

32. Zur Frage der Eigenwärme bituminöser Gesteine.

Von Herrn H. STREMMER.

Berlin, den 1. Dezember 1904.

Im Jahre 1901 veröffentlichte HÖFER¹⁾ eine Arbeit, betitelt „Die Wärmeverhältnisse im Kohle führenden Gebirge“. HÖFER führt darin, gestützt auf sehr interessante kalorimetrische Berechnungen von TOLDT und v. JÜPTNER, in die Lehre von der Entstehung der Steinkohle ein neues Moment ein durch den Nachweis, daß der Verkohlungsprozeß (ohne Zutritt von Luft) unter Wärmeabgabe vor sich gehen muß. Die im Prinzip sicher richtigen Berechnungen laufen darauf hinaus, daß in der Reihe: Holz, Torf, Braunkohle, Steinkohle, Anthracit, die als Differenz von theoretischer und empirischer Verbrennungswärme berechnete Bildungswärme mit steigendem Kohlenstoffgehalt abnimmt. Demnach muß bei dem Übergang von der einen Substanz in die andere Wärme frei werden, und zwar soviel, als die Bildungswärme der vorhergehenden größer ist als die der folgenden. Diese freiwerdende Wärmemenge erteilt dem Kohlenflöz eine gewisse Eigenwärme, die, höher als die Wärme der umgebenden Schichten, also die Erdwärme des betreffenden Punktes, durchaus geeignet ist, die geothermische Tiefenstufe zu erniedrigen, wie dies tatsächlich bei vielen, wenn auch keineswegs allen Kohlenlagern beobachtet ist.

HÖFER geht nun noch einen Schritt weiter, indem er für bituminösen Schiefer ohne weitere Berechnung ebenfalls eine bestimmte Eigenwärme annimmt, die wohl durch „Verkohlung“ des Bitumengehaltes²⁾ hervorgerufen gedacht ist. Es geschieht dies bei der von Mandelsloh im Bobrloche zu Neuffen aufgefundenen, ungewöhnlich niedrigen Tiefenstufe, die von BRANCO in „Schwabens 125 Vulkanembryonen und deren tufferfüllte Ausbruchsröhren; das größte Maargebiet der Erde“³⁾ in Verbindung gebracht wurde mit diesen vulkanischen Erscheinungen. Die von HÖFER nicht versuchte Berechnung über etwaige Eigenwärme des bituminösen Schiefers anzustellen, hat mich Herr Geheimrat Professor Dr. BRANCO gebeten.

¹⁾ Österreich. Zeitschr. f. Berg- u. Hüttenwesen.

²⁾ Als „Bitumen“ der bituminösen Schichten, wie die Posidonien-schiefer, Kupferschiefer u. s. w. Stinkschiefer und -Kalke, sind natürlich die organischen Reste von Lebewesen anzusehen, nicht etwa die (erst durch Destillation aus diesen Gesteinen entstehenden) Petrolea und Schieferteeröle.

³⁾ Jahreshefte d. Vereins f. vaterl. Naturk. i. Württ. 1897 (S. 607 bis 664, Bohrl. zu Neuffen).

Zunächst lag es mir daran, für die Möglichkeit der Wärmesteigerung in der Erde infolge des Vorhandenseins bituminöser Schichten außer der einen von HÖFER dahin gedeuteten Angabe des Neuffener Bohrloches noch andere etwa hierhergehörige Daten zu erlangen. Ich habe mich dabei hauptsächlich an die Untersuchungen und Zusammenstellungen von BISCHOF¹⁾, HUYSSSEN²⁾, DUNKER³⁾ und BRANCO⁴⁾ gehalten. Nach diesen Autoren kann ich mit Sicherheit nur zwei in geothermischer Hinsicht untersuchte Bohrlöcher anführen, die bituminöse Schichten durchsunken haben, nämlich die von Sudenburg bei Magdeburg und Schladebach bei Merseburg.

Das Sudenburger Bohrloch (DUNKER S. 147) wurde durch Zechstein, Rotliegendes und Kulm niedergebracht. Im unteren Zechstein findet sich dort nach ANDRAE⁵⁾ und KLOCKMANN⁶⁾ Kupferschiefer in typischer Ausbildung als dunkle, dünnplattige bituminöse Mergelschiefer, ferner im oberen Zechstein Stinkschiefer und die (teilweise bituminöse) Rauchwacke. Die Gesamtmächtigkeit dieser bituminösen Schichten läßt sich nicht angeben, da die Rauchwacke nicht durchgehend bituminös ist. Die Wärmezunahme in dem Bohrloch betrug auf je 50 m Tiefe i. D. $1,42^{\circ}$ R, doch wurde dieser Durchschnittswert mehrfach nicht unerheblich überschritten, so zwischen 30 und 66 m Tiefe mit (auf 50 m umgerechnet) $2,24^{\circ}$ R, zwischen 101 und 117 m mit (auf 50 m umger.) $5,65^{\circ}$ R, zwischen 395 und 419 m mit (auf 50 m umger.) $2,40^{\circ}$ R. Hiervon dürfte die erstere Temperaturerhöhung — $2,24^{\circ}$ R auf 50 m oder 1° C auf 18 m — noch im Gebiet des Zechsteins stattgefunden haben, der nach 4 Angaben ANDRAES in Sudenburg bei 56, 81, 71 und 110 Fuß Teufe (also im Durchschnitt bei etwa 25—30 m) erbohrt und nach dem von KLOCKMANN⁷⁾ für statthaft erklärten Vergleich mit dem Alvenslebener Zechsteinvorkommen nur etwa 60 m mächtig zu sein scheint. Nach der DUNKERSchen Tabelle⁸⁾

¹⁾ Die Wärmelehre im Innern unseres Erdkörpers. 1837.

