dass die Gesteine, in welchen das Petroleum vorkommt, im Allgemeinen porös sind, sondern auch der ungeheure Druck, den man noch jetzt in vielen Petroleumlagerstätten findet. Nimmt man z. B. an, das Petroleum habe sich in einem Salzwasser von 1,25 Dichtigkeit, in einer Tiefe von 400 m gebildet, so war das Gas einem Druck von 50 Atmosphären unterworfen. Die darüber geschichteten festen Gesteine verhinderten oftmals, dass sich dieser Druck nach der Hebung der Schichten ausgleichen konnte, derselbe wurde vielmehr durch nachträglich erfolgte Zersetzung der organischen Massen noch vergrössert und äussert sich zur Zeit überall da, wo die feste Decke durchbrochen ist. Im Kaspischen Meere nimmt man eine Entwicklung von Kohlenwasserstoffen in solcher Menge wahr, dass man dieselben bei ruhigem Seegang anzünden kann, so dass die Flammen weithin sichtbar sind. Oft treten auch an dieser Stelle solche Mengen von flüssigen und gasförmigen Kohlenwasserstoffverbindungen aus, dass kleine Fahrzeuge umgeworfen werden. Die ursprünglich feste Decke ist eben an dieser Stelle wie an vielen andern gerissen, der Druck kann sich ausgleichen und erzeugt hier gerade die

durch die Verhältnisse bedingten so auffallenden Erscheinungen.¹⁾

In Amerika werden diese Vorgänge, die soeben für die Trias erörtert worden sind, in analoger Weise in einer früheren Periode stattgefunden haben, auch mögen hier andere Thiergattungen das Material für die Petroleumbildung geliefert haben, Umstände, die die Verschiedenheit des amerikanischen Erdöls von dem unseres Continentes erklären.

Man muss zugeben, dass diese Theorie eine Menge Erscheinungen erklärt, namentlich auch die Thatsache, dass das Auftreten von Petroleum stets mit dem von Salzwasser verbunden ist, auch wird die Bildung von Petroleum durch die energische Einwirkung der concentrirten Salzlaugen sowie das Fehlen von Stickstoffverbindungen in demselben erklärlich. Immerhin giebt es aber auch in dieser Erklärungsweise noch verschiedene dunkle Punkte. So lässt es Piedboeuf unerörtert, auf welche Weise in einem Binnensee, der nach und nach den Charakter eines Bittersees annimmt, sich noch so viel organisches Leben entwickeln kann, und die oben gegebene Erklärung, dass an den Küsten, wo Flüsse und Bäche Süßwasser in den See einführen, das organische Leben noch lange fortbestehen kann, während in der Tiefe dasselbe schon erloschen ist, giebt den ganz enormen Quantitäten von Petroleum gegenüber, wie wir sie beispielweise am Kaukasus finden, nur einen ungenügenden Ausweg.

Die schon oben erwähnte Hypothese von Ochsenius, mit welcher die später erschienene von Piedboeuf in vielen Einzelheiten übereinstimmt, basirt zwar auf ähnlichen Beobachtungen, wie sie der Theorie von Piedboeuf zu Grunde liegen, jedoch ist der Gesichtspunkt, von dem beide Ansichten sich entwickelt haben, gänzlich verschieden. Während nach Piedboeuf's Theorie das Petroleum eigentlich in jedem Binnensee bei dem gewöhnlichen Verlaufe der Entwicklung hätte entstehen müssen, so dass sich dasselbe zur Zeit vornehmlich unter

¹⁾ Bei Gelegenheit der im vorigen Herbst unternommenen Studienreise nach dem Kaukasus, auf welcher ich Herrn Hofrath Professor Dr. C. Engler begleitete, haben wir diese merkwürdigen Naturerscheinungen selbst in Augenschein genommen.

Steinsalzlageren oder doch in unmittelbarer Nähe derselben vorfinden müsste, nimmt Ochsenius an, dass aussergewöhnliche, wenn auch nicht gerade selten vorkommende Naturereignisse die Vorbedingungen für die Entstehung von Petroleum aus organischen Körpern geschaffen haben.

