

# Zur Frage nach den Ur-Materialien der Petrolea.

Von Herrn **H. Potonié** in Berlin.

In meiner Notiz »Eine rezente organogene Schlamm-*bildung vom Cannelkohlen-Typus*«<sup>1)</sup> habe ich als Bedingungen für die Entstehung von Faulschlamm (= Sapropel<sup>2)</sup>) angegeben:

1. Das Vorhandensein von stagnierendem oder mehr oder minder stagnierendem, daher dem Fäulnisprozeß günstigen Wasser, in welchem 2. ein organisches Leben üppig gedeiht, und als Folge: die Entstehung einer Ablagerung aus den abgestorbenen Organismen (und ihren Exkrementen), die wegen des Mangels oder starken Zurücktretens von Sauerstoff namentlich am Boden des Wassers nicht vollständig verwesen können, sondern — da unter diesen Bedingungen wesentlich ein Fäulnisprozeß stattfindet — einen bleibenden festen Rest zurücklassen<sup>3)</sup>. Die Eigenart der Sapropel ist nun aber nicht allein von den angegebenen Umständen abhängig, sondern wesentlich auch von der Beschaffenheit der Organismen selbst. Diesbezüglich ist darauf zu achten, daß im Wasser das Tierleben besonders reichlich entwickelt zu sein

---

<sup>1)</sup> Dieses Jahrbuch für 1903, S. 405—409.

<sup>2)</sup> Vergl. wegen dieses Ausdrucks meine Notiz »Über Faulschlamm-(Sapropel-) Gesteine« in dem Sitzungsbericht der Gesellsch. naturforschender Freunde zu Berlin vom 13. Dezember 1904, wo ich als internationalen (wissenschaftlichen) Terminus für Faulschlamm den Ausdruck Sapropel (von den griechischen Wörtern für Fäulnis und Schlamm) vorgeschlagen habe.

<sup>3)</sup> Die Definitionen für die Begriffe Verwesung, Vermoderung, Vertorfung und Fäulnis, wie sie für unseren Gegenstand zweckmäßig erscheinen, habe ich in der oben zitierten Jahrbuchs-Notiz geboten.



pflügt und daß die typischen Wasserpflanzen durch ihren oft reichlichen Gehalt an fettem Öl in chemischer Hinsicht Verwandtschaft mit den Tieren zeigen und sich von den Landpflanzen entfernen, wenigstens diejenigen Wasserpflanzen, die — wie die Öl führenden Plankton-Algen — als Ur-Material des Sapropels hervorragend mit in Frage kommen.

Im Gegensatz dazu sind die Hauptmaterialien, die die höheren (zu den Pteridophyten und Siphonogamen gehörigen) Wasserpflanzen und die Sumpfpflanzen zusammensetzen, also insbesondere diejenigen Pflanzen, die an Örtlichkeiten wachsen können, die dem Vertorfungsprozeß günstig sind, Kohlenhydrate wie bei den ausschließlichen Landpflanzen.

Es erhellt daraus, daß die bei der Vertorfung und die bei der unter Wasser stattfindenden bloßen Fäulnis entstehenden Produkte in ihren chemischen Eigentümlichkeiten nicht allein von der Verschiedenheit der Prozesse abhängig sein werden, sondern wesentlich auch von der ursprünglichen (chemischen) Beschaffenheit der Organismen.

Vergleichen wir die Analysen der Faulschlamme, Torfe, Kohlen etc., so ergibt sich das Folgende.

Bei der Vermoderung und Vertorfung sind die zurückbleibenden festen, sehr kohlenstoffreichen Produkte im Wesentlichen Verbindungen von Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff und zwar in Mengenverhältnissen, die an die der Kohlenhydrate erinnern, doch so, daß es sich gewissermaßen um dehydratisierte Kohlenhydrate handelt. Diese Produkte haben die Tendenz, bei der Destillation Verbindungen der aromatischen Gruppe (wie Benzol oder Verwandte desselben) zu liefern, die kohlenstoffreicher sind als die Verbindungen der Fettgruppe (wie z. B. Paraffine).

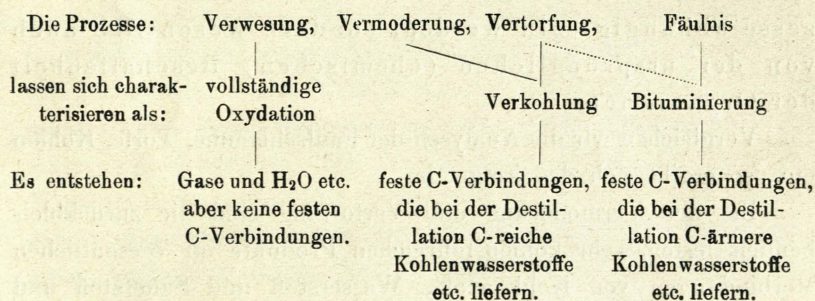
Auch bei der Sapropel-Bildung entstehen feste Verbindungen aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff, die aber im Ganzen viel weniger kohlenstoffreich sind, als die durch Vermoderung und Vertorfung hervorgegangenen Produkte, d. h. sie gehören zu



Wasserstoff-reicheren Verbindungen. Die Sapropel-Gesteine haben daher bei der Destillation besonders die Tendenz, azyklische Verbindungen (Methanderivate) zu liefern und von den zyklischen die H-reicheren Verbindungen (Naphtene, also Zwischenglieder zwischen der Methan- und Benzolgruppe). Kurz gesagt: die wesentlich unter Vertorfungsbedingungen geratenden Organismen oder Teile von Organismen liefern Kohlenstoffreichere Verbindungen, die unter Fäulnis-Bedingungen geratenden jedoch (d. h. die Sapropelle) Kohlenstoffärmere Verbindungen.

Wir wollen in möglichster Anlehnung an den bisherigen Gebrauch, aber mit bestimmten Definitionen den erstgenannten Vorgang als den der Verkohlung, den zweiten als den der Bituminierung bezeichnen.

Übersichtlich hätten wir:



Spricht man von bituminösen Gesteinen, so bleibt der Zweifel offen, ob Gesteine gemeint sind, denen die Bitumina liefernden Materialien resp. die bereits gebildeten Bitumina ab ovo zugehören, oder ob sie sich in dem Gestein an zweiter Lagerstätte befinden. Hier soll daher nur dann von bituminösen Gesteinen die Rede sein, wenn über die erwähnte Herkunft (ob an erster oder zweiter Lagerstätte) nichts ausgesagt werden soll, während von Faulschlamm- oder Sapropel-Gesteinen dann gesprochen werden soll, wenn die der Bituminierung verfallenen Stoffe an erster Lagerstätte vorhanden sind.