²⁾ a) Übersicht über die bisherigen Ergebnisse der vom preuß. Staate ausgeführten Tiefbohrungen u. s. w. Diese Zeitschr. 1880 S. 612. Ferner b) Die Tiefbohrung im Dienste der Wissenschaft u. s. w. Verhandl. d. 8. Dtsch. Geographentages 1889 S. 225—235.

³⁾ Über die Wärme im Innern der Erde. 1895.

⁴⁾ Die außergewöhnliche Wärmezunahme im Bohrloche von Neuffen, vergl. mit ähnlichem Verhalten anderer Bohrlöcher. Jahresh. d. Vereins f. vaterl. Naturk. i. Württ. 1897.

⁵⁾ Die geognostischen Verhältnisse Magdeburgs mit Rücksicht auf die Steinkohlenfrage 1851 S. 13.

⁶⁾ Der geologische Aufbau des sog. Magdeburger Uferrandes. Jahrb. Kgl. Preuß. L.-A. 1890 S. 233.

⁷⁾ a. a. O. S. 229.

⁸⁾ a. a. O. S. 149.

Beobachtungen		1.	2.	3.	4.	u. s. w.
mit Wasser- abschluß	Tiefen, Meter	30,03	66,46	87,62	101,02	
	Deren Zunahmen	—	36,43	21,16	13,40	
	Temperaturen Gr. R.	9,622	11,254	11,272	11,484	
	Deren Zunahmen	—	1,632	0,018	0,212	
	Berechnet für 50 m	—	2,24	0,042	0,79	

beträgt die Temperaturerhöhung bis 101 m $1,02^{\circ}$ R auf 50 m, woraus sich für die ersten 100 m eine geothermische Tiefenstufe von 39,06 m auf 1° C ergibt. In dem ganzen Bohrloch von 568 m Tiefe entspricht nach DUNKER einer Wärmezunahme von 1° C, eine Tiefezunahme von 32,3 m.

Das Bohrloch von Schladebach¹⁾ durchteufte Buntsandstein, Zechstein, Rotliegendes, Karbon und Oberdevon. Nach v. FRITSCH²⁾ wurde der 163 m mächtige Zechstein in 164 bis 329 m Tiefe vorgefunden, und zwar als gipsführende Letten, (bituminöse) Rauchwacke, Anhydrit, Kupferschiefer und Konglomerat. Für die Tiefen von 156 bis 336 m verzeichnet DUNKER eine durchschnittliche Wärmezunahme von $3,9/6 = 0,65^{\circ}$ C für je 30 m (die einzelnen Zahlen sind 0,9; 0,8; 0,6; 0,7; 0,2; 0,7); d. h. die Tiefenstufe ist nur 46 m für 1° C, während die des ganzen, 1748 m tiefen Bohrlochs nach DUNKER 35,7 m, nach HUYSSSEN 36,87 m betrug.

So zeigt sich die Wärmezunahme in diesen Bohrlochern als sehr wahrscheinlich unabhängig von den durchstoßenen bituminösen Gesteinen. Aber selbst das zu Neuffen ist keineswegs einwandfrei für HÖFERS Annahme heranzuziehen. In seinem Bohrregister verzeichnet allerdings MANDELSLOH sehr viele Schiefer als durchsunken. Wie sich aber aus der Deutung BRANCOS ergibt, sind bei weitem die meisten dieser Schiefer als schiefrige Tone und Letten anzusprechen. Bituminös ist in der Hauptsache nur der etwa 9 m mächtige Posidonienschiefer des Lias ϵ , außer ihm vielleicht noch der möglicherweise auch vorhandene, in Schwaben nicht vielmehr als handhohe Ölschiefer mit *Pentacrinus tuberculatus* im Lias α . Die Bronnzone des Lias ϵ ist wohl unzweideutig aus dem im

¹⁾ Vergl. DUNKER S. 165.

²⁾ BEYSCHLAG u. v. FRITSCH, Das jüngere Steinkohlengebirge und das Rotliegende in der Provinz Sachsen. Abhandl. d. Kgl. Preuß. geol. L.-A. Neue Folge, H. 10, 1899, S. 1.

Bohrregister (unter 9) bei 774 Fuß 2 Zoll bis 804 Fuß 5 Zoll verzeichneten schwarzen, sehr bituminösen Schiefer zu erkennen. Wie nun ein Vergleich mit der Temperaturtabelle ergibt, zeigen gerade die auf diese Schichten nach unten folgenden 100 Fuß mit $3,4^{\circ}\text{C}$ die höchste Wärmesteigerung, während die 100 Fuß, in denen die 30 Fuß der Posidonienschiefer einbegriffen sind, mit $2,4^{\circ}$ unter dem Durchschnitt $2,5^{\circ}$ bleiben, und gar die nach oben folgenden 100 Fuß mit $1,9^{\circ}\text{C}$ die niedrigste Temperaturerhöhung des Bohrloches aufweisen.

Läßt sich also aus geologischen Daten keine Stütze für HÖFERS Annahme gewinnen, so scheinen Erwägungen chemischer Natur von vornherein durchaus dafür geeignet. Sämtliche von organisierten Wesen herrührende organische Substanz hat in hohem Grade die Neigung sich zu zersetzen. Bei Gegenwart von Sauerstoff und Erhöhung der Temperatur ist diese Tatsache ja so bekannt, daß sie als selbstverständlich hingenommen wird. Aber auch bei gewöhnlicher Temperatur und Luftabschluß finden Zersetzungen statt. Ein beliebtes Beispiel dafür sind die Konserven, die im Laufe einiger Jahrzehnte in ihren festverschlossenen luftdichten Büchsen sich verändern, namentlich Geruch und Geschmack verlieren. Auch die Bildung der Steinkohlen aus pflanzlicher Substanz ist ein Beispiel von Zersetzung unter Luftabschluß und bei niedriger Temperatur. Nach ENGLER ¹⁾ zeigen ferner die Erdöle bei Luftabschluß und gewöhnlicher Temperatur eine Veränderung, indem das spezifische Gewicht zunimmt. Daß mit solcher Zersetzung auch eine Energieabgabe verbunden ist, scheint nur für Kohle durch die von HÖFER angeregten Berechnungen von TOLDT und v. JÜPTNER bewiesen. Aber danach dürfte wohl für jeden der Verkohlungs ähnlichen Prozeß auf Freiwerden von Wärme geschlossen werden. Da nun die Anreicherung von Kohlenstoff in bituminösen Gesteinen auf Kosten des Wasserstoffs und Sauerstoffs ihrer organischen Bestandteile durchaus möglich ist, so hat auch vielleicht eine gewisse Wärmeentwicklung dabei stattgefunden. Fraglich ist allerdings, ob sie hoch genug war, irgendwie nennenswert die Erdwärme zu steigern.