Die Theorie von Ochsenius unterscheidet sich principiell von allen andern dadurch, dass in derselben zum ersten Male ein bisher wenig beachtetes Agens eingeführt ist, welches speciell für die Bildung des Petroleums von nicht zu unterschätzender Bedeutung sein mag und auch sonst im Haushalte der Natur vielfach wirksam gewesen sein kann. Es sind dies die Mutterlaugensalze, die wir ja, wie bekannt, in den wenigsten Fällen in den Steinsalzlageren selbst vorfinden, die vielmehr, wie Ochsenius des Näheren beschreibt, vermöge ihrer grösseren Hygroscopicität in Lösung verblieben sind (Ausnahmen: Stassfurt und Kalusz). Als das Steinsalzlager, wie das oft der Fall gewesen ist, durch vulkanische Thätigkeit gehoben wurde, bahnten sich diese Salzlaugen, mit Sand und Schlamm gemischt, ihren Weg unter- oder oberirdisch durch irgend einen Riss der ursprünglich festen Gesteinsmassen nach aussen. Wenn dieselben nun in tiefer liegenden Regionen Buchten erreichten, in denen sich ein üppig vegetirendes organisches Leben, insbesondere eine reich entwickelte Thierwelt vorfand, so wurden mit einem Schlage durch die vergiftenden Wirkungen der Salze, vornehmlich der Magnesiumsalze, alle Organismen in weitem Umkreise getödtet und mit Sand und Schlamm überdeckt. Es mögen nun ähnliche Reactionen eingetreten sein, wie sie schon oben in Piedboeuf's Hypothese entwickelt worden sind, in diesem Falle erhärteten jedoch besonders die Schlammmassen, welche einen sehr bedeutenden Gehalt an Thon aufwiesen, ziemlich schnell zu einer festen Decke und schlossen die grosse Menge der unter ihnen begrabenen Organismen hermetisch von den Einflüssen der Atmosphäre ab. Unter solchen Umständen konnten sich bei der allmäligen Verwesung neben leichteren Kohlenwasserstoffen auch solche von höherem Kohlenstoffgehalt bilden. Das gebildete Erdöl kann nun von seiner ursprünglichen Lagerstelle auf dieselbe Weise wie die Mutterlaugen

selbst nach der Hebung in alle tiefer liegenden Schichten gelangt sein, es kann durch Erhöhung des Grundwasserniveaus zum Theil gehoben worden sein, kann sich in Hohlräumen angesammelt und in Schichten hineingezogen haben, welche ursprünglich absolut gar nicht mit seiner Bildung in Zusammenhang standen. Immerhin kann man jedoch in vielen Fällen annehmen, dass das Erdöl nur theilweise von seiner ursprünglichen Bildungsstelle entfernt worden ist, besonders da, wo die einschliessenden Sandthone dem oft ziemlich dickflüssigen Petroleum genügenden Anhalt gewährten. Auch der Umstand, dass das Petroleum vielfach noch heutzutage unter einer festen Decke einen gewaltigen Druck aufweist (an Stellen, wo an hydrostatische Kräfte nicht zu denken ist), rechtfertigt die Annahme, dass sich das Oel nicht sehr weit von seiner Bildungsstelle entfernt hat, da sonst der ganz enorme Druck Gelegenheit gefunden hätte, sich auszugleichen.

