

# Ueber das Vorkommen, die Eigenschaften und die Entstehung des Petroleum.

Von Oberlehrer G. Klitzsch.

Wir rechnen zum Mineralreiche eine Anzahl von Körpern, welche aus Kohlenstoff und Kohlenstoffverbindungen hauptsächlich zusammengesetzt sind; und sich in zwei Gruppen scheiden lassen, von denen die erste, die Kohlengruppe, aus Gliedern besteht, welche bei vorwiegendem Kohlenstoffgehalt, wenig Wasserstoff und viel unverbrennliche Aschenbestandteile enthalten, während die Glieder der anderen, die Kohlenwasserstoffe, viel Wasserstoff und nur verschwindende Mengen oder keine Aschenbestandteile aufweisen.

Schon längst kennt man die Natur und den Ursprung der fossilen Kohlen und hat schon längst die Ausbeutung der Kohlenlager betrieben, und es sind diese unterirdischen Schätze für das Menschengeschlecht von so hoher Bedeutung und so grossem Werte, dass ohne sie die menschliche Kultur überhaupt nicht bestehen könnte.

Die anderen der genannten Mineralien, die Kohlenwasserstoffe, hatten bis zur Mitte dieses Jahrhunderts nur wenig Beachtung gefunden; erst als man um diese Zeit entdeckte, dass auch diese Körper in der Erde in grossen Massen vorkommen, und als man erkannte, dass aus diesen Körpern vorzügliches Leuchtmaterial sich gewinnen lasse, zogen sie die allgemeine Aufmerksamkeit auf sich und wurden auch vielfach Gegenstand wissenschaftlicher Forschungen.

Nicht alle brennbaren Körper eignen sich dazu, als Leuchtmaterial zu dienen. Zunächst ist erforderlich, dass ein solcher Körper bei der Verbrennung selbst hinreichende Wärme entwickelt, um fortbrennen zu können, ferner muss er gasförmig sein, oder wenigstens durch die Verbrennung in Gaszustand übergehen, denn nur so kann er mit Licht ausstrahlender Flamme brennen. Ein gasförmiger Körper leuchtet zwar an und für sich sehr wenig, selbst wenn er auf sehr hohe Temperaturen erhitzt wird, wie wir an jeder Wasserstoffflamme sehen können, bringt man jedoch einen festen Körper in das glühende Gas, so wird dieser zur hellen Weissglut erhitzt und strahlt intensives Licht aus. Soll daher ein brennender gasförmiger Körper leuchten, so muss er eine derartige chemische Beschaffenheit haben, dass durch die Verbrennung in der Flamme feste Körperteilchen sich ausscheiden, welche, in glühenden Zustand versetzt, die Lichtquelle bilden. Diese angeführten Eigenschaften finden wir namentlich bei gewissen Kohlenwasserstoffen, welche in der Flamme derartig zersetzt werden, dass, während der Wasserstoff zunächst verbrennt, ein grosser Teil des Kohlenstoffs in fester Gestalt ausgeschieden wird und durch Erglühen die Flamme leuchtend macht.

Alle von uns zu Leuchtzwecken benutzten Körper enthalten daher Kohlenwasserstoffverbindungen fertig gebildet, oder sie enthalten wenigstens Kohlen- und Wasserstoff, welche in Folge der durch die hohe Temperatur der Flamme erfolgten Zersetzung des Leuchtmaterials zu derartigen Verbindungen sich vereinigen und die Flamme speisen, wie die in früherer Zeit ausschliesslich zur Beleuchtung verwendeten tierischen und pflanzlichen Fette, oder Wachs, Walrat und andere.

Die im Mineralreiche vorkommenden Kohlen können nicht direkt zu genanntem Zwecke verwendet werden, weil, obwohl sie mit leuchtender Flamme brennen, sie stets unvollständige Verbrennungsprodukte, in Folge ungenügender Sauerstoffzufuhr ergeben, die gesundheitsschädlich oder sonst störend sind. Erst wenn man die Kohlen ähnlichen Bedingungen aussetzt, wie die sind, welchen die Körper innerhalb einer Flamme unterliegen, wenn man also die Kohlen unter Abschluss der Luft erhitzt, oder, wie man das nennt, der trocknen Destillation unterwirft, so erhält man teils gasförmige, teils flüssige und feste Produkte, welche zur Beleuchtung geeignet sind.

Zuerst stellte man auf diese Weise das Steinkohlenleuchtgas dar. Liess sich das Leuchtgas auch nicht überall einführen, so gab doch die bis dahin ungewohnte Helligkeit des Gaslichtes mächtige Anregung zur weiteren Vervollkommnung des Beleuchtungswesens. Zunächst suchte man die Beleuchtungsapparate zu vervollkommen, und nachdem man hierin erfolgreich gewesen war, auch die bisher gebräuchlichen Leuchtmaterialien durch bessere zu ersetzen. Durch wiederholte Destillation des aus Braunkohle, Torf, Blätterschiefer, Bogheadkohle oder anderen bituminösen Substanzen gewonnenen Teers erhielt man flüssige Kohlenwasserstoffverbindungen, sogenannte Mineralöle, welche in besonders dazu konstruierten Lampen gebrannt, vorzüglich sich bewährten.

Schienen diese Produkte geeignet, die bisher allgemein benutzten Leuchtstoffe zu verdrängen, so sollte doch eine gänzliche Umwandlung des Beleuchtungswesens erst eintreten, als man entdeckte, dass solche flüssige Kohlenwasserstoffverbindungen, wie die künstlichen Mineralöle, in ungeheurer Menge in der Erde natürlich vorkommen; als es gelang, das Erdöl oder Petroleum in grossen Massen zu gewinnen. Liessen sich diese natürlichen Oele auch nicht so, wie sie waren, als Brennöl verwenden, so konnte man doch auf sehr einfache Weise einen Leuchtstoff daraus darstellen, welcher an Leuchtkraft und Billigkeit alle bisher gewonnenen weit in den Schatten stellte, und dessen Vorteile so schnell allgemein anerkannt wurden, dass er in unglaublich kurzer Zeit sich überall Eingang verschaffte, ja einen förmlichen Triumphzug durch die ganze bewohnte Welt antrat. —

Betrachten wir zunächst diese Körper nach ihrer mineralogischen Beschaffenheit, so finden wir, dass das eigentliche Petroleum oder Stein- oder Bergöl eine dünn- bis dickflüssige Substanz bildet, welche farblos oder gelb bis braun, durchsichtig bis durchscheinend sein kann, sich an der Luft verflüchtigt, einen aromatisch bituminösen Geruch besitzt, leicht entzündbar ist und mit leuchtender Flamme brennt. Naphta heisst solches Petroleum, welches wasserhell und sehr flüssig, Steinöl, welches gelb aber noch vollkommen flüssig, und Bergteer, welches gelb bis schwärzlich braun und mehr oder weniger zähflüssig ist.

Es gehören hierher aber, in Folge der ähnlichen chemischen Zusammensetzung, ausser den genannten flüssigen und halbflüssigen noch einige feste Körper.

Der Elaterit (elastisches Erdpech), eine geschmeidige, klebrige, wie Kautschuk elastische, sehr weiche Substanz, welche gelblich oder schwärzlich braun oder rötlich, kantendurchscheinend bis undurchsichtig, stark bituminös riechend ist und Fettglanz besitzt.

Ferner der Ozokerit (Erdwachs, Paraffin), ein amorpher, bisweilen faseriger Körper, mit flach muscheligen, splittrigem Bruch, der weich, geschmeidig, biegsam ist, eine klebrige Beschaffenheit annimmt, wenn man ihn zwischen den Fingern knetet, im reflektierten Lichte lauchgrün bis grünlich braun, im durchfallenden Lichte gelblich braun bis hyazinthrot erscheint, auf muscheligen Bruche stark glänzend, in hohem Grade kantendurchscheinend ist und einen angenehmen aromatischen Geruch besitzt. Er schmilzt sehr leicht zu einer klaren öligen Flüssigkeit, die beim Abkühlen erstarrt, entzündet sich leicht und verbrennt mit heller Flamme, ohne einen Rückstand zu hinterlassen, ist leicht in Terpentinöl, schwer aber in Alkohol und Aether löslich.

Endlich der Asphalt (Erdpech) ist eine pechschwarze durchsichtige Substanz, die, zumal wenn sie gerieben wird, stark bituminösen Geruch besitzt, bei ungefähr 100° schmilzt, sich leicht entzündet, mit hell leuchtender Flamme unter Ausstossung von dickem Rauch verbrennt, und sich zum grössten Teil, mit Hinterlassung eines in Terpentinöl löslichen Rückstandes, in Aether auflöst. — Während die übrigen erwähnten Körper aus Kohlenstoff

und Wasserstoff bestehen, enthält der Asphalt ausser diesen Bestandteilen noch Sauerstoff. Der Asphalt kommt häufig mit dem Erdöl zusammen vor und ist aus diesem durch Aufnahme von Sauerstoff aus der atmosphärischen Luft entstanden. Das Petroleum wird in Berührung mit atmosphärischer Luft erst zähflüssig und schliesslich fest, indem Oxydationsprodukte wie der Asphalt endlich daraus hervorgehen. —

Die Kenntnis der natürlichen Kohlenwasserstoffe stammt durchaus nicht, wie man oft annimmt, erst aus der jüngsten Zeit, wo das Erdöl eine so grosse wirtschaftliche Bedeutung erlangt hat. Schon vor mindestens 4000 Jahren hat man das Steinöl gekannt und auch zu mancherlei Zwecken benutzt. — In den Ruinen von Ninive fand man einen Asphaltmörtel, welcher zum Bauen verwendet und aus Steinöl bereitet war. Nach Herodot benutzte man in Babylon zu dem genannten Zwecke Steinöl, das an den Ufern eines Nebenflüsschens des Euphrat, Namens Is, aus Quellen entsprang, die noch heute existieren. — Im toten Meere fand man den Asphalt seit den ältesten Zeiten und gewann und benutzte ihn zu Bau-, Heiz- und anderen Zwecken. — Herodot erwähnt eine Steinölquelle auf der Insel Zakynthos, und Plutarch erzählt von einer in Flammen stehenden Quelle und einem brennenden Bach in der Nähe von Ekbatana. Plinius und Dioskurides berichten von dem Vorkommen des Erdöles in der Nähe von Agrigent in Sicilien, welches unter dem Namen Siciianisches Oel als Heilmittel gegen verschiedene Krankheiten angewendet wurde und auch als Leuchtstoff benutzt worden sein soll. Bereits im Altertume bekannt war auch das Erdölvorkommen zu Baku am Kaspisee. —

Auch die Steinölvorkommnisse in Nordamerika sind nicht erst in neuerer Zeit entdeckt worden, sondern den ersten Ansiedlern und den Indianern bereits bekannt gewesen. Aus in der Nähe von Titusville in Pennsylvanien aufgefundenen mindestens über 500 Jahre alten Schächten, die bis in die Petroleum führenden Schichten reichen, geht sogar hervor, dass ein vor den Indianern hier wohnendes Kulturvolk das Oel bereits gekannt und zu irgend welchen Zwecken bergmännisch gewonnen hat. — Die Indianer und die ersten Ansiedler benutzten das Erdöl als Heilmittel und schöpften es, wo es natürlich aus der Erde quoll oder auf dem Wasser sich ansammelte, oder legten höchstens flache Gruben an, um die Ansammlung zu befördern. Im Anfange des Jahrhunderts begann man das Oel in grösseren Quantitäten zu gewinnen und auch in den Handel zu bringen, aber benutzt wurde es auch nur als Heilmittel. Zwar stellte man wiederholt auch Versuche an, das Oel als Leuchtstoff zu verwenden, welche aber hauptsächlich wegen der Feuergefährlichkeit des Körpers wieder aufgegeben wurden. Gegen Mitte des Jahrhunderts warf sich die Industrie mit grosser Energie auf die Verbesserung des Beleuchtungswesens; nachdem man die Beleuchtungsapparate auf möglichst hohe Stufe technischer Vollkommenheit gebracht hatte, strebte man nach Herstellung eines billigeren und besseren Leuchtmaterials, als das teure Brennöl. So entstand die Industrie der künstlichen Mineralöle. In England ins Leben gerufen, verbreitete sich diese Industrie von dort aus bald auf den Kontinent, wo namentlich in Deutschland und Oesterreich eine grosse Anzahl von Fabriken sich mit der Darstellung dieser Körper beschäftigten. Auf dem Wiener Markt erscheint 1851 das Mineralöl unter dem Namen Hydrocarbür oder Photogen oder Solaröl.

Zu derselben Zeit sehen wir auch in den vereinigten Staaten Nordamerikas die Mineralölindustrie emporblühen. In den grösseren westlichen Hafenstädten bestehen im Jahre 1860 38 Fabriken mit einer Produktion von jährlich 3180000 Fässern. Als Material zur Darstellung benutzten diese Fabriken Erdpech aus Trinidad und Bogheadkohle aus Schottland, die zu dem Zwecke importiert wurden. Diese Vorläufer des Petroleums hatten ähnliche chemische Zusammensetzung wie dieses und ähnliche Eigenschaften, sie führten zur Konstruktion besonderer für diese Brennstoffe geeigneter Lampen und bereiteten so die Einführung des Petroleums vor.

Verschiedene Versuche, das Petroleum als Leuchtgas zu verwenden, hatten zu keinem Resultate geführt, bis 1857 Professor Silliman zeigte, dass sich durch einfache fraktionierte Destillation aus dem Rohöle ein Raffinat gewinnen lasse, das als ausgezeichnetes Brennöl verwendbar sei. Indess das auf die althergebrachte Weise gesammelte Rohöl vermochte

nicht, den Bedarf zu decken und es beliefen sich die Herstellungskosten zu hoch. Eine ergiebigere und billigere Gewinnungsweise war daher das nächste Erfordernis. Da kam ein gewisser George Bissel auf die Idee, die unterirdischen Petroleumlager mittelst Tiefbohrungen, nach Art der artesischen Brunnen, anzuzapfen. Bei Titusville in Pennsylvanien wurden zuerst Bohrungen angestellt, und nach einigen misslungenen Versuchen erschloss man am 27. August 1859 in einer Tiefe von 22 m eine sechszöllige ölführende Kluft und es entstand so die erste künstliche Oelquelle, welche einen täglichen Ertrag von 1600 Liter lieferte. Nach diesem Ereignis entwickelte sich in unglaublich kurzer Zeit in den Oelgebieten Nordamerikas ein sehr ausgedehnter Oelbergbau. —

Sofort nach dem Beginn der Massengewinnung des Rohöls griffen die Mineralölfabriken Nordamerikas nach dem weitaus billigeren Produkt, um dieses statt der teureren importierten Materialien zu verarbeiten. Das gewonnene vorzügliche Leuchtöl erschien sehr bald auf dem europäischen Markte und verdrängte dort die eben erst eingeführten Mineralöle so rasch, dass die erwähnten Fabriken in Oestreich und Deutschland in ebenso kurzer Zeit, als sie entstanden waren, wieder verschwanden. —

Der unerwartete und rasche Erfolg führte in Amerika sehr bald zu einer riesigen Entwicklung der Oelproduktion. Muss man auch die Thatkraft der Amerikaner bewundern, so lässt sich doch nicht der sinnlose Raubbau und die masslose Verschwendung rechtfertigen, mit welcher die Oelgewinnung betrieben wurde. Einzelne Brunnen lieferten eine tägliche Ausbeute von 5000 hl Oel, ärmere mussten, infolge des durch die masslose Ueberproduktion herbeigeführten Sinkens der Preise aufgelassen werden. Bald sollte sich zeigen, dass nicht, wie man anfangs glaubte, der unterirdische Vorrat unerschöpflich sei, denn die ergiebigsten Brunnen liessen nach einiger Zeit nach und versiegten endlich vollständig. Nach Verlauf von zehn Jahren war überhaupt die ganze obere Petroleumregion Pennsylvaniens gänzlich erschöpft. — Im Jahre 1865 hatte man südlich von Franklin in der unteren Petroleumregion in Pennsylvanien reiche Oelschichten über 1000 Fuss tief erbohrt, welche erst im Jahre 1868 mit grosser Energie in Angriff genommen wurden. — Auch in anderen Staaten Nordamerikas wurde Petroleum aufgefunden, in dem Grenzgebiet zwischen Kentucky und Tennessee, zwischen Ohio und Virginien und ferner in Canada in dem Winkel zwischen Huron und Eriesee in der Grafschaft Enniskillen. — Alle diese letzteren Vorkommnisse stehen weit hinter denen von Pennsylvanien an Bedeutung zurück. —

Nachdem das Hauptölfieber in Nordamerika vorüber war, wendete man auch den Oelvorkommen anderer Länder grössere Aufmerksamkeit zu, und wir sehen sogar an einigen Stellen ein ähnliches Aufblühen der Petroleumindustrie erfolgen, wie in Amerika, wenn auch nur in bescheidenerem Massstabe, so namentlich im Kaukasus, in Galizien und auch im nordwestlichen Deutschland.