Um aber diese Frage zu entscheiden, ist es natürlich unbedingt nötig, die rezenten Urmaterialien bituminöser Gesteine kennen zu lernen und durch Vergleich der Analysen von den rezenten und fossilen Materialien wennmöglich den Übergang der jungen in die alten Gesteine zu ermitteln, wie wir ihn für die

¹⁾ Zur Frage der Entstehung des Erdöls und über die Selbstpolymerisation der Kohlenwasserstoffe. Ber. d. Dtsch. chem. Ges. 30. 2358.

Steinkohlen in der Reihe: Holz, Torf, Braunkohle, Steinkohle, Anthracit besitzen. Bis jetzt sind aber die rezenten „bituminösen“ Ablagerungen, speziell nach der Seite der organischen Bestandteile, kaum bekannt und in ihren Beziehungen zu den fossilen fast garnicht untersucht.

Daß der Bitumengehalt organogener Herkunft ist, unterliegt wohl keinem Zweifel. BISCHOF hat nach NAUMANN¹⁾ in der ersten Auflage seines Lehrbuchs der chemischen und physikalischen Geologie²⁾ (in der zweiten Auflage vermochte ich diese Stelle nicht mehr zu finden) den Bitumengehalt der Stinkkalke in erster Linie auf charaähnliche Pflanzen zurückgeführt, eine Annahme, die sicher für gewisse Kalke zutreffend ist. Aber allgemeiner ist wohl die Ansicht verbreitet, daß die Bitumina von Tieren herkommen. Speziell bei dem Posidonienschiefer des Lias ϵ ist man von der zoogenen Entstehung durchaus überzeugt. Dafür nur zwei Beispiele: Nach L. v. BUCH³⁾ bestehen die Schiefer „fast gänzlich aus kleinen zerdrückten, zerriebenen und wohl größtenteils auch zerfressenen Teilen“ von Tieren. Er hält es sogar für denkbar,⁴⁾ „daß sie nur als zerteilte Koprolithen zu betrachten sind.“ NAUMANN⁵⁾ spricht die Vermutung aus, daß „sie sich in ruhigen geschützten Meerbusen oder in Ästuarien gebildet haben, die von vielen Tieren belebt waren. Nach ihrem Tode zu Boden sinkend, wurden sie in dem feinen Schlamm begraben und durchdrungen solchen mit Bitumen, als dem Produkte ihrer Verwesung.“ Ähnlich sprechen sich auch die meisten anderen Forscher aus. Aber zu einem Vergleich mit gleichartigen rezenten Bildungen ist es bisher nur selten gekommen. Die Bedingungen, unter denen organische, namentlich tierische Substanz sich überhaupt derart ablagert, daß sie nicht verwest, sondern als feste Substanz erhalten bleibt, sind grundlegend erst neuerdings von PORONIÉ⁶⁾ untersucht worden, aus dessen unten zitierter Mitteilung ich hier die nachstehende Tabelle abdrucken möchte.

1) Geognosie 1. S. 517.

2) 2. S. 1621.

3) Über den Jura in Deutschland S. 19.

4) S. 41.

5) Geognosie 2. S. 834.

6) Eine rezente organogene Schlamm- und Cannelkohlenbildung des Cannelkohlen-Typus. Jahrb. Kgl. Preuß. geol. L.-A. 1903, 24. H. 3. Herr Prof. Dr. PORONIÉ gestattete mir in lebenswürdigster Weise die Einsichtnahme in das Manuskript seines demnächst erscheinenden Werkes über „Die Entstehung der Steinkohlen, sowie der Humus- und verwandten Bildungen,“ dem ein Teil der Grundgedanken der nachfolgenden Ausführungen entnommen sind.

	Bezeichnung der Prozesse	Verhalten des O	Verhalten des H ₂ O	Entstehende Gesteine ¹⁾
1.	Verwesung findet statt	bei Gegenwart von O	und Vorhandensein von Feuchtigkeit	Es bleiben keine C haltigen Produkte zurück, es entsteht Moder
2.	Vermoderung findet statt	bei Gegenwart von weniger O		
3.	Vertorfung findet statt	zunächst bei Gegenwart sodann bei Abschluß von O	und zunächst bei Gegenwart von Feuchtigkeit, sodann in stagnierendem H ₂ O	es entsteht Torf
4.	Fäulnis findet statt	bei Abschluß von O	und in stagnierendem H ₂ O	es entsteht Faulschlamm

Der zuletzt erwähnte Faulschlamm findet sich in stehenden Gewässern mit Tier- und Pflanzenleben. Er enthält in toniger, kalkiger oder sandiger Grundmasse die Reste von Organismen, die innerhalb oder in der Umgebung des Wassers vorkommen. So sind bekannt als Schlamm bildner in den norddeutschen Seen: **Limnobios**: Benthos: Characeen, Nymphaceen und andere Wasserpflanzen; Muscheln (*Anodonta*, *Sphaerium*) und Schwämme (*Spongilla*). Plankton: Bacillarien (Diatomeen) und andere Algen; Protozoen. Crustaceen, Insektenlarven; Pleuston (= Schwimmflora): z. B. *Lemna*, *Utricularia*, *Salvinia*. Nekton: Fische, (außerordentlich häufig sind namentlich Fischexkreme, die wahrscheinlich einen Hauptteil der organischen Substanz bilden). **Geobios**: Pollen, Früchte, Blätter, Holz- und Gewebefetzen von höheren Pflanzen.

