eben erst vollendet worden wäre. Auch hatten sich in diesen Stellen Stalagmiten gebildet. Ferner wurden ein alter, fast versteinerter Schiebkarren, ein Fuchsgerippe und verschiedene kleinere Objekte vorgefunden. — Unterhalb des Titelberges bei Lamadelaine wurden ebenso in den siebziger Jahren in einem jetzigen Tagebau verschiedene Urnen aus Steingut, auch alte Münzen ausgegraben. In Blenken bei Fonds de Graas-Lamadelaine befinden sich noch heute Überreste alter Mauern. Unter dem Schutt sammelte man römische Mosaike...

M. Tourneur nous rendit attentifs á la vue magnifique sur la vallée de la Chiers, sur la vaste plaine où elle est creusée et sur les hauteurs dont cette plaine est bordée: plateau d'Arlon, croupes du macigno d'Aubange, hauteurs de Longwy. Il avait eu l'intention de nous faire voir également les constructions romaines du Titelberg nouvellement déblayées par M. Bœver, propriétaire de minières; il fallait y renoncer faute de temps.

Le trajet du Quai Graas à Lasauvage se fit sous terre, à travers une galerie appartenant à la Société des Hauts-Fourneaux et Aciéries d'Ougrée-Marihaye. La galerie avait été fraîchement sablée par les soins de M. le directeur Mazy, qui avait délégué son chef d'exploitation pour nous piloter, et une demi-douzaine d'ouvriers chargés de pourvoir au luminaire. On débouchait tout près de la localité de Lasauvage qu'on traversait, en passant à côté du Casino du Comte de Saintignon et l'étang avoisinant.

Le trajet de Saulnes à Longwy se fit en chemin de fer. Le dîner a été pris à l'Hôtel du Commerce, Place Giraud. L'après-midi, on le passait à Longwy-Haut où les baraquements commencent à être remplacés par des bâtiments nouvellement construits, et au Chalet de l'Etoile, dans le bois de Chadelles.

La rentrée eut lieu vers 7 heures du soir. Ed. PIERRET.

Der Posidonienschiefer des Luxemburger Landes.*

Von **P. Schiltz,** Differdingen.

Einleitung.

Das wirtschaftliche und wissenschaftliche Interesse für den Posidonienschiefer unsers Landes liegt schon ziemlich weit zu-

*) Als kartographische Unterlage zu dieser Studie mag die geologische Karte von Limpach dienen, die ihrer Zeit in den Monatsberichten erschienen ist, zusammen mit den «Hydrologisch-geologischen Notizen über das Juragebiet in Süd-Luxemburg», von Ch. Limpach. Fauna 1901, p. 282.

rück, berichtet doch schon 1864 Ch. Clément in seinem «Aperçu général» folgendermaßen:

> «Le schiste bitumineux a été exploité à Aubange pour en tirer du gaz, des huiles et du goudron. On l'a brûlé à Ruette pour le convertir en cendres destinés à l'amendement des terres. L'analyse nous y a fait découvrir du calcaire, du gypse, de la pyrite, de l'argile et 9 à 10% de bitume. Dans le Grand-Duché, il est l'objet d'une industrie nouvelle. On le change en un excellent ciment par une calcination effectuée dans des fours spéciaux. C'est ce ciment qui a remplacé avec avantage et exclusivement toute autre espèce de ciment dans les grands ouvrages d'art du rail-way à travers les fortifications de Luxembourg.»

Auf diese Zeit geringer Ausbeute folgte dann ein vollständiges Erlahmen in der Nutzbarmachung des Schiefers. Fast schien es, als ob diese im Boden schlummernden Schätze gänzlich unbeachtet bleiben sollten, bis endlich Hr. G. Faber **) dem Gebiet wieder volle wissenschaftliche Aufmerksamkeit schenkte.

Mit großer Freude sind alle Bestrebungen zu begrüßen, welche eine industrielle Ausbeute oder eine wissenschaftliche Erforschung dieses so wichtigen Lagers bezwecken. Ist es auch nur ein armes Material, das der Ausbeute harrt, so sollen wir doch bedenken, daß des öfteren recht arme Rohstoffe durch weit getriebene Verfeinerungsmethoden in hochwertige Handelsprodukte umgewandet werden und zur Entstehung mächtiger, hochrentabler Industrien den Anstoß geben. Man braucht nur an den unansehnlichen Steinkohlenteer zu erinnern. Vom wertlosen Nebenprodukt stieg er hinauf zum Ausgangsmaterial für die mächtige Farbstoffindustrie.

Auch für unser Schiefermaterial liegt der Kernpunkt der Frage in der vollständigen Auswertung des ganzen Materials, verbunden mit einem großen Durchsatz in kurzer Zeit, bei Wahrung des Ursprungscharakters des fallenden Teeres.