Auch in Europa hat man in den ältesten Zeiten das Vorkommen des Oeles schon gekannt, wie die in Oelgegenden gebräuchlichen Ortsbezeichnungen, wie das Galizische Ropa, Ropianca, Ropagora oder die deutschen Ortsnamen Teerberg, Pechgraben, Pechelbronn u. a. beweisen, auch benutzte man schon früh das Oel zu Heilzwecken für Menschen und Tiere, und als Schmieröl für Wagen und Maschinen. Agricola erwähnt in seinem Werke „de natura eorum quae effluunt ex terra“ das Vorkommen des Petroleums im Herzogtum Braunschweig und in Hannover, auch über das Petroleum im Elsass finden sich schon früh literarische Aufzeichnungen. — In Galizien hatten schon vor der Entstehung der Petroleumindustrie in Nordamerika Apotheker und Industrielle aus dem Rohöl Raffinate dargestellt und auch als Leuchtöl in den Handel zu bringen gesucht, aber trotzdem das Produkt das mittlerweile eingeführte Photogen an Leuchtkraft übertraf, gelang es nicht weitere Kreise dafür zu interessieren. Erst durch den Aufschwung der nordamerikanischen Oelgewinnung wird der Anstoss gegeben zur Entwicklung eines Oelbergbaues und einer Oelindustrie, die aber keine grosse Bedeutung erlangt hat, da das produzierte Oel kaum im Inlande mit dem amerikanischen konkurrieren konnte. — Nur die Ozokeritausbeutung zu Boryslaw in Ostgalizien erreichte einen bedeutenderen Umfang, und der dort sich entwickelnde Bergbau erinnete durch seinen Betrieb einigermassen an das Oelfieber in Nordamerika.

Während im Elsass schon seit 1745 Bergbau auf Petroleum und den dasselbe begleitenden Asphalt umgeht und bis auf den heutigen Tag sich erhalten hat, wenn auch die Produktion nicht allzubedeutend ist, hat man die Petroleumvorkommnisse des nordwestlichen Deutschlands erst in der jüngsten Zeit bergmännisch abgebaut.

Zwar wurden diese Vorkommnisse schon oft von zum Teil namhaften Technikern und Geologen wissenschaftlich untersucht, aber diese Untersuchungen führten zu keiner systematischen Ausbeutung, man gewann das Oel nach wie vor, indem man es aus den sogenannten Teerkuhlen, flachen Gruben, von dem Wasser abschöpfte.

Am Ende des 6. Jahrzehnts dieses Jahrhunderts erschien eine Schrift des amerikanischen Prof. Harper „Ueber ein bedeutendes Petroleumlager in Hannover“, welche die Veranlassung zu einer Anzahl von Bohrversuchen an verschiedenen Lokalitäten wurde, ohne dass sich zunächst bemerkenswerte Resultate gezeigt hätten. — Gegen Ende der 70er Jahre entwickelte sich in der Nähe von Odesse, an einer Lokalität, welche man mit dem Namen Oelheim bezeichnete, eine intensivere Bohrthätigkeit, und als man im Jahre 1881 eine ergiebige Quelle auffand, entstanden eine Anzahl Unternehmungen, die von Gesellschaften und Einzelnen ins Leben gerufen wurden, und zu Oelheim und an anderen Orten Oelbergbau begannen. Die Unternehmungen waren aber meistens nicht von Erfolg, vielmehr sind nur zwei wirklich produktiv gewesen. —

Bedeutender entwickelte sich die Oelproduktion in Russland, wo namentlich am Kaukasus ergiebige Oelquellen erbohrt wurden und ein sehr umfangreicher Bergbau auch betrieben wird. Anfangs versorgte der Kaukasus nur das russische Reich mit Oel, neuerdings wird jedoch auch russisches Petroleum in westliche Länder ausgeführt. —

Das Petroleum ist ein auf der Erde sehr verbreiteter Körper, es ist in allen Weltteilen aufgefunden worden; nicht überall aber tritt es in solcher Menge auf, dass ein Abbau lohnend wäre, nicht überall auch sind die Vorkommnisse hinreichend genau untersucht, als dass man über ihre geologische Beschaffenheit sich ein genaues Bild machen könnte. — Die genaue geologische Kenntniss der Petroleumlagerstätten ist nur in solchen Gebieten möglich, wo hinreichende Aufschlüsse einen Einblick in den Bau der Schichten gestatten, also hauptsächlich in solchen Gebieten, die durch Oelreichtum wirtschaftliche Bedeutung haben, wo infolgedessen durch den Oelbergbau Schächte und Bohrlöcher an möglichst viel Stellen angelegt worden sind. — Die geologisch am meisten bekannten Vorkommen sind, ausser den amerikanischen, die galizischen, die kaukasischen und namentlich auch die deutschen. —

Wir beginnen mit dem, welches am längsten bekannt, und auch von amerikanischen und deutschen Geologen genau erforscht ist, mit dem Petroleumgebiet von Nordamerika.

Was zunächst die geographische Ausdehnung des nordamerikanischen Petroleumgebietes anbelangt, so erstreckt sich dasselbe über die Staaten Pennsylvanien, Ohio, Westvirginien, Kentucky-Tennessee, und denjenigen Teil Canadas, welcher zwischen Erie- und Huronsee gelegen ist, die Grafschaft Enniskillen. Ferner findet sich Petroleum auch auf dem rechten Ufer der Mündung des Lawrencestromes an dem Kap und der Bay von Gaspé. Ausser dem Vorkommnis von Gaspé liegen alle westlich von dem Aleghanygebirge, welches sich von SW. nach NO. erstreckt. Westlich von dem Faltensystem des Gebirges liegt das Petroleumgebiet in einem Plateaulande, wo die Schichten eine fast horizontale Lagerung haben, und wo bedeutende Niveauunterschiede nur da sind, wo solche durch die Erosion der Flüsse hervorgerufen wurden.

Die Petroleum führenden Schichten Nordamerikas gehören der paläozoischen Formationsgruppe und zwar namentlich dem Devon an. Die Schichten wurden hier von dem amerikanischen Geologen Dana in folgende von oben nach unten eingeteilt.

- 1) Steinkohlenformation.
- 2) Devon:
  - a) Catskill
  - b) Chemung
  - c) Hamilton
  - d) Corniferous.

## 3) Silur:

## A) Oberer Silur

- a) Oriskany
- b) Lower Heldenberg
- c) Salina
- d) Niagara

## B) Unterer Silur

- a) Trenton
- b) Canadian
- c) Primordial (Cambrian)

## 4) Huron und Laurentian.

Denken wir uns von Pittsburg aus nach Port Stanley, am Eriesee in NNW. Richtung einen vertikalen Durchschnitt durch die Schichten gelegt, so trifft dieser ungefähr die pennsylvanische und die canadische Oelregion. Die Schichten sind hier fast horizontal gelagert und nur ganz sanft, fast unmerklich geneigt. Das Liegende der Schichten bildet die sogenannte Corniferousgruppe, welche vorwiegend aus Kalksteinen besteht, in denen Hornstein-einlagerungen sich befinden, von denen wahrscheinlich der Name Corniferous stammt. Die Kalke enthalten häufig Korallenreste, deren Zellen oftmals mit Erdöl oder Asphalt erfüllt sind, und bilden in Canada die ölführenden Schichten.

Ueber der Corniferousgruppe lagern die Hamiltonschichten, welche aus schwarzen, grauen, bituminösen Schiefen mit untergeordneten Einlagerungen von Mergeln bestehen, arm an Petrefakten aber reich an Fischzähnen sind. Diese Schichten wurden bis zu einer Mächtigkeit von 366 m durchsunken, wobei sich zeigte, dass sie namentlich im Hangenden viel Gase aber kein Petroleum enthalten.

Die Hamiltonschichten ferner werden überlagert von denen der Chemunggruppe, welche aus Schiefen und Schieferthonen, Sandsteinen, und Conglomeraten zusammengesetzt erscheint, von denen die letzteren in Pennsylvanien vorwiegend Petroleum führen. —

Die Chemungschichten treten südlich vom Eriesee diesem parallel zu Tage, erstrecken sich östlich bis zum Hudson river und nehmen gegen SW, am Aufbau des Alleghanygebirges Teil. — In der Petroleumregion ist die Chemunggruppe das Hangende der Devonformation und wird hier überlagert von dem Subkarbon, welches aus braunen und schwarzen an Fucoiden reichen Schiefen besteht, mit Einlagerungen von Sandsteinen und Kalkbänken, und an einigen Stellen kleine unbedeutende Steinkohlenflötzen enthält, während die darüber abgelagerte jüngere produktive Steinkohlenformation hingegen sehr reich an bedeutenden Steinkohlenflötzen ist. Die Oelschichten Kanadas sind, wie hieraus hervorgeht, nicht mit den pennsylvanischen identisch, sie liegen unter letzteren, sind also älter; beide Schichtengruppen sind durch die bituminösen Schiefer der Hamiltongruppe von einander getrennt. Um das Oel in Pennsylvanien zu erbohren, muss man die Schichten des Carbons und die des darunter liegenden Subcarbons durchsinken und erreicht unter diesen die Oel führenden Schichten der Chemunggruppe. In den schwarzen Thonen und Schiefen dieser Gruppe finden sich Einlagerungen von Sanden, Sandsteinen und Conglomeraten, von denen namentlich die letzteren und die grobkörnigsten Sande das Oel in grösserer Menge enthalten, so dass Bohrungen nur dann ein befriedigendes Resultat ergeben, wenn man einen solchen Oelsand dabei antrifft. — Diese Sandschichten erstrecken sich nicht in ununterbrochener Ausdehnung durch die ganze Oelregion, sondern sie keilen sich nach allen Richtungen aus, bilden also linsenförmige Zwischenlagerungen. In der Mitte haben diese Linsen die grösste Mächtigkeit und den grössten Oelreichtum und ihre Hauptstreckung ist von SSW. nach NNO. gerichtet. Man findet mehrere über einander liegende Oelsande; so unterschied man am Oil Creek deren drei von verschiedener Mächtigkeit und Tiefe, von denen die oberen beiden weniger und dunkle, schwere Oele führen, der untere aber, der ölreichste, durch lichter gefärbtes, dünnflüssigeres, an leichteren Kohlenwasserstoffen reicheres Petroleum ausgezeichnet war. —

Auch anderwärts fand man mehrere solche Oelsande in verschiedenen Tiefen, deren horizontale Begrenzung aber nicht über einander fällt, und die auch in keinem Zusammenhang stehen, so dass der Versuch einer allgemeinen Dreiteilung und Identifizierung der Oelsande sich daher nicht hat durchführen lassen. — Die Petroleumregion Pennsylvaniens nimmt einen Raum von 8000 qkm ein, wovon etwa der 10. Teil produktiv ist. — Man unterscheidet hier zwei Oelregionen, eine obere, welche markiert wird durch die Städte Titusville, Oilcity, Petroleumcentre, Tideout, Pleasantville, die ziemlich genau in einer geraden Linie liegen, und eine untere, östlich von der ersteren gelegene, welche ebenfalls in einer geraden Linie sich erstreckt, an welcher die Städte Lawrenceburg und Petrolia liegen. Beide Linien sind annähernd genau parallel und fallen in ihrer Richtung zusammen mit der Hauptstreichungslinie des Alleghanygebirges. — Man hat solche Linien, die, wie wir sehen werden, auch in anderen Gebieten vorkommen, kurzweg Oellinien genannt.

Ausser dem Rohöl enthalten die Petroleumschichten auch Oelgase, welche mit dem Oele zusammen oder auch ohne dieses auftreten. Man traf auf Gase nicht nur in den verschiedenen Schichten der Chemunggruppe namentlich im Hauptölsand, sondern auch aus den Hamiltonschiefern drangen solche hervor, wie bei Dunkirk am Eriesee. Oft entströmten den Bohrlöchern Gasmassen in riesigen Quantitäten und unter so bedeutendem Druck, dass man das Gas als motorische Kraft benutzen konnte. Nicht nur an dem Orte der Ausströmung wurden die Gase als Leucht- und Heizmaterial, namentlich zu metallurgischen Prozessen verwendet, sondern man leitete sie auch in eisernen Röhren auf weite Entfernungen fort. Welch riesige Gasquantitäten unterirdisch angesammelt sein müssen, geht daraus hervor, dass aus einzelnen Brunnen das Gas ununterbrochen viele Jahre hindurch ausströmte, ohne dass eine Abnahme der Gasmenge zu bemerken gewesen wäre. — Da grössere Hohlräume in den Hamiltonschiefern nicht nachgewiesen worden sind, so muss man annehmen, dass die Gase in den porösen Schichten und auf kleineren Klüften, wie das Grubengas der Kohlenlager, unter sehr hoher Spannung sich angesammelt befinden. Wird eine solche Gas enthaltende Schicht angebohrt, so dringen die Gase mit einer ihrer Spannung entsprechenden Kraft nach oben. Erfüllen die Gase ein unterirdisches Oelreservoir, so entsteht, wenn dieses durch ein Bohrloch mit der Oberfläche in Verbindung gesetzt wird, eine sogenannte Springquelle (flowing well). Durch den Druck des Gases wird das Oel in dem Bohrloche emporgetrieben, so dass es oft in mächtigem Strahle bis zu bedeutender Höhe fontainenartig emporspringt. Ein solcher überfliessender Brunnen ist so lange in Thätigkeit, bis der Druck der Oelsäule in dem Bohrloche der Spannung des Gases im Reservoir das Gleichgewicht hält. Bei einer Tiefe von 1500 Fuss fand in einem Bohrloche, welches mit Oel von 0,8 spezifischem Gewicht erfüllt war, eine Spannung des Gases statt von 31,7 Atmosphären; es musste also beim Ueberfliessen des Oeles der Druck ein noch höherer sein. Viele der übersprudelnden Quellen sind intermittierende, welche nur von Zeit zu Zeit in regelmässigen Zwischenpausen springen. Ein solcher Brunnen war der von Lady Hunter in der Nähe von Petrolia City, der nach jedesmal halbstündiger Ruhepause einen Oelstrahl von 80 m Höhe in die Luft steigen liess und in den ersten Tagen nach seiner Entstehung einen täglichen Ertrag von über 4000 hl Rohöl gegeben haben soll. — Dieses Phänomen erklärt sich folgendermassen: ähnlich wie bei den Geysirs füllt sich der Eruptionskanal, nachdem das Oel durch eine Eruption hinausgetrieben ist, durch seitlichen Zufluss aus den ölgetränkten Schichten von neuem; anfangs kann das Gas in Blasen entweichen, hat sich aber eine genügende Menge Oel gesammelt, so wird nun die ganze Oelsäule durch das aufstrebende Gas emporgehoben, es entsteht eine neue Eruption, nach welcher wieder Ruhe eintritt.

Das Zusammenvorkommen der Gase mit dem Oele weist auf den genetischen Zusammenhang beider Körper hin, vielleicht ist vor der Entstehung der „flowing wells“ die grösste Menge des Gases in dem Oele aufgelöst und wirkt beim Oeffnen eines Oelreservoirs etwa wie die Kohlensäure in kohlensäurehaltigem Wasser in den sogenannten Siphons.

Die chemische Untersuchung der Gase ergab, dass diese aus 60—90% Grubengas (leichtes Kohlenwasserstoffgas  $\text{CH}_4$ ), aus Aethylen ( $\text{C}_2\text{H}_4$ ), Wasserstoff und geringen Mengen von Kohlenoxyd, Kohlensäure, Stick- und Sauerstoff bestehen. — Bemerkenswert ist hier der

bedeutende Gehalt an Wasserstoff (6,1—22,5%), während in dem sogenannten Grubengase der Steinkohlenlager solcher nicht auftritt. Die Leuchtkraft der Petroleumgase ist meist weit geringer als die des Steinkohlenleuchtgases, was auf den zu geringen Gehalt an Aethylen und anderen schwereren Kohlenwasserstoffen zurückzuführen ist. —

Das Petroleumgebiet von Enniskillen in Canada hat nur eine Ausdehnung von 28,59 qkl. Hier bilden die Oberfläche bläuliche, diluviale Thone, welche eine Mächtigkeit von 36 m durchschnittlich haben, unter diesen lagern die Corniferouskalke unmittelbar, oder es folgen erst die Hamiltonschiefer in geringer Mächtigkeit. Das Petroleum findet sich teilweise hier an der Grenze der diluvialen und paläozoischen Schichten in geringer Tiefe und wird hier aus den sogenannten surface wells (Oberflächenbrunnen) in oft nicht unbedeutenden Mengen gewonnen. Von viel bedeutenderem Ertrage sind jedoch die Brunnen, durch welche das Oel aus den untersten Kalksteinen der Corniferousgruppe gewonnen wird, denn in diesen Schichten sind die eigentlichen Lagerstätten des Petroleums, während das ersterwähnte, aus den Corniferouskalken aufsteigend, sich an der Grenze der paläozoischen und diluvialen Schichten angesammelt hat.