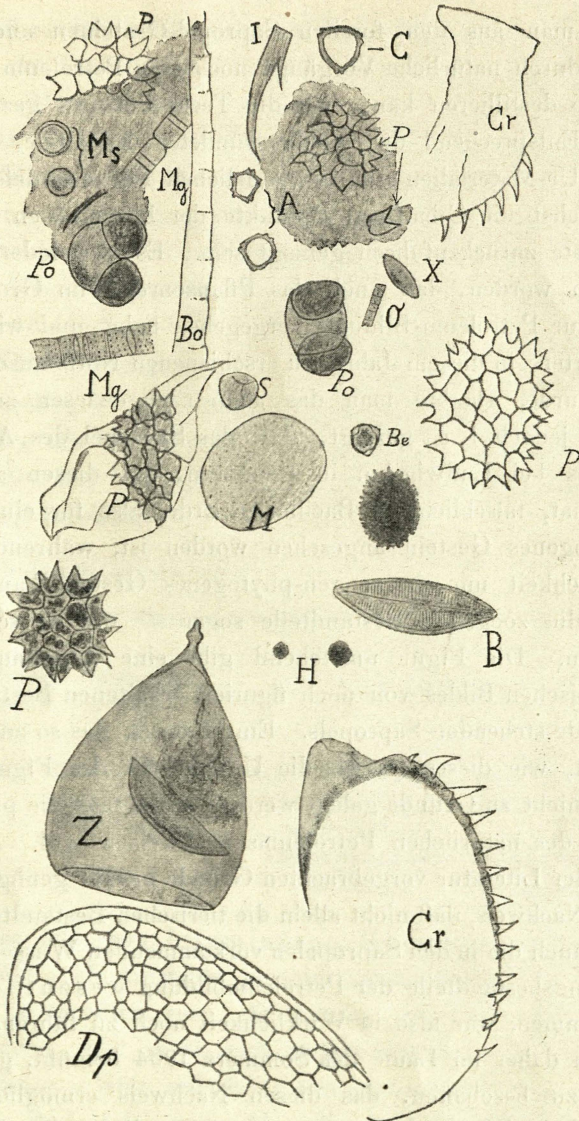


Daß man aus den fossilen Sapropel-Gesteinen auch dann, wenn sie durch natürliche Vorgänge noch kein Petroleum geliefert haben, Öle destillieren kann, hat die Technik längst gezeigt und benutzt. Entsprechend der wohlbegründeten Annahme, daß das Tierreich Ur-Materialien für die natürlichen Petrolea liefert, wird man zunächst die C-haltigen Produkte der bituminösen Gesteine auf Tierreste zurückzuführen geneigt sein. Es ist wiederholt ausgesprochen worden, daß auch das Pflanzenreich im Großen Ur-Material zur Petroleum-Bildung hergegeben habe, und wie in der oben zitierten, in diesem Jahrbuch erschienenen Notiz auseinandergesetzt wurde, glaubte man das auch nachgewiesen zu haben. Ich habe jedoch l. c. gezeigt, daß das Sapropel des Ahlbecker Seegrundes bei Ludwigshof in Pommern, das diesen »Beweis« geliefert hat, fälschlich für Bacillarien-Erde, also für ein wesentlich phytogenes Gestein angesehen worden ist, während es sich in Wirklichkeit um ein zoogen-phytogenes Gestein handelt, bei welchem die zoogenen Bestandteile sogar — wie es scheint — überwiegen. Die Figur umstehend gibt eine Anschauung des mikroskopischen Bildes von noch figuriert erhaltenen Bestandteilen des in Rede stehenden Sapropels. Ein Material, das so zusammengesetzt ist, wie dieses (vergl. die Unterschrift der Figur), kann natürlich nicht zu Grunde gelegt werden, wenn man die pflanzliche Herkunft des natürlichen Petroleums nachweisen will. Auch die sonst in der Literatur vorgebrachten Gründe hierfür genügen nicht.

Der Nachweis, daß nicht allein die tierischen Bestandteile, sondern daß auch die in den Sapropelen vorkommenden Wasserpflanzen als Ausgangsbestandteile der Petroleumbildung wesentlich mit in Frage kommen, war also in Wirklichkeit noch zu führen, und ich habe mich daher im Laufe des Sommers 1904 bemüht, geeignetes Material zu beschaffen, das diesen Nachweis ermöglichte. Es liegt für den Biologen nahe als geeignete Quelle an die allsommerlich auftretende Algen<sup>1)</sup>-»Wasserblüte« zu denken, die verhältnis-

<sup>1)</sup> Im Gegensatz zu der durch ins Wasser geratenen Blütenstaub bedingten Pollen-Wasserblüte. Auf dem Lande wird diese Erscheinung, sofern die Pollenmassen in auffälliger Menge auftreten, bekanntlich als »Schwefelregen« bezeichnet.





Gezeichnet von Dr. W. GOTHAN.

Figurierte Bestandteile aus dem Faulschlamm des Ahlbecker Seegrundes  
in 220:1 der natürlichen Gröfse.

- |  |  |
|--|--|
| H = Kügelchen aus organischer oder mineralischer Substanz.                           | Po = Pinus-Pollen.                                 |
| B = Bacillarie ( <i>Cymbella</i> )   | C = Corylus-Pollen.                                |
| Ms u. Mg = Bacillarien ( <i>Melosira</i> , s = Schalen-Ansicht, g = Gürtel-Ansicht). | A = Alnus-Pollen.                                  |
| P = <i>Pediastrum</i> .  | Be = <i>Betula</i> -Pollen.                        |
| O = <i>Oscillaria</i> ?  | Bo = <i>Bosmina</i> -Antenne.                      |
| X = Pilzspore?   | Dp = Daphniden-Haut.                               |
| M = Macrosporen-Exospore?  | Cr = Abdomen-Fetzen einer Crustacee.               |
|  | I = Crustaceen-Gliedmaßen-Stück.                   |
|  | Z = Ei von <i>Corixa</i> sp. (nach Herrn BREDDIN). |



mäßig reines Material liefert. In der Havel spielt *Microcystis* (*Polycystis*) *flos aquae* alljährlich als »Wasserblüte« eine hervorragende Rolle, indem die Kolonien dieser Algen das Wasser, das sie in erstaunlichen Mengen bewohnen, bei uns namentlich an warmen August-Tagen intensiv pflanzengrün färben. Es galt hiervon hinreichendes Material zur Untersuchung zu gewinnen, und dieses Verlangen wurde durch den Umstand auf das bequemste unterstützt, daß durch einen mehrtägigen Westwind an das Ostufer des »Wannsee«, einer Bucht der Havel, die Alge in großer Fülle zusammengeschwemmt worden war, sodaß das Ufer stellenweise von einem dicken grünen Brei umsäumt wurde. Von diesem reichlich vorhandenen Material habe ich aufgesammelt und es Herrn Prof. Dr. C. ENGLER in Karlsruhe (Baden) mit der Bitte um Untersuchung gesandt; von dem Sapropel des Ahlbecker Seegrundes wurde die nötige Quantität zum Vergleich mit der Wasserblüte beigelegt.

Der Bericht von Herrn Prof. C. ENGLER lautet:

I. Faulschlamm vom Ahlbecker Seegrund bei Ludwigshof (südlich des Stettiner Haff's) in Pommern.

1. Derselbe ergab bei der gewöhnlichen trocknen Destillation:

24,4 pCt.	Öl von theeriger Konsistenz und Paraffin-haltig,
13,8 »	Wasser von stark alkalischer Reaktion,
47,2 »	Rückstand (davon 20,8 pCt. Asche, Rest Koks),
14,6 »	Verlust (brennbare Gase),
100,0 pCt.	

2. Bei der Druckdestillation resultieren dünnere Petroleum-artige Öle neben gut kristallinischem Paraffin und Wasser. Die genauen Mengenverhältnisse sind dabei noch nicht festgestellt worden, doch sind sie anscheinend ähnlich wie bei der gewöhnlichen trocknen Destillation.

Wesentlich verschieden sind die Produkte aber in qualitativer Beziehung: die Öle dünnflüssiger und reiner, das Paraffin desgleichen in reinerer Form.



3. Das Produkt der gewöhnlichen trocknen Destillation (nach 1.), nachher einer Druckdestillation unterworfen, wird in schöne Petroleumöle und Paraffin leicht umgewandelt. Dabei tritt neuerdings Wasser auf, ein Beweis dafür, daß das Produkt der gewöhnlichen trocknen Destillation (1.) noch sehr sauerstoffreich ist.

II. Algen-Wasserblüte. (*Microcystis flos aquae* vom Wannsee bei Potsdam, gesammelt im August 1904).

Die sehr unangenehm riechende breiartige Masse wurde auf dem Wasserbade zur Trockne eingedampft und der erhaltene Rückstand weiter untersucht.

1. Durch Extraktion mit kochendem Äther läßt sich aus diesem gut getrockneten Schlamm eine weiche (Schmalzkonsistenz) Masse extrahieren, welche beim Eindampfen des Aethers in wavelit-ähnlichen Formen zurückbleibt in einer Menge von 22 pCt. vom Gewicht des Trockenschlammes<sup>1)</sup>. Die Hauptmenge dieses Rückstandes läßt sich mit alkoholischer Kalilauge leicht verseifen. Nach Verjagen des Alkohols scheiden sich aus der dann in Wasser gelösten und klarfiltrierten Seifenlösung mit Salzsäure reichlich organische Säuren, offenbar Fettsäuren, aus, so daß die obigen 22 pCt. Ätherextrakt in der Hauptsache als Fett bzw. Wachs in Anspruch genommen werden dürfen (ein überaus wichtiger Befund!). Die Fettsäure läßt sich mittelst Äther ausschütteln.