Dies zu erreichen ist nicht mehr allein Aufgabe des Chemikers, sondern fällt zum großen Teil in das Gebiet des Technikers.

Ist die Mühe auch groß, die zur Aufschließung dieses armen und spröden Stoffes aufgewandt werden muß, so ist auch beim Gelingen die innere Befriedigung und der materielle Erfolg desto größer. Welche Summe von geistiger Arbeit war vonnöten, ehe das Wort «Eureka» ausgerufen wurde!

**) Vergleiche besonders: G. Faber. L'industrie des schistes bitumineux. Une industrie nouvelle à créer dans le Grand-Duché? Programmabhandlung, Gymnasium Luxemburg, 1916.

Je intensiver sich mit dem Stoff befaßt wird, desto eher wird sich auch die vorteilhafteste Lösung finden.

Lagerung und Bildung.

Der südliche Teil des Luxemburger Landes wird von der Lias- (schwarze Jura-) und Doggerformation eingenommen. Der Lias teilt sich in:

A. *Unteren Lias.* (Plastische Mergel und Kalke.)

B. *Mittleren Lias.* (Fossilarme Tone, Davoeikalke, Margaritatusschichten, mergelige und sandige Costatusschichten.)

C. *Oberen Lias.* Nur diese dritte Stufe als Posidonienschiefer führend kann uns interessieren.

Nach Ch. Limpach teilt man dieselbe in drei Abteilungen ein:

A. Posidonienschiefer;
B. Jurensismergel;
C. Tonige Mergel.

Der Posidonienschiefer beginnt unmittelbar nach den Costatusschichten mit blätterig-bituminösen, schwarzblauen Mergeln. An seiner Basis befinden sich nesterweise einige Kalkbänke von 20—40 cm Dicke. Höher im Posidonienschiefer findet man vielfach zerstreut oval gestaltete Kalkknollen (Stinkkalk oder Laibsteine) von verschiedener Größe.

Aufgeschlossen ist der Posidonienschiefer durch einen Bahneinschnitt bei Nörtzingen, durch den Bahneinschnitt der Prinz Heinrich-Bahn zwischen Schuweiler-Niederkerschen, zwischen Oberkerschen-Küntzig, des weiteren ist die Schicht bloßgelegt durch die Ziegeleien von Bettemburg und Esch a. d. Alzette sowie durch die Bahnhofsanlagen in Athus.

Den Namen Posidonienschiefer erhielt die zu betrachtende Abteilung von einem Leitfossil, der Muschel Posidonomya Bronni.

Diese Muschel lebte in halb ausgesüßtem Wasser, in einer sog. Periode der Regression.

Das Land hob sich langsam, und es entstanden Meeresbuchten, zwischen denen, je weiter die Regression fortschritt, der Austausch des Wassers immer spärlicher wurde.

Die Liasschichten sind richtige Schlammablagerungen im großen Maßstabe (wie die des Schwarzen Meeres) und nicht eine Torfbildung, denn es bestehen die zu betrachtenden Sedimentschichten aus einem sehr feinkörnigen Gemisch von organischen und anorganischen Bestandteilen.

Die anorganischen Bestandteile sind sowohl von außen zugeführt als auch chemisch abgeschieden worden, während die organischen Massenbestandteile chemische Umsetzungen von weitgehend zersetzten tierischen und pflanzlichen Überresten sind.

Keine humifizierte Überreste höherer Pflanzen mit noch erhaltener Pflanzenstruktur sind uns erhalten geblieben, wodurch irgendwie auf eine Torfablagerung hingedeutet würde.

Die geringe Produktion an organischen Stoffen der schwimmenden Wasserpflanzen ermöglichte es der reich entwickelten Tier- und Bakterienwelt, dieselben vollständig aufzuarbeiten.

* * *

Die massenhaft auftretenden Versteinerungen des Posidonienschiefers legen beredtes Zeugnis ab von der mächtigen Entwicklung des tierischen Lebens zur Liasmeerzeit.

Schon an den wenigen Aufschlüssen unseres Landes sind viele Versteinerungen aufgefunden worden, so von Zweischalern, Belemniten, Ammoniten, Seelilien und von meeresbewohnenden Wirbeltieren, wie Fischen, und von sogenannten Fischeidechsen wie Ichthyosaurier, Plesiosaurier u. s. w.

Der Ichthyosaurus war ein reiner Wasserbewohner, während der Plesiosaurus zeitweilig ans Land trat, weshalb Überreste von ihm auch nicht so zahlreich im Schiefer aufgefunden werden.

Besonders schöne Versteinerungen des Posidonienschiefers sind aus der Hand Hauffs aus Holzmaden bekannt, von denen Exemplare in jedem paläontologischen Museum zu sehen sind.