Auch Springquellen wurden in Canada erböhrt, wenn auch seltener als in Pennsylvanien. Diese Brunnen blieben in der Regel nicht lange in Thätigkeit, warfen nicht selten mit dem Rohöl auch Wasser aus, bei tieferen Bohrungen auch salzhaltiges Wasser, zuweilen anfangs nur Petroleum, später nur Wasser. Es ist wahrscheinlich, dass die Oelreservoir mit dem Oberflächen-Wasser der Seen in Verbindung stehen, da die Corniferousschichten in den Seebecken erodiert sind. Ist dies der Fall, dann sind die Springquellen hier auf das Prinzip des Ueberdrucks in kommunizierenden Gefäßen zurückzuführen. Es wird dies noch dadurch wahrscheinlich, dass Gasbrunnen wie in Pennsylvanien in Canada vollständig fehlen. Das Rohöl von Canada gilt im allgemeinen als weniger gut als das pennsylvanische; es ist schwerer, also reicher an schweren Kohlenwasserstoffen, auch besitzt es einen sehr unangenehmen Geruch, welcher von schwefelhaltigen Beimengungen herrührt.

Das Petroleum von Gaspé hat eine wirtschaftliche Bedeutung nicht, ist aber wissenschaftlich dadurch merkwürdig, dass es in noch älteren Schichten auftritt, als das von Enniskillen. Es findet sich das Oel nämlich dort in Kalksteinen der Lower Heldenberggruppe, die zu dem Obersilur gehört, und ebenso in einem Sandstein der Oriskanygruppe, die gleichfalls obersilurisch ist. Dieser Sandstein wird gangförmig von einem Diorit durchsetzt, welcher in mandelförmigen Hohlräumen das Petroleum eingeschlossen enthält. — Auf der Insel Manituline ist Erdpech und Petroleum im Untersilur angetroffen, in der sogenannten Trentongruppe, welches die ältesten Schichten sind, in denen bis jetzt das Oel überhaupt gefunden worden ist. An der letztgenannten Stelle zeigten sich häufig Versteinerungen von Orthoceratiten, die in Hohlräumen Erdwachs und Petroleum enthielten.

In Nord- und Südohio und in Westvirginien findet sich die Hauptmenge des Oeles nicht an eine bestimmte Formation gebunden, sondern tritt, auch ohne Rücksicht auf den petrographischen Charakter des Gesteins, in Spalten auf, an dem Rücken von Antiklinalen. Bohrungen führen hier nur dann zu einem günstigen Ergebnis, wenn sie auf dem Rücken der Schichtensättel angesetzt sind, da nur hier die Spalten, welche als Oelreservoir dienen, auftreten.

Die Schichten sind hier so sanft gewellt, dass ihre Neigung oft fast unmerklich und nur durch genaue geodätische Messungen festzustellen ist. An Stellen, wo die Schichten steil aufgerichtet sind, wie im Alleghanygebirge, findet man höchstens ein spurenweises Auftreten von Oel, während die Spalten der Schichtensättel sanft gewellter Schichten grossen Reichtum zeigen.

Dieses bemerkenswerte Vorkommen des Oeles an den Antiklinallinien ist auch in Canada beobachtet worden und wenigstens für die genauer studierten Vorkommen von Enniskillen und Gaspé unzweifelhaft festgestellt.

Die Hauptpetroleumgebiete Ohios fallen in die Fortsetzung der oben erwähnten Linien in Pennsylvanien, welche die Hauptfundpunkte dort verbinden. Diese Uebereinstimmung und der Parallelismus mit dem Hauptstreichen des östlich vorliegenden Alleghany-

gebirges, und auch mit östlich von letzterem sich erstreckenden Terrainfalten, deuten, wie Höfer besonders hervorhebt, darauf hin, dass auch die Oellinien Pennsylvaniens den sanften Antiklinalen des nach W. sich verflachenden Faltensystems der Alleghany entsprechen. —

Nächst den amerikanischen sind die bedeutendsten Oelvorkommnisse die des Kaukasus, welchen wir uns jetzt zuwenden wollen.

Die kaukasischen Oelregionen liegen nördlich und südlich von der Gebirgskette und sind dem Hauptstreichen des Gebirges parallel.

Die erste Zone beginnt auf der Halbinsel Kertsch am schwarzen Meere, setzt sich von da über die Halbinsel Taman und den Kubanfluss parallel dem Kaukasus nach Osten zu fort bis Baku am Kaspisee und lässt sich verfolgen bis zu der am östlichen Ufer genannten Sees gelegenen Insel Tscheleken. Diese Insel liegt in der Verlängerung des Hauptgebirgszuges des Kaukasus und ist mit der Halbinsel Apscheron durch unterseeische Felsen verbunden.

Die zweite Zone liegt am Südabhange des Kaukasus und erstreckt sich von der Halbinsel Apscheron bis nach Tiflis und Kutais.

In Nordamerika floss das Oel aus sehr alten Schichten hervor, im Kaukasusgebiet finden wir es in weit jüngeren Gliedern der geologischen Formationsreihe, wie dies auch der Fall ist bei den übrigen noch zu besprechenden Gebieten.

Die Insel Tscheleken, auf welcher das Petroleum auftritt, besteht aus Schichten des oberen Tertiärs. Das Oel wird hier oft in Begleitung von salzigen Wassern gefunden und kam auch an einer Stelle als Springquelle zu Tage. Neben dem Erdöl drangen auch bedeutende Mengen von Oelgasen aus der Tiefe hervor, und ferner fand man auch Ozokerit, welcher kleine Nester in sandigen Thonschichten bildete.

Das bedeutendste Gebiet, welches auch am meisten ausgebeutet wird, ist das auf der Halbinsel Apscheron. Die Schichten, aus welchen die Halbinsel besteht, sind tertiäre Gebilde. Das Hangende bilden sogenannte Congerenschichten des Pliocäns, welche aus muschelhaltigen Kalksteinen und weichen, thonigen Sandsteinen und Thonen bestehen und eine ganz horizontale Lagerung haben. Diese Schichten werden unterlagert von Miocängebilden, die aus thonigen Mergeln und oolithischen Kalksteinen mit zahlreichen Foraminiferen bestehen, in ihrer Lagerung gestört erscheinen und zuweilen starkes Einfallen zeigen. In diesem Gebiete tritt das Erdöl oft von Kohlenwasserstoff- und schwefelhaltigen Gasen begleitet auf, und oft fließt mit dem Oele stark salzhaltiges Wasser hervor. Der Boden erscheint hier förmlich von Oel durchdrungen, so dass trotz der langjährigen intensiven Ausbeutung eine Abnahme der unterirdischen Schätze noch nicht zu bemerken gewesen ist. —

Wie in Nordamerika die Oelsande die Hauptmasse des Oeles in gewissen Schichten enthielten, so sind auch hier die eingelagerten Sandsteine von Oel am reichsten erfüllt und man unterscheidet hier gleichfalls mehrere über einander liegende durch thonige Schichten getrennte Sande. Das Oel findet sich meist bereits in geringer Tiefe 10—40 m unter der Oberfläche, während es in Nordamerika meist erst in grösseren Teufen erreicht wurde. —

Das hier auftretende Oel ist meist schwerer und an Paraffin reicher als das amerikanische. Die schwersten Oele besitzen eine bräunliche bis schwarze Farbe, dünnflüssigere leichtere erscheinen olivengrün, doch kommt auch sogenannte weisse Naphta vor, ein leichtflüssiges aus flüchtigen Bestandteilen bestehendes Oel von der Farbe und Klarheit weissen Weins. Die ergiebigsten Quellen finden sich in der Nähe von Balachany, wo das Oel in einer Tiefe von 30 m bereits angetroffen und eine solche von 100 m nicht überschritten wurde. Auch Springquellen von ähnlich reichem Ertrage wie in Nordamerika wurden hier erbohrt. An Stellen, wo das Oel natürlich zu Tage trat, verdickte sich dasselbe zu schwarzen, teigigen Massen, die oft ziemlich bedeutende Ablagerungen bildeten, und hier mit dem Namen Kir bezeichnet werden.

Bemerkenswert sind auch die Exhalationen von brennbaren Kohlenwasserstoffen, welche besonders in dem Bezirke von Szurachany angetroffen werden. In der Nähe des indischen Klosters Ateschkja strömen diese Gase aus den historisch berühmten Gasquellen schon seit Jahrhunderten hervor und unterhalten die sogenannten ewigen Feuer, welche schon

seit undenklichen Zeiten Gegenstand der Verehrung seitens der indischen Feueranbeter sind, weshalb auch das Kloster sich dort befindet. — Die chemische Untersuchung dieser Gase hat ergeben, dass sie von ganz ähnlicher Zusammensetzung wie die nordamerikanischen Oelgase sind. —

Eine merkwürdige Erscheinung sind ferner noch die hier sehr zahlreich vorkommenden sogenannten Schlammvulkane, welche salziges Wasser untermischt mit Schlamm und Erdöl unter gleichzeitigem Entweichen von Kohlenwasserstoffgasen auswerfen. Diese Schlammvulkane, richtiger Salsen genannt, sind nicht Reaktionen des glutflüssigen Erdinnern wie die eigentlichen Vulkane.

Es sind zunächst flache, selten die Höhe von 10 m erreichende kraterähnliche Schlammkegel, welche auf dem Gipfel eine trichterförmige Vertiefung haben, aus der von Zeit zu Zeit schlammartig erweichtes oder festes Gesteinsmaterial mit Wasser und Petroleum gemischt unter Ausströmen von Gasen ausgeworfen wird.

Das dunkelbraune schwerflüssige Erdöl schwimmt zuweilen in kreisrunden Massen auf dem im Krater sich ansammelnden Wasser und wird, wenn letzteres überfließt, an den Abhängen der Salsen oft in mächtigen Ablagerungen angehäuft, die jene bereits erwähnten pechartigen Massen, den sogenannten Kir, bildeten. Die Entstehung der Schlammvulkane hängt zusammen mit den das Petroleum begleitenden Gasen. Diese suchen, unter Spannung gesetzt, nach oben zu entweichen und die schlammartig durchweichten Thonschichten zu durchbrechen; geschieht dies, so ist die Bedingung zur Bildung eines Schlammvulkanes gegeben. — Schlammvulkane finden sich auch im westlichen Kaukasus, ferner auf Kertsch und Taman und treten auch in anderen Gegenden der Welt, wenn auch nirgends in solcher Häufigkeit wie im Kaukasus, auf. Immer ist ihre Entstehung von Gasen abhängig, die entweder, wie in dem dargestellten Falle, das Petroleum begleiten, oder aus organischer Materie, vielleicht unter der Einwirkung der hohen Bodentemperatur in vulkanischen Gegenden, entstehen.

Daher finden sich auch Schlammvulkane in der Nähe von eigentlichen Vulkanen, wie auf Sicilien und auf Island.

Endlich wollen wir noch erwähnen, dass neben Salz- und Schwefelquellen aus den ölhaltigen Schichten oft auch Thermen entspringen, welche aber, wie noch weiter gezeigt werden soll, in keinem Zusammenhange mit dem Auftreten des Oeles sonst stehen. —

Besonderer Reichtum von Oel scheint auch im Kaukasus sich an den Antiklinalen zu finden, wie dies auf einer Insel in der Nähe von Apscheron und auch im westlichen Kaukasus unweit der Mündung des Kubanflusses wenigstens sicher festgestellt ist. —

Auf der Halbinsel Taman sollen die Petroleum führenden Schichten durch Störungen und Verwerfungen gekennzeichnet sein. Ueberall findet man das Auftreten des Oeles vollständig unabhängig von dem Alter der Schichten. —

Das ganze Karpathengebirge zeichnet sich auf beiden Abhängen durch das Vorkommen von Petroleum aus. Von besonderer Bedeutung aber ist das Gebiet, welches sich zwischen dem Karpathengebirge und einer geraden, die Städte Krakau und Czernowitz verbindenden Linie, parallel dem ersteren erstreckt, und in einer Ausdehnung von 240 Q.-Meilen die Petroleumzonen Galiziens umfasst. Man unterscheidet ein westliches und ein östliches Gebiet, von denen das erstere eine Ausdehnung von 50—60, das andere eine solche von 180 Q.-Meilen hat. Nur das erstere ist durch Bergbau umfassend aufgeschlossen, während in dem östlichen nur der dem ersteren Gebiete angrenzende Teil Bergbau auf Petroleum und Erdwachs aufweist. — Von dem Nordabhange des Karpathengebirges gelangt man in ein welliges Hügel- oder Bergland, die Vorberge der Karpathen, welche aus sedimentären Gesteinsschichten bestehen, die parallel dem Hauptzuge des Gebirges gefaltet erscheinen und ein System von langgestreckten schmalen nach W., N. und O. allmählich flacher werdenden Sätteln und Mulden bilden. —

Die Grundlage der Vorgebirge der Karpathen bilden die sogenannten Karpathensandsteine, welche aus Sandsteinschichten, Schieferthonen und Mergeln, mit selteneren Einlagerungen von Kalkstein, Dolomit, Sphärosiderit und Kohle zusammengesetzt sind, und zum

Teil steil aufgerichtete zum Teil gegen Norden hin flachere Schichtenstellung zeigen. — Diese Karpathensandsteine bilden das Liegende von tertiären Schichten und gehören selbst zu dem Neocom der Kreideformation; — sie treten ausser in den Karpathen auch in anderen Gegenden auf, lassen sich durch Schlesien und Mähren bis nach Nieder- und Oberösterreich verfolgen, bilden den nördlichsten Rand der Alpen und erstrecken sich bis in die Schweiz und den Apennin, ebenso finden sie sich auf der gesamten Balkanhalbinsel, im Kaukasus und in Kleinasien. — Die Bildung dieser eigentümlichen Gesteine, welche man in der Schweiz auch mit dem Namen Flysch (in Oesterreich Wiener Sandstein, in Italien Macigno) bezeichnet hat, beginnt in der Kreidezeit, setzt sich aber noch fort nach dem Beginn der Tertiärzeit, daher sie sowohl der oberen Kreide als auch dem unteren Tertiär angehören können. Diese Gesteine sind oft gekennzeichnet durch auf den Schichtungsflächen hervortretende Wülste, welche regelmässige Figuren bilden und, weil man sie nicht zu deuten wusste, Hieroglyphen genannt wurden, wohl aber auf ehemalige Organismen hinweisen.

Die Karpathensandsteine Galiziens werden überlagert von alt- und jungtertiären Gebilden von den sogenannten Nummulitenschichten des Eocäns und von miocänen salzhaltigen Schichten, und zwar finden sich die ersteren vorwiegend in der westgalizischen, die anderen aber vorwiegend in der ostgalizischen Oelregion, wo sie namentlich durch den Reichtum an Erdwachs ausgezeichnet sind. In Westgalizien fehlen die eigentlichen Nummulitenkalke und Sandsteine und sind die ältesten Glieder der eocänen Formation, welche der neocomen Kreide folgen, glimmerreiche und sandige, graue und dunkel, schwärzlich gefärbte, thonige Schiefer, die an der Luft leicht zerreiblich sind und in Berührung mit Wasser förmlich plastisch werden. Diese Schiefer sind, wie, nach Strippelmann, aus in ihnen enthaltenen organischen Resten und ihrer petrographischen Beschaffenheit ohne Zweifel hervorgeht, den eocänen Nummulitenschichten einzureihen, sind aber von anderer Seite als der Kreide zugehörig erkannt worden.

Die sandigen, glimmerreichen Schiefer führen Petroleum und werden mit dem Namen Ropiankaschichten bezeichnet (nach dem durch das Auftreten von Oel bekannten Orte Ropianka in Galizien).

Die Ropiankaschichten werden zuweilen von Schiefen und Sandsteinen überlagert, welche zwar oft starken Bitumen- und Petroleumgeruch, nie aber namhafte Mengen von Oel aufweisen. — Zuweilen fehlen diese überlagernden Schichten und die Petroleumschiefer treten zu Tage, wo dann das Oel unmittelbar unter der Oberfläche gewonnen werden kann.

In den neocomen Karpathensandsteinschichten bilden Sandsteine und Conglomerate die Hauptansammlungsstätten für das Petroleum. Während die Ropiankaschichten als die erste Petroleumzone von Strippelmann bezeichnet werden, bilden zwei Sandsteinlagen der neocomen Kreide die zweite und dritte Oelzone. Die Sandsteine sind grobkörnig und conglomeratartig oder mittel- bis feinkörnig, oft von darin enthaltenem Oele dunkel gefärbt, und bilden zuweilen als förmliche Oelsande leicht zerreibliche Massen. —

Wir finden hier eine nicht zu verkennende Analogie des Auftretens des Petroleums mit dem in Pennsylvanien und am Kaukasus, doch sind hier in Galizien die Oelsande nicht räumlich beschränkte Linsen, sondern es streichen die Schichten oft kilometerweit fort; doch zeigt sich häufig, dass ein und dieselbe Schicht in einem gewissen Teile sehr öereich, in der Fortsetzung des Streichens aber vollständig steril sein kann. — Aehnlich wie in Nordamerika lassen sich die Hauptfundstätten des Oeles in Westgalizien in ein System von Linien einreihen, welche als Längs- und Querlinien sich unterscheiden lassen, von denen die ersteren parallel der Hauptrichtung der Hochkarpathen sich erstrecken. Diese Linien markieren, nach Strippelmann, ein weitverzweigtes, mit der Faltung der Schichten in genetischem Zusammenhange stehendes Längs- und Querspaltensystem. Die Spalten sind für das Auftreten des Oeles von Bedeutung, da sie nicht sowohl geräumige unterirdische Ansammlungsstätten bilden, als auch das Austreten des Oeles zu Tage ermöglichen.