2. Eine kleine Menge des unter II. 1. geschilderten »Fettes« im Glasröhrchen der Druckdestillation unterworfen, ergibt deutlich Petroleumöle. Paraffin habe ich zwar bei der kleinen Probe nicht wahrgenommen; dessen Mitanzwesenheit ist aber sehr wahrscheinlich. Hauptprodukt sind »Erdöle«.

3. Dieselbe Wasserblüte aus dem Wannsee (bei 110° getrocknet) ergibt bei der trocknen Destillation direkt reichlich ein teeriges Destillat und Wasser.

<sup>1)</sup> Fettbestimmungen mit anderen Proben derselben Wasserblüte ergaben im Einzelnen 19,3; 19,4; 19,7 und 22,5 pCt. Fett. Diese Differenzen lassen sich aus der Probeentnahme erklären, da fettreichere und fettärmere Teile in der Suspension des dünnbreiigen Schlammes sich scheiden können.



4. Die mit Äther vorher extrahierte, also vom Fett befreite, Wasserblüte liefert bei trockner Destillation ebenfalls noch teeriges Destillat (mit Wasser), welches offenbar von der Pflanzenzellsubstanz etc. herrührt. Die Menge des im Wasserstoffstrom erhitzten Koksrückstandes beträgt 23 pCt. vom Gewicht der vorher mit Äther extrahierten bei 110° getrockneten Masse. Auf die Gesamtsubstanz (incl. Fett) berechnet, beträgt dieser Koksrückstand rund 18 pCt. Demnach ergibt die trockne Masse von *Microcystis*:

22	pCt.	Fett,
60	»	andere flüchtige Stoffe (Gase, Teer, Wasser etc.),
18	»	Koksrückstand,
100.		

Als ich für die Bildung des Petroleums aus marinem Fett und damals besonders mariner Fauna eintrat, standen sich eigentlich nur die beiden Hypothesen:

1. Bildung durch »Vulkanismus« aus dem Erdinnern nach MENDELEJEV, also die sogenannte anorganische Theorie,
2. Bildung aus Pflanzen im Sinne der Bildung von Steinkohlen etc. aus Pflanzen (also insbesondere aus deren Zellstoff, Holz, wohl auch Harz etc.) gegenüber. BINNEY, HOCHSTETTER u. a. auch KRÄMER vertraten früher die »vegetabilische Theorie« in diesem Sinne.

Als es mir dann gelang, experimentell nachzuweisen, daß Fette und Öle (und zwar — wie ich von vornherein nachwies mit Fettsäuren und mit Glyceriden, die ich synthetisch dargestellt hatte —, jede Art Fett) leicht in »künstliches Petroleum« umgewandelt werden können (ohne gleichzeitige Bildung von Kohle), vertrat ich die Ansicht:

1. Das Petroleum muß aus Fett (oder Öl) bzw. fettartigen Resten entstanden sein.
2. Dieses Fett entstammt vorwiegend nur einer Fauna.
3. Die organischen Stoffe dieser Lebewesen, die nicht aus Fett bestehen, also stickstoffhaltige Stoffe, Zellsubstanz etc., sind durch Fäulnis zerstört worden, so daß nur das Fett zurückblieb.



Vom chemischen Standpunkt aus liegt die Pointe meiner Hypothese darin, daß sich das Petroleum aus den Fettresten von Lebewesen gebildet hat, deren andere Teile durch Fäulnis oder Verwesung verschwunden sind.

Es traten dann nach einander zuerst andeutungsweise OTTO N. WITT, dann STAHL, später KRÄMER mit der Idee hervor, daß das Petroleum den Bacillariaceen entstamme, und man setzte diese Annahme in Gegensatz zu meiner Hypothese (Bildung aus marinem Faunafett), indem man ausführte und zu beweisen suchte, daß das Petroleum sich doch aus Pflanzen bilde, und daß dabei insbesondere auch die Algen mitwirkten <sup>1)</sup>.

Dabei wurde aber stillschweigend meine »Theorie« der Bildung aus Fettresten adoptiert, von der bei der alten »vegetabilischen Theorie« nie die Rede war. Es hieß eben kurzweg: das Petroleum entsteht doch aus Pflanzen, wie schon früher behauptet. — Daß aber vom chemischen Standpunkt aus auch diese Annahme (ohne gleichzeitige Bildung von Kohle) nur haltbar war aufgrund meiner Erklärung der Faulung der Begleitstoffe und der Bildung des Petroleums aus den Fettresten, wurde nun als selbstverständlich hingenommen <sup>2)</sup>.

Ich selbst habe die Möglichkeit der Bildung aus marinen Organismen jeder Art, sobald ich Kenntnis von solchen erlangte (PLANKTON), sofort zugegeben; niemals aber im Sinne der alten vegetabilischen Theorie der Umwandlung von Holz etc. in Petroleum, sondern im Sinne meiner durch das Experiment gestützten Ansicht der Bildung aus den Fettresten mariner Organismen <sup>3)</sup>.

<sup>1)</sup> Daß KRÄMER's Bacillariaceen-Material ein zoogen-phytogenes ist und nur untergeordnet Bacillariaceen enthält, wurde schon S. 345 gesagt. H. POTONIÉ.

<sup>2)</sup> Das Petroleum der freien Natur ist ein Destillationsprodukt, das sich — vergl. weiter hinten — generell an 2. Lagerstätte befindet. In den Mutter-Gesteinen der Petrolea, die dem Destillationsprozeß unterlagen, kann auch wohl Kohle zurückbleiben, die sich dann durch Schwarzfärbung dieser Gesteine kundtut, ohne sich sonst auffallender bemerkbar zu machen. H. POTONIÉ.

<sup>3)</sup> Wie aus meinen Auseinandersetzungen hervorgeht, kommen nicht allein marine Organismen in Betracht: Bedingung für das Entstehen der Mutter-Gesteine der Petrolea ist nur das Vorhandensein hinreichend ruhigen Wasser (süßes, brackisches und salziges) mit einer Lebewelt. H. POTONIÉ.



Die Arten dieser Organismen zu bestimmen, schien meines Erachtens Sache des Geologen <sup>1)</sup>.

Was ich also für mich in Anspruch nehmen möchte, ist der Nachweis der Möglichkeit der Entstehung des Petroleums aus den fettartigen Resten von Lebewesen jeder Art.

a) ohne daß gleichzeitig reichliche stickstoffhaltige Öle entstehen müssen,

b) ohne daß gleichzeitig Kohle entstehen muß, weil die Begleitstoffe, welche Stickstofföle oder Kohle liefern müßten, verwest bzw. verfault sind. Der Laie, vielleicht auch der Nicht-Chemiker legt darauf wenig oder kein Gewicht; als Chemiker ist mir dies aber die Hauptsache, denn ohne diese Erklärung ist die Bildung des Petroleums aus Lebewesen nicht begreiflich (weil mit natürlichem Petroleum keine Stickstofföle und keine Kohle vergesellschaftet sind).

Auf die Frage, ob die beiden Hauptgruppen der Petrolea (Naphten- und Paraffin-Kohlenwasserstoffe) vielleicht aus verschiedenen Rohstoffen, aus denen sie entstanden, sich erklären ließen, ist das Folgende zu sagen:

Eingehende Studien hierüber, die ich anstellte, scheinen diese Möglichkeit auszuschließen, denn jedes fette Öl oder Fett, wozu ich auch die wachsartigen Stoffe rechne, läßt die Produkte je nach seiner Verarbeitung variieren, d. h. Pflanzen- oder Tier-Fette geben unter gleichen Versuchsbedingungen dieselben Petrolöle. Schon a priori ist anzunehmen, daß bei der Gleichartigkeit der Pflanzen- und Tierfette beim Übergang derselben keine so großen Differenzierungen auftreten können, wie sie zwischen Naphtenen und Paraffin-Ölen vorhanden sind. — Das kann nur durch die natürlichen Umwandlungsprozesse selbst bedingt sein (verschiedene Temperatur- und Druckverhältnisse!). C. ENGLER.

Die Frage, ob auch gewisse Pflanzen und Pflanzenreste der Sapropel-Gesteine beachtenswert als Ur-Materialien der Petrolea in Betracht kommen, ist damit in bejahendem Sinne entschieden.

<sup>1)</sup> Besser des Biologen oder Palaeontologen.