Einzelne dieser Faulschlammgesteine sind hier und da in ihren Beziehungen zu fossilen Gesteinen erkannt. So haben GÜMBEL ²⁾ und RAMANN ³⁾ auf die Analogie zwischen Lebertorfen, den subfossilen Faulschlamm, und Cannel- und Bogheadkohlen, auf Grund des mikroskopischen Befundes hingewiesen.

¹⁾ Über die Definitionen von 1 und 4; s. auch RAMANN, Organogene Ablagerungen der Jetztzeit. N. Jahrbuch, X Beil.-Bd. S. 119.

²⁾ Beiträge der Texturverhältnisse der Mineralkohlen. Sitz.-Ber. d. math.-phys. Klasse der Bayr. Akademie der Wissensch. 1883 S. 133.

³⁾ Über Torf- und Mineralkohlen. Diese Zeitschr. 1896 S. 426.

Die Faulschlammkalke (Kalkschlamme, Wiesenkalke) sind in ihren Beziehungen zur fossilen Seekreide mehrfach untersucht, zuletzt von PASSARGE¹⁾. Aber im Großen und Ganzen sind wir erst durch POTONIÉ eingehend über die Bedeutung der Seeschlamme unterrichtet, und zwar in der Art, daß aus Faulschlammten, die wesentlich aus organischer Substanz bestehen, Faulkohlen (Cannel-, Boghead-, Algenkohlen) entstehen, aus den mehr oder weniger kalkreichen Faulschlammkalken je nach dem Tongehalt Stinkkalke bezw. bituminöse Mergelschiefer, aus den fast nur aus Kieselsäure (Diatomeenpanzer) und organischer Substanz bestehenden Kieselgubren gewisse Polierschiefer und Kieselschiefer. Es ist selbstverständlich, daß man zwischen diesen drei extremen Ausbildungen zahlreiche Übergänge kennt.

Die organischen Bestandteile der Faulschlammgesteine zerfallen nach RAMANN²⁾ einerseits in einfacher zusammengesetzte Verbindungen („zumal Kohlensäure, Kohlenwasserstoffe [evtl. Wasserstoff] und Stickstoffverbindungen [evtl. Stickstoff]“), andererseits in kohlenstoffreichere. Dieser Prozeß, die Fäulnis, setzt sich in den von POTONIÉ Bituminierung genannten der fossilen Gesteine fort, ebenso wie die ähnlich definierte Verkohlung sich an die Vertorfung anschließt.

Marine Faulschlamme werden sich überall da bilden können, wo stille, nicht allzu bewegte Stellen im Meere vorhanden sind, z. B. in Buchten und Häfen; bekannt sind solche Schlamme aus den Häfen von Bahia Blanca³⁾, Kiel und Cuxhaven (nach dem mir vorliegenden Material von Herrn Prof. POTONIÉ) Accessible Bay von Kerguelensland⁴⁾; ferner auf Flachküsten, namentlich durch Inselreihen oder Halbinseln geschützte, wie die Watten⁵⁾, das Gelbe Meer⁶⁾, große Teile des Roten Meeres⁷⁾; sodann in den durch üppige Vegetation festgehaltenen Mangrove-sümpfen und Schlammstranden des indischen Archipels⁸⁾. Befördert werden naturgemäß diese Bildungen in an sich ruhigen, weniger durch die Gezeiten erregten Meeren, wie Ostsee⁹⁾, Mittelmeer⁹⁾ und Schwarzes Meer¹⁰⁾, die selber in gewissen Tiefen

1) Die Kalkschlammablagerungen in den Seen von Lychen, Uckermark. Jahrb. Kgl. Preuß. geol. L.-A. 1901 S. 79.

2) S. 121.

3) DARWIN, Reise eines Naturforschers. S. 90.

4) STUDER, Forschungsreise der „Gazelle“ 2. S. 142.

5) z. B. MEYN, Insel Sylt S. 125 ff.

6) RICHTHOFEN, China 2. S. 30.

7) WALTHER, Einleitung in die Geologie S. 347.

8) WALTHER a. a. O.

9) v. BOGUSLAWSKI, Ozeanographie 1. S. 90 und 95.

10) ANDRÜSSOW, La mer noire. Exkursionsführer des VII. internationalen Geologenkongresses in St. Petersburg Nr. XXIX 1897.

mit tonigem, dunklem, an organischer Substanz relativ reichem Schlamm erfüllt sind. Seichte Uferzonen solcher Meere dürften wahrscheinlich mit Faulschlammgestein bedeckt sein, zumal wenn die andere Grundbedingung für die Bildung der Faulschlamme, das reichliche Vorhandensein von Organismen, namentlich planktonischer, erfüllt ist. Leider ist bisher kaum einer dieser Schlamme genauer untersucht worden, besonders nicht in mikroskopischer und chemischer Hinsicht.

Was nun speziell die Posidonienschiefer des Lias ϵ angeht, so ist andeutungsweise für diese kürzlich von POMPECKJ¹⁾ eine ähnliche Entstehungsart angenommen, wie sie hier nach POTONÉ für die bituminösen Schichten im allgemeinen geltend gemacht worden ist. POMPECKJ hat die Bronni-Zone des Lias ϵ als ein liasisches „Schwarzes Meer“ bezeichnet, namentlich im Hinblick auf den Sauerstoffmangel, der allein zur Bewahrung so reicher organischer Reste führen kann. Jedoch erkennt POMPECKJ die große Verschiedenheit der geographischen Verhältnisse beider Meere, des Schwarzen und des Bronni-Meeres. an; ebenso auch den Unterschied in der Verteilung des Benthos und in der Erhaltung der Tierreste. Ferner möchte ich auf eine weiter unten folgende Analyse einer Grundprobe des Schwarzen Meeres hinweisen, die einen erheblichen Unterschied in der Zusammensetzung des vorwiegend tonigen Pontusschlammes gegenüber dem weit stärker bituminösen, kalkreicheren Mergel(schiefer) der schwäbischen Bronni-Zone zeigt. Es scheinen also auch viele Gründe gegen die Deutung des Posidonienschiefers als Ablagerung eines liasischen Schwarzen Meeres zu sprechen, was übrigens POMPECKJ selbst betont hat. Doch kann ich mich hier auf eine nähere Erörterung dieser wichtigen und interessanten Frage nicht einlassen, zumal ich vorläufig einen heutigen Meeresteil überhaupt nicht kenne, dessen Sedimente wirklich einigermaßen mit dem Posidonienschiefer übereinstimmten. Nur soviel kann ich wohl feststellen, daß letzterer ein fossiles Faulschlammgestein ist.