Die Qualität des Oeles ist auch hier an verschiedenen Stellen verschieden, dünnflüssigere und leichtere Oele von olivengrüner Farbe treten auf neben dunkleren schwereren. Im allgemeinen scheinen die Oele in grösseren Teufen leichter und dünnflüssiger zu sein als in geringeren, doch finden sich auch dünnflüssige Oele in unbedeutenden Tiefen von 30—40 Fuss.

Oft findet sich im Hangenden der ölführenden Schichten neben dem Petroleum auch Asphalt und ferner als accessorischer Begleiter des Oeles der Ozokerit in Klüften und Spalten und drusigen Hohlräumen eingeschlossen, nie aber in Westgalizien in solchen Mengen, dass ein Abbau lohnend wäre. —

Das Oel pflegt in Galizien auch von reichlichen Mengen von Gasen begleitet zu sein, so dass bei Bohrungen besonders bedeutende Gasentwicklung auch grossen Oelreichtum ankündigt; oft brachen die Gase mit solcher Macht hervor, dass sie unter Detonation Erdöl und Bohrschlamm mit Wasser zu einer breiartigen Masse gemengt oft hundert und mehr Meter emporschleuderten. Springquellen entstanden auch zuweilen, nie aber von solcher Stärke wie die amerikanischen und kaukasischen. —

Je weiter man in die Tiefe dringt, desto mehr pflegt die Gasentwicklung zuzunehmen, und oft muss daher die Oelgewinnung durch Schachtbetrieb aufgegeben werden und dem Bohrbetrieb weichen, weil die mit Macht hervordringenden Gasmengen durch Ventilation sich nicht mehr entfernen lassen und den Aufenthalt in den Schächten unmöglich machen. Zuweilen treten die Oelgase ohne vom Oele begleitet zu sein auf, wie dies auch in Amerika beobachtet wurde.

In Ostgalizien stimmt der geologische Bau der Schichten mit dem in Westgalizien vielfach überein; stehen doch beide Vorkommen in unmittelbarem Zusammenhange mit einander.

Durch Oelführung besonders ausgezeichnet, den Hauptsitz des Oeles bildend, sind in Ostgalizien auch die wahrscheinlich ebenfalls dem Neocom zuzuzählenden Sandsteine, wenn auch nicht zwei Oelzonen hier nachgewiesen werden konnten. Ueber den Sandsteinen lagern hier ebenfalls eocäne Tertiärschichten, und zwar direkt die Nummulitenkalke, über letzteren lagern blaugraue, sandige, glimmerreiche Schiefer, die Petroleum enthalten und als erste Oelzone zu betrachten sind (Ropiankaschichten).

Von besonderer Wichtigkeit sind ferner die in Ostgalizien auftretenden miocänen Tertiärschichten, welche hier vorwiegend aus Thonen, Sanden und Sandsteinen mit Einlagerungen von salzführenden Thonen und Gyps bestehen. Während die durch Salzführung ausgezeichneten Schichten, welche als eine Fortsetzung der miocänen Salzformation von Wieliczka anzusehen sind, in Westgalizien in einem Abstand von mehreren Meilen von der Oelzone auftreten, nähern sie sich gegen Osten mehr und mehr der Oelzone und überlagern hier die eocänen Gebilde. Sie enthalten Petroleum, welches, wie jenes in der Oelregion von Enniskillen in Canada in Diluvialschichten, aus tiefer gelegenen Niveaus aufgestiegen, auf sekundärer Lagerstätte sich hier befindet. Besonders merkwürdig aber sind diese Schichten durch das in ihnen auftretende Erdwachs, das Schichtungsspalten und andere Hohlräume erfüllt. In der Nähe von Boryslaw bei Drohobycz bildet, nach Strippelmann, das faltenförmig gewellte Terrain eine parallel dem Hauptkarpathenzuge gerichtete Muldenfalte von grosser Breiten- und Tiefenausdehnung, in welcher die miocänen Tertiärschichten abgelagert wurden. In den diese Muldenfalte erfüllenden miocänen Schieferthonen und Thonmergeln ist die Ansammlung von Ozokerit erfolgt. —

Das Terrain bildet eine langgestreckte Ellipse von 1600 m Länge und 400 m Breite und man unterscheidet eine innere und eine äussere Erdwachszone, von denen die erstere zwar nach der Tiefe zu an Mächtigkeit abnimmt, um so bedeutenderen Reichtum an Erdwachs aber enthält. In der äusseren Zone findet sich das Erdwachs bis zu einer Tiefe von 10—30 m in oft papierdünnen, höchstens wenige Zoll mächtigen, das Gestein regellos durchschwärmenden Lagen; in der inneren Zone erstreckt sich diese Art des Vorkommens nur auf das Hangende, während nach der Teufe zu eine grössere Concentration von Erdwachs in bedeutenderen Hohlräumen erfolgt ist, auch sind steile, gangartige Klüfte von 1 m und mehr Mächtigkeit von Erdwachs gänzlich erfüllt, während das Durchschwärmen des ganzen Gesteins wie in der äusseren Zone ab- und die Mächtigkeit des tauben Zwischengesteins zunimmt. — In der äusseren Zone kommt das Erdwachs nur bis zu geringer Tiefe vor, nach der innern Zone zu nimmt es an Tiefe allmählich zu und man hat im innersten Teile in einer Tiefe von 190 m noch keine Abnahme bemerkt. Auch in den Erdwachszone zeigen sich neben constanten Gasausströmungen Ausbrüche von grösseren Gasmengen (Matkas),

welche oft das massenhafte Empordringen von Ozokerit in den Schächten veranlassen, so dass solche von schon bedeutenden Dimensionen oft plötzlich von Erdwachs vollständig ausgefüllt werden, welcher Vorgang sich in so kurzer Zeit vollzieht, dass in den Schächten arbeitende Bergleute sich nicht zu retten vermochten und vom Erdwachs erstickt wurden.

Der Ozokerit ist in reinem Zustande eine honig- oder wachsgelbe Masse, von der Härte des Bienenwachses; unreine Varietäten sind nach Farbe und Härte verschieden.

Das reinste Erdwachs findet Anwendung zur Fabrikation von Ceresin, welches in allen seinen Eigenschaften das Bienenwachs vollständig ersetzt, dabei aber wesentlich billiger ist. Geringere Sorten sind entweder sehr weich und enthalten Petroleum oder sehr hart, von den Eigenschaften des Asphalts.

In Begleitung des Erdwachses findet sich auf Klüften und Spalten auch zuweilen Petroleum, welches aber in keinem Zusammenhange mit dem Erdwachs steht, sondern wahrscheinlich erst nach der Ablagerung dieses hier eingedrungen ist. — Die von O. nach W. sich erstreckende Erdwachszone erlangt in westlicher Richtung in grösserer Mächtigkeit ihre Endschaft, während sie nach Osten zu auf eine lange Strecke als schmaler Streifen sich hinzieht, um sich dann allmählich auszuspitzen und zu enden. In südlicher, östlicher und westlicher Richtung ist das Erdwachsgebiet von einer Erdölzone umgrenzt, die im Norden fehlt. Das Erdöl findet sich hier in miocänen Schichten und zwar in geringen Teufen von 30—50 m, während es in solchen von 120 m nicht mehr angetroffen wird.

Während das galizische Petroleum höchstens für das Inland einige Bedeutung hat, ist das Erdwachs ein wichtiger Ausfuhrartikel. Noch jetzt, da der Höhepunkt der Erdwachsproduktion bereits überschritten ist, werden jährlich noch 250 000 Ctr. gewonnen. Das Erdwachs wurde Veranlassung zu einem sehr ausgedehnten Bergbau, der aber in Folge Mangels bergrechtlicher Bestimmungen in nur sehr primitiver Weise betrieben wurde und zu einem einzig in seiner Art dastehenden Raubbausystem ausgeartet ist. Auf dem relativ kleinen Terrain sind nicht weniger denn 12 000 kleine Schächte abgeteuft worden und das ganze Terrain ist dermassen unterwühlt, dass ein rationeller Bergbau, selbst nachdem die Schäden des Systems an Ort und Stelle erkannt sind, überhaupt nicht mehr möglich ist. —

Von Galizien aus setzen sich die Karpathensandsteine nach der Bukowina, die Moldau und von da um das von O. nach W. streichende transsylvanische Alpengebirge herum bis in die Walachei fort. Die geologischen und petrographischen Gebilde bleiben in den genannten Terrains überall dieselben, und es enthalten auch hier gewisse Schichten Petroleum. Besonders besitzt die Moldau ein etwa 230 000 Hektaren umfassendes Terrain, welches ziemlich reiche Petroleumschätze barg, die auch teilweise bergmännisch abgebaut worden sind. Die geologischen Schichten, aus denen hier das Oel gewonnen wurde, waren eocäne und miocäne Tertiärgebilde. In solchen Schichten fand sich ferner auch Petroleum in der Walachei, am Abhange der siebenbürgischen Karpathen, auch kam hier Erdwachs, wenn auch in geringeren Quantitäten, vor, und ebenso ununterbrochene Ausströmungen von Kohlenwasserstoffen. —

Wir wenden uns nun mit Uebergang der übrigen Oelgebiete, die meist von geringerer Bedeutung sind, zu den Vorkommen im deutschen Reiche, wo zwei namentlich anzuführen sind, das erste im nordwestlichen Deutschland und das andere im Elsass.

Das bedeutendste dieser beiden Vorkommnisse ist das im nordwestlichen Deutschland, wo Oelfundstätten in Braunschweig und in den preussischen Provinzen Hannover und Holstein sich finden. Bekanntlich hatte sich auch Oelbergbau entwickelt, der aber eine grosse Bedeutung nicht erlangt hat, zum Teil aus dem Grunde, weil die Unternehmungen ohne fachmännische Leitung erfolgten, so dass bei dem unrationellen Verfahren die, nach geologischen Untersuchungen, unzweifelhaft hier auftretenden unterirdischen Oelschätze in nicht hinreichend lohnendem Masse gewonnen werden konnten. Nach Analogie der bereits betrachteten Vorkommen lassen sich auch hier die wichtigsten Oelfundpunkte durch einige nahezu parallele gerade Linien ungezwungen in Verbindung setzen. Auf diese Linien hatte schon Bunsen 1839 aufmerksam gemacht, und später hat Dr. Mayn auf einer von ihm entworfenen Karte dieselben dargestellt. Die Linien erstrecken sich von SO. nach NW. und

zwar die eine von dem Reitling, als dem südöstlichsten Punkte, in der Nähe von Braunschweig, bis in die Gegend von Verden als dem nordwestlichsten Punkte, und es liegen an dieser Linie die durch das Auftreten von Oel gekennzeichneten Orte Edemissen, Oedesse, Hänigsen. Die anderen Punkte liegen in der Verbindungslinie von Wolfenbüttel und Hannover, wo zu erwähnen sind die Orte Ohberg, Oelsburg, Sehnde, Badenstedt, Limmer; von diesen Linien abseits liegt noch das besonders merkwürdige Vorkommen von Hölle bei Heide in der Provinz Holstein.

Die geologische Ausbildung der hier in Betracht kommenden Schichten ist viel weniger einfach als die der bisher betrachteten Gebiete und ist ausserdem der Untersuchung wenig zugänglich. Die ganze norddeutsche Tiefebene wird bedeckt von Gliedern der quartären Formation, welche dem Tieflande den einfürmigen steppenartigen Charakter verleihen. Diese diluvialen und alluvialen Schichten, welche als lockere Sande, nordische Geschiebe, Lehme, ausgedehnte Moor-, Bruch- und Torfbildungen grosse Flächen bedecken, bieten der geologischen Untersuchung vielfach Hindernisse, so dass nur an relativ wenigen Stellen, wo Bohrlöcher, Schächte, Steinbrüche oder andere Aufschlüsse in die tiefer gelegenen Schichten eindringen, oder wo diese Schichten zu Tage streichen, eine Beobachtung möglich ist, wodurch natürlich der Entwurf eines geologischen Gesamtbildes sehr erschwert wird. Daher kommt es auch, dass die als Resultat früherer Untersuchungen gewonnenen Ansichten durch später erfolgte genauere Einblicke vielfach modifiziert und berichtigt werden mussten.

In nördlicher Richtung von dem Harze erheben sich die subhercynischen Hügelreihen, nördlich welcher das Tiefland bis zur Nordsee, Eider und Ostsee teils wellig und hügelig, teils flach sich erstreckt. In Braunschweig finden sich noch Terrainfalten, welche parallel dem hercynischen und subhercynischen Gebirgssystem sich bis in die Gegend von Peine, Lehrte und Celle fortsetzen, sich hier mehr und mehr verflachen, oder von mächtigen diluvialen und alluvialen Schichten überlagert, sich der Beobachtung entziehen. Im norddeutschen Tieflande fehlen die älteren Formationen bis hinauf zur Trias. Die Trias mit ihren drei Gliedern Buntsandstein, Muschelkalk und Keuper ist die älteste der hier vorkommenden Formationen und bildet gewissermassen die Grundlage. Diese Formation wird überlagert von dem Jura, von welchem alle drei Glieder Lias, Dogger und Malm hier ausgebildet sind. Dem Jura schliessen sich an die Oxford-, Kimmeridge- und Portlandschichten und die Wealdenformation mit nicht unbedeutendem Reichtum an Kohlenflötzen. Diese letztere bildet den Uebergang zur Kreideformation, von welcher die ältere Kreide, der untere und obere Pläner und namentlich die obere Kreide vorkommen. Ueber der Kreide abgelagert sind oligocäne und miocäne Tertiärschichten, während als jüngste Bildungen die bereits erwähnten diluvialen und alluvialen Schichten die Oberfläche bilden. Das Auftreten des Oeles ist hier an keine bestimmte Formation gebunden, sondern es ist in allen, mit Ausnahme der Triasformation, bisher Petroleum aufgefunden worden. Die Lagerung der Schichten ist nicht, dem Charakter der Oberfläche entsprechend, horizontal, sondern es lässt die an vielen Stellen beobachtete, steil aufgerichtete Schichtenstellung einen muldenförmigen Bau erkennen. Aehnliche Fälle, wie in Nordamerika, wo an Schichtensätteln und in den durch diese bedingten Spalten Petroleum auftrat, sind auch hier beobachtet worden.

Besonders genau untersucht ist ein Vorkommen in der Nähe von Oedesse an jener Lokalität, der man vor einigen Jahren den Namen Oelheim beigelegt hatte, wo in Folge der Erbohrung einer ergiebigen Oelquelle im Jahre 1881 die Entwicklung der Petroleumindustrie in Norddeutschland ihren Anfang nahm. — Nach Nöldecke findet man dort östlich und westlich von dem schwarzen Wasser thonige, stellenweise sehr mächtige Schichten, welche darin gefundene Petrefakten beweisen, zur unteren Kreide gehören. Unter diesen Kreideschichten sind feste Gesteinsbänke östlich vom schwarzen Wasser erbohrt worden, welche allem Anscheine nach dem Wealden zuzuzählen sind. Da, je weiter man sich von dem schwarzen Wasser nach O. zu entfernt, die Steinbänke in immer grösserer Tiefe erst erreicht werden, die Kreideschichten also an Mächtigkeit zunehmen, so ist es sehr wahrscheinlich, dass am schwarzen Wasser die Wealdenschichten einen Sattel bilden, nach O. und W. ziemlich steil einfallen und von S. nach W. streichen. In den erwähnten Gesteinsbänken befinden

sich schieferige, thonige, sandige Zwischenlagen, aus denen Petroleum hervordringt. Die zähen Thone der Kreideschichten haben nicht das Oel aufzunehmen vermocht, während die sandigen Gebilde des Wealden dasselbe aufsaugten und das Oelreservoir wie die in anderen Gebieten beobachteten Oelsande bilden. — Die Kreideschichten zeigen erst in der Nähe des Wealden Petroleumgeruch und enthalten Oel, wenn sie durch Wasser erweicht worden sind. In der Nähe von Oberg hat man Oel in der Wealdenformation und in grösserer Teufe auch im braunen Jura gefunden, ferner ebenso westlich von Oberg in dem Orte Oelsburg, hier ausserdem im bunten Sandstein. — Gute Aufschlüsse finden sich zu Sehnde in der Nähe von Hannover, wo das Petroleum aus Liasschichten ausfliesst. Die bedeutenden Asphaltlager bei Limmer gehören dem Kimmeridge an, der, wie aus den hier erfolgten Aufschlüssen zu ersehen, aus oolithischen Kalksteinen, schieferigen Mergeln und Kalkmergeln besteht, die so von Bitumen durchdrungen sind, dass sie frisch gebrochen eine dunkle Farbe zeigen, einen intensiven Geruch verbreiten und oft Nester eines dickflüssigen, zähen Erdpechs einschliessen. Die darin vorkommenden zahlreichen Conchiferen sind fast in reinen Asphalt verwandelt. Von grösserer Bedeutung ist ferner noch das Petroleumvorkommen von Hölle bei Heide in Holstein, wo das Oel in Kreideschichten enthalten ist, deren Liegendes bei 300 m Tiefe noch nicht erreicht wurde. Die Kreideschichten werden überlagert von bituminösen, ölreichen Sanden, in welchen, wie auch in der Kreide, ölführende und ölfreie Schichten abwechseln.