Eine ausführlichere, speziellere Darstellung der Sapropel-Gesteine, die sich nicht kurz geben läßt, werde ich in den Schriften der Königl. Geolog. Landesanstalt bieten. Bis dahin mag die auf der hier S. 353 beigegebenen Tabelle gebotene generelle Übersicht eine vorläufige Anschauung davon bieten, welche Gesteine zu den Sapropel-Gesteinen gehören<sup>1)</sup>.

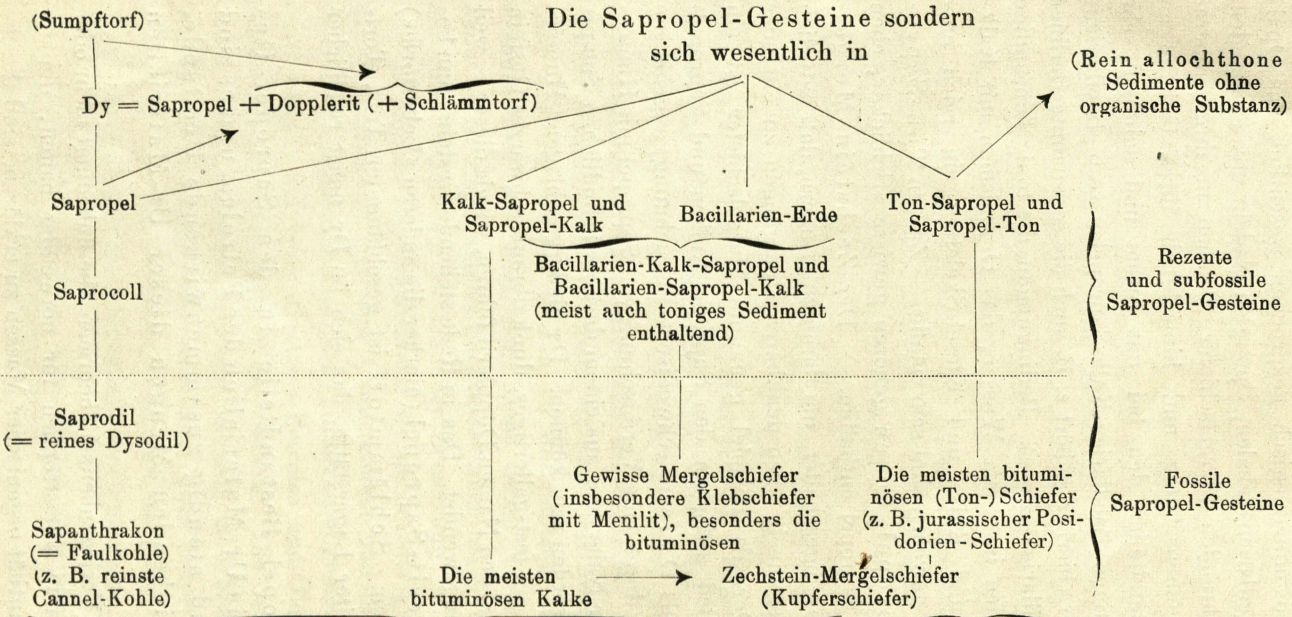
Zu dieser Tabelle seien einige Erläuterungen gegeben. — Das reine Sapropel besteht ganz überwiegend (nur untergeordnet, aber unvermeidlich kommen aus der Luft hineingeratene Teile wie Pollenkörner, Staub etc. hinzu) aus den sich zersetzenden (faulenden) Organismen, die im Wasser gelebt haben, und ihren Ausscheidungen; es ist ein meist graubraun-grünlicher Schlamm, der eine Anzahl Meter mächtig sein kann. Nimmt dieses breiartige Material festere Konsistenz an, insbesondere als Folge eines Druckes überlagernder Schichten, wobei eine Wasserabgabe erfolgt, so erhalten wir ein nicht mehr dickbreiig-fließendes, sondern ein festes, aber gallertig-elastisches Gestein, das Schieferung aufweist, die in lufttrockenem Zustande auffällig wird in Form einer Aufblätterung. In diesem Zustande ist das Gestein außerordentlich hart. Dieses Gestein nenne ich Saprocoll (von den griechischen Wörtern für Fäulnis und Gallerte); die sogenannten Lebertorfe<sup>2)</sup> sind zum großen Teile Saprocoll. Die Termini Saprodil und Sapanthracon bezeichnen noch ältere Stadien des Sapropels, so die reinsten Dysodile des Tertiärs und die Faulkohlen, wie sie insbesondere im Palaeozoicum vorkommen. Sapropel-(Faulschlamm-)-Gesteine im weitesten Sinne wären daher diejenigen Gesteine, die Sapropel-Material enthalten resp. Material, das aus Sapropel hervorgegangen ist. — Die Menilite (Knollen-Opale) in den Klebschiefeln sind offenbar durch konkretionäre Umlagerung der wesentlich aus

<sup>1)</sup> Diese Tabelle ist meiner oben zitierten Notiz vom 13. Dezember 1904, S. 244 entnommen, wo leider in den beiden letzten Zeilen versehentlich zweimal allochthon an Stelle von autochthon zu lesen ist. Wegen dieses sehr unangenehmen Versehens biete ich hier die Übersichtstabelle über die Sapropel-Gesteine noch einmal, indem ich die Gelegenheit zu einigen kleinen weiteren Verbesserungen benutze.

<sup>2)</sup> Es ist sehr unzweckmäßig diese Gesteine zu den Torfen zu rechnen: dies einer der Gründe für die Einführung der Termini Saprocoll etc.



## Die Sapropel-Gesteine sondern sich wesentlich in



In den reinsten Zuständen überwiegend oder fast ausschließlich organogene und dann aquatisch-autochthone Bildungen, d. h. durch autochthone Sedimentation entstanden

Hinsichtlich der tonigen, auch fein-sandigen Bestandteile allochthon, hinsichtlich der organischen aquat.-autochth., also durch allochthone sowie autochthone Sedimentation entstanden



$\text{SiO}_2 + \text{aq}$  (also mineralogisch gesprochen wesentlich aus Opal) bestehenden Bacillarien-Schalen, Spongien-Nadeln etc. entstanden. Die Menilit führenden Mergelschiefer gleichen in ihrer mineralogischen Zusammensetzung und hinsichtlich ihres Gehalts an figurierten Bestandteilen den bei uns rezent und subfossil sehr häufigen tonhaltigen Bacillarien-Kalk-Sapropelen resp Bacillarien-Sapropel-Kalken (hierher gehört z. B. auch die sogenannte Berliner Infusorien-(Bacillarien-)Erde). Bedingungen, die tonig-feinsandige Sedimente schaffen in einem Wasser, das Organismen mit Kalk-Inkrustationen und Kalk- und Kiesel-Skeletten ein reich entwickeltes Leben gewährt, sind sehr häufig. — Zu den Ton-Sapropelen und Sapropel-Tonen gehören gewisse »Schlicke«, eben diejenigen, die Sapropel enthalten. — Der Zechstein-Mergelschiefer wurde eingeschaltet, um daran zu erinnern, daß natürlich die Sapropel-Gesteine in allen denkbaren Übergängen zu einander vorkommen. Der als Beispiel genannte Mergelschiefer ist ein Vermittlungs-Glied zwischen den Sapropel-Kalken und Sapropel-Tonen. — Das als Dy (eine schwedische Bezeichnung) angegebene Gestein entsteht durch eine Vermischung von Sapropel mit Humus-säuren, die in der Nähe oder aus einem darüber befindlichen Sumpftorf ausgelaugt worden sein können. Da niedergeschlagene Humus-säuren, die dann ein fest-gallertiges, dunkelbraun-schwarzes Gestein liefern, als Mineral den Namen Dopplerit führen, wurde dieser — weil kürzer — oben angewendet. Das in Rede stehende Gestein kann bequem als Dopplerit-Sapropel (hierher die anderen »Lebertorfe«) bezeichnet werden. Schlämmtorf ist geschlämmter Torf, Torf-Material an zweiter Lagerstätte, das sich im Dy meist reichlicher vorfindet.

Die Sapropel-Bestandteile in den Sapropel-Gesteinen sind die Ur-Materialien der Petrolea, und es sind alltägliche und ständig zusammenwirkende Umstände, die die hinreichenden Mengen dieser Ur-Materialien schaffen.