Ein Vergleich der häufigen Organismenreste des Posidonienschiefers mit denen der Faulschlammgesteine ergibt deutlich die nahe Verwandtschaft beider Gesteine. Als marines Faulschlammgestein möchte ich hier einen von GORTSCHE²⁾ be-

¹⁾ Die Juraablagerungen zwischen Regensburg und Regenstau. Geogn. Jahresh. 14. 1901 S. 178—186.

²⁾ Der Tapessand von Steensigmos. Diese Zeitschr. 1904. Sitzungsbericht vom 2. November 1904. Es ist der als Mytiluston im Küstenprofil von Steensigmoos bezeichnete bituminöse Mergel. Herr Prof. Dr. GORTSCHE hatte die Güte, mir ein Stück desselben zur Untersuchung zu überlassen.

schriebenen bituminösen Mergel aus dem marinen Diluvium von Steensigmoos unweit Sonderburg zum Vergleich heranziehen, da die rezenten marinen Faulschlammgesteine sehr wenig untersucht sind.

Posidonienschiefer	limnisches Faulschlammgestein	Mytiluston
Halobios: Benthos: Tange? Spongien, Crinoideen, Lamelli- branchiaten Plankton: Bacillarien Coccolithen Foraminiferen Pseudoplankton: Cephalopoden Nekton: Fische, Reptilien Geobios: Landpflanzen	Limnobios: Benthos: Wasserpflanz. Spongien, Lamellibranchiaten Plankton: Bacillarien u. andere Algen Protozoen, Crustaceen. Nekton: Fische Geobios: Landpflanzen	Halobios: Benthos: — Spongien (Nadeln) Mytilus Plankton Bacillarien, Foraminiferen Nekton: Fische (Schuppen) Geobios: Landpflanzen (Blätter)

Selten sind im Lias ϵ die zum Geobios gehörigen Insekten und Flugreptilien, ferner die in der Hauptsache benthonischen Seeigel, Brachiopoden, Schnecken, Würmer und Crustaceen. Die Cephalopodenschalen und -schulpe werden wohl, wie dies auch POMPECKJ betont, zum größten Teil nach dem Tode der Tiere leer in den Schlamm hineingedriftet worden sein, wie es ja heute noch mit den vom Meer an die Küsten gespülten Schalen von Nautilus und den Schulpen von Sepia geschehen kann.

Auch in chemischer Hinsicht erweisen sich die Faulschlammgesteine durchaus als die rezenten Urmaterialien bituminöser Gesteine. Der Gehalt an **organischer** Substanz variiert naturgemäß sehr stark. Bei fossilen bituminösen Schiefen z. B. von 0,1% des Ohioschiefers¹⁾ bis zu etwa 36% des zur Ölfabrikation verwendeten schottischen Schiefers²⁾. Faulkohlen (Cannel- und Bogheadkohlen) haben zwischen 99 und 55% organische Bestandteile; der untersilurische schwarze Kieselschiefer von Triebendorf im Fichtelgebirge enthält nach LORETZ³⁾ bei 96,74% Kieselsäure 2,28% „Kohle“. Was die rezenten Gesteine anbetrifft, so schwankt z. B. in den Kalkschlamm der Seen von Lychen nach PASSARGE der Gehalt an organischer

¹⁾ HÖFER, Erdöl S. 131.

²⁾ SCHEITHAUER, Fabrikation der Mineralöle S. 27 in Bolley-Englers Handbuch der chem. Technologie.

³⁾ GÜMBEL, Fichtelgebirge S. 265.

Substanz zwischen 0,89 und 44,74⁰/₀; ein von mir untersuchter Faulschlammton aus dem Teltowkanal enthielt über 24⁰/₀; in den Kieselgahren sind nach ROTH¹⁾ bis zu 15⁰/₀ organischer Substanz. Die **anorganischen** Bestandteile bei beiden Gruppen sind vorwiegend Kalkstein, Ton und Sand (bezw. Kieselsäure und kohlenaurer Kalk von Organismen herrührend) oder ein oder zwei dieser Gemengteile. Bei der **Destillation** geben Faulkohlen („Ölkohlen“) und bituminöse Schiefer („Ölschiefer“) dem Petroleum nahestehende Öle²⁾. Aus dem Faulschlamm des Sees von Ludwigshof in Vorpommern (nicht Uckermark) erhielten KRÄMER und SPILKER³⁾ bei der Druckdestillation Petroleum.

So dürften in der Tat die Faulschlamme diejenigen Gesteine sein, die in Bezug auf bituminöse Schichten von derselben Bedeutung sind, wie die Torfe in Bezug auf die Glanzkohlen. Es lässt sich also denken, daß es durchaus möglich ist, von den rezenten bis zu den paläozoischen bituminösen Gesteinen eine allmähliche Steigerung des Kohlenstoffgehaltes der organischen Substanz nachzuweisen. Ich muß jedoch bekennen, daß meine dahinzielenden Bemühungen bis jetzt noch nicht den gewünschten Erfolg hatten, da die Zahl der Analysen vorläufig noch zu gering ist. Doch andeutungsweise lassen sich jetzt schon einige Schlüsse aus dem vorliegenden Analysenmaterial ziehen.