Im Elsass kennt man zwei Petroleumgebiete, das eine im südlichen Teile des Oberelsass im Thale der Ill bei Altkirch mit den Fundstätten Hirzbach und Hirsingen, das andere in der Nähe von Hagenau im Unterelsass, mit den wichtigsten Fundorten Schwabweiler, Pechelbronn, Lobsann, Lambertsloch.

Die letztere Zone ist die bedeutendste und hier wird Petroleum bergmännisch gewonnen, namentlich in Pechelbronn und Schwabweiler, in Lobsann neben Oel hauptsächlich Asphalt. Auch im Oberelsass ist Bergbau auf Petroleum betrieben, später aber wieder aufgegeben worden.

Die Petroleumfundorte des Elsass lassen sich in eine gerade Linie einreihen, welche parallel ist der Hauptrichtung des benachbarten Vogesengebirges. Die Petroleum führenden Schichten sind vielfach gefaltet und haben zuweilen steile Schichtenstellung. Wie in anderen Gebieten lässt sich auch hier ein System von Spalten beobachten, welches für das Vorkommen des Petroleums von Bedeutung ist. Diese Spalten treten an einzelnen Punkten, wo die Petroleumschichten nicht von darüber lagernden diluvialen und alluvialen Ablagerungen verdeckt werden, zu Tage und gestatten dort dem Oele einen natürlichen Ausfluss. Die bergmännischen, sehr instruktiven Aufschlüsse lassen erkennen, dass der Hauptsitz des Petroleums in der Hauptölzone des Elsass dormalen in oligocänen und miocänen Tertiärschichten ist. So findet man zu Pechelbronn das Petroleum in miocänen Sanden, welche zwischen Thonen Einlagerungen von 60 und mehr Meter Breite und 5 m Mächtigkeit bilden, oft bis auf wenige Zoll sich zusammenziehen, immer aber in streichender Richtung im Zusammenhang bleiben. Die Sandschichten haben schwammartig das Petroleum aufgesaugt und sind dermassen von Oel durchdrungen, dass sie stellenweise einen fast vollständigen Oelbrei bilden. Der die Sande einschliessende Thon verhindert den Abfluss des Oeles, ist aber auf Absonderungsflächen und Klüften reichlich mit Oel angefüllt. Das jüngste Glied der tertiären Formation sind die mit Asphalt erfüllten Kalke, welche nach dem Vogesenrande hin (Lobsann) die miocänen mit flüssigem Oel erfüllten Schichten überlagern. Das in den älteren, tieferen Sanden flüssige Oel ist in die höher gelegenen jüngeren Kalkschichten eingedrungen und unter dem Einflusse der Atmosphärien in Erdpech und Asphalt umgewandelt worden.

Das Schwabweiler Petroleum ist in älteren Tertiärschichten enthalten, welche von den Pechelbronner Schichten überlagert werden, während die letzteren wieder die jüngeren Asphaltkalke von Lobsann unterteufen. —

Die Schwabweiler Schichten bestehen vorherrschend aus Thonen, in denen glimmerreiche und feinkörnige Sandsteine und zarte Sandschichten eingelagert sind, von welchen

namentlich die letzteren Oel enthalten. Die Thone sind weniger von Oel durchdrungen, enthalten aber in Klüften oft reiche Ansammlungen davon.

Sonst findet sich im Elsass noch Petroleum in Lias- und Muschel-Kalkschichten. In der Saline von Salzbronn bei Saaralben fand man im Muschelkalk petroleumhaltige thonige Mergel, ebenso bei Rothbach und Rauschenburg zu Erdpech und Asphalt verdichtetes Erdöl als Zwischenlagerung und Spaltenausfüllung, hier wie auch in Mölsheim besonders in der Nähe von Verwerfungen und auf Klüften. Bemerkenswert ist auch der Umstand, dass hier das Oel häufig in Begleitung von salzhaltigem Wasser auftritt, wie in Pechelbronn, Schwabweiler und Sulz. Bei Obermodern dringt Petroleum mit dem Wasser aus Liasmergeln hervor.

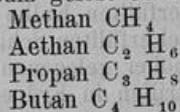
Bevor wir uns zu der Frage über die Entstehung des Petroleums wenden, ist es notwendig, die chemische Beschaffenheit dieses Körpers zu betrachten, da auf diese sich alle Hypothesen der Entstehung gründen.

Wir haben bereits früher gesehen, dass das Erdöl aus Kohlenstoff und Wasserstoff zusammengesetzt ist. Der Gehalt des Oeles an Kohlenstoff und Wasserstoff ist aber nicht konstant, sondern wir finden, dass das Erdöl nicht nur verschiedenen Gehalt in verschiedenen Oelregionen besitzt, sondern dass auch in ein und derselben Region verschiedene Oele vorkommen, ja dass sogar das aus einem Bohrloche ausfliessende Oel verschiedene Zusammensetzung zeigen kann. Das kommt daher, dass wir in dem Erdöl nicht ein chemisches Individuum vor uns haben, d. h. einen Körper von bestimmter unveränderlicher chemischer Zusammensetzung, der auf eine bestimmte Gewichtsmenge irgend eines Elementes eine bestimmte Gewichtsmenge eines oder mehrerer anderer enthält, wie etwa das Wasser oder das leichte Kohlenwasserstoff- oder das Aethylengas, sondern viel mehr ein Gemisch verschiedener solcher chemischer Individuen, verschiedene Kohlenwasserstoffverbindungen. Je nachdem die einen oder die anderen dieser Kohlenwasserstoffverbindungen vorherrschen, ändern sich die physikalischen Eigenschaften des Petroleums, zeigt dasselbe verschiedene Dichte, verschiedenen Aggregatzustand, verschiedenen Schmelz- oder Siedepunkt, verschiedene Entzündbarkeit, Farbe, Fluoreszenz.

Die Kohlenwasserstoffe bilden sogenannte homologe Reihen, deren Glieder eine sehr merkwürdige Analogie der Zusammensetzung aufweisen, sie unterscheiden sich nämlich dergestalt von einander, dass vom Anfangsgliede an beginnend jedes folgende Glied allemal in seiner molekularen Zusammensetzung sich so ändert, dass es ein Atom C und zwei Atome H mehr enthält als das vorhergehende. Eine solche homologe Reihe ist die, deren erstes Glied das Sumpf- oder Grubengas bildet und die daher auch die Sumpfgasreihe genannt wird. Das erste Glied dieser Reihe, das Sumpfgas, hat eine Zusammensetzung, welche durch die Formel  $\text{CH}_4$  ausgedrückt wird, das zweite Glied würde demnach der Zusammensetzung entsprechen  $\text{C}_2\text{H}_6$ , und irgend ein beliebiges Glied der Reihe wird also der allgemeinen Zusammensetzung entsprechen  $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$ .

Nach vielfach angestellten chemischen Untersuchungen sind die meisten Erdöle aus Gliedern dieser genannten homologen Reihe zusammengesetzt und zwar finden sich nach den übereinstimmenden Resultaten verschiedener Chemiker in den Rohölen folgende Glieder.

Zunächst die vier ersten, welche bei gewöhnlicher Temperatur gasförmig sind und von denen das Sumpfgas wohl nur in den Oelgasen nachgewiesen worden ist, während die übrigen auch in dem flüssigen Petroleum gelöst enthalten sind.



Das Butan ist bereits bei  $1^\circ\text{C}$ . zu einer Flüssigkeit verdichtbar. Bei gewöhnlicher Temperatur flüssig sind aber ferner die auch in dem Oele enthaltenen Glieder von der Zusammensetzung, die durch die Formeln  $\text{C}_5\text{H}_{12}$  —  $\text{C}_{16}\text{H}_{34}$  ausgedrückt wird. Ausser dem Pentan ( $\text{C}_5\text{H}_{12}$ ) enthält das Petroleum noch das Isopentan, welches genau dieselbe chemische Zusammensetzung hat, aber andere Eigenschaften als das Pentan. Die Chemiker erklären

dies aus der verschiedenen Verkettung der Atome im Molekül und nennen solche Verbindungen isomere. Es finden sich noch andere isomere Verbindungen im Petroleum.

Die flüchtigen, leicht entzündlichen, wie das Sumpfgas mit nicht leuchtender Flamme brennenden Verbindungen bestehen aus Butanen und Pentanen. Die Bestandteile, welche als Lampenöl verwendet werden, sind die zwischen den Heptanen  $C_7H_{16}$  und den Dodekanen  $C_{12}H_{26}$  liegenden Verbindungen, deren Siedepunkte zwischen  $97,5^\circ$  und  $200^\circ$  liegen. Die kohlenstoffreicheren Glieder des Tridekan  $C_{13}H_{28}$  (Siedepunkt  $216^\circ$ ), Tetradekan  $C_{14}H_{30}$  (Siedepunkt  $238^\circ$ ), Pentadekan  $C_{15}H_{32}$  und der Palmitylwasserstoff  $C_{16}H_{34}$  (Siedepunkt  $280^\circ$ ) haben butterartige Consistenz, während die noch höheren Glieder der Reihe von der Verbindung  $C_{18}H_{38}$  bis zu den Gliedern  $C_{27}H_{56}$  und  $C_{30}H_{62}$  wachsähnliche Consistenz haben und als Paraffin in den meisten Rohölen enthalten sind.

Chandler hat in dem Rohöl neben den der Sumpfgasreihe zugehörigen Verbindungen noch andere nachgewiesen, welche eine andere homologe, nämlich die Aethylenreihe bilden. Das erste Glied dieser Reihe das Aethylen enthält auf eine gleiche relative Menge H doppelt so viel C als das Methan, hat demnach die Zusammensetzung  $C_2H_4$ ; irgend ein beliebiges Glied dieser Reihe entspricht also der Zusammensetzung  $C_nH_{2n}$ . Es fanden sich die Glieder von  $C_2H_4$  bis  $C_{16}H_{32}$ , ferner  $C_{20}H_{40}$ ,  $C_{27}H_{54}$ ,  $C_{30}H_{60}$ .

Das Mischungsverhältnis dieser Kohlenwasserstoffverbindungen in den Rohölen ist ein sehr verschiedenes, und daher haben die Oele auch ein verschiedenes spezifisches Gewicht und zwar ein um so höheres, je mehr kohlenstoffreichere, und ein um so niedrigeres, je mehr kohlenstoffärmere Verbindungen vorwalten. Die Bestimmung des spezifischen Gewichtes ist daher für die Erkennung der Beschaffenheit des Petroleums das einfachste Mittel und für die Praxis besonders geeignet. Diese Bestimmung geschieht durch das Aräometer von Beaumé, welches so eingerichtet ist, dass bei Flüssigkeiten, die leichter sind als Wasser, mit der Zunahme der an dem Instrument angegebenen Grade das spezifische Gewicht abnimmt, die leichtesten Oele also die grösste Anzahl Grade nach B. haben.

Die Dichte der pennsylvanischen Rohöle schwankt zwischen  $20-50^\circ$  B., die in den Raffinerianstalten verwendeten Oele haben aber ziemlich konstant  $40-48$  B. ( $0,820-0,782$  spez. Gew.), und ihr Kohlenstoff- und Wasserstoffgehalt beträgt nach Chandler durchschnittlich  $85\%$  C und  $15\%$  H.

Die Oele des Kaukasus sollen nach Beilstein und Kurbatow eine von den in den übrigen Gebieten gefundenen abweichende Zusammensetzung haben und aus Kohlenwasserstoffen bestehen, die zu der Reihe der sogen. aromatischen Verbindungen zu rechnen sind und in chemischer Verwandtschaft mit dem Benzol stehen, dessen sogenannte Additionsprodukte sie bilden. Das galizische Oel ist dem amerikanischen in der Zusammensetzung ziemlich gleich, im Allgemeinen findet man hier wie auch in anderen Gebieten in grösseren Tiefen leichtere, in geringeren schwerere Rohöle. Der Durchschnittsgehalt an schwereren Kohlenwasserstoffen ist aber grösser, daher der Ertrag an Leuchtöl etwas geringer als bei den amerikanischen, die Dichte schwankte zwischen  $0,912$  und  $0,762$ . Das in Deutschland gefundene Rohöl hatte ein durchschnittliches spez. Gewicht von  $0,9$ , ist also etwas schwerer als das amerikanische, hinterlässt bei der Raffinerie mehr Schmieröle. Die Rohöle des Elsass hatten ein spec. Gewicht von  $0,985-0,825$ , der Kohlenstoffgehalt war durchschnittlich  $88\%$ , also etwas höher als in den pennsylvanischen Oelen.

Beim Stehen an der atmosphärischen Luft ändern sich die Eigenschaften des Oeles, was nicht nur eine Folge des Entweichens der flüchtigen Verbindungen ist, sondern auch verursacht wird durch chemische Einwirkung des atmosphärischen Sauerstoffs, besonders unter Mitwirkung des Lichtes. Nach an galizischem Petroleum angestellten Versuchen ist die Einwirkung gewisser farbiger Lichtstrahlen eine besonders intensive. Wurde Petroleum in grünen und blauen Gläsern aufbewahrt, so wurde es rascher verändert als in gelben und roten. Die Lichteinwirkung besteht darin, dass der Sauerstoff der mit dem Petroleum in Berührung stehenden Luft ozonisiert wird und daher stark oxydierend auf die Kohlenwasserstoffe wirkt, worauf eine Trübung und Farbenänderung des Oeles verursachende Ausscheidung fester Produkte erfolgt.

Die in den Rohölen enthaltenen flüchtigen, bei gewöhnlicher Temperatur bereits, noch mehr beim Erwärmen, in Gasform entweichenden Bestandteile geben mit atmosphärischer Luft knallgasähnliche Mischungen, welche die Feuergefährlichkeit des Petroleums sehr erhöhen. Deshalb bestehen gesetzliche Bestimmungen, nach denen das Rohöl einem Raffinierverfahren unterzogen werden muss, um den als Brennöl zu verwendenden Teil von den zu flüchtigen Stoffen zu trennen. Wird aber die Entfernung der flüchtigen Stoffe durch das Raffinieren bewirkt, so kann andererseits durch das Vorherrschen der schwereren Bestandteile in dem Raffinat die Leuchtkraft vermindert erscheinen, indem bei zu hohem Kohlenstoffgehalt des Oeles eine vollständige Verbrennung des Kohlenstoffs nicht mehr erfolgen kann und solches Oel daher statt einer weissen Flamme eine rote, wenig leuchtende, russende giebt. Das Raffinierverfahren ist daher so zu leiten, dass das gewonnene Produkt zwar nicht mehr soviel leichte flüchtige Bestandteile enthält, um feuergefährlich zu sein, dabei aber der Gehalt an schwereren Verbindungen ein nicht zu hoher wird. Der Raffinierprozess besteht in einer sogenannten fraktionierten Destillation; man destilliert die Rohöle aus Retorten von Eisenblech, leitet die Dämpfe durch gut gekühlte Röhren und fängt die bei gewissen Temperaturen überdestillierenden flüssigen Produkte in besonderen Vorlagen jedes für sich auf.

Das durch die Destillation gewonnene Oel wird noch durch Behandlung mit Schwefelsäure gereinigt; die Schwefelsäure bewirkt die Verkohlung und Niederschlagung gewisser, die Leuchtkraft des Oeles beeinträchtigender Stoffe und setzt sich meist unter dem Oele ab, sodass dieses in Folge seiner spezifischen Leichtigkeit oben auf schwimmt und abgezogen werden kann; ein wenig dem Oele anhaftende Säure wird durch Auswaschen mit Wasser und schliesslich durch Neutralisation mit alkalischer Lauge beseitigt. In der Praxis arbeitet man hauptsächlich auf drei Produkte hin, Rohnaphta (Gasoline, Naphta, Benzin), raffiniertes Petroleum, Teer. Das erste Produkt enthält die flüchtigsten Bestandteile und geht bei der niedrigsten Temperatur über, das letzte ist der in der Retorte bleibende Rückstand, eine zähflüssige Substanz, bei deren Entstehung der Prozess unterbrochen wird. Die Destillation beginnt bei 129° C., wobei Gasoline gebildet wird, bei 182° fließt Naphta und Benzin, bei höherer Temperatur geht endlich das eigentliche Petroleum über. Um das Stadium des Prozesses zu beurteilen, prüft man die Destillate mit dem Araeometer, ist die Dichte des Produktes 65° B., so entfällt Benzin, bei einer Dichte von 62° B. beginnt Petroleum zu fließen, bei 41° B. wird der Prozess nicht weiter fortgesetzt, sondern durch Verminderung der Feuerung ein weiteres Uebergehen schwererer Produkte verhindert.

Die Naphta wird noch einmal der fraktionierten Destillation unterworfen und in folgende Produkte zerlegt:

Gasoline 85 B.

C Naphta 75 B. (Benzin.)

B Naphta 65 B. (Ligroine in eigens konstruierten Lampen als Leuchtgas verwendbar.)

A Naphta 60 B. (Putzöl zum Putzen von Messingteilen, als Surrogat von Terpentinöl.)

Aus dem Gasolin erhält man noch ein Produkt, das Rhigolen, einen sehr flüchtigen Körper von 100 B.