Setzen wir diese Hypothese in Beziehung zu den Verhältnissen, die zur Zeit an den Orten, wo Petroleum sich vorfindet, beobachtet werden, so zeigt sich eine grosse Uebereinstimmung. Zunächst ist die Annahme, dass Muttersalzlagen auf oben beschriebene Weise aus Steinsalzlagern ausgebrochen sind, eine sehr wahrscheinliche. Der Ursprung der so häufig auftretenden Mineralquellen ist allein auf derartige Laugen zurückzuführen und ausgelaugte Steinsalzlager, wie sie Piedboeuf anzunehmen scheint, gehören zu den grössten Seltenheiten. Eine aus Steinsalzlagen entstandene Quelle würde auch eine ganz andere Zusammenstellung der Salze aufweisen. Das Petroleum ist nun thatsächlich stets von Salzwasser begleitet, dessen Zusammensetzung eine grosse Aehnlichkeit mit derjenigen der Muttersalzlagen zeigt, wie solche beim Eindunsten von Salzseen resultiren. Auch das fast gänzliche Fehlen von Petrefacten in den Petroleum führenden Schichten wird durch diese Theorie erklärt, da man annehmen kann, dass die Einwirkung der concentrirten Salzlagen so heftig war, dass es zu einer regelrechten Petrification, wie sie bei blosser Einwirkung von Meerwasser auf organische Körper stets vor sich geht, nicht kommen konnte.

Eine eigenthümliche Naturscheinung ist noch zu er-

wähnen, die besonders auf der Apscheron-Halbinsel in den Gebieten nördlich von Baku bei Balachani zu beobachten ist, und die mit obiger Hypothese sehr in Einklang steht. Es sind dies die sogenannten Schlammvulkane. Dieselben stehen in keinem Zusammenhang mit der ächten vulkanischen Thätigkeit der Erde; sie bilden sich vielmehr in manchen Fällen dadurch, dass durch den ungeheuren Gasdruck, der in den Petroleum führenden Schichten auftritt, gewisse schlammigweiche Schichtengesteine mit Salzwasser und Oel vermennt durch Risse in den darüber liegenden festen Thonen nach der Oberfläche der Erde getrieben werden. Hier entstehen dann niedrige kraterähnliche Schlammkegel, in welchen sich von Zeit zu Zeit die Ausbrüche wiederholen. Jedoch können diese Schlammvulkane auch anderen Vorgängen ihre Entstehung verdanken. Es brechen häufig die über solchen schlammigweichen Schichten lagernden Gesteinsmassen von oben nach unten oder auch seitlich ein und pressen die Schlammmassen mit dem in ihnen enthaltenen Petroleum nach der Oberfläche der Erde. In einigen Fällen entzündeten sich durch die starke Reibung der Schichten die Gase, auch treten häufig Erderschütterungen, Hebungen und Senkungen der Erdoberfläche in Folge dieser Einstürze auf. So war früher die Insel Tscheleken im Kaspischen Meere eine Halbinsel, während sie jetzt vom Festlande vollständig getrennt ist. Wäre keine Senkung der Schichten eingetreten, so müsste sich ihre Halbinselnatur immer mehr verstärkt haben, da ja das Niveau des Kaspischen Meeres immer mehr gesunken ist. Auch ist nachgewiesen worden, dass der Meeresgrund an vielen Stellen eine wesentliche Hebung, an anderen eine Senkung erfahren hat, wobei mehrmals ein Ausbrechen von dunkelgefärbten thonigen Schlammmassen, wie sie auch aus vielen Petroleumbohrlöchern aus der Tiefe hervorquellen, beobachtet wurde. Die Herkunft solcher salzigen Schlamm lager, welche das Einbrechen der Schichten und somit die sogenannten Schlammvulkane ermöglichen, erklärt von allen zur Zeit existirenden Hypothesen nur diejenige von Ochsenius.

Schliesslich will ich noch, da vorliegende Arbeit speciell das Petroleum von Baku zum Gegenstand hat, die geologi-

schen Verhältnisse, unter welchen dasselbe im Kaukasus auftritt, schildern.