Diejenigen (Verlegenheits-)Theorieen, die unbedingt mehr oder minder weitgehende Katastrophen für notwendig halten, um die hinreichende Quantität organischer Massen zu erklären, sind durch-



aus zu entbehren. Denn mehr oder minder stagnierende Wasser, in denen organisches Material zur Ablagerung gelangt ist, sind immer reichlich vorhanden gewesen. Wegen der ungenügenden Sauerstoffzufuhr erhält sich das organische Material zum großen Teile in solchen Wassern in der Form fester zurückbleibender Bestandteile. Wo gelegentlich durch eine Katastrophe ein massenhaftes Absterben und eine nachherige Einbettung von Tieren stattfindet oder solcher Pflanzen, die wie die Tiere Bituminierungstendenz haben, wird sich natürlich ebenfalls ein Petroleum-Muttergestein bilden können; aber solche Katastrophen sind untergeordnete Erscheinungen, die das Zusammentreffen besonderer Bedingungen erfordern, während die Bedingungen zur Entstehung von Sapropel-Gesteinen sehr einfache sind, seit der Bildung von Sediment-Gesteinen immer gegeben waren und daher auch heute an sehr vielen Punkten der Erde vorhanden sind.

Die Tatsache, daß es so oft Meeres- oder Brackwasser-Tiere sind, die in den Sapropel-Gesteinen (Cannel-, Boghead-Kohlen etc.) vorkommen oder sie begleiten, weist darauf hin, daß die meisten derselben nur an der Meeresküste entstanden sein können und zwar offenbar an ruhigen Stellen des Strandes. Das mehr oder minder stagnierende Salzwasser ist besonders geeignet, Bituminierung aus organischen Resten zu unterstützen, denn — wie allbekannt und wie man sich leicht durch Versuche überzeugen kann — ist stagnierendes Salzwasser auch bei geringem Salzgehalt ein guter Schutz vor zu schneller Zersetzung.

In meiner Jahrbuchs-Notiz wurde auf die große Ähnlichkeit der Faulschlamme mit den Cannelkohlen und ihren Verwandten (d. h. den Faulkohlen-Gesteinen) aufmerksam gemacht, insbesondere auch darauf, daß beide Gesteine Petrolea und Öle von Petroleum-Charakter in bevorzugter Weise liefern. Die rezenten und subfossilen Faulschlamme, die wir kennen, sind Meer-, Brack- und Süßwasser-Bildungen und zwar sind auch letztere rezent häufig. Es sei dies nochmals betont, weil gewisse Autoren<sup>1)</sup> die Gegenwart von Salz bei der Entstehung von Petroleum für nötig halten.

<sup>1)</sup> Vergl. z. B. A. F. STAHL, Some theories of the formation of Petroleum. Petroleum, London, 4. April 1903, S. 935 ff.



Wie wir aber gesehen haben, liefert auch Süßwasser-Faulschlamm Petroleum.

C. EG. BERTRAND<sup>1)</sup> vermag sich die Eigenschaft der Faulkohlen-Gesteine Petroleum zu liefern nur so zu erklären, daß er die Annahme einer von außen kommenden Infiltration von »Bitumen« für nötig hält. Wo das Bitumen ursprünglich herkommt, bleibt bei diesem Autor unerörtert. Er hat übersehen, daß ganz allgemein bei der Entstehung von Faulschlamm-Gesteinen die chemische Umbildung in der Richtung verläuft, daß Gesteine entstehen, die sehr H-reiche Verbindungen liefern, die daher bei der Destillation Öle etc. ergeben.

Daß man Petrolea auch auf anorganischem Wege darstellen kann, hat zu Theorieen Veranlassung gegeben, die die Entstehung der Öle ohne Zuhilfenahme der organischen Reste zu erklären versuchten, jedoch sind diese Theorieen so lange beiseite zu schieben, bis nicht nachgewiesen wird, daß die hierbei notwendigen Bedingungen in der Natur im Großen gegeben sind oder gegeben waren. Daß der Harnstoff (seit WÖHLER) auf anorganischem Wege darstellbar ist, hat niemanden zu der Anschauung geleitet, daß nun der Harnstoff auch in der freien Natur so entsteht wie künstlich im Laboratorium, weil wir die natürlichen Bildungsstellen von Harnstoff in den Organismen schon vorher kannten. Mit dem Petroleum ist's freilich anders: hier suchen wir erst nach natürlichen Stellen, die ausreichend sind, die vorhandenen Quantitäten zu erklären. Nun, die Muttergesteine der Petrolea sind tatsächlich in sehr ausreichendem Maße vorhanden: es sind eben die fossilen Sapropel-Gesteine, die Faulkohlen (Sap-anthrakone) bis zu den Sapropel-Tonen (die meisten bituminösen Schiefer) und Sapropel-Kalken (den meisten bituminösen Kalken).

HÖFER und ENGLER haben die tierische Herkunft von Petroleum begründet, ENGLER durch den wichtigen Nachweis, daß sich aus tierischen Fetten Petroleum gewinnen läßt; auch aus Pflanzen

<sup>1)</sup> Vergl. besonders seine zusammenfassende Schrift: »Les charbons humiques et les charbons de purins« (Travaux et mémoires de l'université de Lille, T. VI, No. 21). Lille 1898.



läßt sich aber — wie wir sahen — Petroleum darstellen, untergeordneter auch aus Torfen, wie das den Torf-Technikern bekannt ist. Übrigens hat ja schon der Entdecker des Paraffins, REICHENBACH, seinerzeit dieses Produkt aus Holz erhalten, und auch MITSCHERLICH hat schon und zwar aus dem Pollentorf (Fimmit) ebenfalls Paraffin gewonnen. Die Theorien, die nun wieder auf Grund solcher und anderer Tatsachen einseitig für die Genesis des Petroleums ausschließlich Tiere oder ausschließlich Pflanzen in Anspruch nehmen, knüpfen ebenfalls nicht hinreichend an die wirklich gegebenen Verhältnisse in der Natur an.

Die Wahrheit ist also die, daß sowohl Tiere als auch Pflanzen und unter diesen in hervorragender Weise die so stark vertretenen Öl-Algen Ausgangsmaterialien für Petroleumbildung enthalten, und die Sapropel-Gesteine sind generell phytogene und zoogene Gesteine, und gewiß allermeist auch diejenigen, die jetzt strukturell (mikroskopisch) wesentlich nur noch pflanzliche (wie z. B. die sogenannte Algenkohle, hierhin gehört der Kerosin-Schiefer Australiens) oder nur noch tierische Reste aufweisen. Die Überlegung, daß ein tierisches Leben nur dort möglich ist, wo hinreichende Pflanzennahrung vorhanden ist, macht es höchst wahrscheinlich, daß bei der Entstehung der sogenannten »zoogenen« Sapropel-Gesteine doch gewöhnlich Pflanzen reichlich mitgewirkt haben, die nur homogen zersetzt sind, sodaß ihre Reste jetzt nicht mehr oder nur noch als »untergeordnete« Konstituenten zu erkennen sind.

Wie schon gesagt, war es längst bekannt, daß die Faulkohlen und fossilen Sapropel-Gesteine überhaupt Petroleum hergeben; es war daher noch nachdrücklicher darauf hinzuweisen, daß auch die entsprechenden rezenten Faulschlamme und Faulschlamm-Gesteine hervorragende »Petroleum-Gesteine« sind.

Die angebliche Bacillarienerde von Ludwigshof ist ein typischer zoogen-phytogener Faulschlamm, an welchem dieser Nachweis durch KRAEMER und SPILKER (vergl. meine zitierte Notiz in diesem Jahrbuch und den ENGLER'schen Bericht vorn S. 347—348) geführt worden ist.

Die Zeit macht die in Rede stehenden organogenen Bildungen



stätten von Faulschlamm-Gesteinen zu erwähnen die Valli oder Paludi salzi (die Salz-Sümpfe) und Paludi dolci (die gesundheitsgefährlichen Süßwasser-Sümpfe, »toten Lagunen«) der Italiener, die Étangs der Franzosen<sup>1)</sup>, unsere Haffs (vom schwedischen Wort für See), die Limans (aus dem griech. limen der Hafen, die Bucht) der Russen etc. Alle diese mehr oder minder weitgehenden Wasserabschnürungen der Meeresküste selbst oder besondere Stellen derselben, namentlich natürlich dort, wo sie besonders ruhige Stellen aufweisen oder gänzlich den Zusammenhang mit dem offenen Meerwasser aufgegeben haben, kommen in Frage, sodaß hier dann auch Süßwasser-Sapropel entsteht. Im Innern der Kontinente sind besonders die Salz-Seen der Steppen hervorzuheben.