Der in der Retorte zurückbleibende Petroleumteer besteht zumeist aus denjenigen schweren Kohlenwasserstoffen, deren Siedepunkt über 300° C. liegt, aus Paraffin. Die leichteren Bestandteile, welche der Teer ausserdem noch enthält, deren spez. Gewicht unter 40 B. liegt, werden durch weitere Destillation von dem Paraffin getrennt und als sogenannte Schmieröle für Maschinen verwendet. Das Paraffin wird von daran haftendem Schmieröl durch Abkühlung in Eishäusern getrennt, die gefrorene Masse mittelst hydraulischer Pressen von aller Flüssigkeit befreit und durch wiederholtes Umschmelzen und Auspressen gereinigt. Der schliesslich noch in der Retorte bleibende Rückstand, der sich als Kruste ansetzt, ist nicht mehr destillierbar und wird als Coke zur Feuerung benutzt. — Ausser diesen genannten Produkten lassen sich durch Modifikation des Verfahrens noch andere von verschiedenen Eigenschaften gewinnen. Die Nebenprodukte haben wegen ihres hohen Handelswertes eine oft grössere Bedeutung für die Fabrikanten, als das Leuchtöl selbst. Die durch die

Destillation erhaltenen Rückstände werden auch durch Erhitzen auf höhere Temperaturen vergast und so ein Leuchtgas dargestellt, welches eine sehr hohe Leuchtkraft besitzen soll, sodass es das Steinkohlenleuchtgas oft um das mehrfache übertrifft. Die reichste Ausbeute an Leuchtöl gaben die amerikanischen Rohöle, die übrigen Gewinnungsgebiete blieben hierin meist etwas hinter jenen zurück. Die Oele des Kaukasus besonders ergaben einen geringeren Ertrag an Leuchtöl, während man sehr viel schwere Schmieröle und feste Paraffinstoffe erhielt, aber auch die Qualität des entfallenden Leuchtöles war geringer, da das Leuchtvermögen in Folge des relativ höheren Kohlenstoffgehalts sich als schwächer erwies. Der Verwendung dieser Oele stellten sich daher Schwierigkeiten entgegen, bis es gelang, durch Konstruktion besonderer Lampen mit erhöhtem Luftzug die Verbrennbarkeit des überschüssigen Kohlenstoffs zu ermöglichen. Auch die norddeutschen Oele, im Durchschnitt schwerer als die amerikanischen, liessen mehr (55 %) Schmieröle zurück und ergaben weniger und geringeres Leuchtöl; doch soll durch geeignetere Leitung der Destillation ein Produkt gewonnen werden können, das namentlich bei Anwendung zweckentsprechender Lampen dem amerikanischen gleichkommt.

Der Ozokerit wird in ähnlicher Weise der Destillation unterworfen wie das flüssige Rohöl, und ausser dem Ceresin Leuchtöl, Schmieröle und Paraffin gewonnen. Die unreineren, mit erdigen Beimengungen vermischten Varietäten geben, in eisernen Retorten destilliert, geringere Quantitäten flüchtigere Oele, Schmieröle und namentlich Paraffin. Zu der Ceresinfabrikation benutzt man nur die reinsten Ozokerite, welche ähnlich wie das Paraffin behandelt und in ein weisses, dem natürlichen weissen Bienenwachs sehr ähnliches Produkt verwandelt werden; aus 100 Teilen reinstem Ozokerit ergibt sich eine Ausbeute von 60 bis 70 Teilen Ceresin.

Der in vielen Gegenden auftretende Asphalt wird teils zur Asphaltpflasterung in Städten angewendet, oder man gewinnt daraus durch Destillation auch flüssige Produkte, leichtere und schwerere Oele.

Nach den Untersuchungen von Letny lassen sich aus dem Rohöl von Baku, welches, wie bereits gesagt wurde, eine von den übrigen Rohölen abweichende Zusammensetzung hat, ziemlich bedeutende Mengen von Benzol und Anthracen gewinnen, Kohlenwasserstoffe, welche bisher nur aus den Nebenprodukten der Steinkohlengasfabrikation im Grossen dargestellt werden konnten. —

Wenden wir uns nun zu der Entstehung des Erdöles, so drängt sich uns zunächst die Frage auf: ist das Petroleum dort entstanden, in denselben Schichten, wo es dermalen vorkommt?

Wir haben das Petroleum in den verschiedensten geologischen Formationen angetroffen; es ist weder an eine solche von bestimmtem Alter gebunden, noch aber auch an petrographisch bestimmt charakterisierte Schichten derselben Formation. Wir fanden in den ältesten Gliedern der geologischen Formationsreihe Erdöl, im Silur und Devon, aber auch in den jüngsten, im Tertiär, Diluvium und Alluvium, ebenso auch im Jura, in der Kreide und der Triasformation, nur ist das Auftreten dieses Körpers nicht bekannt in den alten azoischen Formationen, deren Bildung der paläozoischen Periode vorausging.

In allen von uns betrachteten Fällen liess sich eine gewisse Analogie in dem Auftreten des Petroleums erkennen, namentlich in Bezug auf die Architektur der Schichten. In allen Fällen waren die Schichten, aus denen das Petroleum fliesst, aus ihrer ursprünglichen horizontalen Lagerung gestört, durch Hebung gefaltet. —

Das Streichen des Faltensystems stimmte fast stets überein mit dem eines in grösserer oder geringerer Entfernung von dem Oelgebiet sich erhebenden Hauptgebirgszugs. Das Auftreten des Oeles wurde besonders beobachtet an den Antiklinalen der Schichtensättel, daher die Hauptfundorte des Oeles in geraden Linien lagen, welche häufig einander parallel und parallel dem Hauptstreichen der Schichten sich erstreckten. Diese Erscheinung erklärte sich so, dass durch die Zusammenschiebung und Faltung der Schichten an den Stellen, wo die stärkste Spannung herrschte, eine Zerreiessung und Zerklüftung eingetreten war, besonders an den Sätteln und Mulden. Dort wo die Spalten zu Tage streichen, ein Umstand, der

gerade an den Schichtensätteln eintritt, da hier die Spalten natürlich nach der Oberfläche zu sich erweitern, ist dem Oele Gelegenheit geboten als natürlicher Oelquell zu Tage zu treten oder von dem Quellwasser nach oben geführt zu werden. Die bergmännischen Untersuchungen zeigten ferner auch, dass die Spalten und Klüfte für das Auftreten des Oeles von Wichtigkeit waren; häufig dienten sie dem Oele als unterirdische Ansammlungsbehälter, in welchen dieses in grösserer Menge sich fand. Nicht immer aber war das Petroleum in Klüften und Hohlräumen angesammelt, sondern in vielen Fällen waren gewisse Schichtenteile, die meistens aus porösem für das Durchdringen von Flüssigkeiten besonders geeignetem Material bestanden, von Oel ganz oder teilweise erfüllt.

Man wird den Ursprung des Petroleums in einer damit erfüllten Schicht dann annehmen, wenn man glauben kann, dass die Bedingungen seiner Bildung daselbst nachzuweisen sind; ist das letztere aber nicht der Fall, so muss man annehmen, dass das Oel in den dermalen eingenommenen Schichten nicht ursprünglich war, sondern nach seiner Bildung erst dahin eingedrungen ist, sich auf sekundärer Lagerstätte befindet. Dieses Eindringen kann auf zweierlei Weise erfolgt sein, entweder ist das Petroleum aus jüngeren Schichten in ältere tiefer liegende, oder umgekehrt aus älteren in darüber liegende jüngere eingedrungen.

Ein Infiltrationsprozess aus jüngeren Schichten in ältere ist aus verschiedenen Gründen unwahrscheinlich. Das Petroleum ist ein leicht beweglicher zum Teil aus sehr flüchtigen Stoffen bestehender Körper, der, wenigstens was seine flüchtigen Bestandteile anbelangt, bei der in grösseren Tiefen stets erhöhten Erdtemperatur, das Bestreben haben wird, in höher gelegene Schichten emporzudringen. Das in grösseren Teufen auftretende Oel würde demnach schwerer, an flüchtigen Bestandteilen ärmer sein müssen als das in höheren Schichten vorkommende, gerade das Gegenteil ist aber der Fall. — Oft beobachten wir, dass Wasserquellen aus sehr grosser Tiefe hervordringen, ebenso wird dies bei dem Petroleum möglich sein und ist auch thatsächlich beobachtet worden. So kommt das Oel, welches an gewissen Stellen in diluvialen und alluvialen Schotterbänken und Sanden auftritt (Norddeutschland) stets aus tiefer gelegenen älteren Formationen herauf.

In Enniskillen in Canada fand man Petroleum in einer Schotterbank, welche zwischen devonischen Kalken und darüberliegenden diluvialen Thonschichten lagerte. Das Petroleum ist hier offenbar aus den älteren Corniferousschichten aufgestiegen und hat die an geeigneten Hohlräumen reichen Schottermassen erfüllt, es vermochte nicht die 30 m mächtigen überlagernden Thonschichten zu durchdringen, wo diese nicht zerklüftet waren, nur da, wo Spalten dazu Gelegenheit boten, drang es bis zu Tage und bildete obertägige Ansammlungen.

Nach der Ansicht von H. Höfer tritt unter ganz analogen Umständen das Petroleum auf in den Chemungschichten von Pennsylvanien. Die Oelsande sind auch solche ölerfüllte Schotter- und Sandbänke, welche eingeschlossen in einem zu Schieferthon erhärteten Thone liegen. Waren diese Sandbänke durch Spalten in Verbindung gesetzt mit tiefer gelegenen Schichten, so konnte durch diese Spalten das Petroleum aufsteigen und die Sande konnten durch seitliches Eindringen damit sich füllen, die Flüssigkeit schwammartig aufsaugen. Führten die Spalten weiter nach oben, so konnte das Oel in noch höher gelegene Schichten emporsteigen und so mehrere über einander gelegene Sande anfüllen. Nachdem die Oel zuführenden Spalten in Folge der leichten Nachgiebigkeit des Thones sich geschlossen hatten, bildeten die Oelsande jene ringsum abgeschlossenen Reservoirs. Es würde demnach das Oel in den Chemungschichten ebenfalls auf sekundärer Lagerstätte sich finden. Dass Kohlenwasserstoffe in dampfförmiger oder gar flüssiger Gestalt mächtige Schichtenkomplexe ohne Spalten durchdringen können, erscheint nicht wahrscheinlich, wie der in Enniskillen beobachtete Fall zeigt. Es würde dazu ein ausserordentlich hoher Druck notwendig sein, wie er nicht vorausgesetzt werden kann. Ueberdies müsste eben dann eine gänzliche Durchdringung der Schichten mit Oel erfolgt sein, was nicht der Fall ist, denn die die Oelsande einschliessenden Thone sind gänzlich ölfrei.

Welche Bedeutung die Spalten für das Emporsteigen des Oeles aus älteren in höhere Schichten haben, beweisen auch die Vorkommnisse von Westvirginien und Ohio, wo das

Petroleum die an den Antiklinalen auftretenden Spalten erfüllte. Die Antiklinalen waren wie bereits bemerkt, für die Bildung solcher Spalten, die ein Emporsteigen der Flüssigkeit bis an die Oberfläche gestatten, am günstigsten, daher fand man das Petroleum meist an den Erhebungslinien, als solche Erhebungslinien waren auch die durch das Vorkommen von Petroleum gekennzeichneten Oelzonen Pennsylvaniens zu betrachten. In den übrigen Oelgebieten finden wir ein ähnliches oder übereinstimmendes Auftreten des Oeles wie in Nordamerika. Im Kaukasus kommt das Petroleum ebenfalls in verschiedenalterigen Formationen vor und besonders in solchen Gesteinen, die zur Aufnahme von Flüssigkeit besonders sich eignen, wie poröse Sandsteine, in Wechsellagerung mit thonigen und kalkigen Gesteinen, welche kein Oel enthielten. Die Bedeutung der Spalten liess sich auch in diesem Gebiete vielfach erkennen und besonders beobachtete man auch das Hervordringen des Oeles an Antiklinallinien oft in Begleitung salzhaltigen Wassers oder von gasigen Kohlenwasserstoff-, Kohlensäure- und Schwefelwasserstoffexhalationen, ebenso befanden sich hier die Schlammvulkane. Die Art des Vorkommens macht es wahrscheinlich, dass auch im Kaukasus das Petroleum nicht in den Schichten, wo es gerade jetzt auftritt, entstanden ist, sondern sich hier ebenfalls auf sekundärer Lagerstätte befindet. Für eine derartige Annahme sprachen ferner auch die aus grossen Tiefen hervortretenden, mit dem Oele zweifellos in genetischem Zusammenhang stehenden Gase.

Das Oelgebiet von Galizien hat Leo Strippelmann eingehend studiert und ist durch seine Beobachtungen zu dem Schlusse gelangt, dass das Petroleum in Galizien sich nicht auf ursprünglicher Lagerstätte befindet, sondern dass es aus tieferen Schichten stammt. Das Vorkommen des Erdöles in verschiedenen Formationen von ganz verschiedenem Alter, die verschiedenen Eigenschaften des Oeles in verschiedenen Teufen, die Zunahme des Oeles in tiefer gelegenen Schichten, die aus grösseren Tiefen dringenden auf hoher Spannung befindlichen Gase weisen darauf hin, dass das Erdöl aus tiefer gelegenen Schichten in höhere Eindringen ist und dort nach Abscheidung der nicht condensierbaren Gase als Flüssigkeit sich angesammelt hat, während die Gase das Oel begleiten und im hochgespannten Zustande umhüllen. Das Vorhandensein eines Systems von Gebirgsspalten in den galizischen Oelschichten wurde bereits früher erwähnt. Die Spalten müssen natürlich auf die Bewegung des Oeles und auf das Eindringen aus tieferen in höhere Schichten von Einfluss gewesen sein. Das aus der Tiefe dringende Oel wurde von porösen Sandsteinen der Kreide und Tertiärschichten aufgenommen, ausserdem sammelte es sich aber auch in Spalten und Klüften an. Wie in Pennsylvanien lagern zwischen den ölführenden Sanden ölfreie oder nur Spuren enthaltende Schiefer und Thone. Diese Gesteine waren zur Aufnahme des Oeles nicht geeignet, gestatteten ihm aber in Folge ihrer zerklüfteten Beschaffenheit den Durchgang in höher gelegene Niveaus. Die Oelsande enthalten nicht in ihrer ganzen Ausdehnung Petroleum; wäre das Oel in den Schichten selbst entstanden, so müssten diese gleichmässig überall davon erfüllt sein, so aber war nur dort eine Durchdringung möglich, wo auf geeigneten Wegen ein Zufluss aus der Tiefe erfolgen konnte.

In Deutschland ist das Petroleum zweifellos auf sekundärer Lagerstätte, wo es diluviale und alluviale Schichten erfüllt; dasselbe ist auch für jenes festgestellt, welches in tertiären Gebilden auftritt. In der Kreide war an manchen Orten ebenfalls Oel enthalten (auf dem Reitling, Hordorf), doch zeigte es sich auch in dem unter der Kreide lagernden braunen Jura, so dass anzunehmen ist, dass auch hier sein Ursprung in älteren Schichten liegt, ebenso wie in Oelheim, wo die untere Kreide nur Spuren, die unterteufende ältere Wealdenformation aber grossen Reichtum von Oel aufwies.

Die Wealdenformation wurde von vielen als die Bildungsstätte des Petroleums angesehen. Da diese, dem oberen Jura angehörende, im nördlichen Deutschland ziemlich verbreitete, namentlich im Petroleumgebiet aber häufig auftretende Formation oft reich an Kohlenflötzen ist, so hat man hierin einen Grund zu der Vermutung gefunden, dass hier das Petroleum entstanden sei, zumal da an vielen Stellen Petroleum aus Wealdenschichten dringt. (Am Fissenberge, Oelheim.) Indess es hat sich gezeigt, dass gerade dort, wo Erdöl im Wealden sich findet, Kohlenflötze nicht auftreten, dass ferner auch das Petroleum in dem

die Wealdenschichten unterteufenden älteren braunen Jura auftritt, dass endlich an manchen Orten (Reitling, Hordorf) der braune Jura Erdöl enthält, wo er von der Kreide direkt überlagert wird, der Wealden also überhaupt fehlt. Daraus geht hervor, dass auch in dieser Formation der Ursprung des Petroleums nicht liegen kann, sondern dass dieses dort, wo es im Wealden vorkommt, aus älteren Schichten in die jüngeren eingedrungen ist. Eine Infiltration des Oeles aus dem jüngeren Wealden in ältere unterteufende Formationen ist, abgesehen von der Unzuverlässigkeit einer derartigen Annahme überhaupt, schon deshalb unmöglich, weil an den Stellen, wo man Petroleum erbohrte, häufig die Wealdenschichten gar nicht angetroffen wurden. (Limmer, Sehnde.)