Nach ROTH liefert das Material zahlreicher Analysen von Bogheadkohlen (Ölkohlen, Kerosinschiefer) aus Schottland, Rußland, Australien und Amerika schwefel- und aschefrei berechnet 81,09⁰/₀ C; 11,39⁰/₀ H; 6,39⁰/₀ O; 1,13⁰/₀ N.

Der Durchschnitt von Analysen der in Schottland zur Ölfabrikation verwendeten Schiefer des unteren Karbons ist nach MILLS⁴⁾

Asche: 63,74 ⁰ / ₀ ; organische Substanz: 36,22 ⁰ / ₀		
C: 25 . 27 ⁰ / ₀	N: 1 . 14 ⁰ / ₀	
H: 3 . 67 „	S: 0 . 49 „	
O: 5 . 65 „		
umgerechnet auf 100 Teile organischer Substanz:		
C: 69 . 49	O: 15 . 54	S: 1 . 35
H: 10 . 09	N: 3 . 13.	

¹⁾ ROTH, Allgemeine und chemische Geologie 2. S. 655, 668, 669, 672.

²⁾ S. z. B. HEUSLER, Über die Zusammensetzung der schottischen Schieferöle. Ber. d. Dtsch. chem. Ges. 30, S. 2743.

³⁾ KRÄMER u. SPILKER, Das Wachs der Bacillariaceen und sein Zusammenhang mit dem Erdöl. Ebenda 32. S. 2940.

⁴⁾ SCHEITHAUER a. a. O. S. 27.

Der Schieferton von Broxburn in Schottland, der ebenfalls zur Öldestillation dient, hat nach STEWART¹⁾

Asche: 66.8%	C: etwa 20%
Wasser; 8.0 "	H: " 3 "
org. Subst.: 25.2 "	N: " 0.7 "
<hr/> 100.0%	S: " 1.5 "

in 100 Teilen org. Substanz:

C: etwa 80%	N: etwa 2.8%
H: " 12 "	S: " 6.0 "

Bituminöser Schiefer aus dem Rotliegenden von Oberlangenuau in Böhmen hat nach REUSS²⁾

bei 31 bis 37% organischer Substanz:

C: 24.8%	Auf 100 Teile umgerechnet etwa 70% C
H: 2.9 "	
N: 5.1 "	

In diesem Schiefer aufgefundene Kopolithen hatten in 74% organischer Substanz

C: 61.7% oder auf 100 Teile umgerechnet C: 83.30%	
H: 7.0 " " " " " " " " " " " " " "	H: 9.45 "
N: 1.6 " " " " " " " " " " " " " "	N: 2.20 "
Rest (O + S): 3.7 " " " " " " " " " " " " " "	Rest (O + S): 5.05 "

Was endlich den bituminösen Schiefer des Lias ϵ anbetrifft, so besteht dieser nach GMELIN¹⁾ und FITTIG¹⁾ aus

GMELIN	FITTIG
43	41% Ton
40	41 " Kalkstein
12	12 " org. Substanz (Bitumen)
5	6 " Schwefelkies
<hr/> 100	<hr/> 100%

Unter Bitumen wird wohl das bei der Destillation aufgefangene Schieferöl verstanden sein, denn in der Tat erhielt ich bei verschiedenen Destillationen etwa 12% Öl. Auch die von HARBORDT¹⁾ angegebene Analyse deutet an, daß mehr als 12% organische Substanz vorhanden ist; er fand 10,57% C und 2,20% H. Die von mir ausgeführte Analyse ergab etwas höhere Werte. Den ganz frischen Schiefer verdanke ich der Freundlichkeit des Herrn Steinbruchsbesitzers BERNHARD HAUFF in Holzmaden, der ihn „aus der Schichte“ brach, „welche am meisten Bitumen hat.“

Glührückstand (rot): 68.64%	Kohlensäure: 11.98%
Wasser: 1.46 "	org. Substanz: 17.92 "
Glühverlust (ohne Wasser): 29.90 "	

¹⁾ SCHEITHAUER a. a. O. S. 27.

²⁾ BISCHOF, Chem. u. Phys. Geologie II. Aufl. 1. S. 752.

In diesen 17,92% organischer Substanz waren

C : 14.32	oder auf 100 Teile umgerechnet: C : 79.60%
H : 1.77	H : 9.81 "
N : 0.38	N : 2.10 "
Rest (O + S) : 1.53	Rest (O + S) : 8.49 "

Die Analyse der lufttrockenen Substanz wurde, wie auch alle späteren so ausgeführt, daß in einer Portion Wasser, Glühverlust und Rückstand bestimmt wurden (Wasser durch Erwärmen auf 105° bis 110° im Trockenschrank). Die Kohlensäure wurde im Dietrich-Frühlingschen Apparat als Gas gemessen. Zur Elementaranalyse, die ich von einem als zuverlässig bekannten Analytiker ausführen ließ, wurde die Substanz wegen des Schwefelgehaltes mit Kaliumbichromat gemischt und langsam im Sauerstoffstrom verbrannt. —

Im Durchschnitt ergeben alle diese Analysen von Bogheadkohlen und bituminösen Schiefern, den fossilen Faulschlammgesteinen vom Karbon bis zum Lias, etwa

77% Kohlenstoff und 10% Wasserstoff

und der Rest von etwa 13% ist Stickstoff, Sauerstoff und Schwefel.

Analysen von rezenten Faulschlammgesteinen, die auch die organische Substanz in ihren einzelnen Bestandteilen zeigten, sind in der Literatur nicht aufzufinden.