Das so häufige Zusammenauftreten von Petroleum mit Salz ist nach dem Gesagten aus den Stellen auf der Erde verständlich, wo die Muttergesteine der Petrolea, die Sapropel-Gesteine, hauptsächlich und in größeren Massen gebildet werden: das sind — wie wir gesehen haben — diejenigen Flachküsten des Meeres, die dem Wasser soweit Zutritt gestatten, daß mehr oder minder ständige Wasserstellen entstehen. Wo diese derartig abgeschlossen sind oder nur gelegentlich Überschwemmungen erleiden, um mehr oder minder stagnierende Wasserflächen zu bedingen, ist eine Faulschlamm-Bildung besonders begünstigt, ebenso aber die Entstehung von natürlichen Salzgärten, sodaß ein und dieselben Örtlichkeiten, die nebeneinander liegen, sowohl die Petroleum-liefernden Gesteine als auch Salzablagerungen oder beides zugleich erzeugen.

Die abflußlosen Gebiete der Erde, die die heutigen und daher wohl auch die ehemaligen (jetzt fossilen) größeren Salzablagerungen aufweisen<sup>2)</sup>, sind zur Bildung von Sapropel-Gesteinen — hier vorwiegend aus abgestorbenen Klein-Organismen (Crustaceen, Algen etc.) — sehr geeignet.

<sup>1)</sup> Vergl. z. B. den von CH. BARROIS berührten Fall auf S. 138 seiner »Légende de la feuille de Saint-Nazaire de la carte géologique de France«. (Annales de la société géologique du Nord T. XXIV.) Lille 1896.

<sup>2)</sup> Vergl. JOHANNES WALTHER, Das Gesetz der Wüstenbildung 1900, S. 140 ff.



FERDINAND LUDWIG erwähnt das Vorkommen organischer Substanzen in salzigen Steppenseen Sibiriens<sup>1)</sup>, die uns diesbezüglich interessieren müssen. Der Tagarsche See mit über 2 pCt. Salz in seinem Wasser hat einen schwarzen Schlamm Boden, der im feuchten Zustande 27 pCt. »Wasser, organische und flüchtige Substanzen« enthält. »In dem Wasser leben unzählige niedere Crustaceen«. Der Boden des Altaischen Sees besteht aus einer festen Schicht von  $\frac{1}{4}$  m ausgeschiedener Salze, unter dieser ist »schwarzer Mineralschlamm« vorhanden, unter dem sich weitere Schichten von Salz und schwarzem Schlamm befinden. Das Wasser enthält über 10 pCt. Salze in Lösung. Der Beisksche See »wimmelt von kleinen Crustaceen«; auch dieser enthält über 10 pCt. Salz in Lösung. Der See Schuneth trägt auf seinem Boden ausgeschiedenes Salz, der Rand ist schlammig. Das Wasser enthält über 15 pCt. Salz in Lösung. In dem feuchten Schlamm befindet sich über die Hälfte »Wasser, organische und flüchtige Substanz«. Der Bitter-See hat einen Salzrand, der auf einer 1 cm, lufttrocken  $\frac{1}{2}$  cm dicken »Algenschicht« ruht, die sich auch in den See hineinzieht. »Unter ihr liegt fast schwarzer Mineralschlamm«, der in der Mitte des Sees durch eine Salzschrift vom Wasser getrennt ist. Das Wasser enthält ca. 6 pCt. Salz in Lösung.

A. F. STAHL, der im selben Jahre wie KRAEMER und SPILKER und zeitlich vor ihnen die Bacillariaceen für die ursprünglich Petroleum liefernden Organismen erklärte<sup>2)</sup>, hat an der Nordküste des Kaspischen Meeres Beobachtungen gemacht, die in unserem Zusammenhange ebenfalls wichtig sind. Er schildert die Petroleum-(spezieller Naphta-) führenden Tertiärschichten im Kaukasus und Transkasprien als mehr oder weniger von Salz imprägnierte wechsellagernde kalkige, sandige (des öfteren gewellte) Mergel, dünnblättrige, schwarze, bituminöse Schiefertone mit Einlagerung von Sphärosideriten, fetten Tonen und Sandsteinen. »Dieser, stellenweise bis 3000 m mächtige, aus nur wenig mächtigen ein-

<sup>1)</sup> Chemische Untersuchung einiger Mineralseen ostsibirischer Steppen. (Zeitschrift für praktische Geologie, Berlin 1903, S. 140 ff.)

<sup>2)</sup> Zur Theorie der Naphtabildung. (Chemiker-Zeitung, Cöthen, den 22. Februar 1899, S. 144—145.)



zelen Flötzen bestehende Schichtenkomplex weist überall auf ein flaches Ufergebiet und seichtes Meer hin. Auch scheint das ganze Gebiet von säkularen Hebungen und Senkungen bald trocken gelegt, bald vom Meere überschwemmt worden zu sein. Diese Hebung und Senkung erfolgte nie plötzlich, sondern ganz allmählich in langen Zeitperioden. Bei dem Zurücktretten des Meeres blieben, wie heute noch in den Kalmücken- und Kirgisensteppen am Kaspischen Meer eine große Anzahl von größeren und kleineren Seen vom Meere abgeschnitten«. Ursprünglich meinte der genannte Autor, daß in diesen Seen die Bacillariaceen (Diatomeen) die Hauptrolle spielen, die »die sogenannten schwarzen Salzschlämme bildeten«. Diese Angabe ist aber wie bei KRAEMER und SPILKER aufzufassen und an Stelle von »Diatomeen« ganz allgemein an das pflanzliche und tierische Leben in den Salzwasserstellen zu denken. Ablagerungen dieser Art »haben wir in den Naphthaschichten als bituminöse, feinblättrige, schwarze Schiefertone, die oft auch noch die in ihnen gebildete Naphtha enthalten, wogegen die Naphtha, die wir heute über oder unter den Schiefertönen im Sande erbohren, eigentlich schon als auf sekundärer Lagerstätte befindlich erscheint. Diese Sande unterscheiden sich durch nichts von den Dünenständen der jetzigen Steppen«.

Nach STAHL's Darstellung bildet »das ganze an 300 km sich in das Land erstreckende Ufergebiet im NW., N. und NO. des Kaspischen Meeres eine Ebene von unzähligen Salzseen und Dünenhügeln«. Unter anderen zeigte der Inder-Salzsee<sup>1)</sup> Ablagerungen schwarzer Salzschlamm, Sand und reinerer Salzsichten in Wechsellagerung. Östlich vom Bartaldaktu-See befinden sich mehrere kleine Salzseen »mit sedimentärem Salz von manchmal rosaroter Farbe, die von im Salz in großen Massen eingeschlossenen Keimen der Crustacee *Artemia salina* verursacht wird. »Sobald

<sup>1)</sup> Das Folgende nach A. F. STAHL, Beobachtungen in den Kirgisensteppen (PETERMANN's geogr. Mitteilungen 1901, S. 106 ff.) und nach seinem Artikel Some theories of the formation of Petroleum (Zeitschrift »Petroleum«, London, 4. und 18. April 1903), den mir Hr. STAHL freundlichst mit handschriftlichen Anmerkungen versehen (die ich hier mitbenutze), zugesandt hat.



im Frühjahr Regen- und Schneewasser das Salz lösen, entwickeln sich diese Keime zu makroskopisch sichtbaren, runden Körnern, woraus dann die kleinen Crustaceen schlüpfen, die dann zum Herbst absterbend, mit anderen Salzmikroorganismen, wie *Lacrymaria caspia* etc., die ich im trockenen Meeresschlamm bei Schilaja-Kosa fand, die schwarzen Salzschlamm bilden«. Das massenhafte Vorkommen von *Artemia salina* und anderen Organismen hat dann STAHL darauf geführt, nicht die Bacillariaceen allein verantwortlich zu machen.