Wenn noch keine Exemplare von so ausgezeichneter Schönheit in unserm Lande aufgefunden wurden, so rührt das wohl daher, daß die besprochene Schicht nur an äußerst wenigen Stellen aufgeschlossen ist.

* * *

Der Absatz fand, wie eingangs erwähnt, in ruhigen Buchten statt; davon zeugt die vollkommene Erhaltung der Fossilien Hauffs selbst in ihren edelsten Teilen. Lassen die präparierten Platten Hauffs sogar oftmalig die ehemaligen fleischigen Körperumrisse erkennen. Es muß also die Einbettung und die Umwandlung dieser Tierleichen im Liasschlamm während einer langandauernden Periode tektonischer Ruhe vor sich gegangen sein.

Auch der ungemein feinschichtige Aufbau der Schiefer deutet auf diese ruhige, gar nicht gestörte Sedimentation hin.

Daß die Tiere aber in so großen Massen ihren Tod in den Liaswellen fanden, deutet auf eine Wirkung hin, welche verheerend in ihre Reihen eingriff.

Verschiedene Gründe könnten da ins Feld geführt werden, z. B. Seuchen, submarine Vulkanausbrüche, Seebeben u. s. w. Am stichhaltigsten scheint wohl der Grund, der diesen Massentod auf eine Vergiftung zurückführt, hervorgerufen durch tektonische Erschütterungen, welche das Liasmeer durchschüttelten.

So lange die Sedimentation ruhig und ungestört von statten ging, drangen die gasförmigen Fäulnisprodukte CH_4, CO_2 und H_2S nicht bis an die Oberfläche.

Diese giftigen Gase werden den Meeresboden unbewohnbar gemacht haben, während die Randgebiete durch den Zufluß von Kontinentalströmen reingehalten wurden, so daß sich in diesen Teilen alles Leben abspielte.

Zur Begründung dieser Annahme können wir die Studien Murrays, die er am schwarzen Meere vornahm, heranziehen, da die Sedimentation, die in diesem Meere stattfindet, mit derjenigen des Liasmeeres wohl zu vergleichen ist.

Nach Murray steigt nun im Schwarzen Meere der H_2S-Gehalt mit der Tiefe, von 222 cm^3 im Liter bei 370 m auf 655 cm^3 bei 2170 m Tiefe.

Tektonische Erschütterungen, welche einsetzten, wirbelten den Sedimentschlamm auf, die Giftgase CH_4, CO_2, H_2S stiegen empor und säten Tod und Verderben unter die Liasmeerfauna. Beim Eintreffen der Erschütterungen suchten die Tiere sicher dem drohenden Unheil zu entrinnen durch die Flucht in ruhige Meeresteile, doch die aufgewirbelten Giftgase verfolgten sie bis in die aufgesuchten Schlupfwinkel, wo sie der Giftwirkung erlagen. Diesem Umstand ist es auch zuzuschreiben, daß an manchen Stellen des Liasgebietes massenhaft Versteinerungen von höheren Meerestieren vorkommen, während andere Teile davon fast vollständig frei sind. Die Leiber der Liasbewohner sanken nach der Katastrophe hinab, um durch die aus ihnen entstehenden Fäulnisprodukte den Bitumengehalt des Schlammes weiter zu vermehren oder eigentlich erst zu erzeugen.

* * *

Die Bildung von FeS_2, das massenhaft in mikroskopischen Kriställchen bis zu wohlausgebildeten Kuben im Posidonienschiefer auftritt, findet wohl die beste Erklärung durch die neuern Arbeiten von V. Rodt und E. T. Ellen, welche bewiesen haben, daß die Entstehung von FeS_2 als Markasit und Pyrit gebunden ist an das Zusammentreffen von H_2S mit neutralen oder schwach sauren Eisenwässern. Bei saurer Reaktion und niedriger Temperatur tritt Markasit auf, der bei 450° in Pyrit übergeht, weshalb man letzteren nur in tieferen Lagen heißerer Gewässer vorfindet.

H_2S, herrührend aus dem faulenden Eiweiß und aus der Reduktion von Sulfaten durch die organischen Humusverbindungen und die Einwirkung anaërober Organismen, drang nur bis zu einer bestimmten Höhe im Meerwasser empor, um auf das im Liaswasser gelöste Eisen einzuwirken und so Veranlassung zu geben zur Bildung von FeS_2.

Das Eisen wurde dem Liasmeer zugeführt durch die gewaltigen Kontinentalströme und durch die brausenden Wüstenstürme. Dieses Eisen, in Form von Silikaten zugeführt, wurde durch das mit O, CO_2 und organischer Substanz beladene Wasser der Ströme und noch mehr des Liasmeeres in die Ferrobikarbonatform übergeführt.