Einige lufttrockene Faulschlammteeröle wurden von mir analysiert. Zur Orientierung möchte ich vorausschicken: Die Faulschlammgesteine sind in frischem Zustande schwarz, braun oder grau. An der Luft werden die schwarzen Faulschlammkalken oft schmutzig grau, die dunklen Faulschlammteeröle und helleren Kieselgubren hellen sich nur wenig auf. Unter Sedimentbedeckung sind fast alle geschiefert. — In lufttrockenem Zustand sind die an organischen Bestandteilen reichen Faulschlammgesteine zäh und stark lederhart. Die übrigen neigen in ihrer Beschaffenheit den Tonen, Mergeln, mergeligen Sanden und Seekreiden zu. — Bei der Destillation entstehen braunschwarze Teeröle, die manchmal im Geruch an Schieferöle erinnern, manchmal höchst unangenehm brenzlich riechen.

1. Faulschlammkalk von Beelitzhof bei Berlin:

Glührückstand (weiß): 52.54%

Wasser: 5.30 "

CO₂: 29.17 " Glühverlust (ohne Wasser) 42.16%

org. Subst.: 12.99 "

hiervon sind C : 9.13% oder auf 100 Teile org. Substanz
berechnet: C : 70.22%

H : 1.26 "

H : 9.55 "

N : 1.09 "

N : 8.39 "

Rest (O + S) : 1.51 "

Rest (O + S) : 11.84 "

2. Eine andere Probe, die möglicherweise an anderer Stelle desselben verlandeten Sees bei Beelitzhof gestochen war, ergab:

Glührückstand (weiß) :	51 . 24 %
Wasser :	3 . 50 „
Glühverlust (o. W.) :	<u>45 . 26 „</u>
CO ₂ :	31 . 01 %
org. Subst. :	<u>14 . 25 „</u>

Hiervon C : 8 . 65 oder auf 100 Teile umgerechnet:

	C : 60 . 72 %
H :	0 . 98
Rest (N, O, S) :	5 . 62
	(N + O + S) : 32 . 40 „

3. Bacillarien-Faulschlammkalk aus dem Untergrunde von Berlin.

Sehr reich an Bacillarien.

Glührückstand (grauweiß) :	54 . 59 %
Wasser :	3 . 10 „
CO ₂ :	30 . 08 „
org. Substanz :	<u>12 . 23 „</u>
	Glühverlust (o. W.) : <u>42 . 31 %</u>

Hiervon C :	8 . 71	In 100 Teilen: C :	71 . 25
H :	1 . 01	H :	8 . 26
Rest (N, O, S) :	2 . 51	Rest (N, O, S) :	20 . 49

4. Faulschlammton aus dem Teltowkanal.

Glührückstand (rot) :	65 . 46 %
Wasser :	10 . 35 „
Glühverlust (o. W.) :	<u>24 . 19 „</u>
CO ₂ :	Spur.
org. Substanz :	24 . 19 %

Hiervon C :	14 . 47 %	in 100 Teilen: C :	59 . 90
H :	1 . 22 „	H :	5 . 05
Rest (N, O, S) :	8 . 50 „	Rest (N, O, S) :	35 . 05

Außer diesen vier Analysen von limnischen Faulschlammgesteinen wurden noch vier von rezenten und diluvialen marinen Faulschlammgesteinen ausgeführt. Jedoch ergaben die wegen der geringen Menge organischer Bestandteile und bei Gegenwart von kohlenurem Kalk sehr schwierigen Elementaranalysen trotz der Wiederholung durchaus unbefriedigende Resultate.

5. Hafenschlamm von Kuxhaven, gedreht am Eingange zum alten Hafen. Der lufttrockene Schlamm war dunkelgrau und enthielt viel Ton und Sand.

Glührückstand (rot):	89.34 ⁰ / ₁₀₀
Wasser:	1.21 „
Glühverlust (o. W.):	9.45 „
CO ₂ :	3.30 ⁰ / ₁₀₀
org. Subst.:	6.15 „

6. Schlamm aus dem Schwarzen Meer.

Der lufttrockene Schlamm ist tongrau und enthält sehr viel Ton, wenig Sand. Er entstammt der Expedition des „Tschernomoretz“ 1890 und wurde Herrn Prof. POTONIÉ von Herrn N. ANDRUSSOW übersandt. Ersterer überließ mir einen Teil zur Analyse. Der Schlamm ist in 200 Faden Tiefe auf der 34. Station der Reise gedreht und gehört zu den von ANDRUSSOW¹⁾ beschriebenen schwarzen Tiefseeschlamm des Pontus, die an der Luft grau werden, eine auch bei limnischen Faulschlammgesteinen sehr häufige Eigenschaft.

Glührückstand (rot):	84.04 ⁰ / ₁₀₀
Wasser:	5.22 „
Glühverlust (o. W.):	10.74 „
CO ₂ :	4.81 ⁰ / ₁₀₀
organische Subst.:	5.93 „

7. „Mytiluston“ von Steensigmoos.

(S. Anm. 1 S. 9). Der Mergel ist ein graues, festes, geschiefertes Gestein. Es waren makroskopisch sichtbar Muschelschalen- und Laubblattreste. Das Mikroskop zeigte reichlich Bacillarien, ferner Foraminiferen und Spongiennadeln.

Glührückstand (rot):	86.18 ⁰ / ₁₀₀
Wasser:	3.29 „
Glühverlust (o. W.):	10.53 „
CO ₂ :	7.72 ⁰ / ₁₀₀
org. Substanz:	2.81 „

8. Süßwassermergel von Steensigmoos.

Auch diesen Mergel verdanke ich Herrn Prof. Dr. GOTTSCHÉ in Hamburg. Das Gestein entstammt dem Liegenden des Mytilustones. Es ist weich, locker, hellgrau und geschiefert. Die mikroskopische Untersuchung zeigt massenhaft Bacillarien, auch Spongiennadeln.

Glührückstand (rötlich weiß):	63.55 ⁰ / ₁₀₀
Wasser:	3.23 „
Glühverlust (o. W.):	33.22 „
CO ₂ :	25.74 ⁰ / ₁₀₀
org. Substanz:	7.48 „

¹⁾ ANDRUSSOW, Einige Resultate der Tiefseeuntersuchungen im Schwarzen Meer. Mitteil. der k. k. geogr. Ges. Wien 1893 S. 391.