Es sei übrigens hervorgehoben, daß die Schwarzfärbung recenter Sapropel-Gesteine meist auf dem Vorhandensein von intensiv schwarz färbenden Eisenverbindungen (z. B. von Schwefeleisen) beruht, entstanden durch die stark reduzierenden Eigenschaften der Sapropel, die z. B. im Kupferschiefer den Kupferkies, das Buntkupfererz und andere reduzierte Mineralien geschaffen haben. Es hellen sich daher solche schwarzen Schlamm an der Luft mehr oder minder oft auffällig stark durch Oxydation auf. Schlamm dieser Art kommen in Norddeutschland sehr häufig vor. Um wenigstens ein Beispiel zu nennen sei auf den Schwarzen Schlamm des Zicker Sees (einer Ostseebucht) auf Rügen hingewiesen. Auch der schwarze Schlamm des Schwarzen Meeres gehört hierher und ist nichts Besonderes. Durch freundliche Übersendung von Proben aus dem Schwarzen Meer, die ich Herrn NIK. ANDRUSSOW verdanke, und einer Probe aus der Region des Kaspischen Meeres, die ich Herrn STAHL verdanke, wurde ich in die Lage versetzt, diese schwarzen Schlamm mit solchen aus kontinentalen Gewässern und von der Meeresküste Norddeutschlands zu vergleichen.

Der schwarze Schlamm vom Schwarzen Meer sowohl als auch der vom Zicker See, ebenso der von der Kieler Förde u. a. riechen wegen der sich in ihnen abspielenden Reduktions-Vorgänge bei reichlich vorhandenem Schwefel nach  $H_2S$ ; sie hellen sich an der Luft schnell und beträchtlich auf und werden hellgrau. Dasselbe ist der Fall mit dem mir vorliegenden Schlamm nördlich vom Kaspischen Meer. Den Schlamm vom Zicker See hat Herr Dr. GANS freundlichst auf seinen Eisengehalt untersucht und in getrocknetem



Zustande ungefähr 1,8 pCt. Eisenoxydul gefunden und zwar in Verbindung mit S, d. h. ca. 2,2 pCt.  $H_2S$ .

Die reduzierende Wirkung von Sapropel ist die Ursache, daß sich eiserne Gegenstände (Anker, Ketten) in Schlammen mit hinreichendem Sapropel-Gehalt ohne zu rosten halten; einige Male wurde mir von Fischern und Schiffern der Havel sowie der Ost- und Nordsee mitgeteilt, daß verrostete eiserne Gegenstände den Rost sogar verlieren. — Im Gegensatz dazu steht die Tatsache, daß in Torfen (Moor-Torfen), obwohl auch in diesen Reduktionen stattfinden, eiserne Gegenstände (z. B. Kabel) durch die den reinen und reineren Sapropelen fehlende Humussäure zerfressen werden.

In einem Selbstreferat <sup>1)</sup> faßt STAHL seine Ansicht so zusammen <sup>2)</sup>:

»Die Naphthafacies deutet überall auf ein seichtes Meer, litorale und Steppenbildung mit Depressionen, wo sich Salzwasser und sedimentäres Salz ansammeln. Die Salzseen, seichte Meeresbuchten und Ufergebiete werden von Milliarden mikroskopischer Lebewesen bevölkert, welche zum großen Teil die schwarzen Schlamm- und späteren Schiefertone bilden und das Material für die Naphthabildung liefern«. — Meiner Meinung nach ist diese Ansicht — wie aus dem Vorausgehenden ersichtlich ist — dahin zu modifizieren, daß eine Steppenbildung nicht nötig ist, daß nur die Steppen ebenfalls Örtlichkeiten aufweisen, die Gelegenheit geben für die Entstehung von Faulschlamm- und Sedimenten, vermischt mit Faulschlamm gebendem Material. Nicht nur mikroskopische Organismen kommen in Betracht, wenn es auch erstaunlich ist, wie mächtige Faulschlamm-Lager wesentlich durch Absatz von mikroskopischen und sehr kleinen Organismen hervorgehen können, sondern auch makroskopische Organismen wie Fische, Exkreme der Tiere etc., kurz alle Lebewesen des Wassers und ihre Ausscheidungen.

Das Petroleum der freien Natur ist ein Destillationsprodukt

<sup>1)</sup> KEILHACK'S Geologisches Zentralblatt.

<sup>2)</sup> Ich wählte von den vielen Autoren, die sich über die Genesis des Petroleums geäußert haben, gerade STAHL heraus, weil dieser der Ansicht, die sich mir selbst aufgedrängt hat, am nächsten kommt.



aus Sapropel-Gesteinen. Es befindet sich daher ganz überwiegend an zweiter Lagerstätte, wie das neuerdings insbesondere von H. MONKE und FR. BEYSLAG betont worden ist <sup>1)</sup>.

Es seien einige Beispiele fossiler Sapropel-Gesteine herausgegriffen.

1. Aus dem Palaeozoicum wurde schon auf die Kerosinschiefer und Cannelkohlen hingewiesen.

Einen bituminösen Schiefer permischen Alters habe ich (nach BERTRAND) S. 408—409 meiner ersten Notiz zum Gegenstande in diesem Jahrbuche hinsichtlich seiner figurirten Bestandteile vorgeführt.

Im Folgenden sollen nun aber einmal für das stratigraphische Auftreten der Sapropel-Gesteine einige Beispiele geliefert werden.

2. Die Grenzschichten zwischen Jura und Kreide, wie sie u. a. in Nordwestdeutschland auftreten, zeigen an günstigen Aufschlußstellen wie an der Südwestseite des Selter <sup>2)</sup> z. B. das folgende Profil:

4. Bituminöser Ton.

3. Kohlenlager von Landpflanzen.

2. Bituminöser Ton (Wealdenton).

1. Bituminöser Süßwasserkalk (Purbeckkalk) mit Mollusken und Chara.

(Serpulit-Jura).

Wir haben es also — und der »Bitumen«-Gehalt kann hier bei seiner durchaus gleichmäßigen Verteilung nur als an primärer Lagerstätte befindlich angesehen werden — in 1. mit einem fossilen Faulschlammkalk, in 2. mit einem Faulschlammton zu tun, dann ist 3. eine Verlandung durch Moorbildung eingetreten und in dem obigen Fall das Gelände wieder von Wasser bedeckt, also das Moor ständig überschwemmt gewesen, sodaß 4. wiederum Faul-

<sup>1)</sup> Über das Vorkommen des Erdöls. (Zeitschrift für praktische Geologie, Berlin 1905, S. 1 ff.)

<sup>2)</sup> Vergl. die Dissertation von WILLI KOERT, Geologische und palaeontologische Untersuchungen der Grenzschichten zwischen Jura und Kreide auf der Südwestseite des Selters, Göttingen 1898, und nach freundlicher mündlicher Mitteilung des Genannten.



schlammton entstehen konnte. Die Wealdentone enthalten Pflanzen, die bei ihrer guten Erhaltung auf Nahedrift hinweisen, kleine Crustaceen etc., ferner Toneisensteine <sup>1)</sup>.

Genau die entsprechenden Profile treten in Zusammenhang mit rezenten Moorbildungen auf, und die organischen Einschlüsse sowohl als auch die Eisenbildungen sind direkt vergleichbar denjenigen in Mooren und in Profilen des produktiven Carbon.