Auch die Ansicht, dass das Erdöl aus dem weissen Jura stamme, ist angegriffen worden. Der Asphalt von Limmer findet sich nur an vereinzelten Stellen in diesen Schichten, während diese sonst bei ihrer übrigens bedeutenden Ausbreitung keine Spur davon zeigen. Es ist nicht abzusehen, weshalb gerade an einer Stelle sich Erdöl bilden sollte, während doch gewiss die Bedingungen zur Bildung dieses Körpers an allen Punkten die gleichen sein mussten. Der Umstand, dass man bis in grössere Tiefen, wahrscheinlich auch im braunen Jura, dort wo der Asphalt auftritt, das Gestein von diesem durchdrungen findet, legt die Vermutung nahe, dass hier ein lokales Empordringen von Oel aus grösseren Tiefen stattgefunden hat, begünstigt durch vorhandene Dislokationsspalten.

An anderen Orten, wo Petroleum gefunden wird, kommt der weisse Jura überhaupt nicht vor, wodurch noch mehr wahrscheinlich wird, dass der Ursprung des Erdöles bei Limmer ebenfalls nicht in dieser Formation zu suchen ist.

Man hat ferner vermutet, dass die Posidonienschiefer Norddeutschlands, welche zum Lias gerechnet werden, die Ursprungsstätte des Petroleums seien, weil diese, namentlich in Süddeutschland, sich so reich an Bitumen erwiesen haben, dass man daraus Mineralöl gewinnen konnte. Zwar sind diese Schichten in der Nähe der Oelgebiete in ziemlicher Mächtigkeit entwickelt (Hildesheim), in der Oelregion selbst sind sie aber ausser bei Sehnde nirgends beobachtet worden, auch enthalten sie hier nur sehr wenig Petrefakten, auch nicht eigentliches Bitumen, sondern mehr kohlenartige Substanzen.

Die Schichten der Trias können ebenfalls nicht als Ursprungsstätte des Erdöls betrachtet werden, da man bei Hänigsen und Steinförde bis zu einer Tiefe von 1500 m das Oel in der Trias nicht zu finden vermochte, auch an Stellen, wo diese Formation mächtig entwickelt ist (Thüringen), sich Erdöl auch nicht in Spuren nachweisen liess.

Die Steinkohlenformation scheint für die Bildung von Petroleum besonders günstige Bedingungen zu enthalten, da hier organische Ueberreste in grossen Massen angehäuft sich finden, aus denen die Entstehung der Kohlenwasserstoffe sich erklären liesse. In Nordamerika kann diese Formation deswegen nicht in Betracht kommen, weil das Oel in älteren, unterteufenden Bildungen seinen Hauptsitz hat, während das überlagernde Subcarbon und das Carbon selbst davon frei ist. Im nordwestlichen Deutschland ist die Steinkohlenformation nur an einzelnen Punkten entwickelt (Osnabrück), aber nirgends ist bisher darin Petroleum gefunden worden. In dem Oelgebiete ist das Carbon bei Tiefbohrungen noch nirgends erreicht worden, und könnte, falls es unter den Triasschichten hier lagern sollte, nach masslichen Schätzungen in einer Tiefe von 1000—2000 m erst erreicht werden.

Es ist somit durch nichts erwiesen, dass die Entstehung des Erdöles in der Steinkohlenformation erfolgt sei. Das Auftreten von Oel in devonischen Schichten bei Goslar im Harz scheint dafür zu sprechen, dass der Ursprung in noch älteren Formationen, als die carbonische, zu suchen ist. In dem Oelgebiete würden diese Formationen in einer so grossen Tiefe lagern, dass sie wohl niemals durch Bohrungen erreicht werden könnten. —

Die Ansicht, dass das Petroleum silurischen und devonischen Gebilden entstamme, haben mehrere Gelehrte vertreten. Der amerikanische Prof. Harper hielt das Erdöl für devonisch, allerdings wohl nur aus dem Grunde, weil es in Amerika im Devon vorkommt.

L. Strippelmann sagt in seinem Werke (Petroleum-Industrie Oesterreich-Deutschlands), dass eine mit der Triasformation abschliessende Hebungslinie, parallel der Aller verlaufend, in der norddeutschen Petroleumregion festgestellt sei, dass mit dieser Hebung Spalten

und Klüfte geschaffen wurden, welche den Austritt des Petroleums ermöglichten, so dass dieses die späteren Formationen bei oder nach deren Bildung erfüllte, dass dagegen die Ursprungsstätte des Petroleums unzweifelhaft in älteren Formationen (im Silur oder Devon) zu suchen sei.

Auch der Königl. Preuss. Bergrat Freiherr v. Dücker, welcher das norddeutsche Petroleumgebiet genau studiert hat, spricht in seiner Schrift „Petroleum und Asphalt in Deutschland“ dieselbe Ansicht aus. Nach dieser Darstellung fallen die in Betracht kommenden Figurationen mit einer grossen Einsenkungsmulde nördlich vom Harze zusammen, in welcher die alten Gebirgsformationen Carbon, Devon, Silur in grosse Tiefen gedrückt worden sind, sodass die jüngeren Formationen Trias, Jura, Wealden, Kreide, Tertiär sich dort ablagern konnten und zugleich vor den Abspülungen der immer wieder darüber hinbrausenden Meereswogen geschützt blieben, bis die letzte Flut, das Diluvialmeer, nach ihrer nivellierenden Abspülung, die monotone Diluvialformation darüber ausbreitete. Solche tiefe Einsenkungsfalten sind erforderlich, um das in den Erdschichten enthaltene Bitumen hinreichend grosser Erdwärme auszusetzen, damit das ölbildende Gas abdestilliert werden kann; es kann demnach das Erdöl nur aus sehr tiefen Schichten kommen, vielleicht aus Tiefen von 5000 bis 10000 m.

Auch im Elsass liegen die Verhältnisse ähnlich, auch hier findet sich das Erdöl nicht auf ursprünglicher Lagerstätte, sondern ist ebenfalls aus älteren Formationen emporgestiegen. Die Asphaltkalke zu Lobsann müssen bereits abgelagert gewesen sein, als das Petroleum in sie eindrang, wie Strippelmann in dem angeführten Werke bemerkt hat und schon früher Daubrée erkannte (Description geologique et mineralogique du Departement du Bas Rhin). In gleicher Weise haben die älteren Petroleumschichten des Elsass das Oel erst nach ihrer Bildung aufgenommen.

Wir sehen also, dass in allen den betrachteten Gebieten das Petroleum nicht den Schichten entstammt, in denen es dormalen gefunden wird, sondern dass seine Ursprungsstätte in tiefer gelegenen Formationen liegt, aus denen es vermöge seiner Flüchtigkeit, vielleicht unter dem Einflusse der in grossen Tiefen stets herrschenden hohen Temperatur, namentlich wo Klüfte und Spalten dies begünstigen, in höhere Niveaus emporsteigt, um sich hier in flüssigem Zustande nach Abscheidung der nicht condensierbaren Gase in Klüften anzusammeln oder poröse Gesteinsschichten zu erfüllen.

Wenden wir uns nun zu den Fragen: welches sind die Formationen, in welchen die Bildung des Erdöls erfolgt ist, welches war das Material, aus dem die Kohlenwasserstoffe hervorgingen, und unter welchen Bedingungen ist diese Bildung erfolgt?

Wir bewegen uns hier auf dem Gebiete der Vermutungen, eine ganze Reihe von Hypothesen ist aufgestellt worden, welche diese Fragen zu beantworten suchen. Wir wollen und können sie hier nicht alle aufführen, und nur die wichtigsten sollen Platz finden. Es sind namentlich zwei Ansichten, die hier in Betracht kommen, nach der einen ist das Erdöl direkt aus den in ihm enthaltenen Elementen durch chemische Vereinigung auf unorganischem Wege entstanden, nach der anderen hingegen durch chemische Veränderung von organischen Ueberresten pflanzlichen oder tierischen Ursprungs, von denen grosse Mengen in manchen geologischen Formationen angehäuft worden sind.

Was die erstere Ansicht anbelangt, so ist sie namentlich vertreten worden von dem russischen Chemiker Mendelejeff. Dieser Gelehrte erklärt sich das Hervorgehen der Kohlenwasserstoffe auf chemischem Wege aus ihren Elementen auf folgende Weise: In sehr grossen Erdtiefen sind in Folge ihrer spezifischen Schwere Metalle in grossen Mengen angehäuft. Diese Körper, welche, nach der allgemeinen Ansicht von der Bildung der Erde, in glühend flüssigem Zustande noch sich befinden, namentlich das Eisen, können im Verein mit gleichfalls glühendem Kohlenstoff die Bildung von Kohlenwasserstoffen bewirken, wenn sie in Berührung mit Wasser kommen. Die auf diese Weise entstandenen Körper würden dann an dazu geeigneten Lokalitäten in Dampfform zu den Erdschichten aufsteigen und als flüssige oder feste Körper sich condensieren, oder als nicht condensierbares Gas in die Atmosphäre entweichen.

Diese Annahmen sind auf Voraussetzungen gegründet, welche sich der direkten Beobachtung entziehen. Vom chemischen Standpunkte aus wäre eine derartige Entstehung von Kohlenwasserstoffen wohl denkbar, wenn nur die angenommenen Bedingungen beständen. Wir können beobachten, dass durch Auflösen von kohlenstoffhaltigen Metallen in Säuren naszierender Wasserstoff mit dem Kohlenstoff sich verbindet. Auch ist bekannt, dass bei der Bildung des elektrischen Flammenbogens zwischen Kohlenspitzen im Wasserstoffgas die Kohle mit dem Wasserstoff Acetylen bildet. Eine ähnliche Bildung könnte bei sehr hohen Temperaturen in den gedachten Erdtiefen auch erfolgen, weissglühendes Eisen zersetzt Wasser, der naszierende Wasserstoff könnte mit vorhandenem, ebenfalls glühendem Kohlenstoff sich verbinden.

Acetylen kann durch Einwirkung von Wasserstoff in statu nascendi in Aethylen verwandelt werden, welches weiter bei hoher Temperatur sich mit Wasserstoff zu Aethan verbindet, eine Verbindung, welche, wie wir oben bereits gesehen haben, der homologen Reihe der das Petroleum zusammensetzenden Kohlenwasserstoffe angehört. So wie diese können auch die anderen Kohlenwasserstoffverbindungen gebildet werden; wir beobachten selbst, wie flüchtigere Kohlenwasserstoffe durch Oxydation an der Luft in schwerere übergehen; durch Oxydation werden solche Verbindungen kohlenstoffreicher, indem ein Teil des Wasserstoffs zu Wasser oxydiert wird. Dabei braucht nicht notwendig Sauerstoff in die Verbindung einzutreten, es bildet zum Beispiel das Naphtalin durch Oxydation kein sauerstoffhaltiges Produkt, sondern Dinaphtalin.

Wäre also aus chemischen Gründen eine solche Entstehungsweise möglich, so verhält es sich anders mit den geologischen Thatsachen. Würde das Petroleum aus so grossen Tiefen stammen, so müssten diejenigen Lokalitäten für das Empordringen dieses Körpers am günstigsten sein, wo Spalten die Kommunikation mit den grössten Erdtiefen vermitteln, wie dies in vulkanischen Gegenden der Fall ist. Die vorliegenden Beobachtungen zeigen indess, dass Gegenden, in denen das Erdöl vorkommt, keinen eigentlich vulkanischen Charakter haben; auch liessen sich Kohlenwasserstoffe bei vulkanischen Gasexhalationen überhaupt nicht nachweisen. Findet sich Erdöl an einigen Stellen in Eruptivgesteinen, so sind das nur einige unbedeutende Vorkommnisse, wo es wahrscheinlich aus den sedimentären ölhaltigen Schichten, welche die eruptiven Massen durchbrachen, aufgenommen wurde, wie in den Dioriten von Gaspé. Zwar scheint an manchen Orten das Vorkommen des Petroleums im Zusammenhange mit dem Vulkanismus zu stehen, wie das namentlich der Fall ist im Kaukasus, wo heisse Dampf- und Wasserquellen in dem Petroleumgebiete sich finden, indess es beweist die relativ niedrige Temperatur des hier auftretenden Oeles, welche die Bodentemperatur um kaum 2—3° übersteigt, dass dieses hier unmöglich mit den heissen Quellen im Zusammenhange stehen kann. Die bereits gelegentlich der Beschreibung der kaukasischen Oelvorkommen erwähnten Salsen oder Schlammvulkane, welche allerdings Oel und Oelgase auswerfen, sind nicht als eigentlich vulkanische Vorgänge aufzufassen, vielmehr ist das Erdöl im Boden hier schon vorhanden und bewirkt die Entstehung der Salsen. Höchstens kann eine vulkanische Wirkung nur insofern erfolgen, als in Folge erhöhter Temperatur des Bodens eine Destillation der in diesem enthaltenen Kohlenwasserstoffe eintritt und durch die Bildung von Gasen und Dämpfen eine Eruption der Schlammvulkane hervorgerufen oder mit bewirkt wird.

Ein bedeutungsvoller Grund, weshalb ein Aufdringen des Erdöls aus so grossen Tiefen nicht anzunehmen ist, ist ferner auch der, dass man das Oel bisher in Schichten der unter dem Silur lagernden archaischen Formationsreihe noch nirgends bemerkt hat, es also allem Anschein nach dort ebenso wenig vorkommt, als etwa die Steinkohle in praecarbonischen Formationen. Käme wirklich das Oel aus tieferen Regionen, als die sind, welche wir als die ältesten Gesteinsbildungen kennen, die azoischen Formationen, so würde es auch in diesen sich finden, da es diese Schichten auf seinem Wege nach oben durchdringen müsste.

Die vorliegenden geologischen Beobachtungen scheinen entschieden darauf hinzuweisen, dass das Petroleum nicht in so bedeutenden, uns völlig unbekanntem Erdtiefen entstanden ist, sondern dass es aus den bekannten Schichten der geologischen Formationsreihe

stammt. Hier muss natürlich die Entstehung auf ganz andere Ursachen zurückgeführt werden, weil die oben angenommenen Bedingungen hier nicht bestanden haben können. Das Fehlen des Oeles in den azoischen Formationsgliedern und sein Auftreten in Schichten, welche von jenen durch den sicheren Nachweis organischer Ueberreste sich unterscheiden, deuten darauf hin, dass die Kohlenwasserstoffe aus den in den Erdschichten begrabenen tierischen und pflanzlichen Ueberresten hervorgegangen sind.

Es lag nahe, die Bildungsvorgänge dieser Körper auf ähnlich Prozesse zurückzuführen, wie sie bei der trocknen Destillation organischer Substanzen beobachtet werden. Bevor man das Petroleum in den Handel brachte, hatte man diesem ähnliche Gemische flüssiger Kohlenwasserstoffe durch trockne Destillation bituminöser Schiefer oder Braunkohlen gewonnen, ebenso das im Petroleum gleichfalls enthaltene Paraffin. Es schien daher wahrscheinlich, dass die Bildung der natürlichen Oele auf ähnlichem Wege durch trockne Destillation von verkohlten Pflanzenresten unter der Einwirkung hoher Temperaturen erfolgt sei. Zwar konnten hier weniger in Betracht kommen die in jüngeren Formationen (Tertiär) auftretenden Braunkohlen, wohl aber die in bedeutend älteren und oft sehr tiefen, von mächtigen Schichten überlagerten Steinkohlen.

Die bei der trocknen Destillation der Steinkohlen entstehenden Kohlenwasserstoffe sind von ganz anderer Zusammensetzung, als die im Petroleum enthaltenen, sie gehören nicht zu den homologen Reihen des Sumpfgases und des Aethylens, sondern sind Glieder der Benzolreihe, jener Kohlenwasserstoffe, welche bekanntlich bei der Bereitung von Anilin und anderer Teerfarben eine wichtige Rolle spielen. Ausser in dem Petroleum von Baku, welches eine von der übrigen Oele abweichende Zusammensetzung hatte, fanden sich solche Kohlenwasserstoffe mit viel höherem Kohlenstoffgehalt nicht.

Man glaubte daher, dass die Bedingungen, unter denen die Destillation der Steinkohlen in den Erdschichten erfolgt sei, andere gewesen sein müssten, als die in den Retorten der Gasfabriken. Die Temperatur, unter welcher die Destillation erfolgte, sollte eine weniger hohe gewesen sein, dafür aber besonders hoher Druck mitgewirkt haben. Angestellte Versuche haben die Möglichkeit eines derartigen Vorganges dargethan.

Der französische Chemiker Berthelot (An. chim. et phys. 1870 p. 312) liess auf Steinkohle in einer starken zugelöteten Gasröhre bei einer Temperatur von  $275^{\circ}\text{C}$ . 10—20 Stunden lang Jodwasserstoff im Ueberschuss einwirken. Bei dieser Temperatur entstand unter Zersetzung des Jodwasserstoffs und durch Vereinigung des Wasserstoffs mit den Bestandteilen der Steinkohle eine Flüssigkeit, welche dem Steinöl in ihren Eigenschaften ähnlich war. Die fraktionierte Destillation und Analyse der Verbindungen ergab, dass die Flüssigkeit aus Kohlenwasserstoffen bestand, die zum Teil ebenso zusammengesetzt waren, wie die in den Erdölen enthaltenen Verbindungen, wie das Hexan  $\text{C}_6\text{H}_{14}$  mit einem Siedepunkt von  $70^{\circ}$ . Der in dem Rohre wirkende Druck wurde von Berthelot auf 100 Atmosphären geschätzt. Durch diesen Versuch wird tatsächlich bewiesen, dass die Umwandlung der Steinkohle in Erdöl überhaupt möglich ist.