Das altberühmte Petroleumgebiet von Baku auf der Halbinsel Apscheron befindet sich am östlichen Ende des Kaukasus, erstreckt sich aber noch mehrere Meilen südlich am Ufer des Kaspischen Meeres entlang. Seine Fortsetzung findet dasselbe in einem submarinen Höhenzug, welcher mit der Insel Tschelekin endet. Die Petroleum führenden Schichten bestehen aus geologisch sehr jungen, thonigen und sandigen Schichten der jüngeren Tertiärperiode, die wohl auch unter dem Begriff des Flysch zusammengefasst, werden, indem man mit diesem Namen die Sandsteine und Schiefer bezeichnet, welche dem Nummulitenkalke übergeordnet sind. In den meisten Fällen findet sich das Erdöl in Erdalten vor, welche den Scheitellinien der Gebirge parallel sind und gegen Südost abfallen, dasselbe ist jedoch keineswegs an die Gesteine ein und derselben Flyschfacies gebunden. Wenn nun auch fast alle diese Schichten mit Oel durchzogen sind, so unterscheidet man doch auf Apscheron hauptsächlich drei oelreiche Sandsteinlagen, deren unterste reich an kieselligen Einlagerungen ist. Namentlich aber tritt die Naphta an solchen Stellen auf, wo durch locale Spalten und Risse das in den verschiedenen Schichten vorhandene Petroleum in einen unterirdischen Behälter zusammenfliessen kann. Deshalb sind gerade an den Stellen, wo starke Faltungs- und Verwerfungserscheinungen die regelmässige Lagerung unterbrochen haben, wo Bruchlinien in den Schichten auftreten, stets erfolgreiche Tiefbohrungen ausgeführt worden. Häufig sind diese weichen Sandsteine und blättrigen Schiefer, in denen sich das Erdöl vorfindet, von sarmatischen und Steppenkalk-Bildungen überlagert, jedoch treten die ölführenden Schichten auch schon in sehr geringer Tiefe auf, so dass die Industrie in Baku vor der Pennsylvaniens den Vorthiel einer viel leichteren und müheloseren Gewinnung des Rohmaterials hat.

Ueberblicken wir zum Schlusse das Gesagte, so ergibt sich, dass man nach den bisherigen Forschungen das Petroleum als ein Product organischer, vorzüglich thierischer Reste anzusehen habe, welches sich in allen geologischen Perioden

gebildet hat. Die Frage, auf welche Weise und durch welche Agentien diese Bildung vor sich gegangen ist, kann nach dem jetzigen Stande der Wissenschaft noch nicht als endgiltig gelöst betrachtet werden, so viel steht jedoch fest, dass die Einwirkung von Salzlösungen bei der Petroleumbildung eine grosse Rolle gespielt hat.

Die Bestandtheile des Petroleums.

Das Petroleum bildet im rohen Zustande eine mehr oder weniger dickflüssige Masse von verschiedenartiger, meist dunkelbrauner bis schwarzbrauner Färbung und ebenfalls verschiedenem specifischem Gewicht. Es besteht aus einem Gemisch der verschiedensten gesättigten und ungesättigten Kohlenwasserstoffe mit geringem und wechselndem Gehalt an Sauerstoff-, Schwefel- und Stickstoff-Verbindungen. Von so grossem Interesse die genaue Kenntniss der Bestandtheile des Petroleums in mancherlei Hinsicht, besonders auch in Rücksicht auf seine Bildungsweise ist, so besitzen wir trotzdem in Folge der Schwierigkeit, die in demselben miteinander gemischten verschiedenartigen Stoffe von einander zu trennen, noch kein vollständiges Bild über seine Zusammensetzung.

Das amerikanische Petroleum ist am eingehendsten untersucht, besonders haben sich Chandler, Pelouze und Cahours, S. C. Deville und später Schorlemmer damit befasst. Dasselbe besteht hauptsächlich aus Grenz-Kohlenwasserstoffen, daher die Eigenschaften dieser Verbindungen auch der Hauptsache nach dem Petroleum zukommen. Ausser den normalen Grenz-Kohlenwasserstoffen wurden in den Destillaten bis 120° auch Isomere derselben gefunden. In geringer Menge beigemischt sind diesen Paraffinen ungesättigte Kohlenwasserstoffe der Zusammensetzung C_nH_{2n} .

Aus der Gruppe der gesättigten Kohlenwasserstoffe sind aus dem amerikanischen Petroleum folgende Einzelverbindungen isolirt¹⁾: Butan, Petan, Hexan, Heptan, Octan, Nonan,

¹⁾ Tumsky, Technolog. d. Napht. Moscou.