In einem mir freundlichst von Herrn Dr. HARBORT mitgeteilten Fall, den er bei Obernkirchen beobachtete, ergab sich das folgende Profil:

- |   |   |          |
|---|---|----------|
| <ol style="list-style-type: none"> <li>4. Marines Neocom.</li> <li>3. Brackischer bituminöser Schiefer (-ton) mit Toneisenstein-Einlagerungen.</li> <li>2. Sandstein mit eingelagerten Kohlenbänken und Tonschiefern. Im Liegenden der Kohlenlager ist der Sandstein gelegentlich als Röhrichtboden entwickelt.</li> <li>1. Brackischer bituminöser Schiefer (-ton).</li> </ol> | } | Wealden. |
|---|---|----------|

Wir haben also zunächst 1. brackischen Faulschlammton, dann 2. Überschwemmung mit Sand, unter ruhigeren Verhältnissen Ton, unter ganz ruhigen Entstehung von Torfbildungen (jetzt Kohlenlagern); mein Zusatz »gelegentlich als Röhrichtboden entwickelt« bezieht sich auf die Tatsache, daß er nach Angabe von Herrn Dr. HARBORT gelegentlich senkrecht der Schichtungsflächen verlaufende Röhren aufweist. Diese Röhren entsprechen Wurzeln. Röhrichtpflanzen, die bei uns die Verlandung flacher Wasser einleiten oder feuchte Böden bekleiden, und oft zunächst einen Sumpftorf schaffen, als Grundlage einer Torfmoorbildung, besitzen diese charakteristischen parallel zu einander und senkrecht in den Boden eindringende Wurzeln, sodaß Röh-

<sup>1)</sup> Vergl. z. B. ERICH HARBORT, Die Schaumburg-Lippe'sche Kreidemulde. (Neues Jahrb. f. Mineralogie. Stuttgart 1903, I, S. 61.)



richtböden sehr oft als Böden von rezenten Mooren zu beobachten sind. Es ist daher sehr wichtig, Röhrichtböden unter Kohlenlagern fossil zu beobachten, da aus ihrem Vorhandensein die Autochthonie des Kohlenlagers hervorgeht. Leider ist aber von den Geologen auf die Bedeutung der Röhrichtböden in dem genannten Sinne nicht geachtet worden, sodaß ihr Vorhandensein sogar oft übersehen und verschwiegen worden ist. Die Kohlenlager in unserem Profil deuten auf eine Verlandung durch Röhricht als Einleitung einer Moorbildung, die aber dann in 3. wiederum von brackischem Wasser bedeckt wurde, das einen Faulschlammton erzeugt hat; die Wasserbedeckung wurde dann durch Landsenkung beträchtlicher, sodaß endlich 4. eine marine Ablagerung zuwege kam.

3. Aus der Tertiärformation führe ich das südbayerische Oligocän an mit dem folgenden Profil <sup>1)</sup>:

6. Bituminöser Kalk und Mergel wie vorher.
5. Kohlenlager wie vorher.
4. Bituminöser Kalk und Mergel wie vorher.
3. Kohlenlager aus Landpflanzen.
2. Bituminöse Kalke und Mergel mit Süßwasser- und Brackwasser-Tieren.
1. Meeresbildung.

Hier haben wir also zunächst 1. Meeressedimente. Die darauf folgende Bildung 2. ist eine solche des seichten Wassers in unmittelbarer Nähe des Strandes, sodaß eine Verlandung durch ein Strandmoor (3.) leicht eintreten konnte. Der wiederholte Wechsel von bituminösem Kalk ähnlicher Bildung mit ebenfalls untereinander übereinstimmenden Kohlenlagern zeigt uns einen Wechsel von Wasserbedeckung und Verlandung durch Moorbildung: wiederum ganz entsprechend dem, was wir aus der Jetztzeit kennen. Auch in den in Rede stehenden Kalken kann der Bitumengehalt bei seiner gleichmäßigen horizontalen Verbreitung nur aus primärer Lagerstätte erklärt werden: die bituminösen Kalke (Stink-

<sup>1)</sup> Vergl. W. VON GÜMBEL, Geologie von Bayern, II. Cassel 1894, S. 322 bis 346. — WILHELM WOLFF, Die Fauna der südbayerischen Oligocänmolasse (Palaeontographica Bd. XLIII, 1897).



kalke) sind also auch hier fossile Faulschlammkalke. WOLFF schildert l. c. S. 297 die Genesis wie folgt: Das Meeresbecken (im Profil oben durch 1. vertreten) wurde allmählich ausgefüllt. An der Küste entstanden große brackische Lagunen, die von einer ganz anderen Fauna bevölkert wurden »und die einmündenden Flüsse schwemmen Süßwasser- und Landconchylien in die schlammigen Bodensätze dieser Lagunen ein. Mit der zeitweiligen vollkommenen Aussüßung derselben vereinigte sich die Bildung von Kohlenflötzen. GÜMBEL ist der Ansicht, daß diese aus Torfmooren entstanden seien, und glaubt eine Bestätigung dafür in der Erscheinung zu finden, daß die Flötze fast stets von Stinkkalken mit Süßwasser- und Landconchylien begleitet werden, die den Kalkabsätzen (»Alm«) in den bayrischen Mooren analog seien«. In der Tat können diese Kohlenlager nur fossile Strandmoore sein <sup>1)</sup>.

Mit den eigentlichen und ergiebigen Muttergesteinen der Petrolea haben aber die terrestrischen Moore nichts zu tun. Strandregionen bieten zwar oft treffliche Bedingungen für ihre Entwicklung, da sie aber den Vertorfungsbedingungen unterliegen und überdies ihre Konstituenten vorwiegend Landpflanzen sind, können sie bei einer Destillation nur untergeordnete Mengen von Petroleumölen liefern.

Es darf daher nicht verlangt werden, als Muttergesteine von Erdölen in der Nähe ihrer Quellen »Kohlenlager«, etwa echte Steinkohlen (Glanzkohlen), zu finden, und da reine Faulschlamme (Sapropete) und dementsprechend auch in den geologischen Formationen Faulkohlen (u. a. Sapanthrakone = Mattkohlen) seltener

---

<sup>1)</sup> Den Vergleich der Stinkkalke mit dem Alm hat GÜMBEL l. c. S. 33 u. 269 gezogen. Es schlägt dabei nichts, daß GÜMBEL, der damaligen allgemeineren Auffassung der süddeutschen Geologen über die Genesis des Alm entsprechend, diesen für einen Absatz aus Quellen ansah, während wir ihn heute vorwiegend als eine in ruhigen oder ruhigeren Gewässern durch Vermittelung von Organismen niedergeschlagene Bildung ansehen müssen. Es ist für mich hier nur wichtig zu betonen, wie nahe der in Rede stehende Vergleich für den liegt, der etwas von dem Aufbau der Moore kennt. — Eine Kritik, die Hr. Bezirksgeologe Dr. WOLFF l. c. an die obige Darlegung nach GÜMBEL knüpft, hält derselbe jetzt — wie er mich mitzuteilen bittet — nicht mehr aufrecht.



sind als Torfe resp. echte Steinkohlen etc., so sind nicht einmal, trotzdem die Sapropelle, Sapanthrakone etc. (z. B. auch der tertiäre Dysodil, der in diese Reihe gehört) die ergiebigsten Petroleum-Lieferanten sind, diese generell in der Nähe von Petroleumlagerstätten zu erwarten. Vielmehr sind — das sei wiederholt — bei ihrer Häufigkeit die Sapropel enthaltenden Schlickbildungen (die bituminösen Tongesteine) in die erste Reihe zu stellen, dann auch diejenigen bituminösen Kalke, die den rezenten Sapropelkalken entsprechen. Aus der untermiocänen »Seekreide« von Roth bei Fladungen (Rhön) z. B. hat C. A. WIESNER<sup>1)</sup> 125 kg der Destillation unterworfen und 1,395 kg Öl erhalten, aus dem Paraffin gewonnen werden kann, das »dieselbe Struktur, wie die aus Bogheadkohlen, Schieferkohlen und Petroleum dargestellten Paraffine« zeigt.

Die Petroleum-Muttergesteine geben Öl her, aber in der Natur nur unter besonderen Bedingungen. Deshalb ist es erklärlich, daß z. B. das so sehr reichlich bei künstlicher Destillation Petroleum liefernde, unter dem Namen Kerosinschiefer bekannte Faulkohलगestein Australiens (namentlich von Neu-Süd-Wales) doch in der freien Natur keine Petroleumquellen geschaffen hat, denn die Kerosinschiefer sind in ungenügender Tiefe vorhanden und helfen überdies ein durchweg horizontal geschichtetes Tafelland bilden, daß nicht durch Gebirgsbildung besonderen Pressungen ausgesetzt war und auch nur ganz untergeordnet eruptive Gesteine aufweist<sup>2)</sup>.

<sup>1)</sup> Beitrag zur Kenntnis der Seekreiden und des kalkigen Teichschlammes der jetzigen und früheren geologischen Perioden (Verhandl. d. physik.-mediz. Ges. zu Würzburg 1893, S. 34 ff. (52 ff.)).

<sup>2)</sup> Über den Kerosinschiefer und sein geologisches Vorkommen vergl. besonders J. E. CARNE »The kerosene shale deposits of New South Wales« (Memoirs of the geological Survey of New South Wales. Geology No. 3. Sydney 1903).

Berlin, den 4. Februar 1905.