Es fragt sich nun, ob die geologischen Thatsachen dieser Ansicht entsprechen. Die Steinkohlen kommen in älteren Formationen als die karbonische überhaupt nicht vor, abgesehen von einigen unbedeutenden Flötzen und Nestern von Anthracit und Kohle im Oberdevon. Wie bereits erwähnt, liegen aber die grossartigen Petroleumreservoirs Nordamerikas in Schichten des Silurs und Devons. Die Steinkohlenformation breitet sich über den Petroleumschichten zwar in bedeutender Mächtigkeit aus und ist auch reich an Kohlenflötzen, aber das Oel findet sich in ihr niemals enthalten, so dass offenbar hier kein Zusammenhang zwischen dem Petroleum und der Kohle nachweisbar ist. In den übrigen Gebieten tritt das Erdöl in jüngeren Formationen auf und befindet sich hier auf sekundärer Lagerstätte, es könnte also an und für sich wohl in der Steinkohlenformation aus der Kohle entstanden sein, aber, wie wir bereits für die deutschen Oelvorkommnisse dies dargethan haben, fehlen überall die Anzeichen, woraus auf eine Entstehung des Oeles in der Steinkohlenformation geschlossen werden könnte. Ebenso wenig wie in Deutschland ist im Kaukasus und in Galizien das Auftreten der Steinkohlenformation unter den petroleumführenden Schichten fest-

gestellt worden, noch weniger das Vorkommen von Kohlenflötzen, wohl aber geht aus gewissen geologischen Beobachtungen in Galizien hervor, dass dort die Steinkohlenformation gerade nicht entwickelt ist. Dort, wo sich Kohlenlager finden, beobachten wir allerdings gewisse chemische Veränderungen der Kohle, aber niemals die Bildung von Petroleum. Die Steinkohlen sind hervorgegangen aus mächtigen Ablagerungen pflanzlicher Ueberreste. Diese organischen Reste wurden in ungeheurer Masse angesammelt, von einer oft mächtigen Decke sedimentären Gesteinsmaterials überlagert, vielleicht auch noch durch seitliche, in Folge von Schrumpfung der Erdrinde erfolgende Zusammenschiebung und Faltung der Schichten in bedeutende Tiefen hinabgedrückt. Hier vollzog sich nun, hervorgerufen durch die in der Tiefe herrschende hohe Temperatur, unter Mitwirkung des riesigen, durch überlagernde Schichten ausgeübten Druckes nach und nach ein Umwandlungsprozess. Während bei der Verwesung an der Luft die organischen Bestandteile vollständig zerstört werden und schliesslich nur das Unverbrennliche übrig bleibt, tritt hier unter dem Abschlusse der Luft und den übrigen angeführten Bedingungen nur ein Teil des Kohlenstoffs in Verbindung mit Wasserstoff und Sauerstoff aus der organischen Verbindung des Holzes aus, welche als Kohlensäure und bez. Grubengas entweichen. Dabei wird den Pflanzenkörpern immer relativ mehr Wasserstoff entzogen als Kohlenstoff, so dass im Laufe der Zeit eine relative Vermehrung des letzteren eintritt. Dieser Prozess vollzieht sich nur ausserordentlich langsam in Folge des verhinderten Zutritts der Luft und des verhinderten Entweichens der entstehenden Zersetzungsprodukte. Daher ist die Zersetzung, trotzdem sehr lange Zeiträume schon vergangen sein mögen, seit die Ablagerung des Kohle bildenden Materials erfolgte, noch nicht beendet, und wir beobachten noch immer in den Steinkohlenlagern die Bildung und Entweichung der Gase. Erst dann, wenn die Steinkohlen zu Graphit und Anthracit umgewandelt sind, ist das Ende dieses Prozesses erreicht.

An manchen Orten wurde dieser Umwandlungsprozess durch äussere Einflüsse beschleunigt, namentlich dann, wenn die Kohlen in Contact mit glutflüssigen Eruptivmassen traten. So finden wir die Braunkohle des Meissner in Hessen durch Dolerit und Basalt in Anthracit und Steinkohle, ebenso die Steinkohle von Waldenburg in Anthracit umgewandelt. Nirgends ist aber bei diesen Umwandlungsvorgängen eine Spur der Entstehung von Petroleum nachgewiesen worden.

In einigen Steinkohlenlagern, wie zu Dawley und The Dingle in der englischen Grafschaft Shrop, kommt zwar Erdöl vor und quillt sogar in ziemlich bedeutenden Mengen aus der Kohle, aber es ist keineswegs unzweifelhaft festgestellt, dass das Petroleum hier auf primärer Lagerstätte sich befindet; vielmehr erscheint es wahrscheinlich, dass die Kohlenschichten in Folge ihrer Zerklüftung als Ansammlungsbehälter für die aus älteren Gebilden aufsteigenden Kohlenwasserstoffe gedient haben. Selbst dann, wenn das Petroleum aus den genannten Schichten stammte, wäre immer noch der Fall möglich, dass noch andere organische, vielleicht tierische Reste, welche mit den Steinkohlenpflanzen gleichzeitig, gerade an diesen Stellen, in den Kohlenschichten begraben wurden, das Material zu seiner Bildung geliefert haben könnten. Jedenfalls ist es nicht wahrscheinlich, dass die Steinkohlen in so seltenen Fällen, bei der ausserordentlichen Verbreitung dieser Körper, zur Bildung von Petroleum Gelegenheit gegeben haben, wo doch gewiss überall die nämlichen Bedingungen angenommen werden müssen.

Wird also die Möglichkeit auch zuzugeben sein, dass eine Bildung von Petroleum aus der Steinkohle erfolgen kann, mag auch an einigen Stellen eine derartige Entstehung erfolgt sein, so ist dies doch nirgends zweifellos festgestellt, wohl aber kann als sicher erwiesen gelten, dass manches Petroleum, wie das in den silurischen und devonischen Formationen Nordamerikas vorkommende, aus der Steinkohle nicht hervorgegangen sein kann.

Man hat weiter den Ursprung des Petroleums mit den Ueberresten von Meeresalgen in Zusammenhang zu bringen gesucht, namentlich dort, wo es in älteren Formationen auftritt. Lesquerreux, der diese Ansicht besonders verteidigt, stützt sich dabei auf die Thatsache, dass in den Petroleumschichten des Chemung von Pennsylvanien Fucoiden in grosser Häufigkeit sich finden, aber da, wie wir oben gesehen haben, das Oel hier auf sekundärer

Lagerstätte sich findet, so kann dies wenig beweisen. Auch an anderen Orten hat man einen genetischen Zusammenhang zwischen Petroleum und solchen Resten nicht nachzuweisen vermocht. Wären wirklich die ganz enormen Massen von Petroleum aus Algenresten hervorgegangen, so müsste dazu eine so ungeheure Menge solcher Körper erforderlich gewesen sein, wie sie wahrscheinlich die silurischen und devonischen Meere ebenso wenig hätten zur Verfügung stellen können, als die heutigen; und selbst diesen Fall zugegeben, so müsste doch das ölbildende Material, nach der Verflüchtigung und Abtrennung der flüchtigen Bestandteile (Kohlenwasserstoffe), grosse Massen von festem Kohlenstoff hinterlassen haben, wovon nirgends bisher etwas aufgefunden worden ist. Nirgends sind auch bisher bituminöse Fucoidenreste gefunden worden, welche die Möglichkeit der Entstehung von Kohlenwasserstoffen aus marinen Pflanzenresten überhaupt beweisen könnten, wohl aber hat sich in vielen Fällen gezeigt, dass die aus marinen Ablagerungen entstandenen Gesteine (Schiefer, Thone, Kalke) dann oft sehr reich an Bitumen waren, wenn sie zahlreiche tierische Reste enthielten. In solchen Gesteinen, welche nur verkohlte Pflanzenreste enthalten, pflegt eigentlicher Bitumengehalt nie vorzukommen, wohl aber in solchen, die ausser den Pflanzen- noch Tierreste führen. Die Brandschiefer Schwabens, welche so reich an Bitumen sind, dass sie auf Mineralöl verarbeitet werden konnten, enthalten viele Reste von Sauriern, Fischen, Mollusken, unmöglich kann hier der Bitumengehalt aus den nur selten auftretenden Pflanzenresten stammen.

Die Schichten der silurischen und devonischen Formation wurden zu einer Zeit abgelagert, wo, nach dem Stande der heutigen Geologie, die Pflanzenwelt noch auf einer tiefen Stufe der Entwicklung stand, wo nur Algen und höchstens niedere Gefässkryptogamen existierten, deren Ueberreste beweisen, dass eine Anhäufung von Pflanzenmaterial, wie in späteren Formationen, unmöglich war, wo aber die Tierwelt die Meere in reichster Entwicklung bereits bevölkerte. Protozoen, Echinodermen, Caelenteraten, Mollusken, Arthrozoen, Fische existierten, wie aus den fossilen Befunden hervorgeht, in grosser Anzahl von Arten und durchwimmelten in grossen Mengen die Meere. Diese Umstände machen es wahrscheinlich, dass das Oel in den genannten Formationen, wie in jüngeren das Bitumen gewisser tierischer Resten reicher Gesteine, ebenfalls aus tierischen Resten entstanden ist. Tatsächlich sind nun auch die amerikanischen Corniferous-Kalke reich an Korallenresten, deren petrifizierte Gehäuse mit Erdöl häufig erfüllt sich zeigen, wie dies auch der Fall war mit den in den Trentonschichten (Untersilur) Kanadas gefundenen Orthoceratitengehäusen, deren Hohlräume ebenfalls Oel und Erdwachs enthielten.

Dem Einwande, dass die Menge der aufgefundenen Tierreste nicht eine so grosse sei, um daraus die Bildung des Erdöles zu erklären, ist entgegen zu halten, dass nur in den wenigsten Fällen die Formen der auf dem Meeresgrunde sich ansammelnden Tierkörper erhalten bleiben konnten. Nur solche Formen liessen sich erhalten, die Hartgebilde besaßen, aber auch von diesen nur ein ausserordentlich geringer Bruchteil, nur dann, wenn die einschließenden Sedimente zu der Erhaltung besonders günstig waren (Thone). Auch die Kalkschalen der zu Boden gefallenen Muscheln und andere aus kohlen-saurem Kalk bestehende Hartgebilde konnten von dem kohlen-säurehaltigen Wasser des Meeres aufgelöst und zerstört worden sein, zumal da der Kohlen-säuregehalt des Wassers früherer Meere ein grösserer gewesen sein dürfte, als der der heutigen. Man beobachtet auch jetzt noch, dass die Gehäuse der Meeresbewohner auf dem Boden sehr tiefer Meere vollständig fehlen, weil sie hier in Folge des höheren Kohlen-säuregehaltes des Wassers aufgelöst werden, während auf seichtem Grunde dies nicht geschieht. Die Körper einer grossen Anzahl dieser Tiere waren aber überhaupt nicht fossilisierbar, sondern bestanden aus Weichteilen, deren Form zwar zerstört, deren Substanz aber, wenn auch in chemisch verändertem Zustande, das Gestein, in welchem die Ablagerung erfolgte, erfüllte und so das Material zur Bildung von Erdöl liefern konnte. Nach R. Leuckart (s. Zincken, Fossile Kohlen etc. p. 121) können zu solchen, besonders aus fettreichen Körpern bestehenden unfossilisierbaren Tieren gerechnet werden Infusorien mit Einschluss der Noktiluken, Aktinien, weiche Polypen, Medusen, Würmer mit Einschluss der Gephyreen, Nacktschnecken, schalenlose Cephalopoden, vielleicht kleine Krebse mit weichen Schalen, Daphniaden, Cyklopen. Die Leichen dieser Tiere bedeckten nach und

nach in grossen Massen den Meeresgrund, wurden von Schlamm bedeckt und eingebettet, eine mit Tierresten erfüllte Schicht wurde auf der andern abgelagert und es konnten so die Schichten eine bedeutende Mächtigkeit erreichen. Nach und nach wurden die in den zu Gestein erhärteten Sedimenten eingeschlossenen organischen Reste in Bitumen verwandelt und aus diesem das Oel durch die Einwirkung der Erdwärme in höher gelegene Schichten abdestilliert.

Von chemischem Gesichtspunkte ist gegen diesen Ursprung des Erdöles geltend gemacht worden, dass tierische Körper bei ihrem bedeutenden Stickstoffgehalt auch stickstoffhaltige Zersetzungsprodukte hätten ergeben müssen, während das Erdöl solche nicht enthalte. Indess, abgesehen davon, dass in einigen Oelen Ammoniakverbindungen nachgewiesen worden sind, wie in Galizien, im Bergteer zu Pechelbronn, in den kanadischen Oelen, ist es sehr wahrscheinlich, dass gegenüber den Petroleum bildenden Fettmassen die Stickstoffverbindungen in nur sehr zurücktretender Quantität in den tierischen Resten enthalten waren. Ausserdem können die Stickstoffverbindungen bei dem Destillationsvorgange sich verflüchtigt haben, oder durch die Berührung des Oeles mit dem Wasser aufgelöst und dem Oele entzogen worden sein. Der Vorgang der Ablagerung tierischer Reste hat sich aber nicht nur in jenen alten Formationen der palaeozoischen Gruppe vollzogen, sondern in fast allen später entstandenen Gliedern der geologischen Formationsreihe; es könnte somit unter übrigens günstigen Bedingungen auch in den jüngeren Formationen Petroleum gebildet worden sein. Thatsächlich kann man sogar noch heute in recenten Gebilden die Entstehung von Bitumen und flüssigen Kohlenwasserstoffverbindungen beobachten, wie Fraas in seinem Werke „Aus dem Orient“ erwähnt. Unter den Korallenriffen des Djebel Zeit bei el Tor an der Küste des roten Meeres enthielt namentlich das sich jetzt noch fortbildende Strandriff Petroleum in grossen Mengen, so dass in Gruben, in denen das Wasser im Niveau des Meeresspiegels steht, das Oel sich auf dem Wasser ansammelt als braune, irisierende Flüssigkeit, indem es tropfenweise aus dem Korallenkalk ausschwitzt und als spezifisch leichtere Flüssigkeit in dem Wasser aufsteigt. Nach den Beobachtungen des genannten Forschers kann ein Zweifel nicht bestehen, dass das Oel hier aus den im Riffe selbst und in der Lagune sich zersetzenden organischen Körpern her stammt. Ein Teil der Zersetzungsprodukte, die sich beim Verwesens der zahllosen in der Lagune angehäuften Tiere bilden, entweicht gasförmig in die Luft, der andere aber kondensiert sich zu flüssigen, schweren Kohlenwasserstoffen, die, sich in dem Korallenriff festsetzend, den cavernösen Kalk erfüllen.

Ebendasselbst findet man auch Chlornatrium, welches gleichzeitig mit dem Oele aus dem Wasser zum Absatz gelangte. Eine halbe Tagereise südlich vom Djebel Zeit ist eine dem Korallenkalk äquivalente Strandbildung, welche aus Gyps, Salz und Schwefel besteht. Der Schwefel durchdringt den Gyps und bildet darin ganze Lager und Nester. Wahrscheinlich ist der Schwefel hier auch als aus grossen Mengen verwesender organischer Ueberreste entstanden zu betrachten, während Gyps und Salz aus der gesättigten Lösung des Lagunenwassers zur Abscheidung gelangten. Es erinnert dieses Vorkommen an jenes im Devon von Enniskillen in Kanada, wo Oel in cavernösen Korallenkalen mit Salzwasser und Schwefelverbindungen gemengt vorkommt.

Fast überall, wo Erdöl sich zeigt, findet man, dass das denselben Schichten entquellende Wasser Salzgehalt besitzt. Es ist wahrscheinlich, dass in vielen Fällen das Salz mit dem ölbildenden Material gleichzeitig zur Abscheidung gelangte und nun in wässriger Lösung mit dem aus den ölführenden Schichten hervorfließenden Wasser zum Vorschein kommt. Das Steinsalzlager von Wieliczka enthält Salze mit Einschlüssen, welche aus hochgespannten Gasen bestehen. Beim Auflösen des Salzes in Wasser werden daher die Wände der Hohlräume, sobald sie genügend dünn geworden sind unter starkem Knistern gesprengt, was auch erfolgt beim Spalten der Salzkrystalle, wobei ein deutlicher Petroleumgeruch sich bemerkbar macht. Nach den mikroskopischen Untersuchungen Zirkels enthalten diese Salze auch mikroskopische Flüssigkeitseinschlüsse, deren Inhalt aller Wahrscheinlichkeit nach ebenfalls aus Kohlenwasserstoffen besteht. Kreutz fand in diesen Knistersalzen Bitumenflocken und beobachtete, dass beim Auflösen solcher Salze in heissem Wasser sich ein irisierendes

Fettl  
schei  
Span  
hang  
men

die F  
wohl  
lichk  
Vers  
festg  
sein,  
halte  
Tierg  
aus  
liche  
einer  
die I  
jünger  
keiten  
cond  
Mögl  
schw  
Atm  
allen  
täten  
Fälle  
dene