Dieses Fe $(HCO_3)_2$ ist eine äußerst leicht oxydierbare Verbindung, und es genügt schon der Sauerstoffgehalt des Meerwassers, der nach Murray mit der Meerestiefe zunimmt, um folgende Umsetzung hervorzurufen:

$$Fe\,(HCO_3)_2 + O + H_2O = Fe_2\,(OH)_6 + 4CO_2$$

Das im Wasser aufgeschlämmte unlösliche $Fe_2\,(OH)_6$ ist nun mit dem aufsteigenden H_2S in Reaktion getreten und gab Veranlassung zur Bildung von Fe_2S_3 nach der Gleichung

$$Fe_2\,(OH)_6 + 3H_2S = Fe_2S_3 + 6H_2O.$$

Dieses Ferrisulfid sank tiefer und tiefer, bis es in jene Region des Liaswassers kam, welche durch am Boden statthabende Reaktionen der Humusstoffe schwach saure Eigenschaften aufwies.

Hier trat nun eine Spaltung des Fe_2S_3 in FeS und FeS_2 ein. In diesem schwach sauren Wasser wurde FeS von neuem gelöst und FeS_2 als unlöslicher Körper niedergeschlagen, so wie er sich heute im Posidonienschiefer wiederfindet.

Ausdehnung und Mächtigkeit

Die geologische Karte v. Ch. Limpach gibt uns einen Überblick über die Ausdehnung des Posidonienschieferlagers. Die Nordgrenze wird gebildet in Belgien durch die Ortschaften Ruette, Musson, Halanzy, Aubange, Athus, Guerlange, in Luxemburg durch Küntzig, Ober- und Niederkerschen, Monnerich, Bergem, Bettemburg.

An der Linie Rollingen, Niederkorn, Oberkorn, Beles, Esch, Schifflingen, Tetingen, Düdelingen tritt der Posidonienschiefer als das Liegende der Doggerformation auf. Wir beschränken uns in dieser Studie ausschließlich auf jenen Teil, der ohne kostspielige Schachtanlagen, also im Tagebau ausgebeutet werden könnte.

Der im Anstehenden oder in geringer Tiefe befindliche Posidonienschiefer bedeckt im Luxemburgischen eine Fläche von 90 Km^2. Nehmen wir die durchschnittlich vorsichtig geschätzte Mächtigkeit mit 15 Meter an, so gelangen wir zu einem Volumen von $90\,000\,000 \times 15 = 1\,350\,000\,000\ m^3$ leicht abbaufähiger Schiefermassen.

Chemie des Schiefers und seines Bitumens.

Das Bitumen des Posidonienschiefers, auf welches es hauptsächlich ankommt, ist ein äußerst empfindlicher Stoff, besonders in Hinsicht auf die Destillationstemperatur, welcher er unterworfen wird.

Je nach der Temperaturhöhe kommt man zu ganz verschiedenartigen Destillationsprodukten.

Zwischen 450—500° liegt für die Teergewinnung ein Wendepunkt. Steigert man die Temperatur langsam bis zu diesem Punkte, so hat man gewöhnlich alles Bitumen ausgetrieben und die Kohlenwasserstoffe in ihrer primären Entstehungsform erhalten.

Durch Kondensation gehen dieselben dann in den sog. Tieftemperatur- oder Urteer über. Die große Bedeutung dieses Teeres liegt darin, daß seine Kohlenwasserstoffe der aliphatischen Reihe angehören und man folglich aus ihm alle jene Fraktionen gewinnen kann, welche sonst dem Erdöl entstammen.

Setzt man hingegen das Schwelgut Temperaturen aus, die über 500° liegen, so erhält man einen Teer, der fast ausschließlich aus Kohlenwasserstoffen der aromatischen Reihe besteht und mithin ein Produkt geringerer Güte wäre.

Es muß also für die Praxis ein Verfahren verlangt werden, welches die Verschwelung bei niedriger Temperatur einleitet und bei 450—500° zu Ende führt.

Um nun bei den Laboratoriumsversuchen ein Produkt ähnlich demjenigen zu erhalten, welches die Schieferschwelindustrie erzeugen soll, eignet sich am besten der Schwelapparat nach Fischer, während die Glasretortendestillation nach Graefe kaum für diese Arbeit in Betracht kommen kann, weil die Teerdämpfe jener Schieferteile, welche direkt mit der Gefäßwand in Berührung sind, durch lokale Überhitzung ein Kraken erleiden und durch Aufspaltung in Ruß und Wasser übergehen.

Durch die Zufuhr von überhitztem Wasserdampf im Fischerschen Aluminiumapparat erreicht man eine Erniedrigung der Temperatur im Schwelraum und außerdem eine Auflockerung des Materials. Diese ermöglicht es den aufsteigenden Gasen, bis ins Innere des Materials vorzudringen und die Ausbeute an Bitumen zu vergrößern. (Schluß i. nächsten Jahrgang).