Der Durchschnitt durch Elementarbestandteile der vier ersten Analysen ergibt etwa **65% Kohlenstoff** und **8% Wasserstoff**. Der Rest von 27% wäre N, O, S. Ein Vergleich mit der Zusammensetzung des Bitumens der fossilen Gesteine:
 fossile Faulschlammgesteine: 77% C; 10% H; Rest 13% (N, O, S)
 rezente „ : 65 „ C; 8 „ H; „ 27 „ (N, O, S)
 zeigt gut (um 12 bzw. 2%) eine geringere Menge von Kohlenstoff und Wasserstoff in den rezenten. Der Prozeß der Bituminierung scheint danach so vor sich zu gehen, daß Kohlenstoff und Wasserstoff auf Kosten von Stickstoff, Sauerstoff und Schwefel angereichert werden. Dies bedeutet einen nicht unerheblichen Unterschied gegenüber der Verkohlung, bei der Kohlenstoff auf Kosten aller anderen Bestandteile angereichert wird. Diese Vermutung steht auch mit der Tatsache durchaus im Einklang, daß bei fossilen Faulschlammgesteinen meines Wissens Gasentwicklung, die nicht pyrogener Entstehung ist, also etwa Entwicklung von Kohlensäure wie in der Braunkohle und Kohlenwasserstoffen wie in der Steinkohle, nicht bekannt ist. Es mag dieser Umstand einen Grund haben in der von vornherein erheblich kompakteren und festeren Beschaffenheit vieler Faulschlammgesteine, die gegen Wasser hervorragend undurchlässig sind.

Bemerkenswert ist auch der erheblich geringere Grad der Anreicherung von Kohlenstoff bei der Bituminierung. Während bei der Verkohlung vom Torf (60% C) bis zur Steinkohle (80% C) der Kohlenstoff um 20% angereichert wird, trägt der Unterschied im Kohlenstoffgehalt zwischen rezentem Faulschlammgestein und karbonischem bituminösem Schiefer nur etwa 12%. Die etwaige Wärmeentwicklung wird also erheblich geringer sein, wobei auch die Tatsache ins Gewicht fällt, daß speziell bei den bituminösen Schiefen die anorganischen Bestandteile erheblich die organischen überwiegen. Wie groß nun die Wärmeentwicklung etwa sein könnte, vermag ich vorläufig nicht zu sagen, da ich Verbrennungswärme und Wärmeleitfähigkeit der rezenten und fossilen Faulschlammgesteine nicht kenne. Erstere ist bedeutend schwerer zu bestimmen als die der fast nur aus organischer Substanz bestehenden Glanzkohlen und ihrer Urgesteine. Herr Dr. F. WREDE im 1. chemischen Universitätsinstitut, Berlin, hatte die Güte, in der Berthelotschen Bombe bei einem Druck von 25 Atmosphären Sauerstoff eine Verbrennung zu versuchen. Er teilte mir mit, daß der bituminöse Schiefer oberflächlich zu einer schwarzen Schlacke zusammenschmolz, die einen Teil der Substanz durch Umhüllung vor dem Sauerstoff schützte.

Auch die etwaige Oxydation des Schwefelkieses der bitumi-

nösen Gesteine kann für Wärmeentwicklung nicht von Bedeutung sein. Allerdings berechnet RICHTERS¹⁾ für einen Gehalt von 1% Schwefelkies bei plötzlicher Oxydation und Ausschluß von Wärmeverlusten eine Erwärmung der Kohle um 72°. Aber wenn schon bei den Glanzkohlen die angenommenen Bedingungen niemals eintreten, so noch viel weniger bei bituminösen Schieferen, mögen diese auch erheblich mehr Schwefelkies enthalten, da ihre Undurchlässigkeit für Wasser und der Umstand, daß sie sehr schwer verwittern, in hohem Maße die Oxydation zu hindern imstande sind.

Diese Frage der Eigenwärme bituminöser Gesteine ist natürlich mit der vorliegenden Arbeit erst angeschnitten. Es bleibt noch viel darüber zu arbeiten. Ich hoffe jedoch in nicht allzuferner Zeit eine Reihe der vorhandenen Lücken ausfüllen zu können. Auch vom Erdöl durchtränkte Schichten gedenke ich zu untersuchen. Geologische und chemische Angaben deuten nämlich darauf hin, daß das Petroleum unter Luftabschluß Veränderungen erleidet, die mit Wärmeentwicklung verbunden sind; vor allen Dingen kennen wir mehrere in geothermischer Hinsicht untersuchte Bohrlöcher, die in petroleumhaltigen Schichten eine überaus niedrige Tiefenstufe zeigen.

Zum Schluß möchte ich nicht unterlassen, auch an dieser Stelle Herrn Geheimrat Prof. Dr. BRANCO und Herrn Prof. Dr. POTONIÉ für Anregung und Unterstützung verbindlich zu danken.

Zusammenfassung.

Das Resultat der vorstehenden Untersuchungen ist, daß zwar eine Wärmeentwicklung bei der Bituminierung, also dem der Verkohlung analogen Prozeß der Kohlenstoffanreicherung in der organischen Substanz bituminöser Gesteine, theoretisch stattgefunden haben kann. Der Wärmebetrag scheint aber, dafür sprechen geologische und chemische Tatsachen, so gering zu sein, daß er für die Erhöhung der Erdwärme wohl nicht von wesentlicher Bedeutung ist.

¹⁾ MUCK, Chemie der Steinkohlen, 2. Aufl. S. 131.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Zeitschrift der Deutschen Geologischen Gesellschaft](#)

Jahr/Year: 1904

Band/Volume: [56](#)

Autor(en)/Author(s): Stremme H.

Artikel/Article: [32. Zur Frage der Eigenwärme bituminöser Gesteine. 183-198](#)